

Relação entre os perfis temporais de NDVI/MODIS da cultura do arroz irrigado, a insolação e o rendimento na região da Campanha do Rio Grande do Sul

Eliana Veleda Klering¹
Maria de Souza Custódio¹
Denise Cybis Fontana^{1,2}
Moacir Antonio Berlato^{1,2}

¹ Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPSRM
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale
Caixa Postal. 15044, CEP 91501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (051) 3316-6221 - Fax: (051) 3316-6657
elianaklering@yahoo.com.br
mari_dsc@yahoo.com.br

² Faculdade de Agronomia - Departamento de Agrometeorologia e Plantas Forrageiras
Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (051) 3316-6571
dfontana@ufrgs.br
moacir.berlato@ufrgs.br

Abstract. This work has the objective of evaluating the relationship among the temporary profiles of NDVI/MODIS, the insolation and the irrigated rice yield estimation in the Campanha region of the State of Rio Grande do Sul. For that it was analyzed the plan of the temporary profiles of NDVI and of the accumulated value of the insolation for six crop seasons. It was also accomplished a correlation analysis among the elements NDVI, insolation and the yield of grains, taking different periods of the cycle of the culture of the irrigated rice. The results show that the insolation and NDVI are variable that can be used to feed a model of irrigated rice yield estimation .

Palavras-chave: yield modelling, *Oryza sativa*, cultivated area of rice, modelagem de rendimento, *Oryza sativa*, área cultivada de arroz.

1. Introdução

O arroz é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, sendo cultivado em todos os continentes. Nos países em desenvolvimento, onde vivem aproximadamente dois terços da população subnutrida mundial, este grão é considerado o cultivo alimentar de maior importância devido ao seu alto valor nutricional. É alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e, segundo estimativas, até 2050 haverá uma demanda para atender ao dobro desta população (EMBRAPA, 2004).

Atualmente o Rio Grande do Sul é considerado estabilizador da safra nacional, pois produz cerca de cinco milhões de toneladas (48% da produção nacional). Esta produção representa 3,1% do PIB (Produto Interno Bruto) gerando, assim, R\$ 175 milhões em ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços) e 250 mil empregos no Estado (IBGE, 2004).

A região da Campanha do Rio Grande do Sul produz aproximadamente 16% do arroz irrigado do Rio Grande do Sul. São cerca de 816 mil toneladas produzidas numa área de 1.510.000 hectares. Nos últimos 6 anos os rendimentos desta região variaram de 4.722 a 6.339 kg.ha⁻¹, sendo em média 5.846 kg.ha⁻¹.

Oldeman et al. (1986), citado por Carmona (2001), demonstram que o arroz cultivado em áreas inundadas, onde a disponibilidade de água não restringe o crescimento e o desenvolvimento da cultura, e onde os estresses biológicos e as condições adversas do solo são mínimos, o rendimento potencial está relacionado, principalmente, à temperatura do ar e à radiação solar global. Em geral, a cultura exige temperaturas relativamente elevadas da germinação à maturação, uniformemente crescentes até a floração e decrescentes, porém sem diminuições bruscas, após a floração. Já a radiação solar é importante durante todo o ciclo da cultura, porém exerce uma maior influência no rendimento durante o período reprodutivo.

Alguns trabalhos vêm mostrando a viabilidade dessas variáveis meteorológicas serem usadas em modelos de estimativa de rendimento de arroz irrigado. Para o Rio Grande do Sul podemos citar o modelo proposto por Carmona (2001), que é baseado na regressão linear múltipla entre o rendimento, a insolação relativa (radiação solar) e o número de dias com temperatura igual ou inferior a 15°C.

Várias pesquisas relacionadas à estimativa de área cultivada utilizando dados de sensores orbitais estão sendo desenvolvidas. Estes estudos demonstram a possibilidade do uso de imagens de satélite como mais uma fonte de informação na definição de valores de área cultivada. A utilização destas imagens permite a quantificação de áreas de forma menos subjetiva, mais rápida e levando em conta as diferentes escalas regionais.

Entre os diversos produtos provenientes de imagens de satélite, certamente é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*), obtido a partir da razão entre a subtração e soma das refletâncias das bandas da região do infravermelho próximo e do vermelho do espectro eletromagnético, o que vem sendo mais largamente utilizado.

De modo geral, 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 (Fontana et al., 1998). Entretanto, para a cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul estão disponíveis 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/MODIS, a insolação e o rendimento de grãos de arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul.

2. Material e Métodos

A área de estudo deste trabalho foi a região orizícola da Campanha do Estado do Rio Grande do Sul (área 2 da **Figura 1**).

