

TESTE DE MODELOS DE ESTIMATIVA DE RENDIMENTO DE ARROZ IRRIGADO PARA O RIO GRANDE DO SUL

ELIANA V. KLERING¹, DANIELE GUTTERRES², DENISE C. FONTANA³,
MOACIR A. BERLATO³

¹ Bacharel em Meteorologia, M.Sc., Doutoranda do PPG-Fitotecnia, Dep. Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre-RS, elianaklering@yahoo.com.br

² Bolsista de Iniciação Científica, Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia – UFRGS – Porto Alegre - RS

³ Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia – UFRGS – Porto Alegre - RS

Apresentado no XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA – 22 a 25 de setembro de 2009 – Belo Horizonte – MG

RESUMO: este trabalho teve como objetivo testar e comparar o desempenho do modelo agrometeorológico e do modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos arroz irrigado para o Rio Grande do Sul, ajustado por Klering (2007), em três safras agrícolas. O estudo foi realizado usando-se dados meteorológicos de temperatura mínima do ar, radiação solar global, dados de estatísticas agrícolas de rendimento de grãos de arroz irrigado e imagens MODIS NDVI, abrangendo a região orizícola do Estado, referentes às safras 2006/2007 até 2008/2009. Os resultados mostraram que, embora as condições meteorológicas tenham sido semelhantes no período testado, o modelo agrometeorológico-espectral apresenta estimativas de rendimento de grãos mais precisas em relação ao modelo agrometeorológico.

PALAVRAS-CHAVE: modelo agrometeorológico, modelo agrometeorológico-espectral, MODIS

TEST OF MODELS TO ESTIMATION IRRIGATED RICE YIELD FOR THE RIO GRANDE DO SUL STATE

ABSTRACT: The objective of this study was to test and compare the performance of agrometeorological model and agrometeorological-spectral model for estimation the irrigated rice grain yield for the Rio Grande do Sul State, adjusted for Klering (2007) in three growing seasons. The study was performed by using meteorological data of minimum air temperature, solar radiation, data of agricultural statistics of irrigated rice grain yield and MODIS NDVI images covering the rice region of Rio Grande do Sul State, for the seasons 2006 / 2007 to 2008/2009. The results showed that although the weather conditions were similar in the period tested, the agrometeorological-spectral model presents estimates of grain yield more precise than the agrometeorological model.

KEY WORDS: agrometeorological model, agrometeorological-spectral model, MODIS

INTRODUÇÃO: o Estado do Rio Grande do Sul (RS) é um dos maiores produtores e exportadores de grãos do Brasil, tendo sido responsável, na safra agrícola de 2007/2008, por 60,9% da produção nacional de arroz irrigado. Isto representa 3% da arrecadação de ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços) e 2,23% do PIB (Produto Interno Bruto) do Estado (IRGA, 2009). A previsão de safras de arroz no RS, assim como de diversas culturas em todo o Brasil, é realizada utilizando informações municipais obtidas através de um levantamento, baseado em opiniões de agentes técnicos e econômicos relacionados ao setor. Contudo, em função do caráter subjetivo dos levantamentos, essas informações não permitem uma análise quantitativa dos erros envolvidos, além de serem passíveis de manipulação. É, portanto, de grande importância o desenvolvimento de métodos objetivos que possam ser incorporados, complementando os programas oficiais. Uma das alternativas para a resolução do problema da subjetividade do método oficial é o uso de modelos de estimativa de rendimento. Os modelos que expressam a influência de elementos meteorológicos no rendimento das culturas são denominados modelos agrometeorológicos. A inclusão de uma componente espectral a esses modelos geram os chamados modelos agrometeorológicos-espectrais e permitem que outras variáveis que influenciam o rendimento, tais como práticas de manejo e tipo de cultivar, sejam contempladas. O objetivo deste trabalho foi testar e comparar o desempenho do modelo agrometeorológico e do modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de grãos de arroz irrigado para o Rio Grande do Sul, ajustado por Klering (2007), em três safras agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS: a área de estudo abrange toda a região orizícola do Rio Grande do Sul (Figura 1). Para os testes, foram utilizados dados oficiais de área, produção e rendimento de arroz irrigado de três safras agrícolas (2006/2007 a 2008/2009), obtidos do *site* do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>). Utilizaram-se, também, dados meteorológicos diários e mensais de temperatura mínima do ar e radiação solar global das 17 estações meteorológicas da região de estudo (Figura 1), fornecidos pelo 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (8ºDISME/INMET) e pela Fundação de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul (FEPAGRO-RS).

