

PERFIS TEMPORAIS DE NDVI E O RENDIMENTO DE ARROZ IRRIGADO NAS REGIÕES ORIZÍCOLAS DO RIO GRANDE DO SUL

ELIANA V. KLERING¹, DENISE C. FONTANA², MOACIR A. BERLATO²

¹ Meteorologista, aluna do curso de Pós Graduação em Sensoriamento Remoto – CEPSSRM – UFRGS- Porto Alegre-RS
² Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, Dep de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia – UFRGS – Porto Alegre - RS

Apresentado no XV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: este trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre os perfis temporais de NDVI e o rendimento de grãos de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Para tanto foram utilizadas imagens de NDVI obtidas do sensor MODIS e estatísticas oficiais de rendimento. Foram analisadas as correlações entre os perfis temporais de NDVI e o rendimento em seis safras agrícolas (2000/2001 até 2005/2006) para as seis regiões orizícolas do Estado. Os resultados mostraram que o NDVI possui associação com o rendimento de arroz irrigado, podendo assim ser incluído em modelos de estimativa de rendimento de grãos dessa cultura no Estado do Rio Grande do Sul.

PALAVRAS-CHAVE: MODIS, *Oryza sativa*

TEMPORAL NDVI PROFILES AND THE YIELD OF RICE IRRIGATED IN RICE REGIONS OF THE RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT: this work aimed the evaluation of the relation between NDVI temporal profiles and the yield of irrigated rice in the Province of Rio Grande do Sul, by means of NDVI images obtained from a MODIS sensor and official statistics of yield. It was analyzed correlations between NDVI temporal profiles and yield data from six agricultural harvests (from 2000/2001 to 2005/2006) in six rice regions, in the Province of Rio Grande do Sul. The results show that NDVI maintain associations with irrigated rice revenues, what makes the NDVI being able to be included in models for estimative of yield of this culture of grains in Rio Grande do Sul.

KEY WORDS: MODIS, *Oryza sativa*

INTRODUÇÃO: o arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, sendo cultivado em praticamente todos os continentes. Nos países em desenvolvimento este grão é o cultivo alimentar de maior importância devido ao seu alto valor nutricional. Atualmente o Rio Grande do Sul é considerado estabilizador da safra nacional, pois é responsável por 48% da produção nacional, e representa 3,1% do PIB (Produto Interno Bruto) e gera R\$ 175 milhões em ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços) e 250 mil empregos no Estado (IBGE, 2004). Várias pesquisas relacionadas à estimativa de rendimento utilizando dados de sensores orbitais estão sendo desenvolvidas, pois os dados adquiridos através desses sensores possibilitam o acompanhamento das condições de crescimento da vegetação ao longo do ciclo

da cultura (Sugawara, 2001). Dos produtos obtidos através de imagens de satélite, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI do inglês: *Normalized Difference Vegetation Index*), é o que vem sendo mais utilizado. Este índice tem tido importante função no monitoramento de cultivos por indicar uma associação direta entre sua grandeza e as condições hídricas e de biomassa no desenvolvimento das culturas (Jacobsén et al., 2003). Entretanto, para a cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul como existem poucos trabalhos utilizando imagens e explorando as variações temporais deste índice para fins de monitoramento, estimativa de área cultivada e modelagem de rendimento. O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre os perfis temporais de NDVI, obtidos de imagens MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) e o rendimento de grãos de arroz irrigado no Estado.

MATERIAL E MÉTODOS: para a região orizícola do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1) foram analisadas seis safras agrícolas: de 2000/2001 até 2005/2006. Nas análises foram utilizadas imagens de NDVI obtidas do sensor MODIS que está a bordo do satélite Terra e as estatísticas oficiais de rendimento de arroz irrigado do Estado, obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007).

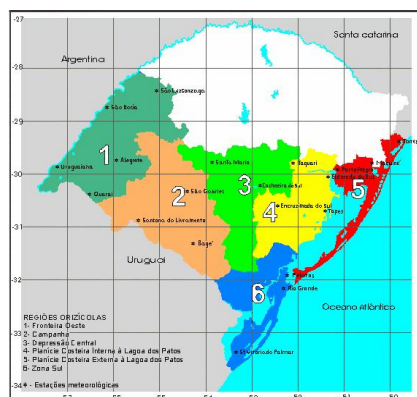


Figura 1. Regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul (Fonte: Carmona, 2001).

