

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREAS IRRIGADAS UTILIZANDO IMAGENS RAPID EYE

J. F. Leivas<sup>1</sup>, A. H. de C. Teixeira<sup>2</sup>, G. Bayma-Silva<sup>3</sup>, E. A. M. Garçon<sup>4</sup>,  
C. C. Ronquim<sup>5</sup>, C. R. Grego<sup>6</sup>

**RESUMO:** Com a finalidade de analisar a dinâmica da evapotranspiração (ET) nas áreas de pivôs centrais no município de Unaí/MG, na Bacia do Rio Paracatu, foi aplicado o modelo SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*). Parâmetros biofísicos como albedo da superfície, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), saldo de radiação, temperatura da superfície e produtividade da água, são obtidos através de imagens de satélite e com dados meteorológicos é obtida a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>). Foram obtidas imagens do satélite RapidEye (resolução de 5m) de 2011 e 2012 (setembro) e 2013 e 2014 (maio) e a máscara de pivôs centrais disponibilizada pela Embrapa Milho e Sorgo. A evapotranspiração (ET) média diária de toda em setembro de 2011 foi  $0,39 \pm 1,04$  mm e valor máximo de 7,5 mm. Nas áreas com pivôs centrais, a ET média foi de  $0,69 \pm 1,44$  mm. Na imagem de 2012, a ET foi de  $0,33 \pm 0,91$ , alcançando 7,44 mm e nas áreas irrigadas  $0,37 \pm 1,01$  mm. Nas imagens de maio de 2013 e 2014, a ET média em áreas de pivôs centrais foi de  $2,43 \pm 2,27$  e  $2,63 \pm 2,11$ , respectivamente. Em 2010, constatou-se que vários pivôs estavam fora de operação. Ressalta-se que a dinâmica da ET depende do calendário agrícola, ficando somente solo exposto em períodos de colheita e preparo do solo, diminuindo a transferência de água para a atmosfera. Com os resultados obtidos através de imagens de alta resolução espacial, sem a banda termal, foi possível obter a evapotranspiração em nível de pivô central, auxiliando o uso racional da água em tempos de deficiência hídrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** evapotranspiração, modelagem agrometeorológica, áreas irrigadas, sensoriamento remoto.

## EVAPOTRANSPIRATION IN IRRIGATED AREAS USING RAPID EYE IMAGES

<sup>1</sup> Doutora, Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, CNPM, Campinas – São Paulo. Email: janice.leivas@embrapa.br

<sup>2</sup> PhD, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, CNPM, Campinas – São Paulo. Email: heriberto.teixeira@embrapa.br

<sup>3</sup> Mestre, Analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, CNPM, Campinas – São Paulo. Email: gustavo.bayma@embrapa.br

<sup>4</sup> Geógrafa, Analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, CNPM, Campinas – São Paulo. Email: edlene.garcon@embrapa.br

<sup>5</sup> Doutor, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, CNPM, Campinas – São Paulo. Email: carlos.ronquim@embrapa.br

<sup>6</sup> Doutora, Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, CNPM, Campinas – São Paulo. Email: celia.grego@embrapa.br

**ABSTRACT:** In order to analyze the dynamics of evapotranspiration (ET) in the central pivot areas in the Unaí city, Minas Gerais state, in the Paracatu River Basin, the SAFER model (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*). Biophysical parameters such as surface albedo, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), net radiation, surface temperature and water productivity are obtained with satellite images. meteorological data are used to obtain reference evapotranspiration (ET<sub>0</sub>). Images of the RapidEye satellite (resolution of 5m) were obtained from 2011 and 2012 (September) and 2013 and 2014 (May) and the central pivot mask provided by Embrapa Milho Sorgo. The mean daily evapotranspiration (ET) in 2011 was  $0.39 \pm 1.04$  mm and a maximum value of 7.5 mm. In areas with central pivots, the average ET was  $0.69 \pm 1.44$  mm. In the image of 2012, ET was  $0.33 \pm 0.91$ , with maximum value of 7.44 mm and in irrigated areas  $0.37 \pm 1.01$  mm. In the images of May 2013 and 2014, the average ET in central pivot areas was  $2.43 \pm 2.27$  and  $2.63 \pm 2.11$ , respectively. In 2010, it was observed that several pivots were out of operation. It should be emphasized that the dynamics of ET depends on the agricultural calendar, leaving only bare soil in periods of harvesting and soil preparation, reducing the transfer of water to the atmosphere. With the results obtained through high spatial resolution images, without the thermal band, it was possible to obtain evapotranspiration at central pivot level, assisting the rational water use in times of water deficiency.

**KEYWORDS:** evapotranspiration, agrometeorological model, irrigated areas, remote sensing

## INTRODUÇÃO

O município de Unaí, no noroeste de Minas Gerais, destaca-se em desempenho agrícola, ocupando o sexto lugar no Produto Interno Bruto (PIB), segundo dados do IBGE. Os Agricultores de Unaí destacam-se por produzirem de maneira sustentável, com alta produtividade e qualidade, além do uso adequado de irrigação (ANA, 2012).

A evapotranspiração (ET) é a variável mais ativa do ciclo hidrológico e a principal componente no balanço hídrico em ecossistemas agrícolas. Portanto, ela é um parâmetro chave para estudos de avaliação ambiental e de manejo de bacias hidrográficas (Raziei & Pereira, 2013), para a estimativa da necessidade hídrica das culturas e para projetos e manejo de sistemas de irrigação (Kumar et al., 2008). As condições meteorológicas têm marcada influência sobre a ET; assim, pequenos erros em sua estimativa têm elevado impacto sobre o cálculo do balanço hidrológico de uma região (Allen et al., 2011b).

