



## **SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO DOS PRINCIPAIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO ARROZ IRRIGADO NO SUL DO BRASIL**

C. J. M. V. Bariani<sup>1</sup>, N. M. V. Bariani<sup>2</sup>, G. C. M. Neto<sup>3</sup>

**RESUMO:** Produtividades acima de 8 t/ha em lavouras de arroz colocam municípios do Rio Grande do Sul em destaque no cenário nacional. Melhoras na sincronia entre a detecção dos estádios fenológicos e os procedimentos de manejo, poderiam levá-las a 10 t/ha. Este trabalho utilizou curvas temporais de índice de vegetação normalizado (NDVI) durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar IRGA 424RI, para a estimativa dos estádios fenológicos. Utilizou-se 11 imagens do satélite LANDSAT8/OLI. Os intervalos de NDVI foram determinados a partir dos perfis temporais associados aos graus dias de desenvolvimento, de acordo com o Programa GD Arroz da EMBRAPA. Resultados preliminares indicam: 0.19-0.3 da semeadura até a emergência das plântulas; 0.31-0.41 no estágio fenológico V4; 0.73-0.78 no estágio reprodutivo R1; 0.81-0.84 durante o estágio R2; no estágio R4 atinge-se o maior valor (0.85), decrescendo a partir do estágio R8 que marca a senescência da cultura, com valores próximos a 0.80; o R9 é o último estágio fenológico, caracterizado pelo momento propício para a colheita, que apresentou valores de NDVI entre 0.29-0.42.

**PALAVRAS-CHAVE:** NDVI, Landsat8, fenometria.

### **REMOTE SENSING APPLIED TO MONITORING THE MAIN PHENOLOGICAL STAGES OF IRRIGATED RICE IN SOUTH BRAZIL**

**SUMMARY:** Average yields above 8 t/ha in the rice fields of some municipalities make Rio Grande do Sul prominent in the national scenario. It is considered that an improvement in the synchrony between the detection of the phenological stages and the procedures of crop management could rise productivity to the level of 10 t/ha. This work used time curves of the normalized vegetation index (NDVI) during the growth cycle of the rice cultivar IRGA 424RI

<sup>1</sup> Dr<sup>a</sup> em Ciência do Solo, Diretora da Empresa CV Monitoramento Agrícola e Ambiental, Acadêmica Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui. Email: cassiane.victoria@gmail.com

<sup>2</sup> Dr. em Física, Professor Associado, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus Itaqui. Email: nelsonbariani@unipampa.edu.br

<sup>3</sup> MSc. em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Pesquisador Responsável pelo 19º NATE, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Itaqui. Email: itaqui@irga.rs.gov.br

in Itaqui. For this goal, 11 images of the satellite LANDSAT8 / OLI in the path/row 224/80 and 225/80 were used. The NDVI intervals were determined from the time profiles associated with the growing degree days (GDD), according to the EMBRAPA GD RICE Program. Initial results are: 0.19-0.3 in the emergence of the cultivar; 0.31-0.41 at the phenological stage V4; 0.73-0.78 at reproductive stage R1; 0.81-0.84 during R2 stage; maximum at R4 (0.85), decreasing from the R8 stage that marks the senescence of the crop, also indicating harvest proximity, with NDVI near 0.80. The last phenological stage, R9, characterized as a favorable moment for the harvest, is associated with NDVI values between 0.29-0.42.

**KEYWORDS:** NDVI, Landsat8, phenometrics.

## INTRODUÇÃO

A importância do arroz tanto a nível comercial quanto nutricional tem potenciado o aumento de sua produção. Ele é a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas e o segundo cereal mais cultivado no mundo, perdendo apenas para o milho. Atualmente, o arroz é a cultura com maior potencial de aumento de produção e responde pelo suprimento de 20% das calorias consumidas na alimentação de pessoas no mundo (SOSBAI, 2016).

