

COMPORTAMENTO ESPECTRAL DO CICLO FENOLÓGICO DA SOJA COM USO DO EVI MODIS/MAIAC E EVI MOD13A2

Débora Marcelino de Andrade¹, Prislely Turatti², Valdir Moura³, Ranieli dos Anjos de Souza³

^{1,2}Acadêmicas de Engenharia Agrônoma, IFRO Campus Colorado do Oeste, Grupo de Pesquisas Espaciais (GREES/IFRO); e-mail: deboraandradevha; prislelyturatti@gmail.com; ³Docentes do IFRO Campus Colorado do Oeste; Grupo de Pesquisas Espaciais (GREES/IFRO), e-mail: ranieli.muler; valdir.moura@ifro.edu.br

0.73 ($p = 0.029$).

RESUMO

Monitorar culturas temporárias, como a soja, é um desafio para o Brasil, mas com auxílio do sensoriamento remoto é possível rompê-lo. Portanto, é necessário conhecer o comportamento espectral da cultura a fim de melhorar o entendimento de sua dinâmica e distinção em imagens orbitais. A análise baseou-se no uso dos índices de vegetação *Enhanced Vegetation Index* (EVI), calculado após correção atmosférica e geométrica pelo algoritmo *Multi-angle Implementation of Atmospheric Correction* (MAIAC) e, com uso do EVI obtido pelo produto MOD13A2, avaliando o comportamento espectral da soja ao longo do ciclo fenológico, safras 2010 a 2016, no município de Pimenteiras do Oeste, Rondônia. Conforme os resultados obtidos, o EVI/MAIAC representou satisfatoriamente os padrões fenológicos da cultura de soja, ao contrário do EVI/MOD13A2 que mostrou padrões incoerentes, em virtude, possivelmente, da maior interferência de nuvens inerentes a este produto. O MAIAC e MOD13A2 apresentaram correlação de 0,73 ($p=0,029$).

Palavras-chave — índices de vegetação, sensoriamento remoto, monocultura.

ABSTRACT

*Monitoring temporary crops, such as soybeans, is a challenge for Brazil, but with the aid of remote sensing it is possible to break it. Therefore, it is necessary to know the spectral behavior of the culture in order to improve the understanding of its dynamics and distinction in orbital images. The analysis was based on the use of vegetation indices *Enhanced Vegetation Index* (EVI), calculated after atmospheric and geometric correction by the *Multi-angle Implementation of Atmospheric Correction* (MAIAC) algorithm and using the EVI obtained by the product MOD13A2, evaluating the behavior spectral analysis of the soybean during the phenological cycle, harvests 2010-2016, in the municipality of Pimenteiras do Oeste, Rondônia. According to the results, EVI / MAIAC satisfactorily represented the phenological patterns of the soybean crop, unlike EVI / MOD13A2, which showed incoherent patterns, possibly due to the higher cloud interference inherent to this product. MAIAC and MOD13A2 presented a correlation of*

Key words — *indices of vegetation, remote sensing, monoculture.*

1. INTRODUÇÃO

A soja é a principal oleaginosa produzida e consumida no mundo, seu primeiro derivado é destinado ao consumo animal por meio de rações, em virtude de ser rico em proteínas, enquanto o segundo subproduto se destina ao consumo humano de diversas formas [1]. Na safra 2016/17 o Brasil apresentou produção de 113,923 milhões de toneladas, com 33,890 milhões de hectares de áreas plantadas [2].

Conseguir fazer o monitoramento de sistemas dinâmicos em culturas anuais como a soja é um desafio, mas com o auxílio do sensoriamento remoto esse desafio pode ser rompido. Para isso, imagens multitemporais, transformadas em índices de vegetação (IVs), tornam-se ferramentas poderosas para monitorar mudanças ocorridas na cobertura vegetal [3]. O *Enhanced Vegetation Index* (EVI), por exemplo, é um índice utilizado na avaliação do vigor da vegetação, pois está diretamente relacionado com variações ocorridas na cobertura vegetal em função da mudança na sua estrutura e composição de pigmentos foliares [4]. Desta forma, o conhecimento de como a radiação solar interage com a vegetação é necessário para interpretar e processar dados agrícolas provenientes de análises com sensoriamento remoto [5].

