



## 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*

## **Sistemas de informações geográficas aplicados ao Índice de Satisfação da Necessidade de Água para cultura do milho em Alagoas estimado por Thornthwaite**



*Renato A. de Araújo Neto<sup>1</sup>; Gustavo B. Lyrá<sup>2</sup>; Ricardo A. Ferreira Junior<sup>4</sup>; Ivomberg D. Magalhães<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Agrônomo, Doutorando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Rio Largo-AL, Fone: (82) 99948-4361, [renato.eng.agronomo@hotmail.com](mailto:renato.eng.agronomo@hotmail.com)

<sup>2</sup> Meteorologista, Prof. Adjunto, Depto. Ciências Ambientais, UFRRJ, Seropédica-RJ, [gblyra@gmail.com](mailto:gblyra@gmail.com)

<sup>3</sup> Agrônomo, Professor Adjunto, Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Rio Largo-AL, [ricardo\\_ceca@hotmail.com](mailto:ricardo_ceca@hotmail.com)

<sup>4</sup> Licenciado em Ciências Agrárias, Doutorando em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo-AL, [ivomberg31@hotmail.com](mailto:ivomberg31@hotmail.com)

**RESUMO:** Objetivou-se com este trabalho mapear o Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) para cultura do milho em diferentes épocas de plantio, no estado de Alagoas. O ISNA foi estimado de acordo com a relação entre a evapotranspiração real (ETR) e a evapotranspiração potencial (ETP), em esquema mensal, entre os meses de maio, junho e julho. Para a determinação da razão ETR/ETP foi utilizado o balanço hídrico de Thornthwaite, com dados históricos de precipitação (P80), de 51 estações pluviométricas, espacializados em todo estado de Alagoas e municípios localizados nas fronteiras do estado. A temperatura foi estimada através da regressão linear múltipla, utilizando-se como variáveis independentes os dados de latitude, longitude e altitude. Os mapas foram confeccionados através dos programas computacionais GRASS e QGIS, em que, para o ISNA da cultura do milho tem-se a seguinte situação:  $ISNA < 0,45$  (região desfavorável),  $0,55 < ISNA < 0,45$  (região intermediária) e  $ISNA > 0,55$  (região favorável). De acordo com os mapas, observa-se que o mês de maio é aquele que apresenta maior porcentagem (30,04%) de regiões com  $ISNA < 0,45$ , localizando-se essa área no sertão alagoano. O mês de junho apresenta-se com 62,36% do total com áreas favoráveis para o cultivo de milho, espacializando-se em quase todo o estado de Alagoas, o que também foi observado para cultivos realizados no mês de Julho (55,68% com  $ISNA$  favorável para cultivo). Assim, o cultivo de milho é adequado para estas regiões (exceto sertão no mês de maio e algumas outras regiões do sertão, nos meses de junho e julho).

**PALAVRAS-CHAVE:** ISNA, Balanço Hídrico, SIG

### **Geographic information system applied to the water requirement satisfaction index for maize in Alagoas estimated by Thornthwaite**

**ABSTRACT:** The objective of this work was map the Water Requirement Satisfaction Index (WRSI) for maize in different planting dates in the state of Alagoas. The WRSI was estimated according to the relationship between the actual evapotranspiration (ETR) and potential evapotranspiration (ETP) in monthly scheme, between May, June and July. To determine ETR/ETP ration, we used Thornthwaite water balance, with historical rainfall data (P80), in 51 rainfall stations, spatially throughout the state of Alagoas and municipalities located in the state's borders. The temperature was estimated by multiple linear regression, using independent variables the latitude, longitude and altitude data. The maps were made through the computer programs GRASS and QGIS, that for the maize crop WRSI has the following situation:  $WRSI < 0.45$  (negative region),  $0.55 < WRSI < 0.45$  (region intermediate) and  $WRSI > 0.55$  (favorable region). According the maps we observed that in May had the highest percentage (30.04%) of regions with  $ISNA < 0.45$ , being located in this area Alagoas hinterland. In June was presented with 62.36% of the total areas with favorable for the cultivation of maize, if spatializing in almost the entire state of Alagoas, which was also observed for culture performed in July (55.68 % with favorable for



## 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*

cultivation WRSI). Thus, the maize crop is suitable for these regions (except hinterland in May and some other regions of the interior, in the June and July).

