

# EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO O SIMPLE ALGORITHM FOR EVAPOTRANSPIRATION RETRIEVING (SAFER) NO VALE SÃO FRANCISCO

Ricardo Rivelino Dantas Ramos<sup>1</sup>, Magna Soelma Beserra de Moura<sup>2</sup>, Thieres George  
Freire da Silva<sup>3</sup>, Josicleda Domiciano Galvêncio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA, ricardo.rdramos@hotmail.com; <sup>2</sup>Pesquisadora, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, magna.moura@embrapa.com.br; <sup>3</sup>Professor, UAST/UFRPE, Serra Talhada, PE, thieres\_freire@yahoo.com.br; <sup>4</sup>Professora, UFPE, Recife, PE, josicleda@gmail.com

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi aplicar o *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (SAFER) em imagens Landsat 8 para determinação da evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale São Francisco. Para isso, selecionou-se uma área comercial de cana-de-açúcar na Usina Agrovale, em Juazeiro, BA. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 (OLI/TIRS) para os dias 27 de outubro de 2015 e 22 de maio de 2016, quando a cana-de-açúcar estava em diferentes estágios de desenvolvimento. Os valores da ET<sub>r</sub> foram determinados por meio do algoritmo SAFER, utilizando o albedo ( $\alpha_s$ ), temperatura da superfície ( $T_s$ ) e IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Para comparação com dados de imagens de satélite, a ET<sub>r</sub> foi medida em três áreas de cana-de-açúcar utilizando-se o método do balanço de energia com base na Razão de Bowen. Observou-se que o uso do SAFER permite boas estimativas da evapotranspiração real da cana-de-açúcar, respondendo às diferentes fases fenológicas e sistemas de manejo do cultivo irrigado no Submédio do São Francisco.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento Remoto; Balanço de Energia; Razão de Bowen.

## EVAPOTRANSPIRATION FOR SUGAR CANE USING SIMPLE ALGORITHM FOR EVAPOTRANSPIRATION RETRIEVING (SAFER) IN THE SAN FRANCISCO RIVER VALLEY

**ABSTRACT:** The objective of this work was to apply the *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (SAFER) in Landsat 8 images to determine the actual evapotranspiration (ET<sub>r</sub>) of the irrigated sugar cane in the Low-Middle San Francisco River Valley. It was used a commercial area of sugar cane located at Agrovale Farm, in Juazeiro Municipality, Bahia State, Brazil. Images from Landsat 8 satellite (OLI/TIRS) were used for October 27, 2015 and May 22, 2016, when sugarcane was at different stages of development. The ET<sub>r</sub> values were determined using the SAFER algorithm, using albedo ( $\alpha_s$ ), surface temperature ( $T_s$ ) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). For comparison with satellite image data, field ET<sub>r</sub> was measured in three plots of sugarcane using the energy balance method based on the Bowen Ratio. It was observed that SAFER Algorithm allows good estimates of the actual evapotranspiration of sugarcane, responding to different phenological stages and management systems of irrigated sugar cane in the Low-Middle San Francisco River Valley.

**KEYWORDS:** Remote sensing; Energy Balance; Bowen Ratio.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar cultivada no Submédio do Vale São Francisco apresenta elevados índices de produção devido às condições climáticas e ao uso da irrigação, com destaque para a única usina que detém aproximadamente 18.000 ha (informação pessoal obtida junto a Agrovale), na qual a cana-de-açúcar tem incorporado importantes técnicas de manejo no seu cultivo, que vão desde uso de cultivares selecionadas as técnicas para manejo de pragas, doenças, nutrição e irrigação. Como se tratam de áreas extensas, a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto (SR) tem se mostrado muito promissora para estimativa de índices de vegetação, biomassa, e status hídrico e nutricional das plantas, permitindo ampliar o diagnóstico espaço-temporal de cenários em diferentes áreas.

