

ESTIMATIVA DO ÍNDICE “ISNA” EM FUNÇÃO DA LONGITUDE, LATITUDE, ALTITUDE E RESERVA MÁXIMA DE ÁGUA DISPONÍVEL NO SOLO

JURANDIR ZULLO JR¹, HILTON S. PINTO² EDUARDO D. ASSAD³

¹ Engenheiro Agrícola, Pesquisador Dr., Bolsista CNPq, CEPAGRI/UNICAMP, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Campinas, SP, Fone: (0 xx 19) 35212461, E-mail: jurandir@cpa.unicamp.br.

² Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto, Bolsista CNPq, IB e CEPAGRI/UNICAMP, Campinas, SP, E-mail: hilton@cpa.unicamp.br.

³ Engenheiro Agrícola, Pesquisador Dr., Bolsista CNPq, EMBRAPA INFORMÁTICA, E-mail: assad@cnptia.embrapa.br.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia
02 a 05 de julho 2007 – Aracaju - SE

RESUMO: Este trabalho teve o objetivo principal de avaliar a viabilidade em estimar o índice ISNA (Índice de Satisfação das Necessidades de Água), utilizado como parâmetro de decisão em zoneamentos agrícolas, a partir de coordenadas geográficas (longitude, latitude e altitude) e da reserva máxima de água disponível no solo. Este objetivo é justificado pelos seguintes fatores principais: a) importância da espacialização dos parâmetros de decisão nos trabalhos de zoneamento agrícola, b) disponibilidade de uma base altimétrica global com resolução espacial da ordem de 30 segundos e c) experiência relatada por outros autores em estimar parâmetros ambientais a partir de coordenadas geográficas. Os cálculos foram feitos para plantios de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Estado de São Paulo, entre os meses de agosto e fevereiro, utilizando dados diários de 210 postos pluviométricos. Os resultados obtidos indicaram que foi possível estimar o índice ISNA com boa precisão a partir das coordenadas geográficas e da reserva máxima de água disponível no solo. A utilização das equações propostas, em conjunto com uma base altimétrica, é uma alternativa aos processos de interpolação do índice ISNA baseados na média ponderada e na geoestatística, e permite realizar estudos de sensibilidade deste índice aos parâmetros empregados no seu cálculo.

PALAVRAS-CHAVE: espacialização, GTOPO30, feijão

RETRIEVAL OF WRSI BASED ON VALUES OF LONGITUDE, LATITUDE, ALTITUDE AND SOIL HOLDING WATER CAPACITY

ABSTRACT: This paper had the main objective to assess the viability in retrieving WRSI values (Water Requirement Satisfaction Index), used as a decision parameter in agricultural zonings, based on geographical coordinates (longitude, latitude and altitude) and on values of soil holding water capacity. This objective is explained by the following main factors: a) importance that the spatial distribution of decision parameters has in the agricultural zoning, b) availability of a global digital elevation model with a horizontal grid spacing of 30 arc seconds and c) results available in literature about the retrieval of environmental parameters using geographical coordinates. The simulations were done for beans (*Phaseolus vulgaris* L.), planted in the state of São Paulo, from August to February, using rainfall daily data from 1961 to 1990 measured in 210 ground stations. The results showed that it was possible to estimate the WRSI values with a good numerical accuracy using geographical coordinates (longitude, latitude and altitude) and the soil water holding capacity. The use of regression equations with a digital elevation model can be useful to spatialize the WRSI values in the agricultural zonings.

KEYWORDS: spatialization, GTOPO30, beans

INTRODUÇÃO: A disponibilidade de valores de altitude da superfície terrestre com resolução espacial da ordem de 800m (grade de 30 x 30 segundos) para todo o Globo, como os que são fornecidos pelo GTOPO30 (USGS, 2001), abriu uma nova perspectiva para os trabalhos que necessitam destes dados e que eram obrigados a obtê-los de forma simplificada ou através da digitalização de cartas e mapas impressos em papel. No caso da agrometeorologia, a importância destes dados deve-se ao fato que vários parâmetros úteis para os trabalhos realizados na área, tal como a temperatura, podem ser estimados a partir das coordenadas terrestres (latitude, longitude e altitude), conforme proposições feitas por vários autores na literatura. PINTO et al. (1972), por exemplo, propuseram equações de estimativa da temperatura média mensal para o Estado de São Paulo a partir da latitude e altitude. PEDRO JR. et al. (1987), por sua vez, apresentaram equações destinadas à estimativa das temperaturas máximas e mínimas, médias mensais para o Estado de São Paulo a partir da latitude, longitude e altitude. ASTHOLPO et al. (2005) propuseram equações para a estimativa das temperaturas mínimas anuais em São Paulo a partir da latitude, longitude e altitude. Equações como essas têm sido de grande utilidade nos trabalhos de zoneamento agrícola, devido à qualidade delas e à dificuldade em obter séries históricas atualizadas, homogêneas e com o tamanho adequado para estudos climáticos. Além desses fatores, a distribuição espacial das estações meteorológicas é outro ponto crítico nos trabalhos de zoneamento agrícola, requerendo bastante critério na espacialização dos parâmetros de decisão para que os resultados finais sejam os mais coerentes possíveis. Nesse sentido, técnicas de geoestatística foram avaliadas por ASSAD et al. (2003) visando melhorar a distribuição espacial dos parâmetros de decisão utilizados no zoneamento de riscos climáticos como alternativa aos métodos de interpolação baseados na média ponderada. Considerando a importância do processo de espacialização dos parâmetros de decisão nos trabalhos de zoneamento agrícola, a disponibilidade de uma base altimétrica com a resolução espacial do GTOPO30 e a experiência relatada por outros autores em estimar parâmetros ambientais a partir de coordenadas geográficas, este trabalho tem o objetivo principal de avaliar a qualidade da estimativa do índice hídrico ISNA (Índice de Satisfação das Necessidades de Água - DOORENBOS & PRUITT, 1977), utilizado como parâmetro de decisão em zoneamentos agrícolas, a partir de coordenadas geográficas e da reserva máxima de água disponível no solo.

