

PERFIL TEMPORAL EVI/MODIS PARA MONITORAMENTO DA SOJA EM PROPRIEDADES DO OESTE PARANÁ

Idelvan Bonadiman Blanco¹, Alex Paludo², Jerry Adriani Johann³, Helton Aparecido Rosa⁴, Willyan Ronaldo Becker⁵, Laíza Cavalcante de Albuquerque Silva⁶, Valdir Moura⁷, Nicolas Jacob⁸

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Cascavel, Paraná, Brasil, idelvanblanco@gmail.com; ²Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, paludo.alex@hotmail.com; ³Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Cascavel, Paraná, Brasil filiação, jerry.johann@unioeste.br; ⁴Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Cascavel, Paraná, Brasil, helton.rosa@hotmail.com; ⁵Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, willyan.becker@unioeste.br, ⁶Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola filiação, laiza.cavalcante@hotmail.com; ⁷Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Cascavel, Paraná, Brasil, valdir.moura@ifro.edu.br; ⁸Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Graduação em Engenharia Agrícola, Cascavel, Paraná, Brasil, nicolasjacob98@hotmail.com

RESUMO

O objetivo do trabalho foi demonstrar o uso de imagens de satélites para estimativas de datas e fases da cultura da soja. Em cada área objeto de estudo, foi realizado levantamento na safra 2017/2018 de dados com intervalos de 8 a 15 dias, e foram coletadas as quantidades de área do talhão, informações de localização, altitude, variedade semeada, data de semeadura e data de colheita. Para o monitoramento com imagens orbitais e criação de série temporal do ciclo fenológico da soja, utilizou-se informações do EVI, provenientes do sensor Modis, com 250 m de resolução espacial e que, quando utilizadas juntas, possuem resolução temporal de 8. A série temporal foi elaborada no SATVeg (Sistema de Análise Temporal de Vegetação) da EMBRAPA, e contemplou o período de 14/09/2017 e 14/03/2018. A estimativa com imagens temporais do sensor Modis, propiciaram em média aproximadamente 18 dias de diferença no ciclo da cultura da soja.

Palavras-chave — Sensoriamento remoto, espectro eletromagnético, índices de vegetação.

ABSTRACT

The objective of this work was to demonstrate the use of satellite images for estimates of dates and phases of soybean crop. In each study area, data were collected in the 2017/2018 harvest with intervals of 8 to 15 days, and the amount of area of the plot, location information, altitude, variety sown, date of sowing and date of harvest. For the monitoring with orbital images and creation of a temporal series of the soybean phenological cycle, EVI information from the Modis sensor with 250 m of spatial resolution was used and that, when used together, they have temporal resolution of 8. The series temporal period was elaborated in the SATVeg (Temporary Vegetation Analysis System) of EMBRAPA, and covered the period of 09/14/2017 and 03/14/2018. The estimation with

temporal images of the Modis sensor, provided on average approximately 18 days of difference in the cycle of the soybean crop.

Key words — Remote sensing, electromagnetic spectrum, vegetation indices.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira possui grande variedade no seu ambiente, regimes climáticos e sistemas de manejos, sendo essa sua característica muito importante e as técnicas de geoprocessamento ligadas ao sensoriamento remoto origina subsídios para monitoramento agrícola, permitindo maior agilidade em processos como estimativa da área cultivada e do rendimento. Uma das técnicas para monitoramento da cultura é a dinâmica espectral, determinada por mensurações da quantidade e do vigor da vegetação, denominados índices de vegetação (IV). Os IV são combinações dos valores de refletância em dois ou mais intervalos de comprimento de onda, os quais possuem relação com a quantidade e o estado da vegetação.

O segundo maior produtor de soja é o Brasil com 35,14 milhões de hectares semeados na atual safra é 3,7% superior ao cultivado na safra 2016/17 e 69,9% maior do que a safra 2006/07, reafirmando o décimo primeiro aumento consecutivo na área total cultivada com essa oleaginosa. A área de soja ultrapassou a área de milho total na safra 1997/98 e, desde então, ocupa o primeiro lugar em área semeada no país. Nas últimas 12 safras o Brasil teve um incremento de 14,5 milhões hectares novos de soja, tornando a cultura a protagonista no aumento da área no país. Atualmente corresponde à cerca de 57% da área total semeada com grãos no país [1].