Com vistas a estudar a evapotranspiração em grandes áreas, Teixeira et al. (2012) desenvolveram e validaram o algoritmo denominado *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (SAFER). O SAFER permite a obtenção de valores regionais da evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>) e da resistência ao fluxo de água na superfície, que em conjunto com o saldo de radiação e o equacionamento matemático do balanço de energia, permite quantificar o fluxo de calor latente e sensível (TEIXEIRA et al., 2012). Apesar de ter sido validado com dados de campo para as condições do Submédio São Francisco, esse algoritmo tem sido utilizado para diversas regiões (MIRANDA et al., 2017; ANDRADE et al., 2016) apresentando bons resultados.

O objetivo deste trabalho foi aplicar o SAFER em imagens Landsat 8 para determinação da evapotranspiração real da cana-de-açúcar irrigada no Submédio do Vale São Francisco.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é representada pela área comercial de cultivo de cana-de-açúcar da empresa Agroindústrias do Vale São Francisco S.A. (Agrovale), localizada no município de Juazeiro, BA. Foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 8 (OLI/TIRS)* para os dias 27 de outubro de 2015 e 22 de maio de 2016, quando a cana-de-açúcar estava em diferentes estágios de desenvolvimento.

Os dados meteorológicos foram obtidos junto ao Setor de Agrometeorologia da Embrapa Semiárido e Laboratório de Meteorologia da UNIVASF (LABMET/UNIVASF), e compreenderam informações de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento a 2 m de altura, radiação solar global, precipitação e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Os valores da ET<sub>r</sub> foram determinados por meio do algoritmo *SAFER* proposto por Teixeira et. al (2012), utilizando-se informações sobre albedo de superfície ( $\alpha_s$ ); temperatura da superfície ( $T_s$ ) e IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).

Foram selecionadas três áreas com cultivo de cana-de-açúcar, sendo: Canavial 1 – Campo Britânica; Canavial 2 – Campo Aeroporto Com Palhada; Canavial 3 – Campo Aeroporto Queimada. Nesses três canaviais a ET<sub>r</sub> foi determinada em campo utilizando-se torres micrometeorológicas e o método do balanço de energia com base na razão de Bowen, conforme Silva et al. (2012). Assim, dados de campo foram comparados com aqueles obtidos por meio de imagens de satélite usando o *SAFER*.

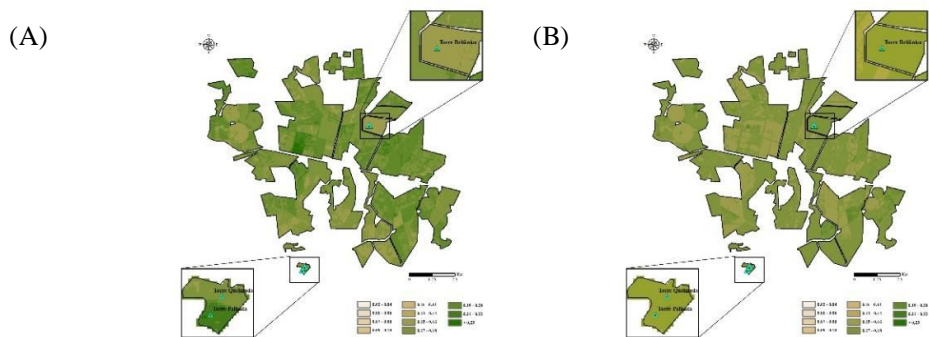
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

