

Sensoriamento Remoto como ferramenta de verificação do vazio sanitário da soja no estado do Paraná na safra verão 2013/2014

Willyan Ronaldo Becker¹
Laíza Cavalcante de Albuquerque Silva¹
Jonathan Richetti¹
Jerry Adriani Johann¹
Alex Paludo¹
Clóvis Cechim Júnior¹
Weverton Rodrigo Verica¹

¹ Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE
Caixa Postal 701 - 85819-110 - Cascavel - PR, Brasil
{willyanbecker, laiza.cavalcante, j_richetti, jerry.johann, paludo.alex, juniorcechim,
wevertonverica}@hotmail.com

Abstract. Beginning 8 years ago, the state of Paraná has been having the second largest production of soybean between all Brazilian states, dedicating 85% of its crop area to soybean during spring and summer. Despite its great national performance, the production of soybean can be affected by diseases that compromise the crop's development, such as the Asian rust (*Phakopsora pachyhazi*). Between the harvests of 2000/2001 and 2005/2006, the Asian rust reduced drastically the productivity of crops nationwide. Since then, strategic measures have been adopted in order to reduce the Asian rust occurrence, including the use of fungicides and plantation regulations, which forbid planting or having any alive plants on selected fields between April 15th and September 15th. This study aims to verify the compliance with these regulations in the state of Paraná, during the season of 2013/2014, through orbital remote sensing. The Timesat software was used to analyze seasonal patterns in temporal series from the Enhanced Vegetation Index (EVI), from the Modis sensor (Aqua and Terra). The results have shown that 14.6% of soybean crop areas do not comply with the regulations, a rate that increases to 31.5% when considering only the northeast region. Therefore, if the weather conditions are favorable to the soybean rust growth, severe economic and environmental damage may happen, due to a considerable part of the state not complying with the regulations.

Palavras-chave: Modis, Timesat, vazio sanitário.

1. Introdução

As commodities agrícolas sustentam uma robusta cadeia produtiva, na qual a cultura da soja ocupa lugar de destaque por sua diversificação, sendo empregada como proteína vegetal para produtos de origem animal, como também em diversos segmentos da indústria alimentícia (WILKINSON, 2010). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (MEADE, 2016), contabilizando 57,02% da área plantada no país, com uma produção de 96 milhões de toneladas, na safra 2014/15 (CONAB, 2016).

Ao longo de oito anos-safra de 2008/2009 a 2015/2016 o Estado do Paraná consolidou-se como a segunda federação brasileira com a maior produção de soja, totalizando 85% da área plantada no Estado no período primavera-verão (SEAB, 2015, 2014). No Brasil, o segmento agrícola representa uma forte parcela econômica, contribuindo em 21,46% do PIB brasileiro em 2015 (CEPEA, 2016). Isto ratifica a importância do acompanhamento agrícola, visando a obtenção de informações cruciais para elaboração do planejamento estratégico da cadeia agropecuária, sendo este um produtor, consumidor ou órgãos públicos (JOHANN et al., 2012).

Apesar do bom desempenho agrícola nacional, a cultura da soja pode ser afetada por doenças que comprometem drasticamente o seu desenvolvimento, como a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyhazi*). Práticas culturais, como o plantio sucessivo da cultura da soja, associadas às condições ambiente desfavoráveis, como o molhamento foliar contínuo, associado a temperaturas entre 18° C a 26° C (GODOY et al., 2009) promovem o

desenvolvimento da ferrugem. Entre os anos-safra de 2000/2001 a 2005/2006 a ferrugem asiática da soja reduziu drasticamente a produtividade das lavouras de todo o país, destacando-se como uma doença altamente agressiva (FREIRE et al., 2008; PIEROZZI et al., 2008; TSUMANUMA et al., 2010). Sua agressividade está relacionada com a redução da atividade fotossintética da planta, ocasionando perdas de 10% a 90% da produção de países como: África do Sul (JARVIE, 2009), Argentina, Brasil e Estados Unidos (DEL PONTE; ESKER, 2008), Brasil e no Paraguai (YORINORI et al., 2005), Brasil e Japão (YAMANAKA et al., 2010), dentre outros.