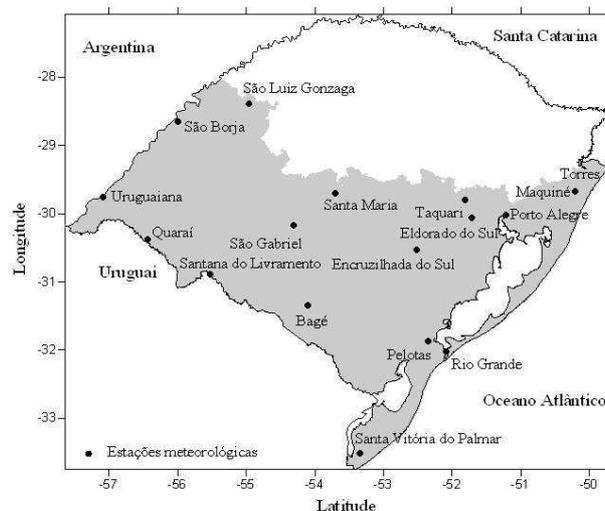


Figura 2. Região orizícola do Rio Grande do Sul e estações meteorológicas a utilizadas no estudo.

Por fim, foram usadas imagens provenientes do produto MODIS MOD13Q1, coleção 5, que contém composições de imagens de 16 dias sob a forma dos índices de vegetação NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*), com resolução espacial de 250m. Este produto foi obtido de forma gratuita, mediante cadastro antecipado, através do site do Programa EOS da NASA (<https://wist.echo.nasa.gov/~wist/api/imswelcome/>) para o período de outubro de 2006 até março de 2009.

O modelo agrometeorológico (MA) de estimativa de rendimento de arroz irrigado (Equação 1) testado foi o ajustado por Klering et al. (2008). O ajuste se deu através de regressão linear múltipla entre o rendimento de arroz irrigado, temperatura mínima do ar menor ou igual a 15°C e radiação solar global.

$$Y_i = 0,066i + [2,9962 + 0,079(rafev) - 0,038(dimar)] \quad (1)$$

Onde: Y_i é o rendimento de arroz irrigado ($t\ ha^{-1}$), i é o ano (o ano 1 corresponde à safra agrícola 1982/1983), $rafev$ corresponde a radiação solar global do mês de fevereiro e $dimar$ corresponde a o número de dias do mês de março com temperatura mínima menor ou igual a 15°C.

O modelo agrometeorológico-espectral (MAE) (Equação 2) testado foi o ajustado por Klering (2007), este se baseia em uma regressão linear múltipla entre o rendimento de arroz irrigado, o NDVI das áreas de cultivo e a radiação solar global. Para a definição das áreas foram geradas máscaras de cultivo baseadas na aplicação de um valor limiar de 0,42 à imagem diferença, conforme metodologia descrita em Klering (2007).

$$Y_i = 1,671 + 0,170(ranov) + 3,079(imdez) + 11,168(imfev) - 12,711(immar) \quad (2)$$

Onde: Y_i é o rendimento de arroz irrigado ($t\ ha^{-1}$); $ranov$ é a média da radiação solar global média de novembro; $imdez$, $imfev$ e $immar$ são os NDVIs máximos dos meses de dezembro, fevereiro e março, extraído das imagens MODIS, respectivamente; A diferença entre as estimativas foi verificada através do teste *t-Student* a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: as três safras analisadas apresentaram rendimentos observados bem acima da média dos dez últimos anos ($5,89\ t\ ha^{-1}$), tendo o RS atingido recorde histórico de $7,26\ t\ ha^{-1}$ na última safra (2008/2009).

