

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA EM SOJA SOB CONDIÇÃO DE CERRADO USANDO ALGORITMO SEBAL

Fernando Nobre Cunha<sup>1</sup>, Frederico Antonio Loureiro Soares<sup>2</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>3</sup>,  
Daniely Karen Matias Alves<sup>4</sup>, Fernando Rodrigues Cabral Filho<sup>4</sup>, Aurélio Ferreira Melo<sup>5</sup>

**RESUMO:** A cultura da soja se destaca como um dos principais produtos da agricultura nacional, assumindo grande importância econômica e social, com isto se torna bastante relevante o desenvolvimento de novas técnicas para acompanhamento e planejamento da cultura, auxiliando na tomada de decisões. Objetivou-se estimar a ETc da soja utilizando algoritmo SEBAL por meio de imagens do satélite Landsat 8. O experimento foi conduzido em condições de campo na safra de 2019, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, em área inserida no Bioma Cerrado (Sudoeste de Goiás) sob cultivo de soja. Para a realização do estudo foram obtidas imagens do satélite Landsat 8 (órbita 222, ponto 72), no decorrer do ciclo da cultura. As imagens do Landsat 8 e o DEM foram utilizados como entrada para algoritmo SEBAL. Esse algoritmo foi desenvolvido para obter a estimativa da evapotranspiração por meio de imagens do satélite Landsat 8 em intervalos de 16 dias. Imagens do Landsat promovem estimativas de ETc com frequência de 16 dias, comprometendo aplicações operacionais para programação da irrigação. Por isso, a ETc foi estimada diariamente. A estimativa da ETc da soja utilizando SEBAL, ainda apresenta uma elevada dispersão, necessitando de calibração para uma maior precisão na estimativa da evapotranspiração na condição de Cerrado.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Glycine max*, NDVI, satélite

## EVAPOTRANSPIRATION OF SOYBEAN CULTURE UNDER CERRADO CONDITION USING SEBAL ALGORITHM

<sup>1</sup>Pós-doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde, GO. Fone: (64) 3620-5600, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com.

<sup>2</sup>Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>3</sup>Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>4</sup>Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>5</sup>Doutor em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO.

**ABSTRACT:** The soybean culture stands out as one of the main products of national agriculture, assuming great economic and social importance, with this it becomes quite relevant the development of new techniques for monitoring and planning the culture, helping in decision making. The objective was to estimate the ET<sub>c</sub> of soybean using SEBAL algorithm using images from the Landsat 8 satellite. The experiment was conducted under field conditions in the 2019 harvest, at the experimental station of the Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO, in an inserted area in the Cerrado Biome (Southwest of Goiás) under soybean cultivation. To carry out the study, images were obtained from the Landsat 8 satellite (orbit 222, point 72), during the culture cycle. The Landsat 8 and DEM images were used as input to the SEBAL algorithm. This algorithm was developed to obtain the evapotranspiration estimate using images from the Landsat 8 satellite at 16-day intervals. Landsat images promote ET<sub>c</sub> estimates with a frequency of 16 days, compromising operational applications for irrigation programming. Therefore, ET<sub>c</sub> was estimated daily. The estimate of the ET<sub>c</sub> of soy using SEBAL, still presents a high dispersion, requiring calibration for a greater precision in the estimation of evapotranspiration in the Cerrado condition.

**KEYWORDS:** *Glycine max*, NDVI, satellite

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja se destaca como um dos principais produtos da agricultura nacional, assumindo grande importância econômica e social, com isto se torna bastante relevante o desenvolvimento de novas técnicas para acompanhamento e planejamento da cultura, auxiliando na tomada de decisões (MERCANTE, 2007).

Modelos baseados em sensoriamento remoto (SR) veem sendo testados em bacias hidrográficas na Califórnia (MARSHALL et al., 2016), Espanha (CRUZ et al., 2014) Estados Unidos (BHATTARAI et al., 2016) e no Brasil (SILVA et al., 2015). Entretanto, ainda é necessário investigar suas aplicações e a capacidade de representar a ET<sub>c</sub> de áreas agrícolas com baixa disponibilidade de dados. Cumpre salientar, que modelos baseados em SR utilizam poucos dados terrestres e baseiam-se na resposta espectral dos alvos por meio de sensores embarcados em satélites, aeronaves tripuladas ou não tripulada.