Os bons resultados para a cultura levaram a produtividade a atingir 3.394 kg/ha, contabilizando um novo recorde na produtividade média. A produtividade dessa safra

é resultado da aplicação de um bom pacote tecnológico, aliado a precipitações e temperaturas favoráveis, apesar de alguns problemas na Região Sul do país [1].

Como acontece com outras Fabáceas (Leguminosas), por exemplo, o feijão-comum, a soja pode apresentar três tipos de crescimento, diretamente correlacionados com o porte da planta: indeterminado, semideterminado e determinado. A planta de soja é fortemente influenciada pelo comprimento do dia (período de iluminação). Em regiões ou épocas de fotoperíodo mais curto, durante a fase vegetativa da planta, ela tende a induzir o florescimento precoce, e apresentar consecutiva queda de produção segundo [2].

O sistema de representação empregado divide o desenvolvimento da planta em duas fases: vegetativa (V) e reprodutiva (R). Subdivisões da fase vegetativa são designadas numericamente como V1, V2, V3, até Vn, menos os dois primeiros estádios que são designados como VE (emergência) e VC (estádio de cotilédone). O último estágio vegetativo é designado como Vn, onde “n” representa o número do último nó vegetativo formado por um cultivar específico. O valor de “n” varia em função das diferenças varietais e ambientais. A fase reprodutiva apresenta oito subdivisões ou estádios [3].

A partir do estágio VC, os estádios vegetativos (V) são definidos e numerados à medida que as folhas dos nós superiores se apresentam completamente desenvolvidas. Um nó vegetativo com folha completamente desenvolvida é identificado quando no nó vegetativo acima os folíolos não estão enrolados e nem dobrados. O estágio V3, por exemplo, é definido quando os folíolos do 1º nó vegetativo (unifoliolado) ao 4º nó foliar estão desenrolados. Semelhantemente, o estágio VC ocorre quando as folhas unifolioladas desenrolaram-se [4].

A soja é essencialmente uma espécie autógama, ou seja, uma planta polinizada por ela mesma e não por outras plantas, mesmo que vizinhas a ela, com flores perfeitas e órgãos masculinos e femininos protegidos dentro da corola. Insetos, principalmente abelhas, podem transportar o pólen e realizar a polinização de flores de diferentes plantas, mas a taxa de fecundação cruzada, em geral, é menor que 1%. As flores de soja podem apresentar coloração branca, púrpura diluída ou roxa, de 3 até 8mm de diâmetro. O início da floração dá-se quando a planta apresenta de 10 até 12 folhas trifolioladas, onde os botões axilares mostram racemos com 2 até 35 flores cada um [5].

Representando uma grande alternativa aos dados obtidos por sensoriamento remoto aos métodos tradicionalmente utilizados tem um baixo custo e uma maior velocidade com que estas informações podem ser disponibilizadas aos setores ligados ao agronegócio. Entretanto, as maiores dificuldades associadas a esta abordagem, além da ocasional presença de nuvens é a resolução espacial dos dados utilizados que são em alguns casos, quilométricas e as variações do calendário agrícola [6, 7, 8].

Segundo [9], os índices de vegetação servem como indicadores e apresentam um alto grau de correlação entre o

crescimento e o vigor da vegetação e podem ser utilizados no diagnóstico de vários parâmetros biofísicos, incluindo o IAF (índice de área foliar), biomassa, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade. A utilização de índices de vegetação provenientes de sensores orbitais está sujeita a variações sendo que a causa principal é a complexidade do comportamento espectral do dossel agrícola [10].

O EVI e o NDVI são índices de vegetação, esses índices são cálculos matemáticos que normaliza a refletância de imagens em valores que podem ser interpretados como um diagnóstico daquela vegetação. NDVI é o (Normalized Difference Vegetation Index) que significa Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. O NDVI é um cálculo das bandas que cobrem o vermelho e infravermelho no espectro. EVI é Enhanced Vegetation Index que significa Índice de Vegetação Melhorado. É um cálculo que leva em consideração o vermelho e infravermelho como o NDVI mas utiliza a banda do azul para descontar influências atmosféricas no índice [6].

