

AGRUPAMENTO DE PERFIS ESPECTRO-TEMPORAIS DE ÍNDICE DE VEGETAÇÃO E SUA RELAÇÃO COM A PRODUTIVIDADE DA SOJA

PRISCILA P. GASPARIN¹, EDILZA M. SILVA², ALEX PALUDO³, WILLYAN R. BECKER⁴, LUCIANA P. C. GUEDES⁵, JERRY A. JOHANN⁶

^{1,2}Matemática, Doutoranda em Engenharia Agrícola – PGEAGRI– UNIOESTE, Cascavel – PR, (45) 3220-7320, matematicapri@gmail.com

^{3,4}Engenheiro Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola – PGEAGRI– UNIOESTE, Cascavel – PR

⁵Matemática, Profª. Drª. Associada, Pós Graduação em Engenharia Agrícola – PGEAGRI- UNIOESTE, Cascavel-PR

⁶Engenheiro Agrícola, Profª. Dr Associado, Pós Graduação em Engenharia Agrícola – PGEAGRI- UNIOESTE, Cascavel-PR

Apresentado no

XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O monitoramento de áreas agrícolas por meio do sensoriamento remoto tem sido de grande importância para o planejamento estratégico da agricultura. Pois esta tecnologia permite avaliar o ciclo fenológico de culturas, alterações sazonais e estimativas de produtividade. Os objetivos deste trabalho foram: (a) agrupar o perfil espectro-temporal do índice de vegetação *Enhanced Vegetation Index* (EVI) obtido pelo sensor *Moderate Resolution Spectroradiometer* (MODIS) nas estações virtuais (EV), as quais representam o centroide do pixel do modelo ECMWF, no estado do Paraná, para os anos-safra 2011/2012 e 2015/2016 e (b) avaliar em cada grupo formado a associação do EVI com a produtividade durante os estádios fenológicos. Os resultados encontrados apontam a formação de três grupos, os quais retratam as mesorregiões com padrões agrônomicos semelhantes para a cultura da soja. Além disso, os estádios fenológicos próximos do pico vegetativo apresentaram maiores correlações lineares com a produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: k-médias. Correlação linear de Pearson. Decêndio.

GROUPING OF SPECTRO-TEMPORAL PROFILES OF THE VEGETATION INDEX AND THEIR RELATIONSHIP WITH SOY PRODUCTIVITY

ABSTRACT: The monitoring of agricultural areas through remote sensing has been of great importance for the strategic planning of agriculture. This technology allows to evaluate the phenological cycle of cultures, seasonal and reproduced changes. The objectives of this work were: (a) to group the spectral-temporal profile of the *Enhanced Vegetation Index* (EVI) vegetation, to apply by the moderate resolution *Spectroradiometer* (MODIS) sensor in virtual video stations (EV), as which represent the center of pixel of the ECMWF model, in the state of Paraná for the crop years 2011/2012 and 2015/2016 and (b) to evaluate in each formed group the association of the EVI with the experience during the phenological phenomena. The results found point to the formation of three groups, which they portray as mesoregions with common agronomic patterns for soybean culture. In addition, phenological phenomena close to the vegetative peak showed greater linear correlations with use.

KEYWORDS: k-means. Pearson's linear correlation. Decades.

INTRODUÇÃO: A crescente demanda por informações das culturas agrícolas tem gerado uma maior necessidade de monitoramento para compreender melhor sua evolução espaço-temporal. Assim, por meio dos dados obtidos dos índices de vegetação (IVs) gerados a partir de

plataformas de alta resolução temporal, é possível avaliar o comportamento espectral de áreas agrícolas ao longo dos anos, bem como os ciclos fenológicos (ESQUERDO, 2007). Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi agrupar perfis espectro-temporais do índice de vegetação EVI/Modis, como também avaliar a relação dos grupos formados com a produtividade durante os estádios fenológicos da soja no estado do Paraná nos anos-safras 2011/2012 e 2015/2016.