As imagens de NDVI foram provenientes do produto MODIS MOD13Q1 que contém composições de imagens de 16 dias sob a forma dos índices de vegetação NDVI e EVI (*Enhanced Vegetation Index*), além da reflectância de superfície correspondente às bandas do azul, vermelho, infravermelho próximo e médio, com uma resolução espacial de 250 metros. Este produto foi adquirido de forma gratuita através do *site* <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome>. A partir das imagens MODIS/NDVI do período de outubro a março, foram elaboradas composições de máximos (1ª e 2ª jan, 1ª e 2ª fev), mínimos (2ª out, 1ª e 2ª nov, e 1ª dez) e diferenças para as regiões orizícolas nos seis anos agrícolas de estudo. A imagem diferença foi usada para estabelecer as áreas de cultivo de arroz, as quais foram obtidas através do teste de alguns limiares (valores limites) de diferença entre as imagens de máximo e de mínimo. O limiar escolhido, para cada região, foi aquele que gerou a área de cultivo mais próxima da área fornecida pelo IBGE nas seis safras. Definida as áreas de cultivo, a próxima etapa foi a extração dos dados de NDVI das imagens MODIS para o traçado dos perfis temporais. A última etapa foi a realização de análise de correlação entre o NDVI e rendimento de arroz irrigado. A correlação foi estabelecida para o NDVI dos períodos de 16 dias; para o NDVI mensal ao longo de todo o ciclo da cultura; para o NDVI dos períodos de mínimo e de máximo e para a integração do NDVI ao longo de todo o período. A significância das correlações foi verificada através do teste t.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: na Tabela 1 são apresentados os rendimentos médios das regiões orizícolas do Rio Grande do Sul para as últimas seis safras agrícolas.

Tabela 1. Rendimentos médios (kg.ha⁻¹) de arroz irrigado para as diferentes regiões orizícolas do Rio Grande do Sul.

Região	Anos Agrícolas					
	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
Fronteira Oeste	6.051	6.306	5.041	6.809	6.725	7.599
Campanha	5.812	5.767	4.722	6.137	6.296	6.339
Dep. Central	5.218	5.687	4.556	5.853	6.000	6.559
Planície Interna	5.100	5.389	5.115	6.171	5.796	5.981
Planície Externa	4.693	5.032	4.983	5.359	5.639	6.151
Zona Sul	5.724	4.753	5.008	5.602	5.527	6.140
RS (média)	5.433	5.489	4.904	5.989	5.997	6.462

Os maiores rendimentos, em todas as regiões orizícolas, ocorreram na safra 2005/2006 sendo o rendimento médio do Estado de 6.462 kg.ha⁻¹. Os menores rendimentos foram observados em 2002/2003, sendo, em média, de 4.904 kg.ha⁻¹. Esta diferença de 1.558 kg.ha⁻¹ nos rendimentos representou uma diferença de aproximadamente 1,53 milhões de toneladas (IBGE, 2007), sendo o conhecimento destas informações estratégicas para o Estado. Considerando os anos analisados, as regiões da Fronteira Oeste e da Planície Externa são as que apresentaram, em média, os maiores e os menores rendimentos respectivamente. Sendo que a Fronteira Oeste apresentou as maiores variações de rendimento e a Planície Externa as menores. Segundo Carmona (2001), as maiores variações no rendimento podem estar relacionadas ao fato destas regiões estarem situadas ao Sul do Rio Grande do Sul onde as probabilidades de ocorrência de temperatura mínima prejudiciais ao arroz são maiores. Através das análises dos perfis temporais de NDVI (Figura 2), notou-se um padrão típico de cultivos em todas as regiões e anos, semelhante ao verificado por Jacobsen et al. (2003) em diferentes regiões do Estado. Os valores de NDVI foram menores nos estágios de implementação da cultura e entrada de água na lavoura, que segundo o calendário agrícola médio da cultura corresponde aos meses de outubro e novembro. Os períodos de máximo NDVI ocorreram em fevereiro e corresponderam aos estágios de floração, enchimento do grão e maturação. Observou-se que houve variação entre as diferentes safras e regiões produtoras, o que possivelmente esteve relacionado às diferenças das condições de crescimento e desenvolvimento da cultura. Na Figura 3 observa-se que, tanto nas análises de períodos de 16 dias como para os valores mensais os padrões de correlações obtidos refletem adequadamente a relação entre biomassa e rendimento de grãos ao longo do ciclo da cultura. As correlações foram negativas no período de implementação (outubro e novembro), positivas durante o período de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo até a maturação fisiológica (dezembro, janeiro até meados de fevereiro) e, por fim novamente negativa (final de fevereiro e março). Considerando somente o período de correlações significativas (tanto positivas como negativas), verifica-se que os maiores valores ocorrem nas três regiões que apresentam os maiores rendimentos que são, respectivamente, a Fronteira Oeste, Campanha e Depressão Central. Dezembro e janeiro foram os meses com maior frequência de correlações positivas e significativas, indicando que quanto maior for o desenvolvimento da biomassa das plantas (maior NDVI) nestes meses, maior é a chance de obterem-se altos rendimentos de grãos. Encontraram-se, ainda, valores significativos de correlações, pelo menos a 10%, para as composições de máximo nas regiões da Campanha, Depressão Central e Planície Externa e para a combinação de mínimo na Planície Interna. As demais correlações estabelecidas,

incluindo o NDVI máximo e o integrado de todo o período de cultivo não apresentaram valores significativos em região alguma.

