

AVALIAÇÃO DOS MODELOS AGROMETEOROLÓGICOS DE ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE RELATIVA DA SOJA NO RIO GRANDE DO SUL

DANIELLE BARROS FERREIRA¹, FELIPE DA CRUZ DIAS², LUIZ ANDRÉ R. DOS SANTOS², FABIO C. CONDE², ANDREA R. MALHEIROS², FABRÍCIO D. DOS SANTOS²

^{1,2} Msc. Meteorologia, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – Coordenação de Desenvolvimento e Pesquisa (CDP), Eixo Monumental Sul – Via S1 – Setor Sudoeste. CEP: 70680-900 – Brasília (DF) – Brasil, Fone: (0xx61) 33422945, danielle.ferreira@inmet.gov.br.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de setembro de 2009 – Belo Horizonte, MG.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de modelos aditivos e multiplicativos que penalizam a produtividade relativa da cultura de soja nos municípios do Rio Grande Sul em função da razão entre a evapotranspiração real e potencial (evapotranspiração relativa), bem como excedentes fornecidos por balanço hídricos mensais nas diversas as fases fenológicas. Os resultados mostraram que todos os modelos testados foram capazes de fornecer a produtividade relativa a nível municipal, destacando o modelo D, que apresentou melhor desempenho. As correlações entre a produtividade estimada e a observada foram maiores quando foi retirada a tendência tecnológica.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração, soja, modelos agrometeorológicos.

EVALUATION OF AGROMETEOROLOGICAL MODELS FOR ESTIMATIVE OF SOYBEAN RELATIVE YIELDS OVER STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the performance of additive and multiplicative models that reduce the soybean relative yields over counties of Rio Grande Sul according to ratio between the actual and potential evapotranspiration (relative evapotranspiration) and excess derived by a monthly water balance during different phenological stages. The results showed that all the models tested were able to provide the relative yields over counties and D model showed better performance. The correlations between observed and estimated yield was higher when removed technological trend.

KEYWORDS: evapotranspiration, soybean, agrometeorological models.

INTRODUÇÃO: A influência das condições climáticas sobre o desenvolvimento e produtividade de culturas agrícolas pode ser identificada através do processo de modelagem agrometeorológica, no qual permite com certa antecedência tomar decisões importantes no setor agrícola, tais como: adaptação de culturas, monitoramento e previsão de safras, controle de pragas e doenças, etc. Um fator de grande importância que deve ser utilizado na modelagem agrometeorológica é a expressão que relaciona disponibilidade hídrica e crescimento, desenvolvimento e produtividade final de grãos. No caso da soja, estudos sobre zoneamento climático no Brasil, têm inserido como principais variáveis limitantes, a deficiência hídrica, a insuficiência térmica e a falta de uma estação seca na época de colheita (Mota, 1983).

Neste contexto, diversos autores têm proposto o uso destes modelos para estimar a produtividade de culturas, tendo como variável independente alguma expressão de disponibilidade hídrica. Picini et al., (1999), parametrizou e testou um modelo agrometeorológico aditivo para estimar a produtividade da cultura do café no estado de São Paulo, obtendo resultados de produtividade altamente dependentes da produtividade do ano anterior e sensível ao estresse hídrico durante as fases de florescimento até o início de formação do grão. O presente estudo tem como objetivo testar quatro modelos agrometeorológicos de estimativa da produtividade relativa da soja no estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS: A produtividade média anual da soja (kg ha^{-1}) para os municípios do Rio Grande do Sul, durante o período de 1961/1962 a 2005/2006, foi obtida de estatísticas oficiais da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/RS) e os dados mensais de precipitação e temperatura deste mesmo período foram obtidos de estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), como pode ser visto na Figura 1.

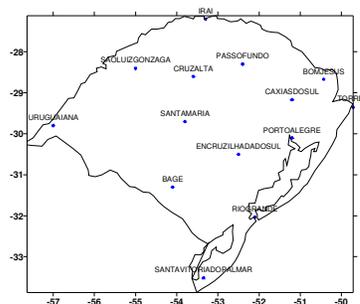


Figura 1 – Distribuição espacial das estações meteorológicas localizadas no Rio Grande do Sul.

A deficiência hídrica no solo ou evapotranspiração relativa é dada pela razão entre a evapotranspiração real (ET_r) e potencial (ET_p), nas quais foram estimadas através do balanço hídrico seqüencial, proposto por Thornthwaite e Mather (1955) em nível mensal, com base nos dados de precipitação e temperatura. O cálculo deste balanço foi realizado, utilizando uma capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 100 mm.

A produtividade relativa é a razão entre a produtividade real (P_r) e a potencial (P_o) e para estimá-la foram utilizados os seguintes modelos agrometeorológicos: a) multiplicativo proposto por Rao et al. (1988), b) aditivo proposto Doorenbos e Kassam (1979), c) multiplicativo modificado por Camargo et al. (1986) e d) multiplicativo modificado por Berlato (1987). Tais modelos consideram a influência da evapotranspiração relativa sobre a produtividade relativa nas diferentes fases fenológicas da cultura. Ressalta-se que somente o modelo C além de incluir a

deficiência hídrica também inclui um fator relacionado à penalização por excedentes hídricos, denominado fator excedente (f_e).

