



CARACTERÍSTICA ESPECTRAL DE CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO DURANTE O CICLO DE DESENVOLVIMENTO NO SUL DO BRASIL

C. J. M. V. Bariani¹, N. M. V. Bariani², G. C. M. Neto³

RESUMO: O monitoramento das características espectrais ao longo do tempo por meio de imagens de satélite é reconhecido cientificamente por fornecer informações que podem ser associadas ao tipo de cultivar ou variedade, vigor, densidade, sanidade, nutrição e estádios fenológicos, pois utiliza convenientemente as informações eletromagnéticas refletidas pela superfície terrestre, usando, por exemplo, os chamados índices de vegetação. O conhecimento da assinatura espectral de diferentes cultivares de arroz irrigado torna-se uma ferramenta importante para o monitoramento e fiscalização de lavouras agrícolas, pois pode facilitar o trabalho de entidades públicas, indústrias, empresas e produtores. Neste trabalho foram monitoradas as cultivares Puitá Inta CL, Guri Inta CL, IRGA 409 e IRGA 424RI, analisadas em vinte talhões de lavouras comerciais de arroz irrigado. Por meio da combinação de dados a campo e perfis temporais de NDVI ao longo do ciclo da cultura foi descrita a assinatura espectral das três cultivares. Para isso utilizou-se 10 imagens do satélite LANDSAT8/OLI, nas órbitas 224/80 e 225/80. As feições espectrais das diferentes cultivares possibilitaram sua identificação, podendo servir de apoio ao monitoramento e fiscalização.

PALAVRAS-CHAVE: Assinatura espectral, curva de NDVI, identificação de cultivares de arroz

SPECTRAL CHARACTERISTICS OF IRRIGATED RICE CULTIVARS DURING THE GROWTH CYCLE IN SOUTHERN BRAZIL

SUMMARY: Monitoring of spectral characteristics of crops over time through satellite imagery is scientifically recognized for providing information that may be associated with the type of cultivar or variety, vigor, density, health, nutrition, and phenological stages, as it conveniently makes use of the electromagnetic information reflected by the earth's surface,

¹ Dr^a 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

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

³ MSc. em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Pesquisador Responsável pelo 19^o NATE, Instituto Riograndense de Arroz (IRGA), Itaqui. Email: itaqui@irga.rs.gov.br

using, for example, the so-called vegetation indexes. Knowledge of the spectral signature of different irrigated rice cultivars becomes an important tool for the monitoring and inspection of agricultural crops, since it can facilitate the work of public entities, industry, rice producers and enterprises. In this work Puitá Inta CL, Guri Inta CL, IRGA 409 and IRGA 424RI cultivars were analyzed in twenty areas of commercial irrigated rice production. The spectral signature of four cultivars was described by combining field data and time profiles of NDVI throughout the crop cycle. For this goal, 10 images of the satellite LANDSAT8 / OLI, in the path/row 224/80 and 225/80 were used. The spectral behavior of the different cultivars allowed its identification and can be used as support for monitoring and inspection.

KEYWORDS: Spectral signature, NDVI curve, identification of rice cultivars

INTRODUÇÃO

O arroz é uma das culturas mais importante globalmente, pois mais da metade da população mundial depende da produção orizícola para fornecimento de alimentos. É considerado o cereal com maior potencial de aumento de produção (SOSBAI, 2016). Estima-se que, nos próximos 40 anos, a produção de alimentos deve aumentar em 60% nos países desenvolvidos e até 100% nos países em desenvolvimento (ALEXANDRATOS e BRUINSMA, 2012). No Brasil, por exemplo, o estado do Rio Grande do Sul (RS) é responsável por 70% do total produzido, o que atualmente garante o suprimento desse cereal à população brasileira (SOSBAI, 2016).