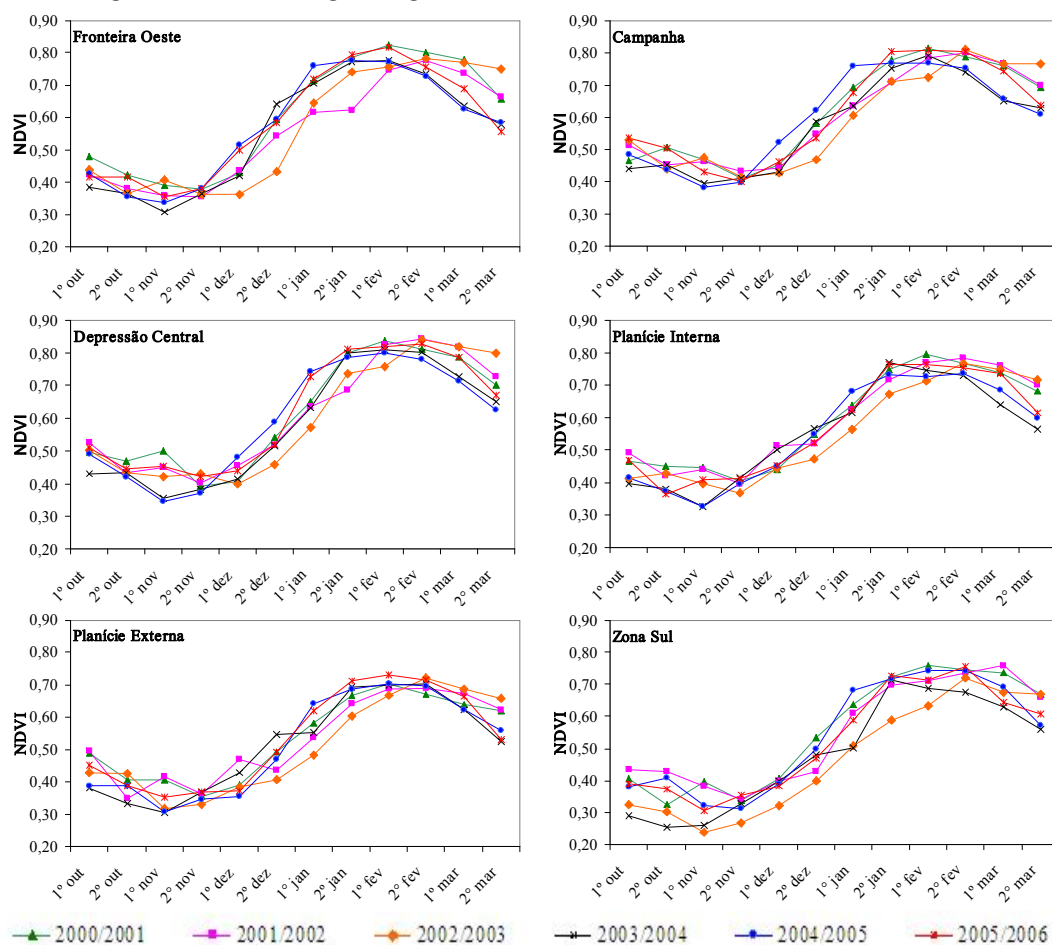


Figura 2. Perfis temporais de NDVI, referentes às safras agrícolas de 2000/2001 até 2005/2005, para as diferentes regiões orizícolas do Rio Grande do Sul.

CONCLUSÃO: o NDVI, obtido de imagens MODIS adquiridas no período de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das lavouras, possui associação direta com o rendimento de arroz irrigado e, assim, pode ser incluído em modelos de estimativa de rendimento de grãos dessa cultura no Estado do Rio Grande do Sul.

AGRADECIMENTOS: este estudo foi realizado no âmbito do projeto GeoSafras, com financiamento CONAB/PNUD, sendo todos os autores bolsistas CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CARMONA, L. **Efeitos associados as fenômenos El Niño e La Niña no rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2001. 77f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Informações institucionais, produtos, notícias, pesquisas, eventos e serviços.** Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda>> Acesso em: 03 mar. 2007.