MATERIAL E MÉTODOS: Os valores do índice ISNA foram calculados para plantios de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), no Estado de São Paulo, realizados em períodos de 10 dias, entre os meses de agosto a fevereiro, totalizando 21 datas possíveis. Foram utilizados dados pluviométricos diários do período 1961-2003, de 210 estações do DAEE/CTH (Departamento de Águas e Energia Elétrica - Centro Tecnológico de Hidráulica). A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de THORTHWAITE & MATTER (1955) modificado por CAMARGO & CAMARGO (2003) utilizando dados de temperatura média calculados pelas equações propostas por PINTO et al. (1972). A evapotranspiração real foi calculada pela Equação de Eagan (EAGLEMAN, 1971). O ciclo total da cultura foi sub-dividido em quatro fases: I - Desenvolvimento Inicial, II - Crescimento Vegetativo, III - Florescimento e Enchimento de Grãos, IV - Maturação. A duração de cada uma dessas fases fenológicas foi feita considerando-se uma soma térmica de 528°C entre a emergência e o florescimento e 583°C entre o florescimento e a colheita. A temperatura base utilizada foi de 8°C (WUTKE et AL., 2000). Foram utilizados 10 valores para a reserva máxima de água no solo utilizável pelas plantas nos balanços hídricos: de 30 a 75mm, variando a cada 5mm. O coeficiente de

cultura utilizado foi o proposto por MEDEIROS (1996). O programa de balanço hídrico seqüencial utilizado foi o BIPZON, proposto por FOREST (1984), testado por ASSAD (1986) e modificado por VAKSMANN (1990). A análise de regressão foi feita considerando como variável dependente o valor do ISNA na Fase III (Florescimento e Enchimento de Grãos), período crítico da cultura do feijão ao déficit hídrico. As variáveis independentes foram o valor da reserva máxima de água no solo (em mm) e a latitude (em minutos, com sinal), longitude (em minutos, com sinal) e altitude (em metros) de cada um dos 210 postos pluviométricos utilizados nos balanços hídricos. Foi analisada, também, a correlação existente entre os valores experimentais do índice ISNA na Fase III, determinados através da simulação dos balanços hídricos, e os valores estimados a partir de cada uma das 21 equações de regressão calculadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 1 apresenta o coeficiente de correlação (R), o poder de ajuste das regressões (R^2) e o erro-padrão das estimativas do índice ISNA na Fase III do ciclo fenológico do feijão plantado em São Paulo, entre os meses de agosto e fevereiro. O número de observações em cada análise foi de 2.100.

Tabela 1. Estatísticas das 21 análises de regressão realizadas entre valores do ISNA na Fase III, coordenadas geográficas e reserva máxima de água no solo.

Mês	Período (dias)	Data	R	R^2	Erro Padrão
Agosto	1-10	1	0,9327	0,8700	0,0642
	11-20	2	0,9110	0,8300	0,0674
	21-31	3	0,8960	0,8028	0,0659
Setembro	1-10	4	0,8841	0,7816	0,0638
	11-20	5	0,8980	0,8064	0,0591
	21-30	6	0,9123	0,8323	0,0580
Outubro	1-10	7	0,9137	0,8348	0,0575
	11-20	8	0,9142	0,8358	0,0543
	21-31	9	0,9216	0,8493	0,0484
Novembro	1-10	10	0,9280	0,8612	0,0430
	11-20	11	0,9216	0,8494	0,0442
	21-30	12	0,9159	0,8388	0,0471
Dezembro	1-10	13	0,9072	0,8229	0,0513
	11-20	14	0,8855	0,7841	0,0564
	21-31	15	0,8989	0,8079	0,0542
Janeiro	1-10	16	0,8890	0,7903	0,0592
	11-20	17	0,8959	0,8026	0,0601
	21-31	18	0,8923	0,7962	0,0643
Fevereiro	1-10	19	0,8804	0,7751	0,0702
	11-20	20	0,8604	0,7403	0,0846
	21-28	21	0,8420	0,7090	0,0998

A Tabela 2 apresenta as estatísticas da regressão entre os valores experimentais do índice ISNA (variável independente) e os valores estimados por cada uma das 21 equações determinadas para cada período de plantio (variável dependente). Ressalta-se que em 40.026 casos, o módulo da diferença entre o valor experimental e o valor estimado foi inferior a 0,1, correspondendo a 90,8% das 44.100 observações totais existentes.