Desde então, adotou-se medidas estratégicas para reduzir a incidência da ferrugem asiática da soja, como o controle da praga por fungicidas e pelo vazio sanitário (SEAB, 2007). Este prevê a proibição da semeadura da soja ou existência de plantas vivas na lavoura, visando eliminar o hospedeiro. Atualmente, esta medida é implementada em 11 estados (Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Bahia, Rondônia, Pará, Maranhão, Tocantins) e no Distrito Federal. Sua fiscalização é executada por órgãos estaduais (ADAPAR – Agência de Defesa Agropecuária do Paraná) e seu descumprimento acarreta em multas que variam de R\$ 22 a R\$ 220 mil.

O monitoramento das culturas agrícolas por sensoriamento remoto orbital vem sendo incorporada as pesquisas por alcançar resultados com maior antecedência, maior precisão e menor custo operacional que as técnicas tradicionais (JOHANN et al., 2012). O software Timesat (EKLUNDH & JÖNSSON, 2015) permite a análise e extração de informações referentes ao perfil espectro-temporal de índice de vegetação de imagens de satélite, podendo-se, assim, utilizar tais informações para as mais diversas aplicações. Johann et al. (2016) fizeram uso da ferramenta para identificar datas de semeadura, máximo desenvolvimento vegetativo e colheita dos municípios paranaenses. Mishra & Chaudhuri (2015) utilizaram o Timesat para analisar padrões em dados de séries temporais, podendo identificar mudanças na vegetação. A análise de padrões também é citada por Horion et al. (2014) e Brandt et al. (2016), para avaliação da mudança em cobertura de árvores e Tsutsumida & Comber (2015) e Viña et al. (2016) para dados de cobertura do solo.

Logo, este trabalho tem por objetivo averiguar o cumprimento do vazio sanitário no Paraná, por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

2. Metodologia de Trabalho

O estudo foi conduzido para o estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil, situado entre os paralelos 22°29'S e 26°43'S e os meridianos 48°2'W e 54°38'W, constituído por 399 municípios, subdivididos em 10 mesorregiões (Figura 1). O clima no estado, devido ao seu grande tamanho territorial, enquadra-se em três tipos, Cfa, Cfb e Cwa (APARECIDO et al., 2016).

O índice EVI (*Enhanced Vegetation Index* – Índice de vegetação melhorado) (HUNTE et al., 2002), proveniente do sensor Modis, a bordo dos satélites Terra e Aqua, que quando combinados, possuem uma resolução temporal de 8 dias, foi utilizado para a elaboração de uma série temporal do ciclo da cultura da soja. Os produtos utilizados foram MOD13Q1 e MYD13Q1 no tile h13v11 (NASA, 2016). Essa série de imagens foi de 13/08/2013 a 01/05/2014, totalizando 34 imagens para o ano-safra estudado.

O mapeamento da cultura do soja em todo o estado paranaense, durante a safra verão de 2013/2014, foi previamente executado por Grzegozewski et al. (2016). Este obteve uma exatidão global de 87,75% e um coeficiente kappa de 0,75.

A análise do Padrão Sazonal (*Seasonal Trend Analysis* – STA) do perfil espectro-temporal da cultura da soja (Figura 2) foi feita extraindo-se informações referentes ao ciclo da cultura, a data de semeadura, dentre essas informações. O software utilizado para a STA foi o Timesat

(EKLUNDH & JÖNSSON, 2015). A parametrização foi a mesma utilizada por Johann et al. (2016), porém, em escala de pixel do mapeamento da cultura de soja.