Imagens com resolução espacial de 30 m do satélite Landsat fornecem boa estimativa espacial de ET<sub>c</sub> (SEMMENS et al., 2016), mas, infelizmente, sua frequência de aquisição é muitas vezes insuficiente (cerca de 16 dias), podendo ser ainda maior quando as imagens apresentarem cobertura por nuvens. Embora existam satélites com bandas termais (TIR) com

capacidade de aquisição diária, como o satélite MODIS, a enorme representação espacial (quilômetros) inviabiliza o manejo em escala de campo (CAMMALERI et al., 2014; SEMMENS et al., 2016).

Alternativas para melhoria da resolução espacial ou temporal de imagens estão sendo desenvolvidas, como a combinação de dados de satélite (SEMMENS et al., 2016), interpolação de dados (CAMPOS et al., 2017) e a combinação de dados de diferentes plataformas (GAO et al., 2006). Além disso, Campos et al. (2017) citam que a regressão linear é uma opção a ser aplicada em locais com escassa disponibilidade de dados.

Objetivou-se estimar a ETc da soja utilizando algoritmo SEBAL por meio de imagens do satélite Landsat 8.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em condições de campo na safra de 2019, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, em área inserida no Bioma Cerrado (Sudoeste de Goiás) sob cultivo de soja. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

Para a realização do estudo foram obtidas imagens do satélite Landsat 8 (órbita 222, ponto 72), no decorrer do ciclo das culturas. As imagens foram obtidas a partir das reflectâncias corrigidas atmosféricamente fornecidas pelo Registro de Dados Climáticos de Reflexão de Superfície (CDR) do USGS. Também foi adquirido o modelo digital de elevação (DEM) junto ao site da NASA (2017).

As imagens do Landsat 8 e o DEM foram utilizados como entrada para algoritmo SEBAL. Esse algoritmo foi desenvolvido por Bastiaanssen et al. (1998) para obter a estimativa da evapotranspiração por meio de imagens do satélite Landsat 8 em intervalos de 16 dias.

Imagens do Landsat promovem estimativas de ETc com frequência de 16 dias, comprometendo aplicações operacionais para programação da irrigação. Por isso, a ETc foi estimada diariamente.

Para aquisição dos valores de ETc nos períodos de escassez de dados, foram analisados valores dos Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). O índice NDVI é expresso por  $NDVI = (NIR-R)/(NIR+R)$ , sendo NIR e R são as bandas do infravermelho e vermelho (TUCKER, 1979); Já o índice SAVI é expresso por  $SAVI = (1+L)*(NIR-R)/(NIR+R+L)$ , onde L é fator de ajuste para o substrato do dossel variando de 0 a 1 (HUETER, 1988) e o graus-dia de desenvolvimento (GDD) conforme proposto por Campos et al. (2017). Os índices de vegetação (IV) foram usados para obtenção do coeficiente basal da cultura (KCB)

Na fase inicial da cultura de soja foi utilizada uma equação exponencial para determinar IV, expressa por:  $IV = m*\exp(c*GDD)$ , onde m e c são constantes para determinada fase da cultura. Na fase de desenvolvimento e senescência foi usado a função sigmoideal de Gompertz, expressa por:  $IV = K*(-\exp(a-b*GDD))$  onde K é o valor de máximo IV e a e b são constantes para determinada fase da cultura. Ambas as equações foram linearizadas para que as curvas sejam recuperadas correlacionando  $\ln(IV)$  ou  $\ln(IV/K)$  em relação aos dados GDD. As informações sobre a linearização das equações e detalhes sobre o algoritmo de interpolação podem ser encontradas em Campos et al. (2017).

Os dados meteorológicos necessários para a estimativa de ETc foram coletados em estação automática localizada próximo a área experimental, preferencialmente em estações padronizadas do INMET. Foi aplicada o método padrão da FAO (método de Penman-Monteith) para o cálculo da ETc.