**KEYWORDS:** WRSI, water balance, GIS

## INTRODUÇÃO

É notória a importância da cultura do milho para o Brasil, em especial para o estado de Alagoas, visto sua produção ser voltada aos produtores familiares desta região. Sua produtividade, de acordo com a Conab (2014), gera em torno de 800 kg ha<sup>-1</sup>, valor muito abaixo das condições nacionais (SILVA, 2013).

Um dos fatores limitantes para a produção deste cereal é a quantificação da necessidade de água para a cultura, também conhecida como ISNA, associada com a data de plantio. Para a determinação das épocas mais apropriadas, há a dependência da oferta pluviométrica, da constância e amplitude dos períodos secos durante a estação chuvosa (Amorim et al., 2008). Com a evidente evolução nos períodos de plantio a partir da simulação dos termos de um balanço hídrico, onde os resultados, quando georreferenciados, são espacializados por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Assad & Sano, 1998). Alguns autores como Brunini et al. (2001), Maluf et al. (2001) e Sans et al. (2001) reportam a importância da espacialização dos índices climáticos, empregando interpoladores disponíveis em SIG no auxílio ao zoneamento de riscos climáticos.

Para mapear a variabilidade espacial de um atributo, são utilizados diferentes métodos disponíveis nos SIG. Porém alguns modelos inferenciais propostos respondem a questões básicas relacionadas com a forma, tamanho e orientação do domínio a ser considerado na interpolação, nem fornecem informações sobre a incerteza espacial associada aos valores estimados (Burrough & McDonel, 1998).

Entre os parâmetros obtidos a partir da simulação do balanço hídrico, destaca-se o índice de satisfação das necessidades de água (ISNA), obtido pela relação entre a evapotranspiração real (ETR) e a evapotranspiração máxima (ETM), ou seja, a relação entre a quantidade de água que a planta consumiu e a que seria desejável a fim de garantir sua máxima produtividade (Silva et al., 2012). Objetivou-se então, com este trabalho, mapear o Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) para cultura do milho em diferentes épocas de plantio, no estado de Alagoas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo foi concentrada no estado de Alagoas. Entretanto, para os dados climáticos, utilizaram-se também estações meteorológicas em municípios localizados nos estados de Pernambuco, Sergipe e Bahia, próximos à divisa do estado de Alagoas. A região localiza-se entre aproximadamente 34,8 e 40,6°W de longitude e de 7,5 a 11,8°S de latitude, com altitudes inferiores a 850m (Figura 1).



**Figura 1.** Localização das estações climatológicas no estado de Alagoas e estados vizinhos.

Para o balanço hídrico (BH) de Thornthwaite utilizou-se o programa proposto por Rolim et al. (1998), calculando-se o BH para cada uma das 51 estações pluviométricas. Utilizaram-se ainda, equações de regressão linear múltipla, com intuito de avaliar a relação entre a variável dependente temperatura do ar média mensal e as variáveis independentes latitude, longitude e altitude foi expresso de acordo com Lyra et al (2011), estimando-se a temperatura para as 51 estações descritas.

Depois de realizado o BH, obteve-se o ISNA da cultura do milho, para cada uma das regiões, através da relação  $ETR/ET_m$ , para os meses de Maio, Junho e Julho. Esses meses foram adotados, levando em consideração às épocas de plantio da cultura do milho (Medeiros, 2009; Silva, 2013). Valores do ISNA para o cultivo do milho dividiram-se em (Sans et al., 2001):  $ISNA > 0,55$  (região agroclimática favorável, com pequeno risco climático);  $0,55 > ISNA > 0,45$  (região agroclimática intermediária, com médio risco);  $ISNA < 0,45$  (região agroclimática desfavorável, com alto risco climático e elevado déficit hídrico).

De posse dos valores do ISNA para cada um dos 51 pontos (Figura 1), adotou-se um zoneamento, através do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e elaboração de mapas, para os meses em estudo, com a interpolação dos resultados obtidos, através do método do inverso do quadrado da distância (IDW), pelo programa computacional Grass GIS e os mapas confeccionados no programa Quantum GIS (QGIS).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os modelos de regressão multivariada para estimativa da temperatura para os meses de Maio a Junho, levando-se em consideração a latitude, longitude e altitude. Observa-se que os valores dos coeficientes de correlação ( $r^2$ ) estão com ótimo ajuste, classificando que estas equações podem ser utilizadas na estimativa de temperatura do ar, para cada um dos meses estudados, visando a elaboração do balanço hídrico, e conseqüentemente o ISNA.