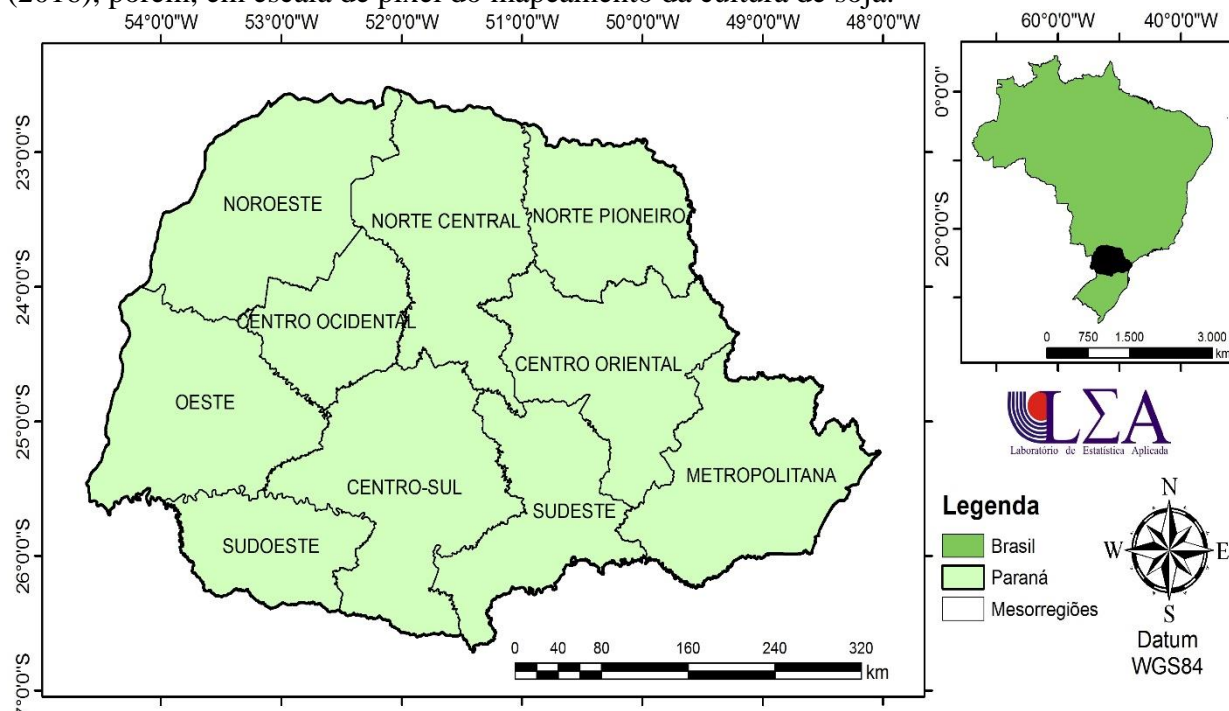


Figura 1. Mapa de localização do Estado do Paraná com as 10 mesorregiões.

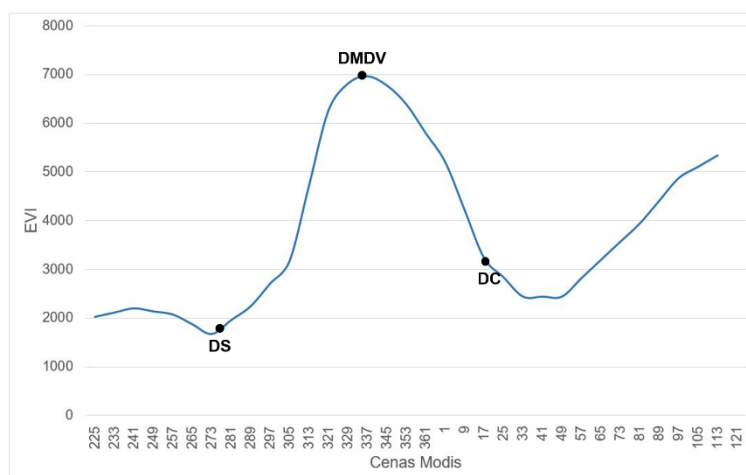


Figura 2. Perfil espectro temporal de EVI para soja. DS: Data de Semeadura; DMDV: Data de Máximo Desenvolvimento Vegetativo; DC: Data de Colheita. Adaptado de: Johann et al., (2016).

3. Resultados e Discussão

A análise do período de sementeira de uma cultura fornece parâmetros para posterior logística da safra, incluindo desde o planejamento de operações agrícolas associadas à cultura, estimativas e previsão de safra, além do escoamento da produção e a capacidade estática de silos (PALOSCHI, 2015; JOHANN et al., 2016). A sementeira de uma cultura agrícola é intrínseca às condições edafoclimáticas de cada localidade (SENTELHAS et al., 2015; SILVA, 2015) visto que dentro do próprio zoneamento agrícola existe variação do fotoperíodo, temperatura, classes de solo, como também distribuição de chuvas (BORNHOFEN et al., 2015). Em função disto, o Paraná caracteriza-se pela variabilidade das épocas de sementeira (JOHANN

et al., 2016) ao longo do estado. Logo, tendo isso em vista, fragmentou-se as épocas de semeadura em quatro classes (C1, C2, C3, C4), na qual C1 corresponde a semeadura anterior a 10/09, C2 entre 11/09 e 15/09, C3 entre 16/09 a 20/09, e C4 posterior a 21/09 (Tabela e Figura 3).