O somatório ou o produtório dos fatores hídricos foi realizado a nível mensal. Para tanto, foi considerado um ciclo de 123 dias, totalizando quatro meses, ou seja, cada fase da cultura correspondeu a um mês. As simulações foram realizadas em três períodos de semeadura (outubro a dezembro) e ao final obteve-se a média das produtividades relativas. A resposta do suprimento de água sobre a produtividade de uma cultura é quantificada através do fator de resposta da cultura (k_y), o qual relaciona a queda de produtividade relativa com o déficit de evapotranspiração relativa, assim os valores de k_y foram extraídos de Doorenbos e Kassam (1979) e Camargo et al. (1986).

Visando identificar as localidades representativas da produtividade média da soja no Rio Grande do Sul, foram calculados coeficientes de correlação entre a produtividade média anual do estado e a produtividade média anual de 225 municípios desta área nos últimos 18 anos (1989/1990 a 2006/2007) com dados pertencentes ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Quanto ao desempenho dos modelos, também foram calculados coeficientes de correlação entre a produtividade relativa estimada e a produtividade relativa observada (com e sem tendência), sendo que esta foi calculada através da razão entre produtividade observada originada da EMATER e o valor máximo desta. A tendência tecnológica associada aos dados de produtividade foi retirada utilizando a metodologia adotada por Cunha (1999), pois pretendeu-se estudar somente a influência das condições meteorológicas sobre a produtividade da cultura. Para a determinação da significância das correlações foi aplicado o teste estatístico de *t-student* (Bendat e Pearson, 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÕES: A Figura 1 mostra os coeficientes de correlação calculados entre a produtividade média anual do estado e a produtividade média anual dos municípios, no período de 1989/1990 a 2006/2007. De acordo com o resultado do teste de *t-student*, os valores de correlações acima de 0,54 foram significativos ao nível de 99%. Foi observado que praticamente todos os municípios localizados na metade norte da área de estudo responderam pela produtividade média do estado, correspondendo a área de correlações significativas. Porém, os altos valores concentraram-se na parte noroeste do estado, a qual segundo o Zoneamento Agrícola é a região preferencial para o cultivo da soja.

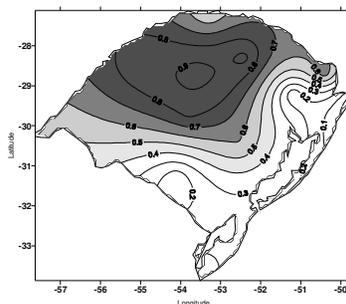


Figura 2 - Coeficientes de correlação entre a produtividade média dos municípios e a produtividade média do Rio Grande do Sul (1989/1990 – 2006/2007).

A Figura 3 apresenta as correlações entre produtividade relativa estimada pelos quatro modelos e produtividade relativa observada. O teste de significância foi aplicado e os valores de correlações acima de 0,4 foram significantes ao nível de 99%. Pode-se observar que as correlações foram

significativas nos municípios de Iraí, São Luiz Gonzaga, Cruz Alta, Passo Fundo, Uruguai, Santa Maria e Encruzilhada do Sul. Tais municípios estão localizados na parte central e noroeste do estado, sendo esta última área responsável em média por 90% do total da produção do estado (Berlato e Fontana, 1999). Analisando o desempenho dos quatro modelos, observou-se que o modelo A e B apresentaram desempenhos semelhantes com valores de correlações praticamente iguais. O modelo C, mesmo apresentando o diferencial do fator de penalização para excedente hídrico não obteve desempenho superior em relação aos modelos A e B, pois apresentou correlações menores principalmente nos municípios de maior destaque da produtividade de soja. O modelo D apresentou melhor desempenho em relação aos outros modelos, principalmente nos municípios de São Luiz Gonzaga (0,65) e Encruzilhada do Sul (0,56). Destaca-se que nos quatro modelos analisados as menores correlações ocorreram em Torres (-0,11) e Santa Vitória do Palmar (-0,08), os quais segundo o Zoneamento Agrícola da Soja realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) não são indicados para o plantio da oleaginosa.