O objetivo deste trabalho foi demonstrar o uso de imagens de satélites para estimativas de datas e fases da cultura da soja.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O local de estudo foi composto de 45 áreas agrícolas nos municípios de Cascavel, Catanduvas e Ibema, localizados na região oeste do Paraná. A semeadura da soja seguiu zoneamento agrícola e disposição de cada agricultor dono da área, tendo início em 25/09/2017. Nas áreas foram semeadas várias cultivares de ciclos diferentes e a colheita realizada a partir do dia 20/02/2019. Com o uso de um GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmin Etrex Legend foram coletados os limites dos talhões, pontos de apoio para georreferenciamento das imagens e localização dos pontos para coleta de informações nos talhões. A projeção utilizada no trabalho foi na UTM (Universal Transverso de Mercator) e Datum SAD WGS84. Através do software QGIS 3.0, foi realizada a vetorização de cada área e conversão de arquivos com informações geográficas.

Em cada área objeto de estudo, foi realizado levantamento na safra 2017/2018 de dados com intervalos de 8 a 15 dias e foram coletadas as quantidades de área do talhão, informações de localização, altitude, variedade semeada, data de semeadura e data de colheita. Também se determinou o ciclo em dias que cada variedade exigiu para finalizar seu o ciclo total, e finalmente foi realizado o cálculo da produtividade de cada área (kg ha^{-1})

Para o monitoramento com imagens orbitais e criação de série temporal do ciclo fenológico da soja, utilizou-se informações do EVI provenientes do sensor Modis, com 250 m de resolução espacial e que, quando utilizadas juntas, possuem resolução temporal de 8 dias. Foram escolhidas 20 áreas que apresentavam pixels MODIS puro. A série temporal foi elaborada no SATVeg (Sistema de Análise

Temporal de Vegetação) da EMBRAPA, e contemplou o período de 14/09/2017 e 14/03/2018.

Para a estimativa de datas de semeadura (DSE) e colheita (DCE), utilizou-se o Software Crop-yield Modeling Platform – CyMP (Plataforma de modelagem para a produtividade agrícola), conforme [11].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontra-se a estatística descritiva das informações coletadas nas 20 propriedades analisadas.

Tabela 1 - Estatística descritiva das 20 propriedades.

	Área (ha)	ALT	DS	DC	Ciclo (kg/ha)	
MÉDIA	148,8	775	10/10/2017	02/03/2018	143	3272
MÍNIMO	9,7	690	26/09/2017	20/02/2018	129	2340
MÁXIMO	847,0	851	23/10/2017	12/03/2018	152	3772
DESPAD	224,0	41	7	7	6	409
CV (%)	151	5	-	-	5	13

O tamanho médio das propriedades foi de 148,8 ha, com alta variação entre as áreas, pois a menor possui 9,7 ha e a maior 847 ha. A altitude média foi de 775 m, com coeficiente de variação de 5%.

As datas de semeadura e colheita apresentaram desvio padrão de 7 dias, mostrando que a região segue um padrão relacionado as datas.

O ciclo médio da soja cultivada nas áreas do estudo foi de 143 dias, com produtividade média de 3272 kg ha⁻¹, com DP de 409 kg ha⁻¹ e CV de 13%.

Segundo [12], utilizando metodologia com sensoriamento remoto orbital, obtiveram potencialidades para estimar de forma objetiva períodos importantes do desenvolvimento fenológico da cultura da soja, evidenciando a necessidade deste tipo de informação para o gerenciamento agrícola e mostra a importância dessas informações que são imprescindíveis para a melhoria das estimativas de produtividade agrícola com o uso de modelos agrometeorológicos ou agroespectrais.

Observa-se na Figura 1, que o ciclo da cultura começou na maioria das propriedades no mês de setembro, onde aconteceu a semeadura, com máximos valores para a maioria das propriedades entre os meses de dezembro e janeiro, com posterior decréscimo dos valores conforme a cultura se aproximava das datas de colheita, que foram entre 20/02 e 12/03/2018.

Segundo [13], os perfis temporais dos IVs obtidos pelas imagens do sensor MODIS, permitem acompanhar a evolução temporal da biomassa da cultura da soja e determinar a ocorrência dos subperíodos de floração, enchimento de grãos e maturação. As diferenças nos valores entre safras, regionais da EMATER (RS) e subperíodos do ciclo da cultura demonstraram a sensibilidade dos índices em detectar as respostas das plantas de soja às condições ambientais.