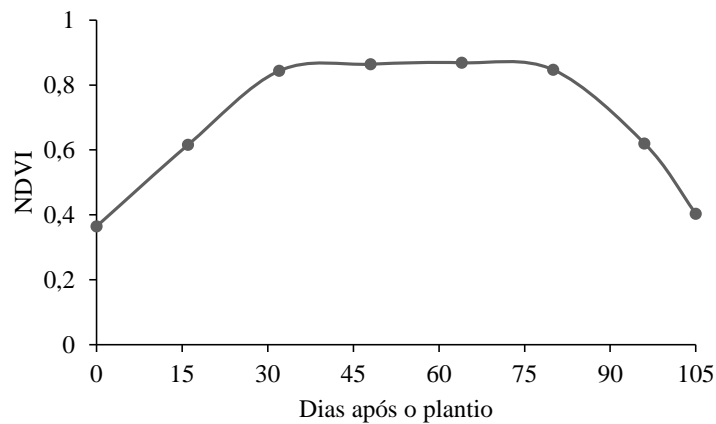
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice NDVI inicial foi de 0,36, o qual foi aproximadamente 40,70% inferior ao índice NDVI verificado aos 16 DAP; entre o 16 e 32 DAP, o índice NDVI apresentou um incremento de 27,06%, enquanto aos 48 DAP o aumento foi de apenas 2,37%; pode-se destacar que entre 32 e 80 DAP, o índice NDVI praticamente se estabiliza, demonstrando valores acima de 0,84.

A partir dos 80 DAP esse índice tende a apresentar decréscimos relevantes, estas reduções foram de 26,82 e 34,93% aos 96 e 105 DAP, respectivamente. Já entre 64 e 96 DAP o índice NDVI apresentou uma estabilização com índice NDVI acima de 0,8.

Mello et al. (2003) utilizando dados do índice de vegetação NDVI, para realizar a estimativa de rendimento da soja, observaram que o modelo apresentou um coeficiente de

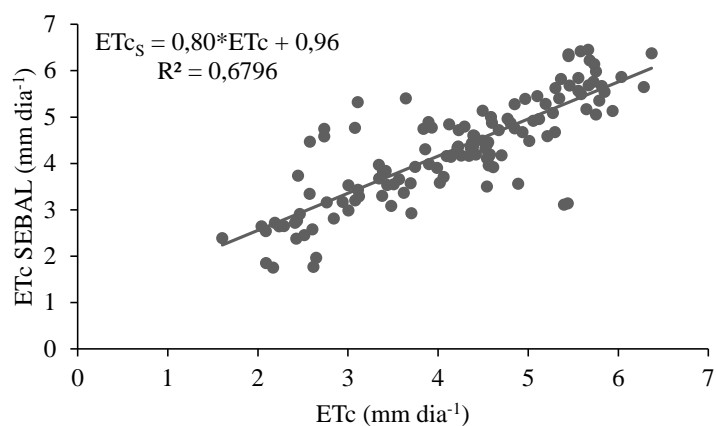
determinação de 91% e a validação, por meio de dados de rendimento da soja obtidos do IBGE, apresentou um coeficiente de determinação de 88%.



**Figura 1.** Perfil espectral-temporal de NDVI durante os dias após o plantio da soja.

O índice NDVI de maneira geral ao longo do ciclo da soja apresentou um coeficiente de variação de 30,92%, enquanto no período de estabilização do NDVI entre 32 e 80 DAP essa variação é de apenas 1,44%. Nos locais com alta produtividade de grãos de soja as curvas temporais apresentam perfil semelhante, atingindo altos valores de NDVI (TRINDADE et al., 2019).

A estimativa da ETc da soja por meio do SEBAL em função da ETc observada a campo, indicou um  $R^2$  de aproximadamente 68%, logo 32% das variações da ETc estimada por meio do SEBAL não são explicadas pela variação da ETc observada, consequentemente estimativa da ETc ainda demonstra uma elevada dispersão dos valores (Figura 2). A estimativa da ETc da soja por meio do SEBAL tende a serem maiores que os valores observados, necessitando de calibração do modelo.



**Figura 2.** Evapotranspiração da cultura da soja estimada por meio do algoritmo SEBAL ( $ETc_S$ ) em função da evapotranspiração estimada a campo ( $ETc$ ) por meio de dados meteorológicos, Rio Verde-GO.

Ferramentas como SEBAL, atualmente são amplamente utilizadas para a estimativa da evapotranspiração das culturas, usando informações orbitais e da superfície, outra aplicação relacionada com a estimativa da evapotranspiração é a determinação dos coeficientes de cultivo (KC), o que promove a conferência periódica do status de déficit hídrico nas lavouras (ALLEN et al. 2007; TEIXEIRA, 2010; ARAUJO, 2016).