JACÓBSEN, L. O., FONTANA, D. C., SHIMABUKURO, Y. E. **Alterações na vegetação em macrozonas do Rio Grande do Sul associadas a eventos El Niño e La Niña, usando imagens NOAA.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, p.361 - 374, 2003.

SUGAWARA, L.M. **Avaliação de Modelo Agrometeorológico e Imagens NOAA/AVHRR no Acompanhamento e Estimativa de Produtividade da Soja no Estado do Paraná.** São José dos Campos: INPE, 2001. 181p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Pós Graduação Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

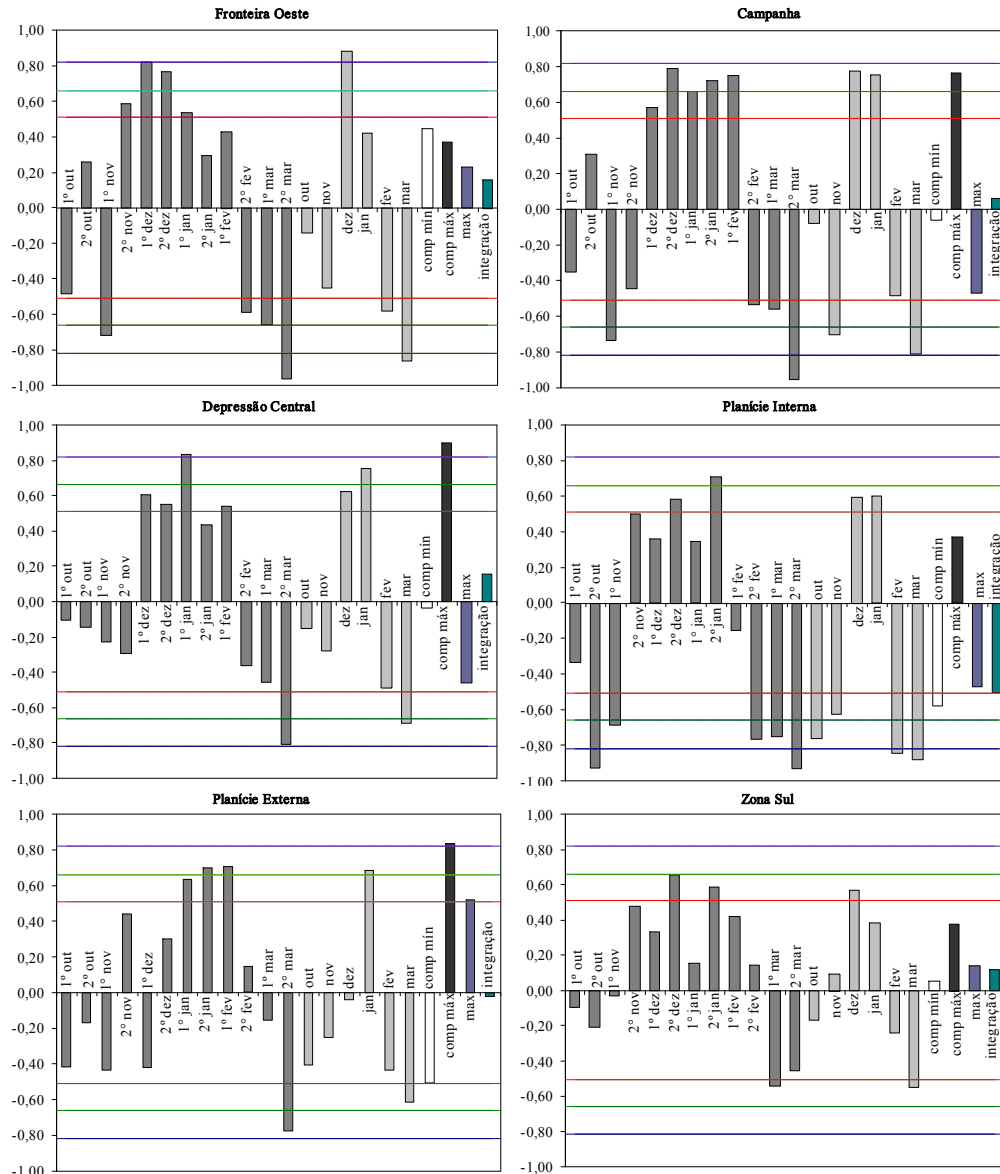


Figura 3. Correlações entre o rendimento e o NDVI/MODIS para diferentes períodos do ciclo da cultura do arroz irrigado. As linhas azuis representam significância de 1%, as linhas verdes significância de 5% e as vermelhas de 10%.