O Brasil ocupa a 9<sup>o</sup> posição no ranking mundial dos países com maior produção de arroz e a 1<sup>o</sup> colocação entre os países do Mercosul (CONAB, 2017). O Rio Grande do Sul se destaca como o maior produtor nacional, sendo responsável por 70% do total produzido no Brasil, garantindo assim o suprimento desse cereal à população brasileira (SOSBAI, 2016).

O arroz do Rio Grande do Sul é produzido em 131 municípios localizados na metade sul do Estado, mas é na fronteira oeste que se atinge as maiores produtividades destacando-se os municípios de Itaqui, Maçambará, São Borja e Uruguaiiana com produtividades que ultrapassam os 8 mil kg por hectare (IRGA, 2015). Melhoras na sincronia entre a detecção dos estádios fenológicos e os procedimentos de manejo, poderiam levá-la a 10 t/ha.

As metodologias tradicionais de avaliação dos estádios fenológicos do arroz estão baseadas em critérios morfológicos cuja aplicação no processo produtivo encontra limitações de praticidade, custo e precisão. Técnicas de sensoriamento remoto permitem correlacionar os estádios fenológicos com variáveis cuja determinação não apresenta as limitações apontadas.

O sensoriamento remoto apresenta-se como uma ferramenta com alto potencial de auxiliar no monitoramento, gerenciamento ou fiscalização das lavouras. O monitoramento remoto com imagens satelitais é reconhecido cientificamente por fornecer informação que pode

ser associada a vigor, densidade, sanidade, nutrição e desenvolvimento da vegetação utilizando convenientemente as informações eletromagnéticas refletidas pela superfície terrestre, usando, por exemplo, os chamados índices de vegetação (TASUMI & ALLEN, 2007; SAKAMOTO et al., 2010). Em consequência disso, metodologias para estimativa dos estádios de desenvolvimento tem incorporado esse tipo de dados em suas modelagens e/ou correlações a campo (WANG, et al., 2015).

Desta forma a presente pesquisa tem por objetivo estimar os principais estádios fenológicos da cultura de arroz irrigado por meio de técnicas de sensoriamento remoto associadas à modelagem para fins de monitoramento do ciclo de desenvolvimento, visando os principais manejos em lavouras comerciais no município de Itaqui no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Neste trabalho foram gerados perfis temporais de NDVI (ROUSE et al., 1974) durante o ciclo de desenvolvimento da cultivar IRGA 424RI, de ciclo médio (131-135 dias), com o objetivo de mapear a distribuição da fenologia das plantas seguindo a escala descrita por Counce et al. (2000) em três lavouras comerciais de arroz irrigado no município de Itaqui localizado na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Utilizou-se 10 imagens do satélite LANDSAT8/OLI, na órbita 224/80 e 225/80 entre os meses de setembro a março de 2016/2017. Os valores de NDVI foram avaliados a partir dos perfis temporais e associados aos estádios fenológicos obtidos através do modelo GD Arroz (STEINMETZ et al., 2015). Dados a campo obtidos através dos produtores, assistência técnica ou IRGA, dependendo da disponibilidade, foram considerados para validar as previsões.