MATERIAL E MÉTODOS: A área em estudo compreendeu o estado do Paraná, localizado no Sul do Brasil. Por meio do *software* ArcGis 10.0 (ESRI, 2015), obtiveram-se 333 pontos geográficos, referentes aos centroides dos pixels do modelo ECMWF contidos no perímetro do Paraná. Sendo que estes foram organizados em uma grade regular de 25 km (0,25°), sendo denominados de estações virtuais (EV). Utilizaram-se as imagens do índice de vegetação EVI do produto MOD13Q1 e MYD13Q1 do sensor MODIS (EMBRAPA, 2019), com resolução espacial de 250m e, quando juntos apresentam resolução temporal de 8 dias. O perfil espectro-temporal do EVI em cada ano estudado e para cada EV, foi obtido por meio dos mapeamentos de soja realizados por Souza et al. (2015) e Verica (2018) respectivamente. Os valores de EVI foram extraídos dos pixels destes mapeamentos entre as cenas 225(13/08/ano1) e 120 (30/04/ano2), para este estudo utilizou-se o decêndio correspondente a data da cena. Para a extração dos dados de imagens, utilizou-se a linguagem de programação IDL (*Interactive Data Language*) desenvolvido por Esquerdo et al. (2011). Com os valores de EVI, foram identificados decêndio de semeadura (DS), decêndio do máximo desenvolvimento vegetativo (DMDV) e decêndio da colheita (DC) de acordo com Becker et al. (2017) e por meio do *software* Timesat (EKLUNDH; JÖNSSON, 2015). Na sequência verificaram-se os estádios fenológicos da cultura da soja. Além disso, obteve-se a produtividade média ponderada (*PMP*), definida como a área do município dentro da EV, e o valor da sua produtividade (IBGE, 2018) e os municípios sem produtividade foram desconsiderados no cálculo da *PMP*. Em seguida, utilizou-se o pacote *fastcluster* (MULLNER, 2013) e o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016), para realizar as análises de agrupamento referente à semelhança do perfil-espectral médio do EVI. O método de agrupamento utilizado foi o k-means, pois apresentou os melhores resultados em análises realizadas previamente. Para representar espacialmente os agrupamentos foram construídos mapas com o ArcGis 10.0 (ESRI, 2015). Para cada grupo formado e para cada ano-safra, realizou-se a estratificação em quartis da produtividade, e na sequência, calculou-se o coeficiente de correlação linear de Pearson entre o EVI e cada estrato de produtividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As métricas de validação interna para o agrupamento do EVI apontaram três como o melhor número de grupos para os dois anos-safras. Estes grupos demonstram a distribuição espacial das EVs, nas mesorregiões contempladas pelos grupos (Figura 1).

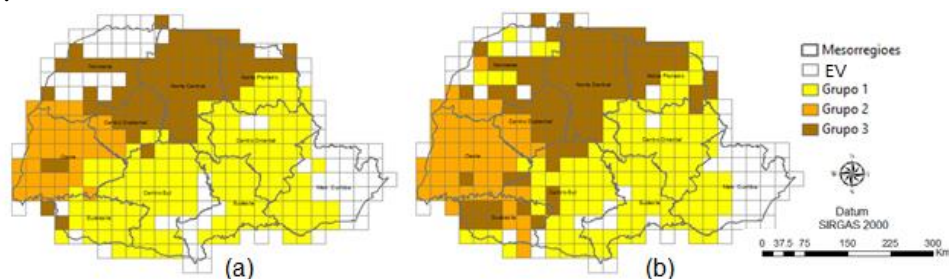


Figura 1 Mapa da distribuição espacial dos três grupos gerados para os anos-safras. (a) 2011/2012 (b) 2015/2016.

Além disso, o perfil temporal do EVI (Figura 2) mostrou que os menores valores do EVI ocorreram entre o 1º decêndio de outubro e 2º decêndio de novembro, para todos os grupos nos

dois anos-safras. Sendo que este período representa o início da fase fenológica e a DS. Este resultado está de acordo com a Embrapa (2006), a qual indica o período de semeadura para a maioria das cultivares, entre 15 de outubro e 15 de dezembro. Para o DMDV, os grupos apresentaram uma variação entre 3º decêndio de novembro e 2º decêndio de fevereiro (Figura 2), ou seja, nesse período a cultura obteve os maiores valores de EVI, atingindo o pico vegetativo. Já o DC teve uma variação entre 2º decêndio de janeiro e 3º decêndio de março (Figura 2).

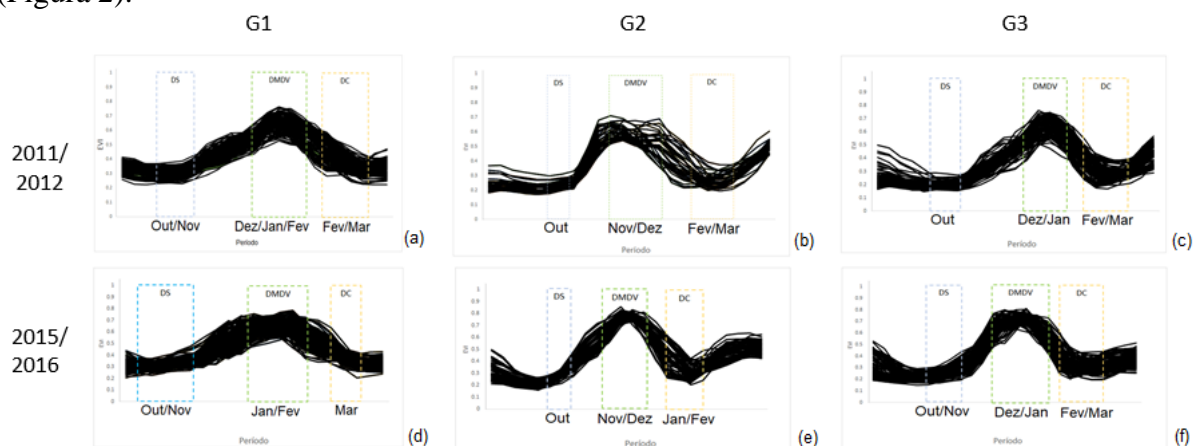


FIGURA 2. Perfis espectro-temporais médios de EVI para os anos safra 2011/2012 e 2015/2016 para os três grupos gerados, destacando as datas de semeadura (DS), máximo desenvolvimento vegetativo (DMDV) e colheita (DC).