As cultivares mais utilizadas no RS, devido principalmente a adaptabilidade edafoclimáticas e preferência de mercado, são as cultivares IRGA 424RI, Puitá Inta CL, Guri Inta CL e IRGA 409, entre outras. O ciclo de desenvolvimento das cultivares no RS podem variar entre super-precoce (ciclo < 100 dias), precoce (110 a 120 dias), médio (121 a 130 dias), e semi-tardio (> 130 dias). Quanto à arquitetura de plantas existem quatro tipos, assim denominadas: tradicional (plantas altas); intermediária, semi-anã/filipina (moderna/filipina) e semi-anã/americana (moderna/americana). A distinção de grupos de plantas auxilia o produtor, pois facilita a tomada de decisões quanto às práticas de manejo a serem adotadas, diagnóstico de estresses bióticos e abióticos, e suscetibilidade ou não ao acamamento de plantas. (MAGALHÃES e FAGUNDES, 2015).

O sensoriamento remoto torna-se útil como ferramenta para apoiar o monitoramento, gerenciamento ou fiscalização das lavouras. Utiliza-se de informações eletromagnéticas refletidas pela superfície terrestre, como os índices de vegetação para identificação de estresse,

produtividade e/ou monitoramento do crescimento de culturas e cultivares agrícolas (GHOBADIFAR *et al.*, 2016; BASTIAANSEN e STEDUTO, 2017; HOMMA *et al.*, 2017). Em consequência disso, metodologias para monitoramento de cultivares e seu desenvolvimento têm incorporado esse tipo de dados em suas modelagens e/ou correlações a campo (WANG *et al.*, 2015).

As metodologias que se utilizam de sensoriamento remoto satelital podem contribuir ao gerenciamento, monitoramento e fiscalização de lavouras pelos diversos agentes envolvidos na produção. Para o produtor, a distribuição espaço temporal das informações em nível de parcelas agrícolas permite um acompanhamento à distância do comportamento das culturas ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, ocasionando um menor custo de deslocamento no monitoramento das lavouras comerciais, pois possibilita um melhor planejamento e aproveitamento das saídas a campo.

Para a indústria a obtenção de curvas espectro-temporais de cada cultivar facilita sua identificação e rastreabilidade, o que gera maior precisão e exatidão na hora da avaliação do grão, pois cada cultivar possui um valor agregado.

Para institutos de pesquisa, como o IRGA, por exemplo, tanto a distribuição espaço temporal como a obtenção de curvas espectro-temporais auxiliam o monitoramento e validação das lavouras com o objetivo de certificação de sementes.

Desta forma a presente pesquisa tem por objetivo caracterizar as curvas espectro-temporais das cultivares Puitá Inta CL, Guri Inta CL, IRGA 409 e IRGA 424RI no município de Itaqui, RS por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde a 20 parcelas agrícolas com 4 diferentes cultivares, Puitá Inta CL, Guri Inta CL, IRGA 409 e IRGA 424RI, localizadas no município de Itaqui, na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul (Figura 1).

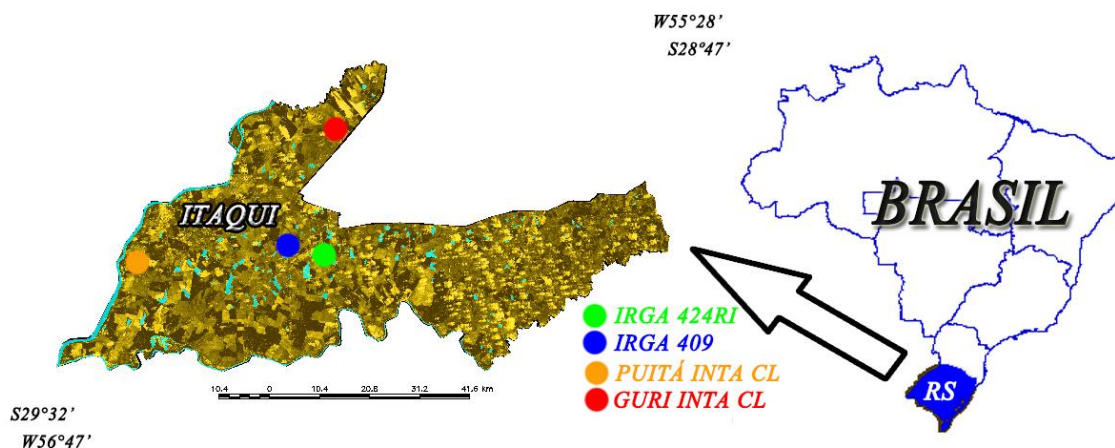


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, Brasil, Rio Grande do Sul, Itaqui, Lavouras com diferentes cultivares.