A partir da aplicação do MA observou-se que houve subestimativa dos rendimentos observados em todos os anos (Figura 2). A maior diferença observada foi na safra de 2008/2009, sendo de $1,08\ t\ ha^{-1}$, e a menor na safra de 2006/2007, de $0,58\ t\ ha^{-1}$. As diferenças entre os dados oficiais e os dados estimados foram significativas, pelo teste *t-Student* a 5% de probabilidade, nas três safras testadas. Na Tabela 1 observa-se que, embora, a radiação de fevereiro e número de dias de março com temperatura menor ou igual a 15°C ocorridas durante as safras de teste estiveram dentro da faixa de variação contemplada pelo período de ajuste do MA, os rendimentos observados foram acima do maior valor usado no ajuste. Este fato pode explicar porque o MA subestimou rendimento de arroz irrigado nesse período.

Já o MAE apresentou valores superiores aos observados pelo IBGE nas primeiras duas safras, sendo a diferença de $0,09$ e $0,17\ t\ ha^{-1}$, respectivamente. Para a safra de 2008/2009 ocorreu uma subestimativa do rendimento oficial em $0,33\ t\ ha^{-1}$. No entanto, as diferenças entre os rendimentos estimados pelo MAE e os dados oficiais, não foram significativas pelo teste *t-Student* a 5% de probabilidade, nas safras testadas. Conforme a Tabela 2 nota-se que o

rendimento e a radiação de novembro, observados no período testado, foram superiores aos maiores valores ocorridos utilizados no ajuste. No entanto, os valores de NDVI das safras de teste ficaram dentro da faixa de variação dos dados na série de ajuste, possibilitando a geração de estimativas acuradas. Quanto maior forem os valores de NDVI nos meses de dezembro e fevereiro maior serão os valores de rendimento estimado. Já para o mês de março a relação é inversa.

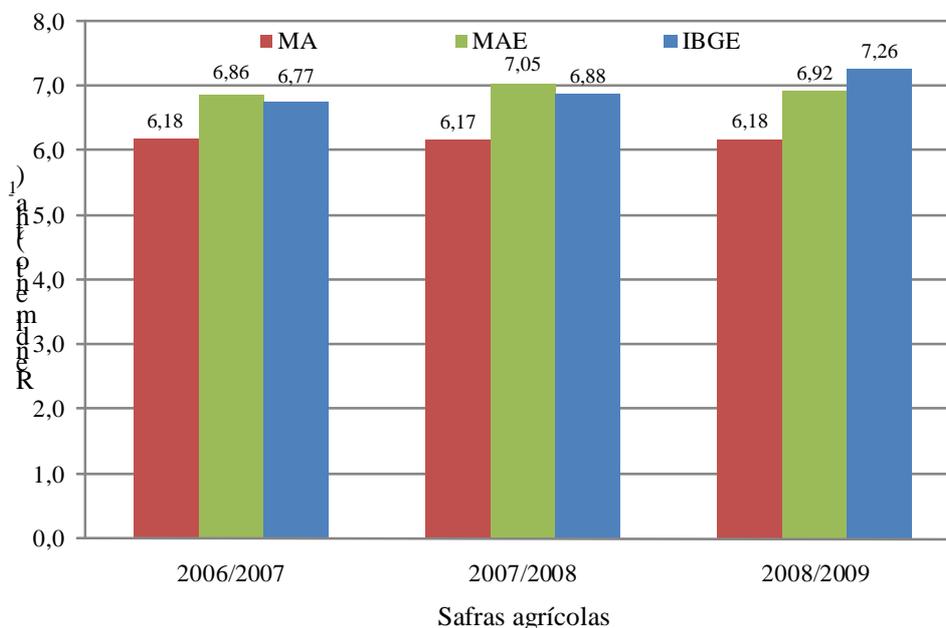


Figura 2. Rendimentos médios de arroz irrigado estimados pelo IBGE (IBGE), pelo modelo agrometeorológico (MA) e pelo modelo agrometeorológico-espectral (MAE), para a região orizícola do Rio Grande do Sul em três safras agrícolas.