Tabela 2. Estatísticas da análise de regressão realizada entre valores experimentais do ISNA e valores obtidos pelas 21 equações de regressão calculadas para cada período de plantio considerado.

Estatística	Valor
R	0,9162
R ²	0,8395
Erro-Padrão	0,0567
Observações	44.100
F	230.627,5

CONCLUSÕES: De acordo com os resultados obtidos conclui-se que foi possível estimar com boa precisão o valor do índice ISNA a partir das equações de regressão baseadas em coordenadas geográficas e na reserva de água disponível no solo, calculadas para cada data de plantio considerada. A utilização destas equações, em conjunto com a base altimétrica fornecida pelo GTOPO30, pode ser utilizada como alternativa aos métodos de espacialização dos valores experimentais do ISNA baseados em média ponderada e geoestatística. Além disso, as equações de regressão podem ser utilizadas, por exemplo, em análises de sensibilidade do ISNA aos parâmetros utilizados em sua determinação. Resultados semelhantes foram obtidos, também, em análises semelhantes realizadas para outras culturas, como arroz, soja, milho e sorgo, indicando o potencial da metodologia.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D. (1986) Simulation de l'Irrigation et du Drainage pour les Cultures Pluviales de Riz et de Maïs en Sols de Bas-fonds à Brasília. *Memoires et Travaux de IRAT*, No.13, 10pp.

ASSAD, E. D., MACEDO, M. A. de, ZULLO JR., J., PINTO, H. S., BRUNINI, O. (2003) Avaliação de Métodos Geoestatísticos na Espacialização de Índices Agrometeorológicos para Definir os Riscos Climáticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.2, p.161-171.

ASTOLPHO, F., CAMARGO, M. B. P. de, PEDRO JR., M. J., PALLONE FILHO, W. J., BARDIN, L. (2005) Regionalização de Riscos de Ocorrência de Temperaturas Mínimas Anuais para o Estado de São Paulo com Base em Modelos Probabilísticos e Digitais de Elevação. *Bragantia*, v.64, n.1, p.139-148, Campinas.

CAMARGO, A. P. & CAMARGO, M. B. P. de (1983) Teste de uma Equação Simples para Estimativa da Evapotranspiração Potencial Baseada na Radiação Solar Extraterrestre e na Temperatura do Ar. *Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 229-244. Campinas, Brasil.

DOORENBOS, J., PRUITT, W. O. (1977) Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 144p.

EAGLEMAN, J. R. (1971) An Experimentally Derived Model for Actual Evapotranspiration. *Agricultural Meteorology* 8: 385-394.

FOREST, F. (1984) Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales. Présentation et utilisation du logiciel BIP. *Montpellier: IRAT-CIRAD*, 63pp.

MEDEIROS, G. A. de (1996) Influência do Desenvolvimento do Dossel Vegetativo Sobre o Consumo de Água e Coeficiente de Cultura do Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Campinas: UNICAMP, 1996. 135p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – FEAGRI, UNICAMP.

PEDRO JR, M. J., MELLO, M. H. A., ORTOLANI, A. A., ALFONSI, R. R., SENTELHAS, P. C. (1991) Estimativa das Temperaturas Médias Mensais das Máximas e Mínimas para o Estado de São Paulo. *Boletim Técnico IAC* **142**, 11p.

PINTO, H. S., ORTOLANI, A. A., ALFONSI, R. R. (1972) Estimativa das Temperaturas Médias Mensais do Estado de São Paulo em Função de Altitude e Latitude. *Caderno de Ciências da Terra*, No. **23**, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

THORNTHWAITE, C. W. & MATTER, J. R. (1955) The Water Balance. *Publications in Climatology*, No. **8**(1), The Laboratory of Climatology, Centerton, NJ, USA, 104pp.

United States Geological Survey - USGS (2001), EROS Data Center, Distributed Active Archive Center, Available at <http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.html>.

WUTKE, E. B., BRUNINI, O., BARBANO, M. T., CASTRO, J. L., GALLO, P. B., KANTHACK, R. A. D., MARTINS, A. L. M., PEREIRA, J. C. V. N. A., BORTOLETTO, N., PAULO, E. M., SAKAI, M., SAES, L. A., AMBROSANO, E. J., MORAES, S. A., CARBONELL, S. A. M., SILVEIRA, L. C. P. (2000) Estimativa de Temperatura-Base e Graus-Dia para Feijoeiro nas Diferentes Fases Fenológicas. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, RS, v.8, n.2, p.85-94.

VAKSMANN, M. (1990) Le Modèle BIPODE: Logiciel. *Bamako: IRAT*.