Foram analisadas seis safras agrícolas: de 2000/2001 até 2005/2006. Neste período, utilizaram-se três conjuntos de informações. O primeiro conjunto foi dos dados diários de insolação, coletados junto às estações meteorológicas de Bagé e Santana do Livramento, localizadas dentro da região de estudo, pertencentes ao 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (8ºDISME/INMET).

O segundo conjunto de dados abrangeu as imagens de satélite. Neste conjunto foram utilizadas imagens Landsat, para definição da máscara de arroz, e imagens modis, para a extração dos dados de NDVI do período de estudo.

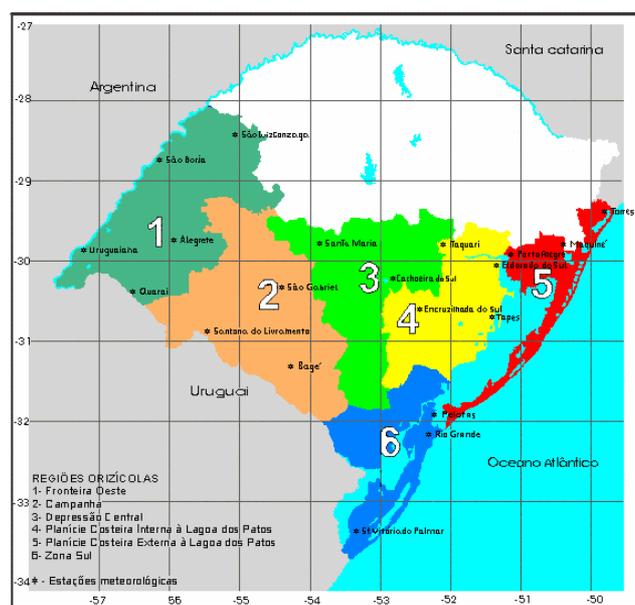


Figura 1. Regiões orizícolas do Estado do Rio Grande do Sul (Fonte: Carmona, 2001).

As imagens Landsat (fevereiro de 2006, órbita 223-082) foram classificadas, no âmbito do projeto Geosafra, para obtenção das áreas cultivadas com arroz irrigado. Estas áreas foram utilizadas como dados de apoio para a construção da máscara de arroz nas imagens MODIS.

Nas imagens MODIS, para estabelecer as áreas de arroz, foram elaboradas composições mínimo (4 imagens) e máximo (4 imagens) NDVI. A partir destes foi calculada a imagem diferença (máximo-mínimo). Estas imagens de NDVI são 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. A resolução espacial das imagens é de 250 metros, sendo que no caso das bandas do azul e infravermelho médio, originalmente obtidas com 500 metros de resolução espacial, são reamostradas para 250 metros. O produto disponibilizado é obtido usando o critério de que para cada ponto da imagem é selecionado o pixel de melhor qualidade em relação à geometria de visada e interferência atmosférica entre todas as passagens do período. Este produto foi adquirido de forma gratuita através do site: <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome>.

A máscara propriamente dita foi construída partir da imagem diferença (máximo-mínimo), tendo sido selecionado o município de Dom Pedrito, o qual estava todo coberto pela imagem Landsat. Sobre a imagem foram testados diferentes limiares de diferença e comparados com os dados de área de arroz mapeada através de imagens landsat. Neste teste, o limiar que mais se aproximou foi o de 0,38, Este limiar foi extrapolado para toda a região da Campanha e posteriormente para todas as safras agrícolas. Definida as áreas de cultivo a próxima etapa foi a extração dos dados de NDVI das imagens MODIS e o traçado dos perfis temporais de NDVI/MODIS das áreas de arroz.

O último conjunto de dados foram as estatísticas oficiais de rendimento de arroz irrigado na região da Campanha, obtido do IBGE (www.ibge.gov.br)

As análises abrangeram, para as seis safras analisadas, o traçado dos perfis temporais do NDVI e do valor acumulado da insolação. Foi também realizada uma análise de correlação entre os elementos NDVI, insolação e rendimento de grãos, tomando diferentes períodos do ciclo da cultura do arroz irrigado.

3. Resultados e Discussões

Na **Figura 2** tem-se as imagens compostas de máximo (a) e mínimo (b) e a imagem diferença (c). A imagem de mínimo é correspondente ao período de implementação da cultura que segundo o calendário agrícola médio da cultura no RS vai da 2ª quinzena de outubro até a 1ª de dezembro e a imagem de máximo é correspondente ao período de máximo desenvolvimento vegetativo da cultura que, também segundo calendário agrícola médio da cultura no Estado, varia entre a 1ª quinzena de janeiro e a segunda de fevereiro. Observou-se através dessas imagens que existe uma variação do NDVI ao longo da estação de crescimento da cultura.