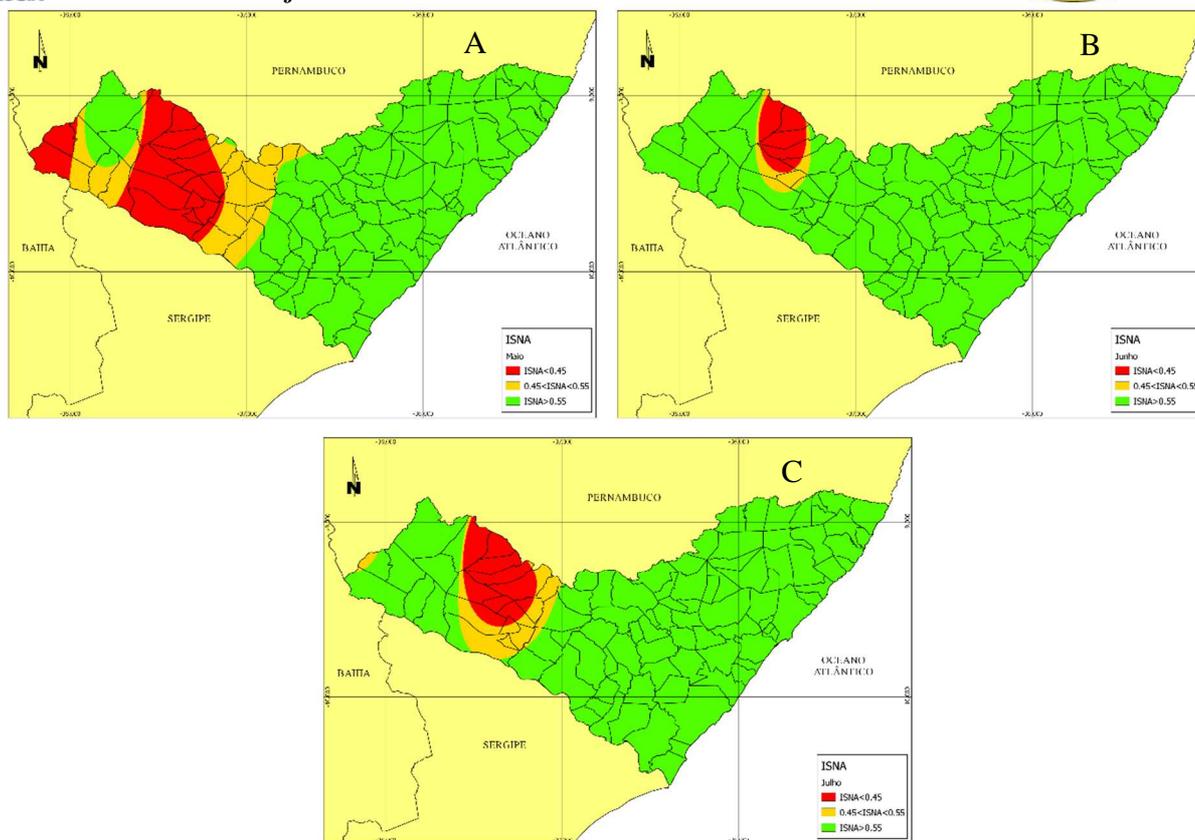
**Tabela 1.** Modelos de regressão multivariada para estimativa da temperatura nos meses de Maio, Junho e Julho.

Mês	Modelo	r <sup>2</sup>
Maio	$Y = 10,8686 - 0,3240LAT - 0,3252LONG - 0,0051ALT$	0,92
Junho	$Y = 19,5741 - 0,1159LAT - 0,1134LONG - 0,0056ALT$	0,96
Julho	$Y = 17,8003 - 0,1388LAT - 0,1341LONG - 0,0054ALT$	0,94

Quando plotados os mapas de temperatura, observa-se que, no estado de Alagoas, esta época se caracteriza pela diminuição da temperatura e início do período chuvoso, com variação brusca de temperatura, iniciando-se a época recomendada para plantio de diversas culturas, incluindo milho. Esse período chuvoso é confirmado através dos resultados obtidos por Amorim et al. (2008), que utilizou a mesma metodologia de interpolação adotada no estudo (IDW).

Os mapas do ISNA e os percentuais do ISNA, para os meses de Maio, Junho e Julho são apresentados na Figura 2 e Tabela 2, respectivamente. Com a adoção do IDW, observou-se uma variação do ISNA, em todos os meses avaliados. Porém, Maio foi o que apresentou um maior percentual de regiões com ISNA desfavorável ao cultivo de milho (Figura 2A), com aproximadamente 40% do ISNA desfavorável. Para este mês, observa-se que aproximadamente 50% da região apresenta ISNA favorável para cultivo do milho (Tabela 2), com precipitação provável de 80% de retorno de chuvas, destacando-se para cultivo na região litorânea e agreste do estado (Figura 2A). A região oeste do estado (sertão Alagoano) foi a que apresentou ISNA desfavorável em todos os meses, indicando esta região desfavorável para o cultivo da cultura do milho.