Para todos os grupos nos dois anos-safras, os valores do coeficiente de correlação linear de Pearson, entre o EVI e a produtividade e em cada estágio fenológico, variaram na escala de 0 a 1, evidenciando correlação linear direta fraca á forte (DANCEY e REIDY, 2006). Foram apresentadas algumas correlações (Tabela 1) que obtiveram destaque dentro do grupo, com as maiores correlações.

Tabela 1 Correlação linear de Pearson entre o EVI e a produtividade de acordo com o estágio fenológico, decêndio e o grupo.

G	Prod	Est. Dec	2011/2012					2015/2016				
			R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
G1	4º	Dec	3º Dez 0,45	1º Jan 0,55	3º Jan 0,51	1º Fev 0,75	3º Fev 0,76	1º Jan 0,05	2º Jan 0,18	3º Jan 0,32	1º Fev 0,39	3º Fev 0,44
G2	4º	Dec	1º Dez -0,01	2º Dez 0,51	3º Dez 0,80	1º Jan 0,86	3º Jan 0,73	3º Nov 0,24	1º Dez 0,15	2º Dez 0,75	3º Dez 0,51	1º Jan 0,04
G3	1º	Dec	2º Dez 0,11	3º Dez 0,49	1º Jan 0,65	2º Jan 0,77	1º Fev 0,60	1º Dez 0,21	2º Dez 0,45	3º Dez 0,47	1º Jan 0,18	3º Jan 0,02

G: grupos; Prod: Quartil a qual pertence o valor da produtividade; R1 (florescimento); R2(florescimento pleno); R3(início formação legume); R4(legume desenvolvido); R5(enchimento de grãos); Est: Estádio, Dec: Decêndio

Para o ano-safra 2011/2012, o grupo 1 e o grupo 3 demonstraram correlação moderada a forte para os estádios R2 e R5, com produtividade maiores que 3,15 t ha⁻¹ e menores que 2,24 t ha⁻¹ respectivamente. Já o grupo 2, as correlações foram fortes para os estádios R3 e R5, com produtividade acima 2,28 t ha⁻¹. Por outro lado, o ano-safra 2015/2016 apresentaram correlações fraca a moderada, para o grupo 1 e 3, com destaque nos estádios R5, R2 e R3 respectivamente. Os valores das correlações no grupo 2, foram as mais altas deste ano-safra, sendo que foram relevantes nos estádios R3 e R4 com produtividade superior a 3,44 t ha⁻¹.

CONCLUSÕES: O melhor número de grupos encontrado para o agrupamento das EVs com padrão espectro-temporal médio de EVI foram três. A representação espacial dos agrupamentos demonstra mesorregiões com padrões agrônômicos semelhantes para a cultura de soja. Além disso, identificou-se que o ciclo fenológico tem uma alta associação linear e direta com a produtividade, principalmente os estádios próximos ao DMDV.

REFERÊNCIAS:

BECKER, W. R.; JOHANN, A.; RICHETTI, J. J.; SILVA, L. C. A. Data mining techniques for separation of summer crop based on satellite images. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, n. 4, v. 4, p.750-759, 2017.

DANCEY, C. REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. Porto alegre: Artmed, 2006. 608 p.

EKLUNDH, L.; JÖNSSON, P. TIMESAT: A Software Package for Time-Series Processing and Assessment of Vegetation Dynamics. **Remote Sensing Time Series - Revealing Land Surface Dynamics**. Springer International Publishing, 2015. p. 141–158.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologia de produção de soja – Paraná 2007**. 217p. Sistemas de Produção n.10. Londrina-PR: Embrapa soja, 2006.

ESQUERDO, J. C. D. M. **Utilização de perfis multi-temporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná**. 186p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2007.

ESRI. **ArcGIS for Windows Version 10.3**. License type ArcInfo. ESRI - Environmental Systems Research Institute, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA. **Relatórios metodológicos - Pesquisas Agropecuárias - Departamento de Agropecuária**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

MULLNER, D. fastcluster: Fast Hierarchical, Agglomerative Clustering Routines for R and Python. **Journal of Statistical Software**, v. 53, p. 1- 18, 2013.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2016.

SOUZA, C. H. W. de; MERCANTE, E.; JOHANN, J. A.; LAMPARELLI, R. A. C.; URIBE-OPAZO, M. A. Mapping and discrimination of soybean and corn crops using spectrum temporal profiles of vegetation indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 36, p. 1809-1824, 2015.

VERICA, W.R. **Mapeamento semiautomático por meio de padrão espectro-temporal de áreas agrícolas e alvos permanentes com EVI/MODIS no PARANÁ**. 2018. 92f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual Oeste do Paraná, Cascavel, 2018.