## CONCLUSÕES

O índice NDVI da cultura da soja apresenta estabilização entre os 32 e 80 DAP, apresentando um índice NDVI médio de 0,847.

A estimativa da ET<sub>c</sub> da soja utilizando SEBAL, ainda apresenta uma elevada dispersão, necessitando de calibração para uma maior precisão na estimativa da evapotranspiração na condição de Cerrado.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à CAPES, à FINEP e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, p. 380-394, 2007.

ARAUJO, G. L. **Estimativas da evapotranspiração e produtividade do milho irrigado utilizando um modelo multiespectral e imagens do satélite Landsat 8**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 85p., 2016.

BASTIAANSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F. ROENRINK, G. J. VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 2. **Validation. Journal of Hydrology**, v. 212–213, p. 213-229, 1998.

- BHATTARAIA, N.; SHAWB, S. B.; QUACKENBUSH, L. J.; IM, J.; NIRAU, R. Evaluating five remote sensing based single-source surface energy balance models for estimating daily evapotranspiration in a humid subtropical climate. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 49, p. 75–86, 2016.
- CAMMALLERI, C.; M. C. ANDERSON, M. C.; W. P. KUSTAS, P. W. Upscaling of evapotranspiration fluxes from instantaneous to daytime scales for thermal remote sensing applications Hydrology. **Earth System Sciences**, v. 18, p. 1885–1894, 2014.
- CAMPOS, I.; NEALE, C. M. U.; SUYKER, A. E.; ARKEBAUER, T. J. GONÇALVES, I. Z. Reflectance-based crop coefficients REDUX: For operational evapotranspiration estimates in the age of high producing hybrid varieties. **Agricultural Water Management**, v. 187, p. 140–153, 2017.
- CRUZ-BLANCO, M.; LORITE, I. J.; SANTOS, C. An innovative remote sensing based reference evapotranspiration method to support irrigation water management under semi-arid conditions. **Agricultural Water Management**. v. 131, p. 135–145, 2014.
- GAO, F., MASEK, J.; SCHWALLER, M. HALL, F. On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: predict daily Landsat surface reflectance IEEE. **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**. v. 44, n. 8, p. 2207-2218, 2006.
- HUETER, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
- MARSHALL, M.; THENKABAIL, P.; BIGGS, T.; POST, K. Hyperspectral narrowband and multispectral broadband indices for remote sensing of crop evapotranspiration and its components (transpiration and soil evaporation). **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 218–219, p. 122–134, 2016.
- MELLO, R. W.; FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. **Modelo agrometeorológico-espectral de estimativa de rendimento da soja para o estado do Rio Grande do Sul**. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, XI., Belo Horizonte, 2003. CD-ROM... INPE, p. 173-179. 2003.
- MERCANTE, E. **Dinâmica espectral da cultura da soja ao longo do ciclo vegetativo e sua relação com a produtividade na região oeste do Paraná**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, SP: 241p., 2007.

NASA. **NASADEM: Creating a New NASA Digital Elevation Model and Associated Products**. Disponível em: <https://earthdata.nasa.gov/community/community-data-system-programs/measure-projects/nasadem>. Acessado em: 19 de maio de 2017.

SEMMENS, K. A.; ANDERSON, M. C.; KUSTAS, W P.; GAO, F; ALFIERI, J. G. MCKEE, L.; PRUEGER, J. H. HAIN, C. R.; CAMMALLERI, C; YANG, Y, XIA, T.; SANCHEZ, L. ALSINA, M. M.; VÉLEZ, M. Monitoring daily evapotranspiration over two California vineyards using Landsat 8 in a multi-sensor data fusion approach. **Remote Sensing of Environment**, v. 185, p. 155–170, 2016.

SILVA, A. M.; SILVA, R. M. SILVA, B. B. Determinação de temperatura da superfície e estimativa do saldo de radiação e evapotranspiração usando imagens Landsat e dados observados. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 67/6, p. 1203-1216, 2015.

TEIXEIRA, A. H. de C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco river basin (Brazil) using remote sensing an Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1287-1319, 2010.

TRINDADE, F. S.; ALVES, M. C.; NOETZOLD, R.; ANDRADE, I. C.; POZZA, A. A. A. Relação espectro-temporal de índices de vegetação com atributos do solo e produtividade da soja. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 62, 11p., 2019.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of the Environment**, v. 8, p. 127-150, 1979.