O EVI tem sido amplamente aplicado com uso de imagens orbitais, a exemplo do sensor OLI/Landsat-8, TM/Landsat-5, MODIS/Terra-Aqua entre outros. Contudo, a interferência atmosférica é um fator que precisa ser levado em consideração nas análises que usam dados de sensoriamento remoto e, devido esta necessidade de calibração diversos algoritmos têm surgido na tentativa de minimizar os ruídos nos produtos orbitais para suas diversas aplicações. O *Multi-angle Implementation of Atmospheric Correction* (MAIAC) é o mais recente algoritmo de correção atmosférica aplicado aos dados do sensor MODIS, e será utilizado neste estudo de forma inédita.

Portanto, com objetivo de avaliar o comportamento espectral ao longo do ciclo fenológico da cultura de soja via produtos orbitais, foram utilizados os perfis temporais do

EVI/MAIAC e EVI/MOD13A2, entre as safras de 2010 a 2016 no município de Pimenteiras do Oeste - RO.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área do plantio de soja localiza-se no município de Pimenteiras do Oeste, estado de Rondônia (Figura 1), e possui 1 km² de extensão. Esta região é classificada, de acordo com a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental SEDAM [6], como solos do tipo Latossolos Litólicos Distróficos (LLD). Conforme Koppen e Geiger a temperatura média é 23,8 °C, altitude 171 m e pluviosidade média anual de 1.714 mm [7].

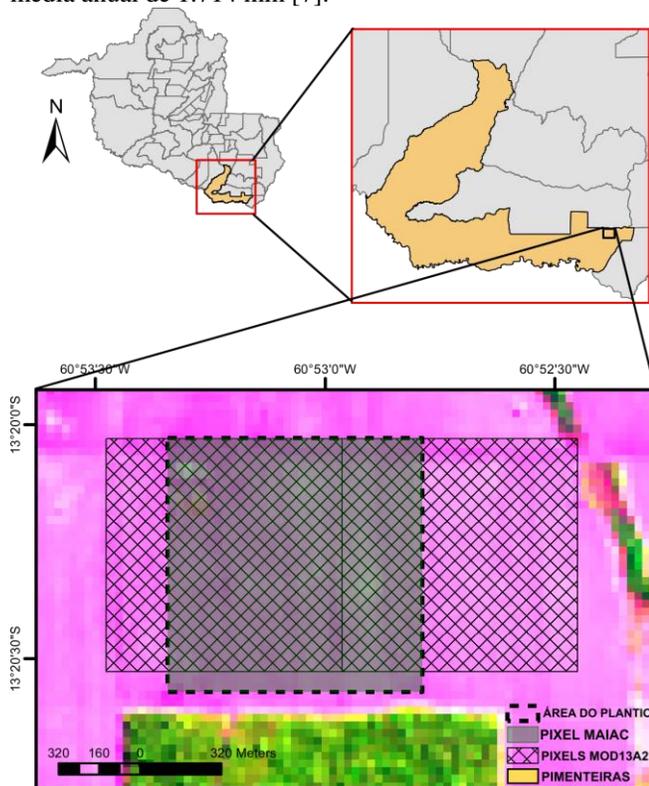


Figura 1. Localização da área de estudo (Imagem OLI, agosto de 2018, RGB654).

Os dados dos índices de vegetação (IVs) foram extraídos sobre a área do plantio de soja (13°20'18" S 60°52'56" W), utilizando imagens de reflectância de superfície do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). A partir das imagens MODIS foi calculado o índice de vegetação EVI [8] (Equação 1). Contudo, o EVI/MAIAC foi calculado após a correção atmosférica aplicada às bandas espectrais com uso do algoritmo *Multi-angle Implementation of Atmospheric Correction* (MAIAC), cujo processamento foi realizado e cedido por [9], sendo extraído o valor do EVI de 1 (um) *pixel* sobreposto à área do plantio. Os dados do

EVI/MOD13A2 foram obtidos através da plataforma do *NASA search data*, cujas medidas do índice foram obtidas pela média ponderada dos *pixels* (n=2) que interceptaram a área de estudo.

$$EVI = 2,5 \times ((\rho_{IFP} - \rho_V) / (\rho_{IFP} + 6 \times \rho_V - 7,5 \times \rho_B + 1)) \quad \text{Eq. 1}$$

Em que, ρ_{IFP} , ρ_V e ρ_B são reflectâncias na faixa espectral do infravermelho próximo (banda 2, 841-876 nm), vermelho (banda 1, 620-670 nm) e azul (banda 3, 459-479 nm).