Ao considerar-se uma relação entre a produtividade e o ISNA, recomenda-se que, quanto maior o ISNA no período de enchimento de grãos e amadurecimento desses grãos, maior a produtividade. Estes resultados são observados para as regiões de Arapiraca e Rio Largo (região do Agreste e Zona da Mata, respectivamente), onde observam-se diferentes produtividades em relação às épocas de plantio adotada (Medeiros, 2009; Silva, 2013). A adoção do ISNA pode facilitar o melhor manejo de plantio e colheita da cultura.



**Figura 2.** Mapas do ISNA para cultura do milho, nos meses de Maio, Junho e Julho.

Os meses de junho e julho foram aqueles que melhor apresentaram valores de ISNA adequados para o cultivo de milho em todo estado de Alagoas. Isso indica que, por exemplo, se o cultivo estiver na fase de preenchimento de grãos (fase esta que necessita de água suficiente para seu desenvolvimento), estes serão os meses mais indicados durante a esta época (Figura 2B e 2C).

Ao considerar-se uma relação entre a produtividade e o ISNA, recomenda-se que, quanto maior o ISNA no período de enchimento de grãos e amadurecimento desses grãos, maior a produtividade. Estes resultados são observados para as regiões de Arapiraca e Rio Largo (região do Agreste e Zona da Mata, respectivamente), onde observam-se diferentes produtividades em relação às épocas de plantio adotada (Medeiros, 2009; Silva, 2013). A adoção do ISNA pode facilitar o melhor manejo de plantio e colheita da cultura.

**Tabela 2.** Percentuais do ISNA, relativos aos meses de Maio a Julho.

ISNA	Maio (%)	Junho (%)	Julho (%)
Desfavorável	38,04	23,52	32,16
Intermediário	11,37	14,12	12,16
Favorável	50,59	62,36	55,68



**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*



## CONCLUSÕES

De acordo com os valores do ISNA, o cultivo de milho é adequado para estas regiões (exceto sertão no mês de maio e algumas outras regiões do sertão, nos meses de junho e julho), principalmente visando algumas fases de crescimento da cultura, como o enchimento de grãos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA, J. B. G. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. **Acta Sci. Technol.** Maringá, v.30, n.1, p. 87-91, 2008.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema geográfico de informações: aplicações na agricultura.** Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. 480 p.
- BRUNINI, O.; ZULLO JÚNIOR, J.; PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, P. D.; PATERNIANI, M. E. Riscos climáticos para a cultura do milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 519-526, 2001. Número especial.
- BURROUGH, P. A.; McDONNELL R. A. **Principles of geographical information systems.** New York: **Oxford University Press**, 1998. 333 p.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: milho, safra 2014. **Companhia Nacional de Abastecimento**, Brasília: CONAB, 2013.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.
- LYRA, G. B.; dos SANTOS, M. J.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; dos SANTOS, M. A. Espacialização da temperatura do ar anual no estado de Alagoas com diferentes modelos digitais de elevação e resoluções espaciais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 275-287, 2011.
- MALUF, J. R.; CUNHA, G. R.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; MOREIRA, M. B.; CAIAFFO, M. R.; PIRES, J. L. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 460-467, 2001. Número especial.
- MEDEIROS, R. P. **Componentes do balanço de água e de radiação solar no desenvolvimento do milho em quatro épocas de semeadura.** 2009. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2009.
- SANS, L. M. A.; ASSAD, E. D.; GUIMARÃES, D. P.; AVELLAR, G. Zoneamento de riscos climáticos do milho para a região Centro-Oeste do Brasil e para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 527-535, 2001. Número especial.



## 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*

SILVA, M. T.; SILVA, V. P.; AZEVEDO, P. V. O cultivo do algodão herbáceo no sistema de sequeiro no Noreste do Brasil, no cenário de mudanças climáticas. **Rev. Bras. de Eng. Agri. e Ambien.** v.16, n.1, p. 80-91, 2012.

SILVA, M. B. P. **Desenvolvimento de milho em função de variáveis em diferentes épocas de semeio.** 2013. 62f. TCC (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2013.