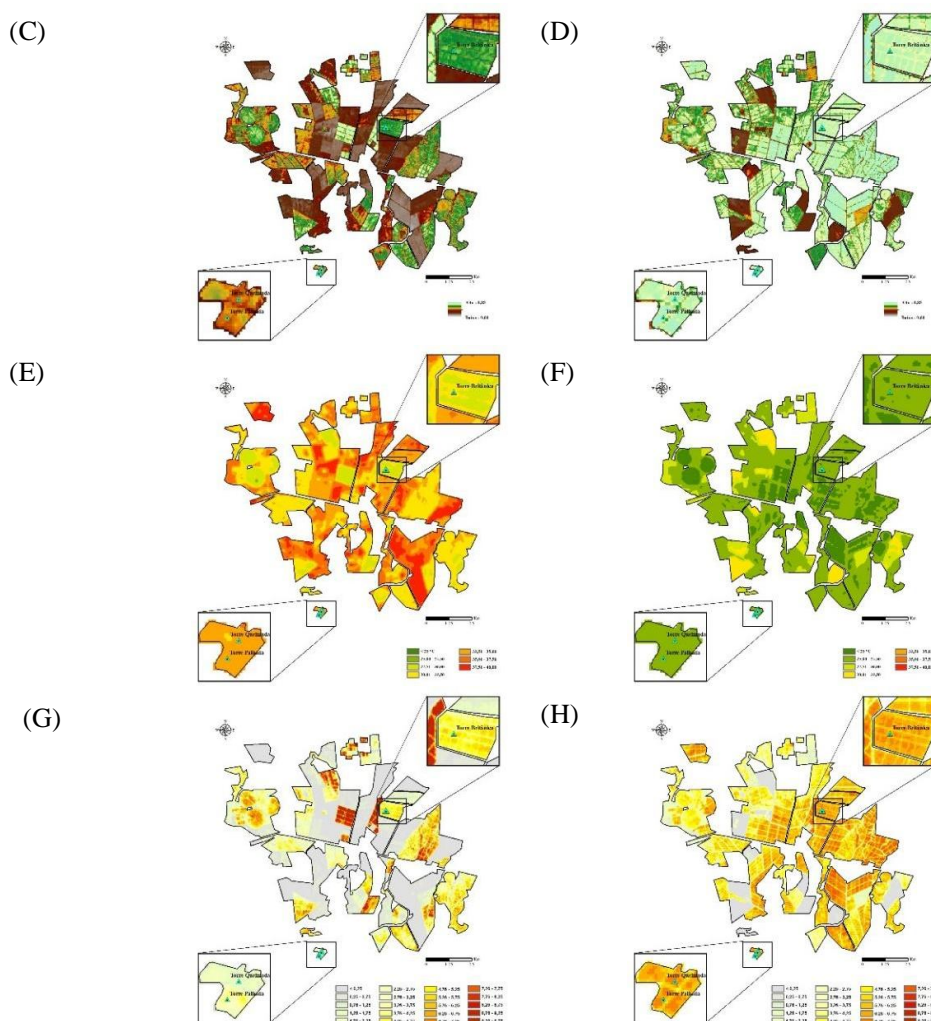
Pode-se observar que para o albedo (Figura 1A e 1B), que apresentou as menores diferenças entre as duas imagens analisadas. O albedo do canavial com palhada foi maior do que do canavial da cana queimada (sem palhada) na Figura 1A, quando a cultura estava na fase inicial de crescimento, em comparação com a Figura 1B, quando em seu crescimento máximo/maturação, as duas áreas de cana apresentaram albedo mais similar. O IVDN, a  $T_s$  e a  $ETr$  apresentaram-se bem mais diferentes entre as imagens, conforme Figura 1. Uma vez que na área comercial da Usina existe várias cultivares, sistemas de irrigação, épocas de plantio e colheita. Em que se observaram diferenças nos valores descritivos dos parâmetros estudados, principalmente no que se refere às três áreas tomadas como referência.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e o desvio padrão selecionados nas imagens para cada canavial estudado. No Canavial 1, cuja colheita havia sido realizada no final de junho, ou seja, o mesmo estava com aproximadamente 4 meses. O albedo da imagem de satélite em 27/10/2015 (T1) foi ligeiramente superior ao da imagem de 22/05/2016 (T2), visto que a cultura já estava em pleno desenvolvimento vegetativo.

No canavial 2, foi verificada maior diferença nos valores de albedo entre a primeira e segunda época, pois este canavial se caracteriza pela colheita manual que mantém qualidade da palhada na área, elevando a reflectância no período vegetativo v1 da cultura, quando há maior exposição do solo. Já no canavial 3, houve pequenas diferenças nos valores de albedo, que foram similares aos verificados no Canavial 1, apesar da diferença de estágio de crescimento. Os canaviais 2 e 3 estavam com aproximadamente 2 meses de desenvolvimento em T1, pois a colheita anterior tinha sido realizada no final de agosto de 2015. Na torre micrometeorológica do Canavial 1 havia um albedômetro, que registrou 13,6% e 17,6% de reflectância, respectivamente nos períodos T1 e T2.