Para a extração das curvas espectrais das diferentes cultivares ao longo do ciclo de desenvolvimento foram utilizadas 20 cenas correspondentes as órbitas 224 e 225 no ponto 80 do satélite Landsat8/OLI no período correspondente ao ciclo do arroz (setembro a março), na safra 2016/2017, no município de Itaqui, RS.

Das 20 cenas analisadas 10 obtiveram padrão de qualidade considerado suficiente para análise espectral, ou seja, com baixa interferência de nuvens.

As imagens da área de estudo foram submetidas a correções radiométricas e geométricas. Os procedimentos foram executados no software Spring GIS do INPE (CÂMARA *et al.*, 1996). Em um primeiro momento foram feitos os procedimentos de registro, contraste, composição colorida RGB e vetorização das parcelas agrícolas. Em um segundo momento foi realizado o cálculo de reflectâncias e extração de índice de vegetação. A correção atmosférica foi realizada localmente na imagem, por um procedimento adaptado de Chavez *et al.* (1996).

Existem numerosos índices de vegetação extraídos a partir de imagens de satélites. Um dos índices mais utilizados e conhecidos é o NDVI, índice de vegetação por diferença normalizada (ROUSE *et al.*, 1974). A normalização é feita pela equação:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

Onde ρ_{nir} é o valor da reflectância na faixa do infravermelho próximo; e ρ_{red} é o valor da reflectância na faixa do vermelho do visível.

Com o objetivo de registrar as diferenças no comportamento espectral de cada cultivar, foi calculada a taxa de mudança, ou seja, a inclinação, calculada como a diferença de NDVI

(ZHANG *et al.*, 2003). A nomenclatura utilizada para cada trecho das curvas foi adaptada de (ALLEN e PEREIRA, 2009) e (ALLEN *et al.*, 1998), ilustrada na figura 2.

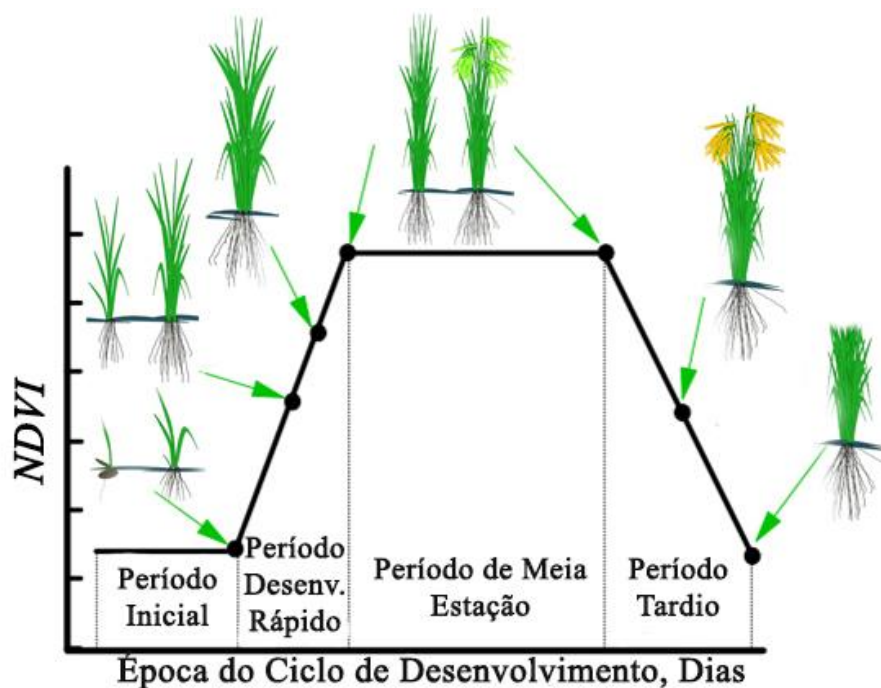


Figura 2. Nomenclatura para cada trecho das curvas de NDVI.