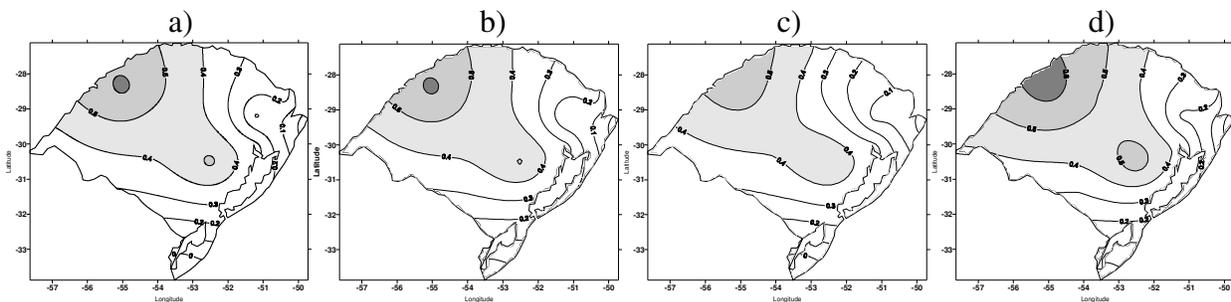


Figura 3 - Coeficientes de correlação entre a produtividade relativa estimada e a relativa observada (com tendência tecnológica) no Rio Grande do Sul, período 1961/1962 a 2005/2006. a) Rao, b) Doorenbos e Kassam, c) Camargo, d) Berlato.

A Figura 4 apresenta as correlações entre produtividade relativa estimada pelos quatro modelos e produtividade relativa observada com a retirada da tendência. Verificou-se que a localização da faixa de significância estatística foi mantida nos quatro modelos, porém apresentou valores maiores em determinados municípios, como Passo Fundo e Santa Maria, onde suas correlações sofreram um aumento de 12% e 17%, respectivamente, principalmente no modelo D. Em Iraí e Encruzilhada do Sul, as correlações feitas para os quatro modelos não foram alteradas, pois provavelmente não foram adotadas tecnologias no sistema de produção ao longo dos anos. No entanto, as maiores correlações continuaram a ser observadas para o modelo D, mostrando melhor desempenho em relação aos outros modelos, principalmente nos municípios de São Luiz Gonzaga (0,72), Encruzilhada do Sul (0,58), Santa Maria (0,58) e Cruz Alta (0,57).

CONCLUSÕES: Portanto, conclui-se que os modelos utilizados neste trabalho foram capazes de representar a produtividade relativa a nível municipal para o estado do Rio Grande do Sul, com destaque para o modelo D, no qual apresentou desempenho superior em relação aos outros. A retirada da tendência tecnológica foi um fator preponderante para o aumento das correlações entre a produtividade estimada e a observada.

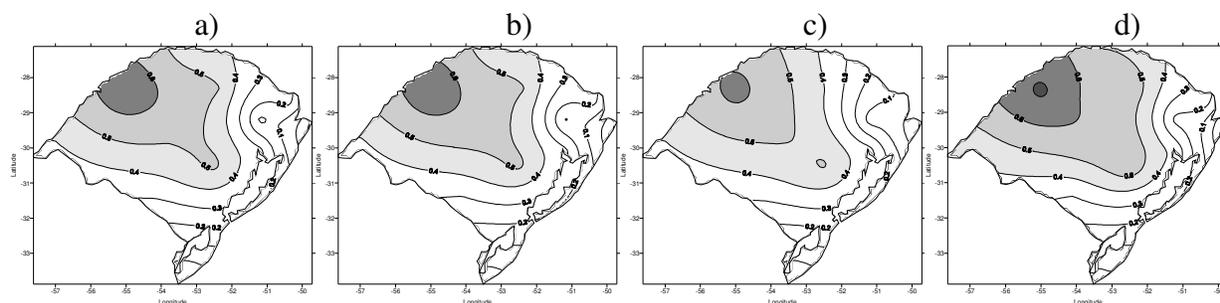


Figura 4 - Coeficientes de correlação entre a produtividade relativa estimada e a relativa observada (sem tendência tecnológica) no Rio Grande do Sul, período 1961/1962 a 2005/2006. a) Rao, b) Doorenbos e Kassam, c) Camargo, d) Berlato.

- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:** BENDAT, J.S.; PEARSON, A.G. Radom data – Analysis and measurement procedures. 2ª ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, pp. 525, 1986.
- BERLATO, M. A. Modelo de relação entre o rendimento de grãos de soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987. 93 p. Tese de Doutorado.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação e variabilidade dos rendimentos de soja na Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 7 (1), p.119-125, 1999.
- CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O. & MIRANDA, M. A. C. Modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. Bragantia, v. 45(2), p. 279-292, 1986.
- CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V. ENSO influences on wheat crop in Brazil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.7, p.127-138, 1999.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. Roma: Food and Agriculture Organization, pp. 197, 1979.
- MOTA, F. S. Condições climáticas e produção de soja no sul do Brasil. In: Vernetti, F.de J.(Coord) Soja. Campinas: Fundação Cargill, p. 463, 1983.
- PICINI, A. G. et al . Test and analysis of agrometeorological models for predicting coffee yield. Bragantia, Campinas, v. 58 (1), 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000687051999000100015&lng=es&nr=iso>. Acesso em: 10 may 2007. Pré-publicação.
- RAO, N. H.; SARMA, P. B. S. & CHANDER, S. A simple dated water-production function for use in irrigated agriculture. Agricultural Water Management, v. 13, pp. 25-32, 1988.
- THORNTHWAITE, C. W., MATHER, R.J. The water Balance. New Jersey: Laboratory of Climatology, v. 8, 104 p, 1955.