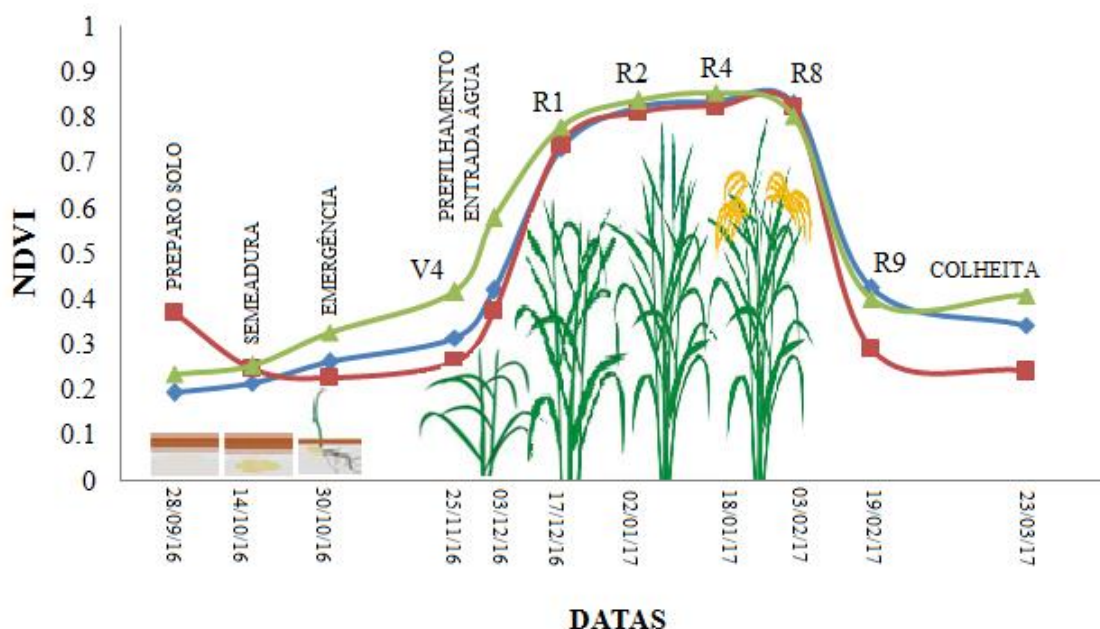
O modelo GD Arroz tem-se mostrado eficiente para a estimativa dos estádios fenológicos e suporte ao manejo de lavouras de arroz no RS. Ele pode ser acessado pela internet gratuitamente pelo endereço: <http://www.cpact.embrapa.br/agromet> (STEINMETZ et al., 2015). O modelo utiliza dados de estações meteorológicas oficiais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo utilizada neste trabalho a estação meteorológica São Borja.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A ocorrência dos estádios fenológicos é bastante variável por ser dependente da temperatura, estado nutricional da planta e tipo de cultivar (STANSEL, 1975). Por isso, é

preferível expressar-se os estádios de desenvolvimento da planta em dias, porém estimados por meio de graus-dia (GD), ou soma térmica (STRECK et al., 2006), e posteriormente associá-los a dias do calendário. Nesta pesquisa o NDVI foi associado aos estádios fenológicos, levando em consideração os GD por meio do modelo GD Arroz com apoio de informações de semeadura e emergência das plantas em três lavouras plantadas com a cultivar IRGA 424RI.

As principais etapas de desenvolvimento avaliadas por sensoriamento remoto foram: semeadura, emergência, estágio vegetativo V4, estágio reprodutivo R1, R2, R4, R8 e R9. A figura 1 mostra o gráfico dos valores de NDVI ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultivar IRGA 424RI com as datas de cada imagem analisada bem como seus respectivos estádios fenológicos ilustrados.



**Figura 1.** Correspondência do NDVI aos estádios fenológicos para a cultivar IRGA 424RI em três lavouras comerciais analisadas na safra 2016/2017.

O NDVI na semeadura até a emergência das plântulas de arroz apresentou os valores mais baixos ficando entre 0.19 a 0.3. Valores de índices de vegetação menores que 0.3 neste período podem ser associados à redução da vegetação após a aplicação de herbicidas utilizados para controle de plantas daninhas (NOBRE, 2010).

O estágio vegetativo V4 aconteceu no dia 25 de novembro de 2016 quando as plantas estavam com quatro folhas e os valores de NDVI ficaram acima de 0.3 (0.31 a 0.41). Uma semana após a ocorrência do estágio V4, em 03 de dezembro de 2016, as plantas começam a perfilhar. A partir do estágio V4 acontece a primeira adubação nitrogenada em cobertura e

entrada da água de irrigação (SOSBAI, 2016), portanto espera-se o início acelerado do crescimento vegetativo.