Embora a classe C2 abranja o vazio sanitário, considerou-se como período ilegal do plantio da soja apenas a classe C1, pois se considera que o plantio realizado nesta data (C2) terá sua germinação dentro do período permitido para semeadura da cultura. Sendo assim, no ano-safra analisado (2013/2014), em todas as mesorregiões houve o descumprimento do vazio sanitário, totalizando uma área de 658.769 ha (Tabela), que corresponde a 14,6% (Figura 2) de áreas semeadas antes do período estipulado no Paraná. Segundo Embrapa Soja (2015), o período preferencial para a semeadura da soja está entre 25/out e 5/dez, porém, algumas mesorregiões do estado caracterizam-se pela semeadura antecipada da cultura. Tal comportamento é justificado pela antecipação do plantio da 1ª safra, que vai de setembro a fevereiro e predomina a cultura da soja, para a posterior implantação da 2ª safra, que vai de fevereiro a junho e predomina a cultura do milho.

Tabela 1. Área plantada, em hectares, no ano-safra 2013/2014, por mesorregião IBGE, conforme os períodos de semeadura C1 a C4.

Classes Mesorregiões	C1	C2	C3	C4	Total
	≤ 10/09	11/09 a 15/09	16/09 a 20/09	≥ 21/09	
Sudoeste	38.919	9.650	2.800	226.681	278.050
Sudeste	43.300	7.788	3.381	174.475	228.944
Oeste	117.463	39.994	28.513	769.794	955.764
Norte Pioneiro	50.444	13.650	6.075	294.169	364.338
Norte Central	156.394	30.269	16.894	689.406	892.963
Noroeste	69.044	7.081	3.725	139.025	218.875
Metro Curitiba	12.025	2.800	1.075	83.475	99.375
Centro Sul	34.488	6.450	2.731	376.094	419.763
Centro Oriental	20.500	5.475	2.563	373.963	402.501
Centro Ocidental	116.194	18.975	11.219	505.188	651.576
Total	658.769	142.131	78.975	3.632.269	4.512.149

Tabela 2. Percentual de área plantada, no ano-safra 2013/2014, por mesorregião IBGE, conforme os períodos de semeadura C1 a C4.

Mesorregiões	2013/2014 (%)			
	C1	C2	C3	C4
Sudoeste	14	3,5	1	81,5
Sudeste	18,9	3,4	1,5	76,2
Oeste	12,3	4,2	3	80,5
Norte Pioneiro	13,8	3,7	1,7	80,7
Norte Central	17,5	3,4	1,9	77,2
Noroeste	31,5	3,2	1,7	63,5
Metro Curitiba	12,1	2,8	1,1	84
Centro Sul	8,2	1,5	0,7	89,6
Centro Oriental	5,1	1,4	0,6	92,9
Centro Ocidental	17,8	2,9	1,7	77,5

Em busca de rendimentos maiores e em função dos baixos preços oferecidos nas culturas de inverno, o cultivo da soja safrinha tornou-se uma realidade em alguns estados da região Centro-Sul (BRACCINI et al., 2003). Por este motivo, muitos produtores paranaenses vêm

adotando o cultivo de soja sobre soja (EMBRAPA SOJA, 2014), ocasionando na redução de produtividade ao longo dos anos, maior ocorrência de doenças na cultura, dentre inúmeros fatores. Estas práticas culturais associadas a condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem, geram consequências negativas no desenvolvimento da cultura, como também na lucratividade agrícola. Um exemplo disto é o aumento do número de operações agrícolas, em virtude da sua data de semeadura, pelo aumento da aplicação de fungicidas para controle da ferrugem (CRUZ et al., 2012). Logo, a adoção do vazio sanitário em conjunto de práticas conservacionistas tem como objetivo reduzir a existência do fungo na lavoura.

Salienta-se que a semeadura ou germinação da soja durante o período de vazio sanitário não determina que esta terá ferrugem asiática. Segundo Megeto et al., (2014), diversas variáveis agrometeorológicas contribuem para a incidência ou não do fungo, sendo as principais: número de dias com temperatura mínima abaixo de 15°C, número de dias com temperatura máxima acima de 30°C, temperatura média, precipitação, etc.