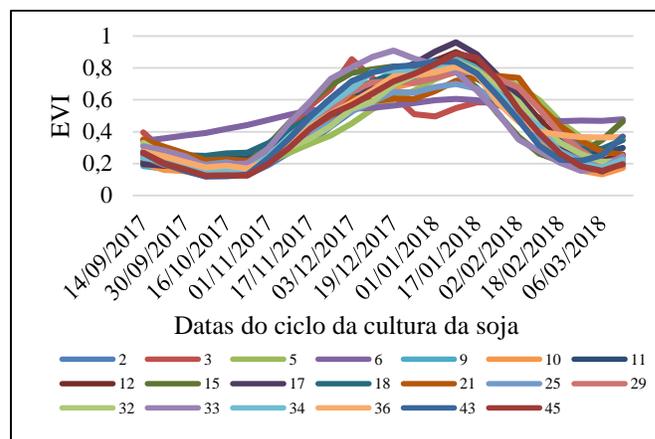


Figura 1 - Perfil temporal do EVI para as 20 propriedades do estudo

Na figura 2, encontra-se a relação entre os valores de EVI e as datas do ciclo da cultura, coletada a campo, em uma das 20 propriedades do estudo. A propriedade foi escolhida por possuir somente uma variedade semeada em toda área.

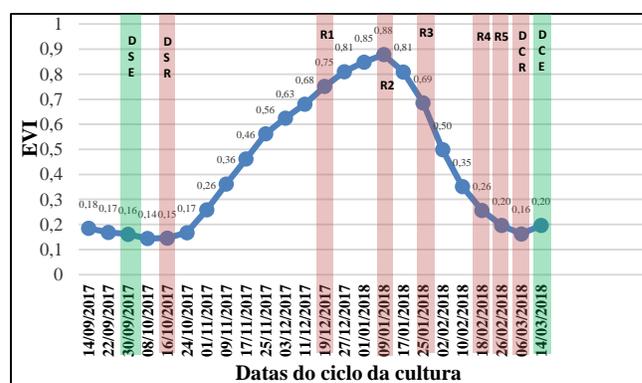


Figura 2 – Ciclo da cultura da soja e perfil na propriedade n°11. DSE= Data de semeadura estimada; DSR= Data de semeadura real; DCE= Data de colheita estimada; DCR= Data de colheita real; Rn= Estádio reprodutivo.

Nota-se que o ciclo da cultura variou de 16/10/2018 até aproximadamente 06/03/2018. Já a estimativa feita com imagens MODIS apontaram data de semeadura em 30/09 e de colheita em 14/03/2018.

Segundo [14], o uso dos produtos MODIS, especialmente o EVI, permitiu efetuar um acompanhamento da safra de soja de forma eficiente. A partir dos perfis temporais de EVI das coberturas vegetais de soja, pastagem-cerrado e floresta, foi possível fazer uma classificação supervisionada, a fim de localizar as áreas plantadas com soja. Analisando os perfis temporais de EVI em diferentes escalas espaciais, os autores conseguiram disponibilizar informações sobre o calendário agrícola da cultura da soja no estado do Mato Grosso.

Na Tabela 2, encontra-se a estatística descritiva para as 20 propriedades do estudo.

Tabela 2 - Estatística descritiva das 20 propriedades

Prop.	DSR	DCR	CR	DSE	DCE	CE	VC
2	8/10	25/2	140	03/nov	17/03	134	6
3	3/10	22/2	142	10/out	17/03	158	-16
5	16/10	10/3	145	02/out	21/03	170	-25
6	6/10	5/3	150	19/set	12/03	174	-24
9	18/10	10/3	143	11/out	18/03	158	-15
10	6/10	25/2	142	23/set	03/03	161	-19
11	10/10	10/3	151	27/set	19/03	173	-22
12	4/10	20/2	139	05/out	14/03	160	-21
15	20/10	10/3	141	10/set	26/02	169	-28
17	6/10	20/2	137	04/set	23/02	172	-35
18	10/10	25/2	138	11/out	14/02	126	12
21	1/10	2/3	152	17/set	12/02	148	4
25	14/10	20/2	129	28/set	14/02	139	-10
29	23/10	6/3	134	04/set	04/03	181	-47
32	20/10	28/2	131	07/out	20/03	164	-33
33	12/10	4/3	143	02/out	15/03	164	-21
34	26/9	22/2	149	07/out	12/03	156	-7
36	8/10	3/3	146	12/out	06/03	145	1
43	16/10	12/3	147	09/out	03/03	145	2
45	12/10	8/3	147	06/out	23/02	140	7

Datas de semeadura reais (DSR), datas de colheita reais (DCR), datas de semeadura estimada (DSE), data de colheita estimada (DCE), ciclos reais (CR) e ciclos estimados (CE), variação entre os ciclos (VC).