O ciclo analisado compreende as fases de preparo do solo e semeadura, fase vegetativa (V), reprodutiva (R), e colheita. Para definição das fases V/R foi considerada uma média de 118 ± 20 dias com base na literatura [10][11][12]. Para extração das séries temporais dos índices EVI (MAIAC/MOD13A2) utilizou-se o *software* R 3.4.4 (RStudio 1.1.383).

Como parâmetro de análise da curva de desenvolvimento da soja utilizando o EVI, entende-se que na fase de semeadura o EVI apresenta valores baixos, aumentando a partir da fase vegetativa tardia que ocorre em torno de 47 dias após a semeadura [11], atingindo valores máximos na fase reprodutiva em que a soja encontra-se em pleno desenvolvimento e enchimento de grãos, entre 50 a 90 dias [10][11], e decaimento na fase reprodutiva tardia com a senescência foliar, atingindo valor mínimo novamente no mês de colheita, por volta de 118 dias [10][11][12][13][14].

3. RESULTADOS

No perfil temporal do EVI/MAIAC observado neste estudo, em todas as safras analisadas, teve-se o padrão esperado para esta cultura, conforme apontado em outros estudos [13][14][15] (Figura 2, A). Tal padrão consiste no incremento gradual no EVI à medida que a cultura de soja se desenvolve, sendo isto, resultado do aumento da resposta espectral das partes vegetativas do plantio que, após atingir a fase madura entra em senescência e, conseqüentemente, o EVI mostra no final do ciclo fenológico uma redução nos seus valores.

Observa-se na Figura 2A, que o EVI/MAIAC aumentou seus valores gradualmente desde a fase de preparo (média = $0,30 \pm 0,05$) até a fase reprodutiva intermediária (mês 4) (média = $0,60 \pm 0,07$), a partir da qual o EVI começa reduzir com o início da maturação das vagens, até atingir valores mínimos no mês de colheita (média = $0,45 \pm 0,11$) (Figura 2A).