Tabela 1. Variáveis utilizadas no modelo agrometeorológico de estimativa de rendimento de arroz irrigado para o Rio Grande do Sul.

Safras agrícolas	Rendimento (t ha ⁻¹)	<i>rafev</i> (MJ m ⁻²)	<i>diamar</i>
de 1983 até 2006*	de 3,67 até 6,46	de 4,96 até 21,39	de 0,17 até 9,17
2006/2007	6,77	19,99	0,92
2007/2008	6,88	19,98	3,08
2008/2009	7,26	19,61	3,75

*faixa de variação dos dados no período de ajuste do MA (safra 1982/1983 até 2005/2006); *rafev* é a radiação solar global de fevereiro (MJ m⁻²); *diamar* o número de dias do mês de março com temperatura mínima do ar igual ou inferior a 15°C.

Tabela 2. Variáveis utilizadas no modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento de arroz irrigado para o Rio Grande do Sul.

Safras agrícolas	Rendimento (t ha ⁻¹)	<i>ranov</i> (MJ m ⁻²)	<i>imdez</i>	<i>imfev</i>	<i>immar</i>
de 2001 a 2006*	de 4,90 a 6,46	de 16,00 a 18,90	de 0,41 a 0,50	de 0,69 a 0,76	de 0,61 a 0,74
2006/2007	6,77	20,26	0,57	0,76	0,67
2007/2008	6,88	21,74	0,54	0,75	0,66
2008/2009	7,26	21,73	0,50	0,75	0,66

*faixa de variação dos dados no período de ajuste do MAE (safra 2000/2001 até 2005/2006); *ranov* é a radiação solar global de novembro (MJ m⁻²); *imdez*, *imfev* e *immar* são os NDVIs referentes ao mês de novembro; fevereiro e março, respectivamente.

Nas Tabelas 1 e 2 pode-se observar também que as condições meteorológicas (radiação e temperatura mínima) das três safras analisadas foram bastante semelhantes. Houve alta disponibilidade de radiação solar e um baixo número de dias com temperatura mínima abaixo de 15°C, favorecendo o desenvolvimento das lavouras. O melhor desempenho do MAE corrobora que a pré-suposição de que a inclusão de uma componente espectral (NDVI) nos modelos de estimativa de rendimento introduz no modelo outras condições, além das meteorológicas, tais como práticas de manejo, cultivares, pragas e moléstias, entre outras (Rudorff e Batista, 1990). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2009), o aumento do rendimento médio de arroz irrigado no Rio Grande do Sul se deve, além das condições meteorológicas, ao uso correto de manejo do solo e ao uso de insumos e sementes de última geração, o que possivelmente foi incorporado no modelo através do termo espectral (NDVI).

CONCLUSÃO: o MAE testado apresentou melhores estimativas de rendimento de arroz irrigado, para o Estado do Rio Grande do Sul, do que o MA. Dessa forma pode-se dizer que a inclusão da componente espectral permitiu a quantificação de alguns parâmetros biofísicos, além às condições meteorológicas, mas que estão correlacionados com o rendimento final da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). **Notícias 2009**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=73&NSN=1081>. Acesso em: 09 jul. 2009.

Instituto Rio Grandense de Arroz Irrigado (IRGA). **Newsletter 2009**. Disponível em: http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=noticia_detalhe&id=2302. Acesso em: 08 jun. 2009.

KLERING, E. V. et al. Modelagem agrometeorológica do rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.43, n.5, p.549-558, 2008.

KLERING, E.V. **Avaliação do uso de imagens MODIS na modelagem agrometeorológica-espectral de rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul**. 2007. Porto Alegre: UFRGS. 116p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2007.

RUDORFF, B. F. T.; BATISTA, G. T. Spectral response of wheat and its relationship to agronomic variables in the tropical region. **Remote Sensing of Environment**. v.31, p.53-63, 1990.