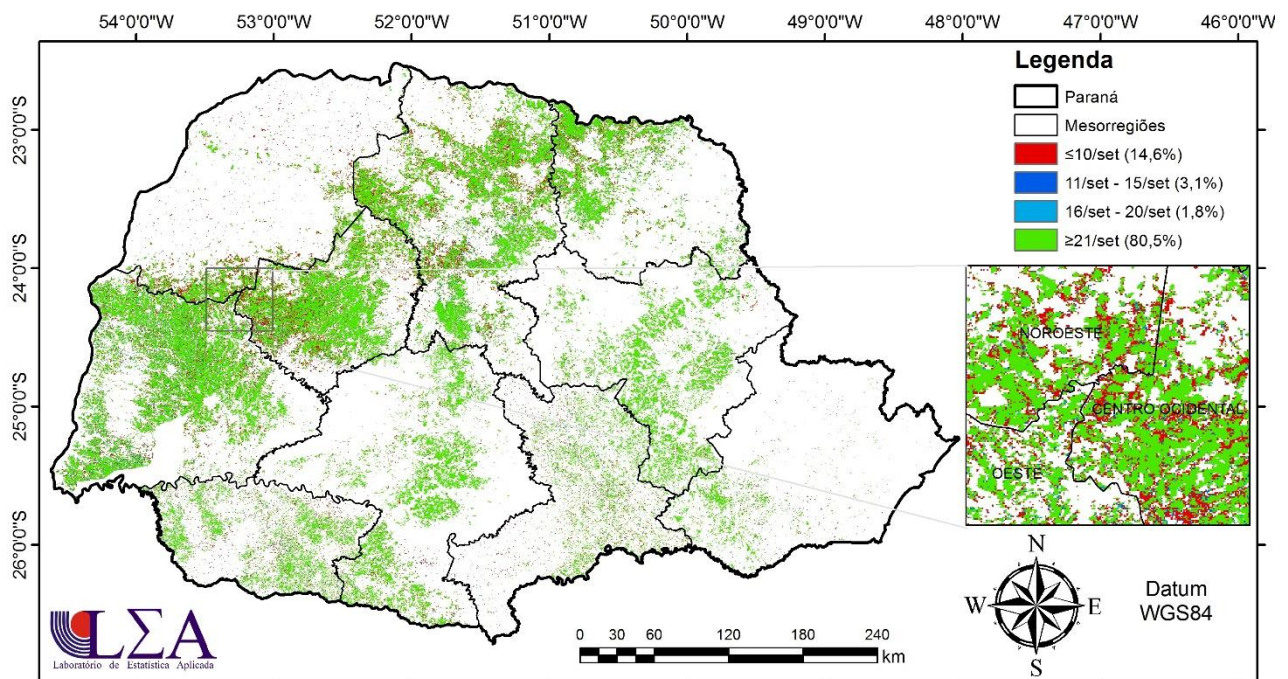


Figura 3. Mapa de épocas de semeadura no Estado do Paraná, com detalhamento para as mesorregiões Noroeste, Centro Ocidental e Oeste.

4. Conclusões

O presente estudo constatou a não adesão de 14,6% das áreas agrícolas descumprindo o vazio sanitário no estado do Paraná. Este fato atrelado a ocorrência de condições favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem da soja poderá acarretar em grandes prejuízos econômicos à cultura e ao ambiente.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Estatística Aplicada (LEA) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), pela infraestrutura disponibilizada para elaboração da pesquisa e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Referências