Fonte: Adaptado de Allen e Pereira (2009) e FAO 56 (ALLEN, PEREIRA, *et al.*, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas espectrais com a série temporal de NDVI para as quatro cultivares de arroz são mostradas na Figura 3. As quatro cultivares de arroz apresentaram curvas semelhantes a um sino, como também evidenciado no trabalho de (WANG *et al.*, 2014) que analisaram as características espectrais do NDVI ao longo do ciclo das culturas de trigo e arroz na China.

Cada período de desenvolvimento pode ser identificado e analisado considerando o incremento ou decremento do NDVI entre imagens consecutivas durante o período de desenvolvimento da cultura do arroz e.g. (BOSCHETTI *et al.*, 2009; XIN *et al.*, 2002; WANG *et al.*, 2015).

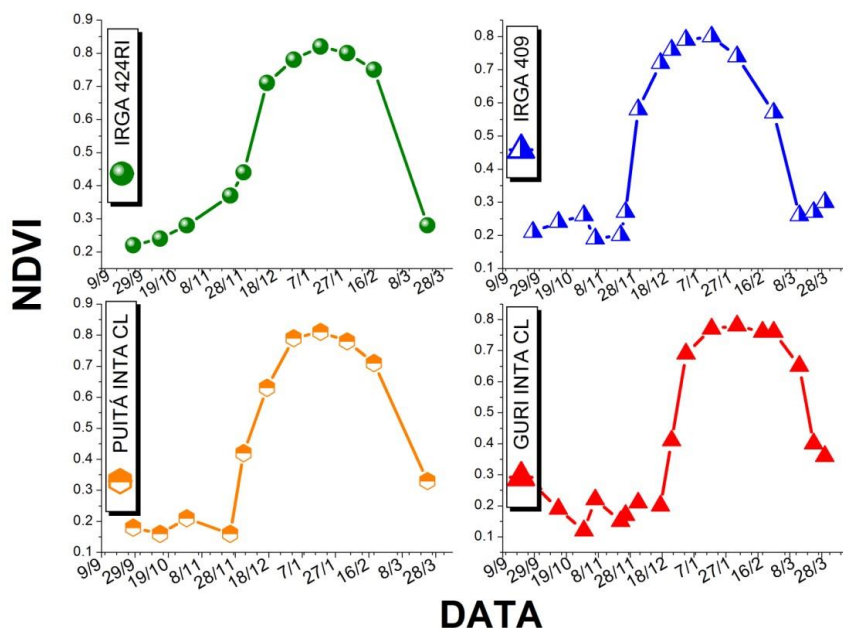


Figura 3. Comportamento médio do NDVI correspondentes as cultivares IRGA 424RI, IRGA 409, Puitá Inta CL e Guri Inta CL em 20 talhões analisados na safra 2016/2017.

Os valores de NDVI variaram entre 0.22 a 0.82 para a cultivar IRGA 424RI, 0.16 a 0.81 para a cultivar Puitá Inta CL, 0.19 a 0.80 para a cultivar IRGA 409 e 0.12 a 0.78 para a cultivar Guri Inta CL.

De maneira geral o período inicial é marcado por valores de NDVI entre 0.12 a 0.28. Este período foi mais longo para a cultivar Guri Inta CL devido a sementeira ter acontecido mais tarde, no final do mês de novembro, enquanto as outras cultivares foram sementeiras em outubro e início de novembro.

No período de desenvolvimento rápido ocorre a maior taxa de aumento nos valores de NDVI que variaram entre 0.37 a 0.71 para a cultivar IRGA 424RI, 0.42 a 0.63 para a cultivar Puitá Inta CL, 0.58 a 0.76 para a cultivar IRGA 409 e 0.41 a 0.69 para a cultivar Guri Inta CL. Essa taxa de crescimento rápida ocorre devido ao aumento de biomassa ocasionado pelo perfilhamento, estimulado pela primeira adubação nitrogenada e entrada da água na lavoura (SOSBAI, 2016) que disponibilizam os nutrientes mais rapidamente devido à solubilização, acarretando acelerado desenvolvimento vegetativo e consequentemente o aumento do NDVI (WANG, *et al.*, 2015).