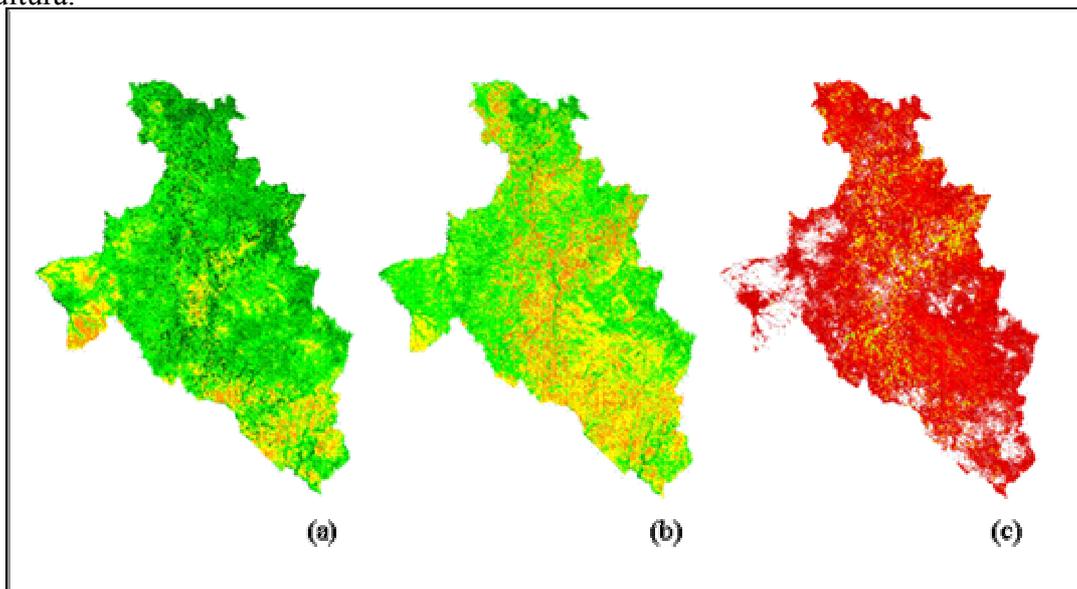


Figura 2. (a) Imagem de máximo; (b) Imagem de mínimo, (c) Imagem diferença. Valores mais altos de NDVI correspondem a tons de verde e valores mais baixos de NDVI a tons de vermelho.

Através da análise da **Figura 3**, notou-se que há uma variação dos perfis temporais de NDVI entre as safras agrícolas. Sendo que o melhor perfil ocorreu na safra 2000/2001 e o pior na safra 2002/2003.

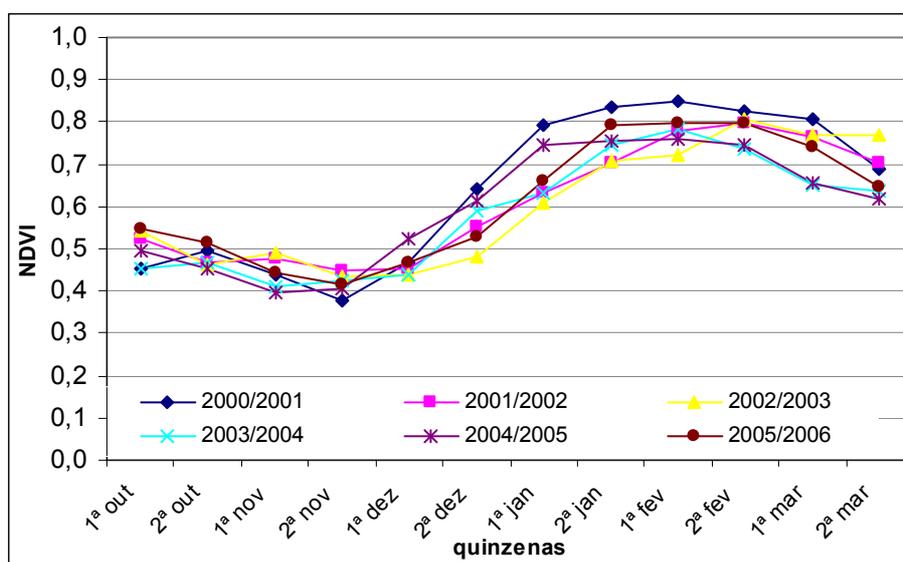


Figura 3. Perfil temporal de NDVI para as safras agrícolas 2000/2001 até 2005/2006.