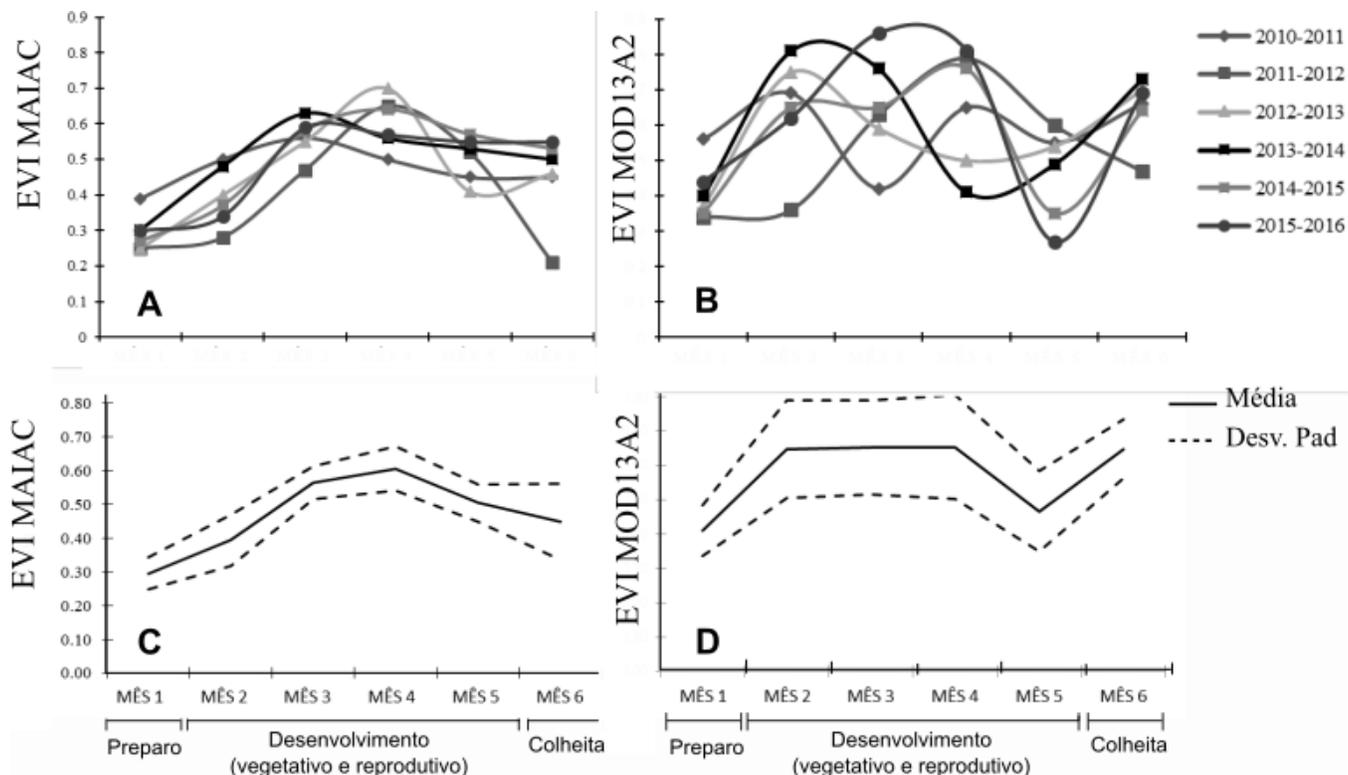


Figura 2. Perfil dos índices de vegetação nas diferentes safras da cultura de soja. A, índice EVI/MAIAC; B, índice EVI/MOD13A2; C, Média e desvio padrão do EVI/MAIAC (safras 2010 a 2016); D, Média e desvio padrão do EVI/MOD13A2 (safras 2010 a 2016)

Já os valores médios de EVI/MOD13A2 mostram rápido incremento desde a fase de preparo (média = $0,38 \pm 0,08$) até a fase vegetativa inicial (mês 2) (média = $0,64 \pm 0,15$), que se mantiveram constantes até a fase reprodutiva intermediária (mês 4) (média = $0,65 \pm 0,15$), apresentando queda na fase reprodutiva tardia (mês 5) (média = $0,45 \pm 0,12$). No mês 6, época de colheita, o valor do índice apresenta incremento inesperado (média = $0,64 \pm 0,09$) (Figura 2B). O desvio padrão apresentado no produto EVI/MOD13A2 é visivelmente maior (Figura 2D) que o EVI/MAIAC (Figura 2C).

Ambos os índices apresentaram coeficiente de determinação 0,73 com significância estatística ($p=0,029$).

4. DISCUSSÃO

Observa-se nos dados do EVI/MOD13A2 (Figura 2D), padrões espectrais fora do padrão esperado [13][14], que podem ter ocorrido devido os efeitos atmosféricos inerentes a este produto. Já o EVI, calculado após correções geométricas e atmosféricas pelo algoritmo MAIAC, mostrou comportamento que se assemelha ao padrão fenológico da cultura: valores baixos no preparo do solo e na fase vegetativa inicial; incremento na fase vegetativa tardia e reprodutiva inicial; decaimento na fase reprodutiva tardia; e valores baixos na fase de colheita [12][13].

Os valores do EVI para ambos produtos, observados na fase de pleno desenvolvimento, são semelhantes aos obtidos

por [13][14][15], em torno de 0,60. Os valores médios apresentados no final do ciclo fenológico ainda mostram-se superiores aos valores obtidos no mês de preparo do solo e semeadura (Figura 2C e 2D). Observou-se, na fase de colheita, percentuais de 66% e 53% acima dos valores na fase de preparo, para EVI/MOD13A2 e EVI/MAIAC, respectivamente. Este alto valor no último mês se dá, devido a presença de restos de cultura sobre o solo, ou, devido à rápida rebrota.