Para o período de meia estação são encontrados os valores máximos de NDVI que variaram entre 0.78 a 0.82 para a cultivar IRGA 424RI, 0.79 a 0.81 para a cultivar Puitá Inta CL, 0.79 a 0.80 para a cultivar IRGA 409 e 0.77 a 0.78 para a cultivar Guri Inta CL. Trabalhos

como os de Wang et al., (2014) e Wang et al., (2015) que analisaram o comportamento espectral do NDVI em lavouras de arroz em Nanquim e Zhenjiang na China também identificaram os valores máximos de índices de vegetação ocorrendo no período de máximo desenvolvimento da cultura.

Durante o período tardio os valores de NDVI decaem ficando entre 0.75 a 0.28 para a cultivar IRGA 424RI, 0.71 a 0.33 para a cultivar Puitá Inta CL, 0.57 a 0.27 para a cultivar IRGA 409 e 0.65 a 0.36 para a cultivar Guri Inta CL. Este decrescimento observado nos valores de NDVI ocorre devido a senescência ou morte de tecidos da cultura (WANG *et al.*, 2015) e indica a aproximação do momento da colheita (SOSBAI, 2016).

Como forma de analisar a taxa de mudança das curvas espectro temporais do NDVI ao longo do ciclo de desenvolvimento do arroz para cada cultivar foi aplicada a primeira derivada. A Figura 4 mostra a primeira derivada do NDVI correspondente as cultivares IRGA 424RI, IRGA 409, Puitá Inta CL e Guri Inta CL nos 20 talhões analisados para a safra 2016/2017.

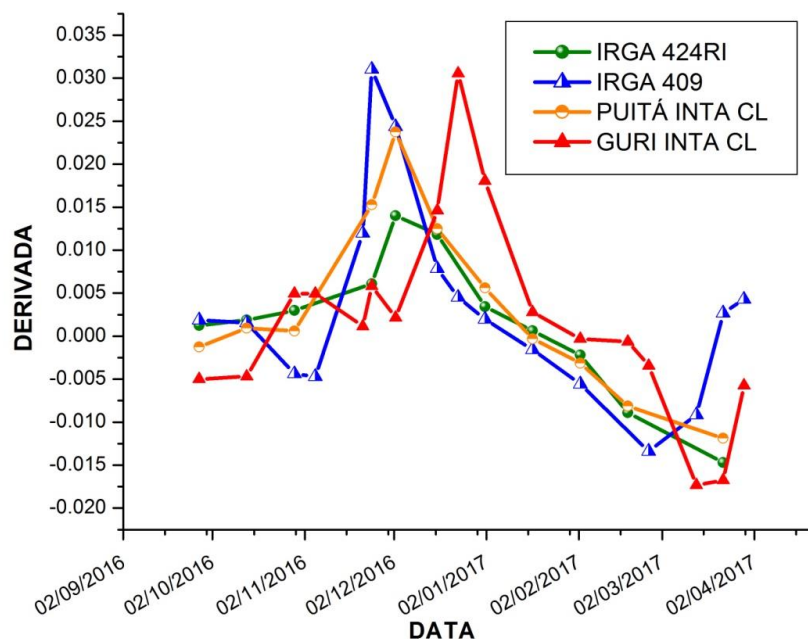


Figura 4. Primeira derivada do NDVI correspondentes as cultivares IRGA 424RI, IRGA 409, Puitá Inta CL e Guri Inta CL em 20 talhões analisados na safra 2016/2017.

De forma geral a derivada variou de -0.005 a 0.03 durante o ciclo de desenvolvimento do arroz irrigado. Durante o período inicial a inclinação permanece praticamente nula, entorno de -0.005 a 0.005. Neste período são encontrados os valores mais baixos de NDVI que correspondem ao preparo do solo, semeadura e entrada da água (SOSBAI, 2016). Essas informações se corroboram com os trabalhos de Wang et al., (2014) e Wang et al., (2015) que

encontraram os menores valores de índices de vegetação e taxas de inclinação nulas neste período que corresponde ao preparo do solo, entrada de água e transplante das mudas.