Em 17 de dezembro de 2016 as lavouras encontravam-se em estágio reprodutivo R1 com valores de NDVI entre 0.73 e 0.78. Neste estágio ocorre a diferenciação da panícula e a segunda adubação nitrogenada em cobertura (SOSBAI, 2016), portanto espera-se ainda um maior crescimento em biomassa da cultura do arroz irrigado.

O próximo estágio, R2, aconteceu em 02 de janeiro de 2017, duas semanas após R1, com valores de NDVI entre 0.81 a 0.84. Neste estágio a panícula atinge sua máxima expansão dentro do colmo, no emborrachamento da planta. Como está ocorrendo a divisão das células-mãe dos grãos de pólen, o momento é crítico para a ocorrência de estresses, principalmente por baixa temperatura, inferior a 17°C (SOSBAI, 2016).

Em 18 de janeiro de 2017 aconteceu o início da floração quando as plantas se encontravam em R4 e os valores de NDVI atingiram o máximo ficando entre 0.83 a 0.85. Alguns autores relatam que índices de vegetação elevados saturam (HUETE et al., 2002), por exemplo, (GU et al., 2013) observaram que valores elevados de índice de área foliar (LAI) deixaram o NDVI insensível. Porém neste estudo este fato não foi evidenciado.

O próximo estágio fenológico de grande importância para o monitoramento é o R8 quando acontece o início da maturação. Este estágio teve início em 03 de fevereiro, indicando a aproximação com a colheita e quando os valores de NDVI começaram a decair, ficando abaixo de 0.83. A maturação completa (R9), de acordo com o GD Arroz, ocorreu uma semana após o início da maturação, em 11 de fevereiro de 2017, e a partir deste momento já é possível efetuar a colheita. A imagem disponível para o período do estágio R9 aconteceu no dia 19 de fevereiro de 2017, quando o NDVI ficou entre 0.29 a 0.42.

De forma qualitativa, podemos afirmar que a avaliação a campo dos estágios fenológicos existentes nas lavouras sob estudo mostrou boa coincidência com o modelo, embora não foi objetivo deste trabalho a quantificação do erro.

Quanto ao efeito da saturação do NDVI, cabe ressaltar que não se constituiu em um fator limitante na identificação de estágios fenológicos para a cultivar IRGA 424RI, pois os maiores valores de NDVI ocorrem entre R4 a R7, coincidindo com o desenvolvimento máximo das plantas e sua mínima taxa de crescimento. O NDVI decai a partir de R8 e o monitoramento da senescência torna-se importante para a identificação das condições favoráveis para colheita.

As feições da curva de NDVI nos pontos associados aos principais estágios fenológicos do arroz podem ser utilizadas para identificar as correspondentes fases de crescimento em diferentes cultivares como evidenciado no trabalho de Wang et al. (2014), Nobre (2010) e Wang

et al. (2015). Portanto há evidências que os principais estádios fenológicos da cultivar IRGA 424RI podem ser identificados a partir dos perfis temporais de índices de vegetação.

## CONCLUSÕES

Há evidências que os dados de sensoriamento remoto podem auxiliar no monitoramento dos principais estádios fenológicos de arroz irrigado para a cultivar IRGA 424 RI em lavouras comerciais do município de Itaqui no estado do Rio Grande do Sul.

A escala de estudo, parcelas agrícolas comerciais, se mostrou adequada para o uso de imagens do satélite Landsat 8. Não foram identificados problemas de saturação dos valores de NDVI, porém sua sensibilidade para indicar estádios fenológicos variou ao longo do ciclo.