Verificou-se que a temperatura da superfície ( $T_s$ ) foi superior para todas as áreas na imagem do período T1, com diferenças superiores a 5,0 °C quando comparada com a imagem de 2016 referente ao período T2. No Canavial 1, talvez por apresentar maior desenvolvimento vegetativo (IVDN = 0,6), e assim, receber maior quantidade de água de irrigação, a  $T_s$  foi aproximadamente 3,0 °C inferior em relação aos canaviais 2 e 3 para 2015, enquanto que em T2 os valores de  $T_s$  foram similares para as três áreas (Tabela 1).





**Figura 1.** Albedo da superfície (A e B), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN (C e D), temperatura da superfície (E e F) e evapotranspiração real (G e H) para a cana-de-açúcar em 25/10/2015 (A, C, E e G) e 22/05/2016 (B, D, F e H) no Submédio do Vale São Francisco.

Observou-se que a ETr foi superior em áreas com adensamento da cultura. Foram observados valores máximos para área com “Palhada”, em relação aos demais sistemas no período 22 de maio de 2016 (T2). Já para o período 27 de outubro de 2015 (T1) não houve valores fisicamente maiores que justifiquem maiores demandas desse sistema em razão os demais sistemas.

**Tabela 1.** Albedo, temperatura da superfície ( $T_s$ , °C), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e evapotranspiração real (ETr, mm) para canaviais irrigados no Submédio do Vale São Francisco.

Parâmetro	Data	Canavial 1	Canavial 2	Canavial 3
Albedo (%)	27/10/2015	15,6 ± 0,13	21,1 ± 0,62	17,0 ± 1,05
	22/05/2016	16,4 ± 0,14	16,6 ± 0,27	16,7 ± 0,28
$T_s$ (°C)	27/10/2015	30,5 ± 0,23	33,4 ± 0,27	33,5 ± 0,52
	22/05/2016	25,3 ± 0,10	25,6 ± 0,30	25,4 ± 0,10
IVDN	27/10/2015	0,62 ± 0,04	0,45 ± 0,02	0,43 ± 0,02
	22/05/2016	0,75 ± 0,03	0,78 ± 0,05	0,75 ± 0,05
ETr (mm)	27/10/2015	4,54 ± 0,75	3,41 ± 0,44	1,54 ± 0,46

22/05/2016     $6,27 \pm 0,46$      $6,61 \pm 0,61$      $6,34 \pm 0,61$

OBS.: valores seguidos do desvio padrão.

Ao se comparar a ETr obtida pelo SAFER (ETr<sub>SAFER</sub>) com aquela determinada em campo, nas torres micrometeorológicas (ETr<sub>TORRE</sub>) observou-se correlação linear significativa ao nível de 5% de probabilidade representada pela equação  $ETr_{SAFER} = -1,3896 \times ETr_{TORRE} + 13,507$ , com  $R^2 = 0,9038$ . Miranda et al. (2017) obtiveram boas relações entre a ETr<sub>SAFER</sub> e ETr<sub>TORRE</sub> para área de caatinga e produtos do MODIS em escala diária ( $R^2 = 0,85$ ), de oitos dias ( $R^2 = 0,88$ ) e mensal ( $R^2 = 0,92$ ).

## CONCLUSÕES

O uso do *SAFER* permite boas estimativas da evapotranspiração real da cana-de-açúcar, respondendo às diferentes fases fenológicas e aos sistemas de manejo do cultivo irrigado no Submédio do São Francisco.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. G. et al. Analysis of evapotranspiration and biomass in pastures with degradation indicatives in the Upper Tocantins River Basin, in Brazilian Savanna. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 6, p. 754-760, 2016.
- MIRANDA, R. de Q. et al. Reliability of MODIS Evapotranspiration Products for Heterogeneous Dry Forest: A Study Case of Caatinga. **Advances in Meteorology**, London, v. 2017, n. 2, p. 1-14, 2017.
- TEIXEIRA, A. H. et al. Application of Landsat images for quantifying the energy balance under conditions of land use changes in the semi-arid region of Brazil. Proceedings of SPIE - **International Society for Optical Engineering**, v. 8531, p. 85310P-1-85310P-9, 2012.
- SILVA, T. G. F. da et al. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco, **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 500-509, 2012.