No período de desenvolvimento o NDVI começou a aumentar rapidamente e sua inclinação tornou-se maior que 0.005 pela primeira vez. Correspondeu ao período de desenvolvimento rápido quando a biomassa aumenta rapidamente devido ao perfilhamento desencadeado pela adubação e irrigação que foi feita no final do período anterior (SOSBAI, 2016) e cujos resultados se manifestam neste período. Posteriormente a inclinação atingiu seu valor máximo no período de meia estação ou maturação, o que significa que o NDVI atingiu sua taxa máxima e a planta atingiu o seu máximo desenvolvimento. Depois a taxa de NDVI começou a diminuir, no período tardio, que marca a senescência da cultura, com a derivada voltando a valores menores que zero devido ao decréscimo do NDVI.

CONCLUSÕES

Há evidências que os dados de sensoriamento remoto podem auxiliar no monitoramento das cultivares IRGA 424RI, IRGA 409, Puitá Inta CL e Guri Inta CL em lavouras comerciais do município de Itaqui no estado do Rio Grande do Sul. Observou-se uma clara correspondência entre os períodos de desenvolvimento das diferentes cultivares e a dinâmica dos valores de NDVI.

A primeira derivada foi analisada no perfil de NDVI e a taxa de alteração do NDVI foi expressa como a diferença entre seus valores na curva, ou seja, sua inclinação. Os mínimos e máximos dessas curvas foram aplicados para analisar os períodos de desenvolvimento das cultivares, IRGA 424RI, IRGA 409, Puitá Inta CL e Guri Inta CL. Todos os quatro períodos de desenvolvimento descritos pela FAO 56, Initial Period, Crop Dev. Period, Mid Season Period and Late Season Period, poderiam ser determinados usando este método para diferentes cultivares de arroz, possibilitando apoiar modelos de crescimento e irrigação.

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

- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 revision ESA E Working Paper No. 12-03**. FAO. ROME, ITALY, p. 1-154. 2012. (<http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>).
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. FAO Irrigation and drainage paper No. 56. In: **FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Rome: [s.n.], 1998. p. 26-40.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. **Irrig. Sci.**, 28, 2009. 17-34.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; STEDUTO, P. The water productivity score (WPS) at global and regional level: Methodology and first results from remote sensing measurements of wheat, rice and maize. **Science of the Total Environment**, v. 575, 2017. 595-611.
- BOSCHETTI, M.; STROPPIANA, D.; BRIVIO, P. A. Multi-year monitoring of rice crop phenology through time series analysis of MODIS images. **International Journal of Remote Sensing**, v.18, 2009. 4643-4662.
- CÂMARA, GILBERTO; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. C. P. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, Maio 1996.
- CHAVEZ, J. Image-based atmospheric corrections – revisited and improved. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 62, n. 9, 1996. 1025-1036.
- GHOBADIFAR, FARANAK; WAYAYOR, AIMRUN; MANSOR, SHATTRI; SHAFARI, HELMI ZULHAIDI. Detection of BPH (brown planthopper) sheath blight in rice farming using multispectral remote sensing. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, v. 7, 2016. 237-247.
- HOMMA, K.; MAKI, M.; HIROOKA, Y. Development of rice simulation model for remote-sensing (SIMRIW-RS). **Journal of Agricultural Meteorology**, v. 73, 2017. 9-15.
- MAGALHÃES, A. M. D.; FAGUNDES, P. R. Embrapa. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2015. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fojvokoc02wyiv80bhgp5povqqj3b.html>. Acesso em: 06 junho 2017.
- 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.
- 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.

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.

XIN, J.; YU, Z.; VAN LEEUWEN, L. Mapping crop key phenological stages in the north China plain using NOAA time series images. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 2, 2002. 109-117.

ZHANG, XIAOYANG; FRIEDL, MARK A.; SCHAAF, CRYSTAL B.; STRAHLER, ALAN H.; HODGES, JOHN C.F.; GAO, FENG; REED, BRADLEY C.; HUETE, ALFREDO. Monitoring vegetation phenology using MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v.84, 2003. 471-475.