Através da variação da insolação acumulada (**Figura 4**) pôde-se verificar que existe uma variação na disponibilidade de energia para o crescimento vegetal em todas as safras estudadas. Cabe salientar que a safra agrícola 2002/2003 em que se obteve menor insolação acumulada coincide com a ocorrência do evento El Niño, segundo Berlato e Fontana (2003) em anos de ocorrência do fenômeno El Niño a precipitação pluvial é acima da média em quase todos os meses do ano e assim consequentemente há uma diminuição da insolação.

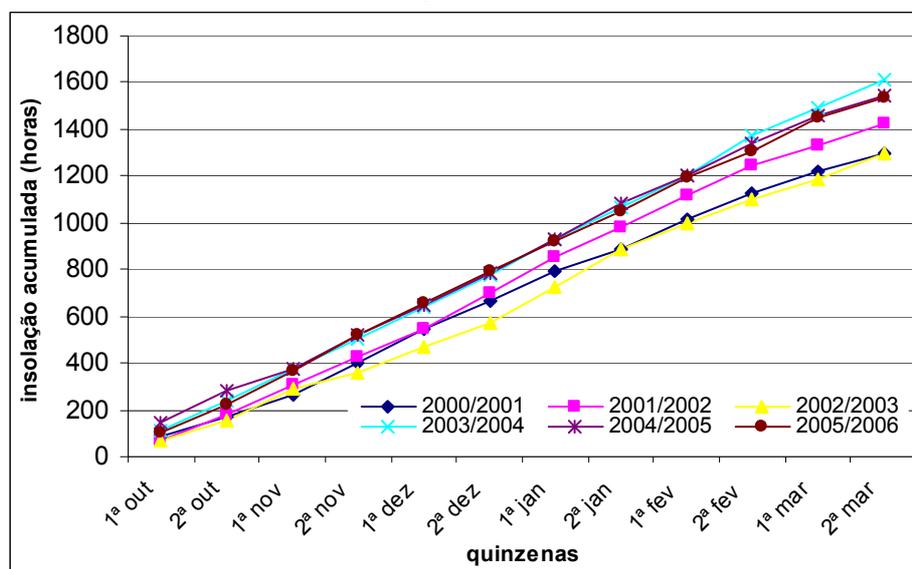


Figura 4. Insolação acumulada para as safras agrícolas 2000/2001 até 2005/2006.

As análises de correlação (**Tabela 1**) entre o NDVI médio e a insolação média mostram que a insolação exerce maior influencia no NDVI nos períodos entre a 2ª quinzena de novembro e a 2ª de dezembro e entre 2ª quinzena de novembro e a 1ª de janeiro. Já as correlações entre o NDVI médio e o rendimento mostram que as alterações no NDVI podem influenciar menos no rendimento no período entre a 2ª quinzena de novembro e a 1ª de dezembro. As correlações entre a insolação média e o rendimento mostram que existe uma forte relação entre a insolação e o rendimento no período entre a 2ª de novembro e a 2ª de janeiro.

Tabela 1. Correlações entre o NDVI médio e a insolação média, entre o NDVI médio e o rendimento e entre o rendimento e a insolação média.

Período	Correlações*		
	NDVI	NDVI	rendimento
	x insolação	x rendimento	x insolação
2ª quinzena de novembro até a 1ª de dezembro	-0,010	0,262	0,928
2ª quinzena de novembro até a 2ª de dezembro	0,638	0,654	0,966
2ª quinzena de novembro até a 1ª de janeiro	0,528	0,558	0,965
2ª quinzena de novembro até a 2ª de janeiro	0,241	0,573	0,860

* todos os valores acima de 0,55 são significativos a 90% de probabilidade

4. Conclusão

Através das análises feitas neste trabalho concluiu-se que a insolação e o NDVI são variáveis que podem ser usadas para alimentar um modelo de estimativa de rendimento de arroz irrigado.

5. Agradecimentos

Este trabalho foi realizado na disciplina SERP16 – Tópicos Especiais (Sensoriamento remoto na estimativa de produtividade e área de culturas agrícolas) ministrada pelos professores Denise Cybis Fontana (UFRGS), Bernardo Rudorff (INPE) e Rodrigo Rizzi (INPE) no âmbito do projeto PROCAD/CAPEES.

Referências

Berlato, M. A.; Fontana, D. C. **El Niño e La Niña – Impactos no clima, na vegetação e na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2003. 110 p.

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.

EMBRAPA. Disponível em: <www.embrapa.br> . Acesso em 15 out. 2006.

Fontana, D. C.; Berlato, M. A.; Bergamaschi, H.. Relação entre o Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, 1399 -1405, 1998.

IBGE. Disponível em: <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 set. 2006.