Os principais estádios fenológicos, conforme previsão do modelo GD Arroz, conseguiram ser facilmente associados com feições da curva de NDVI (linha de base, crescimento rápido, valor máximo, decrescimento) e conseqüentemente comparados com o que acontece com outras cultivares e manejos presentes na literatura, apresentando boa coincidência, também verificada com informações de campo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) e a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) pelo apoio institucional. Agradecem ainda a empresa CV Monitoramento Agrícola e Ambiental pela colaboração na execução deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

CONAB, C. N. D. A. Companhia Nacional de Abastecimento, 2017. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acesso em: 11 Março 2017.

COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. A Uniform, Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. **Crop Sci.**, v. 40, 2000. 436-443.

GU, Y.; WYLIE, B. K.; HOWARD, D. M. NDVI saturation adjustment: a new approach for improving cropland performance estimates in the Greater Platte River Basin, USA. **Ecol. Indic.**, v. 30, 2013. 1-6.

HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X; FERREIRA, G. Overview of the Radiometric and Biophysical Performance of the MODIS Vegetation Indices. **Remote Sensing of Environment**, 83, 2002. 195-213.

IRGA. **RELATÓRIO SAFRA 2014/2015**. GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. ITAQUI, p. 1-3. 2015.

NOBRE, F. L. D. L. **CARACTERIZAÇÃO ESPECTRO TEMPORAL DE LAVOURAS DE ARROZ IRRIGADO POR MEIO DE IMAGENS MODIS**. PELOTAS: UFPEL, 2010.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Greenbelt: NASA. 1974.

SAKAMOTO, TOSHIHIRO; WARDLOW, BRIAN D.; GITELSON, ANATOLY A.; VERMA, SHASHI B.; SUYKER, ANDREW E.; ARKEBAUER, TIMOTHY J. A Two-Step Filtering approach for detecting maize and soybean phenology with time-series MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, 114, 2010. 2146-2159.

SOSBAI, R. T. D. C. D. A. I. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. ISBN 978-85-69582-02-1. ed. Pelotas: [s.n.], 2016. 200 p.

STANSEL, J. W. **The rice plant: its development and yield**. In: SIX DECADES OF RICE RESEARCH IN TEXAS. Beaumont: Texas Agricultural Experiment Station. 1975. p. 9-21.

STEINMETZ, SILVIO; CUADRA, SANTIAGO VIANNA; PEREIRA, CRISTÓVÃO BASÍLIO; SANTOS, EMERSON LANGIE DOS; ALMEIDA, IVAN RODRIGUES DE. **GD Arroz: Programa Baseado em Graus-Dia como Suporte ao Planejamento e à Tomada de Decisão no Manejo do Arroz Irrigado**. Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 162. Pelotas, p. 1-8. 2015. (ISSN 1516-8832).

STRECK, N. A.; BOSCO, L. C.; MIICHELON, S.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; PAULA, G. M.; CAMERA, C.; LAGRO, I.; MARCOLIN, E. Avaliação da resposta ao fotoperíodo em genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. ed. 4, 2006. p. 533-541.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. Estimation of at-surface reflectance and albedo from satellite for routine, operational calculation of land surface energy balance. **Journal Hydrology Engineering**, 2007.

WANG, JING; HUANG, JING-FENG; WANG, XIU-ZHEN; JIN, MENG-TING; ZHOU, ZHEN; GUO, QIAO-YING; ZHAO, ZHE-WEN; HUANG, WEI-JIAO; ZHANG, YAO;

SONG, XIAO-DONG. Estimation of rice phenology date using integrated HJ-1 CCD and Landsat-8 OLI vegetation indices time-series images. **Journal of Zhejiang University-SCIENCE B**, v. 16, 14 October 2015. p. 832-844.

WANG, LIN; ZHANG, FU-CUN; JING, YUAN-SHU; JIANG, XIAO-DONG; YANG, SHEN-BIN; HAN, XIAO-ME. Multi-Temporal Detection of Rice Phenological Stages Using Canopy Spectrum. **Rice Science**, China, 2014. 108-115.