- Aparecido, L. E. de O. et al. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 405–417, ago. 2016.
- Brandt, M. et al. Woody plant cover estimation in drylands from Earth Observation based seasonal metrics. **Remote Sensing of Environment**, v. 172, p. 28–38, jan. 2016.
- Bornhofen, E. et al. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 46–55, mar. 2015.
- Braccini, A. de L. E et al. Semeadura da soja no período de safrinha: potencial fisiológico e sanidade das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 76–86, jul. 2003.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). Relatório PIBAGRO – Brasil. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea_PIB_BR_dez14.pdf> Acesso em 08 de maio de 2015> Acesso em 10 ago. 2016
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Boletim de Monitoramento Agrícola. Cultivos de Verão: safra 2015/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_28_11_06_59_boletim_a16_v5_n04.pdf>. Acesso em 07 de maio de 2016>. Acesso em 13 ago. 2016.
- Cruz, T. V. da et al. Perdas causadas pela ferrugem-asiática em cultivares de soja semeadas em diferentes épocas, no Oeste da Bahia. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 4, p. 255–265, ago. 2012.
- Del ponte, E. M.; Esker, P. D. Meteorological factors and Asian soybean rust epidemics: a systems approach and implications for risk assessment. **Scientia Agricola**, v. 65, n. spe, p. 88–97, dez. 2008.
- Eklundh, L.; Jönsson, P. Timesat: A Software Package for Time-Series Processing and Assessment of Vegetation Dynamics. In: Kuenzer, C.; Deck, S.; Wagner, W. (Editores). **Remote Sensing Time Series - Revealing Land Surface Dynamics**. Springer International Publishing. p.141-158. 2015.
- Embrapa Soja. Nota Técnica: Alerta da Embrapa sobre a soja safrinha. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Soja_Safrinha_Embrapa.pdf> Acesso em 22 de ago. 2016.
- Freire, M. C. M. et al. Evolutionary history of *Phakopsora pachyrhizi* (the Asian soybean rust) in Brazil based on nucleotide sequences of the internal transcribed spacer region of the nuclear ribosomal DNA. **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, n. 4, p. 920–931, 2008.
- Godoy, C. V. et al. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 1, p. 56–61, 2009.
- Grzegozewski, D. M. et al. Mapping soya bean and corn crops in the State of Paraná , Brazil , using EVI images from the MODIS sensor. **International Journal of Remote Sensing**, v. 37, n. 6, p. 1257–1275, 2016.
- Horion, S. et al. Using earth observation-based dry season NDVI trends for assessment of changes in tree cover in the Sahel. **International Journal of Remote Sensing**, v. 35, n. 7, p. 2493–2515, 3 abr. 2014.
- Jarvie, J. A. A review of soybean rust from a South African perspective. **South African Journal of Science**, v. 105, n. 3–4, p. 103–108, 2009.
- Johann, J. A. et al. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1295–1306, set. 2012.
- Johann, J. A. et al. Uso de imagens do sensor orbital modis na estimação de datas do ciclo de desenvolvimento da cultura da soja para o estado do Paraná – Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 1, p. 126–142, fev. 2016.
- Meade, Birgit et al. Corn and Soybean Production Costs and Export Competitiveness in Argentina, Brazil, and the United States. **Economic Research Services/USDA**. Economic Information Bulletin 154. 2016
- Mishra, N. B.; Chaudhuri, G. Spatio-temporal analysis of trends in seasonal vegetation productivity across

Uttarakhand, Indian Himalayas, 2000–2014. **Applied Geography**, v. 56, p. 29–41, 2015. Elsevier Ltd.

Pierozzi, P. H. B. et al. New soybean (*Glycine max* Fabales, Fabaceae) sources of qualitative genetic resistance to Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* (Uredinales, Phakopsoraceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 31, n. 2, p. 505–511, 2008.

Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB). Conjuntura Agropecuária. Safra 2015/2016, Conjuntura da Soja. Disponível em:
<<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=240>>. Acesso em 14 set. 2016.

Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB). Conjuntura Agropecuária. Safra 2015/2016, Conjuntura da Soja. Disponível em:
<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/Soja__2014_15.pdf>. Acesso em 14 set. 2016.

Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB, Paraná). Resolução nº 120/2007, de 10 de outubro de 2010. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba 17 de outubro de 2007

Sentelhas, P. C. et al. The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. **Journal of Agriculture Science**, v. 65, n. 7, p. 1–18, 2015.

Silva, S. R. Long-term effects of four tillage systems and weather conditions on soybean yield and agronomic characteristics in Brazil. v. 9, n. MAY, p. 445–452, 2015.

Tsumanuma, G. M. et al. Efeito de herbicidas e fungicidas nas curvas de progresso e quantificação de danos causados pela ferrugem asiática da soja. **Ciência Rural**, v. 40, n. 7, p. 1485–1491, jul. 2010.

Tsutsumida, N.; Comber, A. J. Measures of spatio-temporal accuracy for time series land cover data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 41, p. 46-55, 2015.

Viña, A. et al. Land surface phenology as an indicator of biodiversity patterns. **Ecological Indicators**, v. 64, p. 281–288, maio 2016.

Yamanaka, N. et al. Development of classification criteria for resistance to soybean rust and differences in virulence among Japanese and Brazilian rust populations. **Tropical Plant Pathology**, v. 35, n. 3, p. 153–162, jun. 2010.

Yorinori, J. T. et al. Epidemics of Soybean Rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, v. 89, n. 6, p. 675–677, 2005.