Segundo [15], com base nos resultados apresentados pode-se afirmar que a série temporal de dados Modis foi possível estimar as datas de plantio, MDV e colheita da soja, a amplitude de dias para formar uma composição, na teoria é de 8 dias, no entanto, houve caso em que esta diferença variou entre 0 a 14 dias. No caso dos dados da pesquisa a variação média foi de aproximadamente 18 dias.

4. CONCLUSÕES

As imagens temporais do sensor Modis, propiciaram em média aproximadamente 18 dias de diferença no ciclo da cultura da soja a se comparar com os dados coletados a campo.

5. AGRADECIMENTOS

A UNIOESTE - Campus Cascavel, a Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI) e ao Núcleo de Pesquisa GeoScience pela infraestrutura e apoio técnico-científico. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), ao CNPq e a Fundação Araucária (FA) pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

[1] Conab – Companhia Nacional De Abastecimento Brasileira. “Acompanhamento da safra brasileira de grãos Safra 2017/18 Décimo segundo levantamento”, volume (12), página (1-148), 2018.

[2] Fehr, W.R.; Caviness, C.E. “Stages of soybean development. Ames”, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, Special Report, número (80), 1977.

[3] Ritchie, S.; Hanway, J. J.; Thompson, H. E. “How a soybean plant develops”. Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, *Cooperative Extension*, Special Report, número (53), página (20), 1982.

[4] Câmara, G.M.S. Fenologia da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). “Soja: tecnologia da produção”. Piracicaba: ESALQ/Departamento de Agricultura, páginas (26-39), 1998.

[5] Costa, J.A.; Marchezan, E. “Características dos estádios de desenvolvimento da soja”. Campinas: Fundação Cargill, página (30), 1982.

[6] Huete, A.R.; Didan, K.; Miura, T. “Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation index”. *Remote Sensing of Environment*, volume (83), número (2), páginas (195-213), 2002.

[7] Kastens, J.H.; Kstens, T.L.; Kstens, D.L.A.; Price, K.P.; Martinko, E.A.; LEE, R.Y. “Image masking for crop forecasting using AVHRR NDVI time series imagery”. *Remote Sensing of Environment*, volume (99), número (3), páginas (341-356), 2005.

[8] Xiao, X.; Boles, S.; Frohling, S.; Salas, W.; Moore, B.; LI, C.; He, L.; Zhao, R. “Landscape-scale characterization of cropland in China using VEGETATION sensor data and Landsat TM imagery”. *International Journal of Remote Sensing*, volume (23), número (18), páginas (3579-3594), 2002.

[9] Ponzoni, F. J. “Comportamento espectral da vegetação”. Página (157-199). In: P. R. Meneses; J. S. M. Netto. “Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais”. Brasília: Editora Universidade de Brasília/Embrapa Cerrados, 2001, página (262).

[10] Ferraz, P. “Influência da geometria de iluminação e do ângulo de visada na resposta espectral da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)”. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP, Piracicaba, página 76 2005.

[11] Paloschi, R.A. “Software aplicado a modelos de estimativa de produtividade agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná”, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2016.

[12] Johann, J.A.; Becker, W.R.; Uribe-Opazo, M.A.; Mercante, E. “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*, volume (36), número (1), páginas (126-142), 2016.

[13] Fontana, D.C.; Pinto, D.G.; Junges, A. H.; Bremm, C. “Inferências sobre o calendário agrícola a partir de perfis temporais de NDVI/MODIS”. *Bragantia*, Campinas, volume (74), número (3), páginas (350-358), 2015.

[14] Arvor, D.; Sant’Anna Neto, J.L.; Dubreuil, V.; Almeida, I.R.; Meirelles, M.S.P. “Análise dos perfis temporais de EVI/MODIS para o monitoramento da cultura dasoja no estado de Mato Grosso – Brasil”. In: Anais...XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis (SC): INPE, pagina (51-58), 2007.

[15] ADAMI, M. “Estimativa da data de plantio da soja por meio de séries temporais de imagens Modis”. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2010