Mesmo com resolução espacial de 250 m, o que confere menor detalhamento espacial, as imagens MODIS contêm características interessantes para o monitoramento da evolução de lavouras, especialmente sob o aspecto temporal. Os produtos MODIS têm sido muito utilizados e, apontados como um dos mais interessantes conjuntos de informações para estudos de monitoramento da vegetação em escala global [8].

5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o EVI (MODIS/MAIAC) possibilitou a definição dos diferentes estádios de desenvolvimento do ciclo da soja de forma mais eficiente que o produto EVI/MOD13A2, uma vez que este apresentou sazonalidade incoerente com os padrões esperados em virtude, possivelmente, da diferença entre as correções atmosféricas de ambos produtos. Na região de estudo, há alta ocorrência de nuvens no período estudado, em virtude disso

interferências atmosféricas inerentes ao MOD13A2 possam ser o principal motivo desta performance observada.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Junior, C. A. S. et al. “Discriminação de áreas de soja por meio de imagens EVI/MODIS e análise baseada em geo-objeto”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande-PB*, UAEA/UFCG, v.18, n.1, p.44-53, 2014.
- [2] Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. “Soja em números (safra 2016/2017)”. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- [3] Karnieli, A. et al. “Temporal dynamics of soil and vegetation responses in a semi-arid environment”, *International Journal of Remote Sensing*, v.23, n.19, p.4073-4087, 2002.
- [4] Justice, C. O. et al. “The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v.36, n.4, p.1228-1249, 1998.
- [5] Kniplling, B. E. “Physical and physiological basis for the reflectance of visible and nearinfrared radiation from vegetation”. *Remote Sensing of Environment*, v.1, p. 155-159. 1970.
- [6] SEDAM, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia. “Downloads”. 2018. Disponível em:<<http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/downloads.html?showall=1>>. Acesso em: 28 abr. 2018.
- [7] Climatedata. “Clima: Pimenteiras do Oeste”. 2018. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/312624/>>. Acesso em 24 abr. 2018.
- [8] Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodrigues, E.P.; Gao, X.; Ferreira, L.G. “Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation index”, *Remote Sensing of Environment*, v.83, p.195-213, 2002.
- [9] Dalagnol, R.; Wagner, F.H.; Galvão, L.S.; Nelson, B.W.; Lyapustin, A.; Aragão, L.E.O.C. “Life cycle of bamboo in southwestern Amazon and its relation to fire events”, *Biogeosciences*, Manuscript under review for journal *Biogeosciences*, 2018.
- [10] Souza, P. O. P. et al. “Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia”, *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* v.14, n.1, 2010.
- [11] Meschede, D.K et al. “Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja: estudo de caso com baixo estande e testemunhas duplas”, *Planta daninha*, v.22, n.2, 2004.
- [12] Crusciol, C. A. C. et al. “Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja avaliadas na semeadura de inverno”, *Sci. agric. Piracicaba, Braz.*, v.59, n.1, 2002.
- [13] Rizzi, R.; Risso, J.; Epiphanyo, R.D.V.; Rudorff, B.F.T.; Formaggio, A.R.; Shimabukuro, Y.E.; Fernandes, S.L. “Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODIS”. In Proceedings of the 14th Brazilian Remote Sensing Symposium (SBSR 2009), Natal, RN, Brazil, April 2009; INPE: São José dos Campos, SP, Brazil, 2009; pp. 387–394.
- [14] Rudorff, B.F.T; Adami, M.; Aguiar, D.A.; Moreira, M.A; Mello, M.P.; Fabiani, L.; Amaral, D.F.;Pires, B.M. “The Soy Moratorium in the Amazon Biome Monitored by Remote Sensing Images”, *Remote Sens.*, 3(1), 185-202, 2011.
- [15] Mengue, V.P e Fontana, D.C. “Avaliação da dinâmica espectro-temporal visando o mapeamento dos principais cultivos de verão no Rio Grande do Sul”, *Bragantia*, vol.74, n.3, July/Sept. 2015.