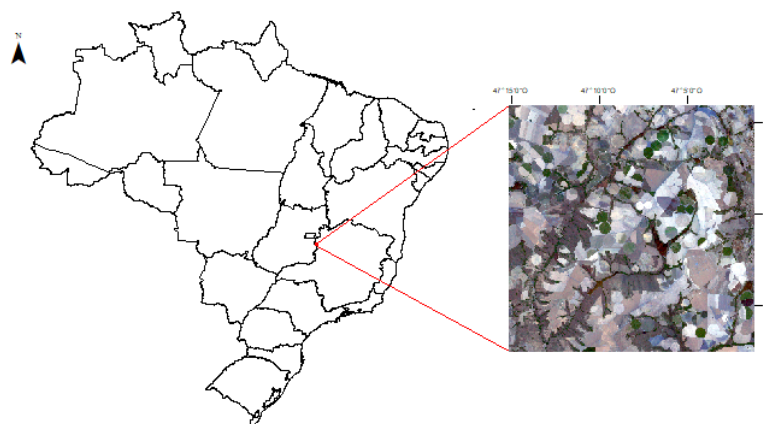
O SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) é um algoritmo que tem apresentado bons resultados na estimativa da evapotranspiração em larga escala (Teixeira et al., 2013a). Esse algoritmo tem a vantagem de não obrigatoriedade da utilização da banda termal, possibilitando ser aplicado com vários sensores juntamente com dados meteorológicos. Neste estudo foram obtidas imagens dos satélites RapidEye, que possuem resolução espacial de 5 metros, 5 cinco bandas espectrais, abrangendo a faixa de comprimento de onda entre 440  $\mu\text{m}$  e 850  $\mu\text{m}$  (BlackBridge, 2013).

O objetivo deste estudo foi utilizar os dados de estação meteorológica e imagens de satélite com alta resolução espacial para analisar a evapotranspiração da área irrigada em Unaí, estado de Minas Gerais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se em Unaí, no noroeste de Minas Gerais. Segundo a classificação climática de Koeppen, o clima é Aw (tropical). Os maiores índices pluviométricos concentram-se entre outubro e abril, sendo média anual de 1275 mm e temperatura média de 23,5°C.

Nas áreas irrigadas de Unai foi aplicado o algoritmo SAFER e estimou-se a albedo, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), saldo de radiação, temperatura da superfície ( $T_s$ ), fluxo de calor latente e sensível e evapotranspiração (ET). Foram utilizadas quatro imagens do sensor RapidEye, órbita/ponto 233145, referente aos dias 8 de setembro de 2011, 6 de setembro de 2012, 4 de maio de 2013 e 2 de maio de 2014, juntamente com dados de estação meteorológica de Unaí, disponibilizados pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).



**Figura 1.** Localização da área de estudo, com destaque para o município de Unaí, no noroeste de Minas Gerais.

A evapotranspiração foi obtida através do modelo agrometeorológico espectral SAFER (*Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*). O SAFER envolve parâmetros obtidos por sensoriamento remoto como albedo da superfície ( $\alpha_0$ ), a temperatura da superfície ( $T_s$ ) e o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), assim como dados meteorológicos para cálculo da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). A partir das imagens RapidEye, foi calculado o albedo da superfície ( $\alpha_0$ ):

$$\alpha_{P_{band}} = \frac{L_{band}\pi d^2}{R_{a_{band}}\cos\varphi} \quad (1)$$

Onde  $L_{band}$  é a radiação espectral para os comprimentos de onda de cada banda,  $d$  é distância relativa Terra-Sol;  $R_{a_{band}}$  é a irradiância solar média no topo da atmosfera para cada banda ( $Wm^{-2}\mu m^{-1}$ ) e  $\sigma$  é o ângulo zenital solar. As bandas 1 a 5 do RapidEye, foram usadas para o cômputo de  $\alpha_p$ , sendo calculado como a média ponderada de  $\alpha_{p_{band}}$  de acordo com o peso de cada banda ( $w_{band}$ ):

$$\alpha_p = \sum w_{band} \alpha_{P_{band}} \quad (2)$$

A temperatura da superfície ( $T_s$ ) foi obtida por resíduo na equação do balanço de radiação (Teixeira et al., 2014):

$$T_s = \sqrt[4]{\frac{R_G - \alpha_0 R_G + \varepsilon_A \sigma T_a^4 - R_n}{\varepsilon_S \sigma}} \quad (3)$$

Onde  $R_G$  e  $T_a$  são os valores diários da radiação solar global incidente e a temperatura média do ar, respectivamente, provenientes das estações meteorológicas,  $R_n$  é o saldo de radiação diário. As emissividades da atmosfera ( $\varepsilon_A$ ) e da superfície ( $\varepsilon_S$ ) foram calculadas como segue:

$$\begin{aligned} \varepsilon_A &= a_A + (\ln\tau_s)^{b_A} \\ \varepsilon_S &= a_S \ln NDVI + b_S \end{aligned} \quad (4)$$

Onde  $\tau_{sw}$  é a transmissividade para ondas curtas, e  $a_A$ ,  $b_A$ ,  $a_S$  e  $b_S$  são os coeficientes de regressão. Os valores diários de  $R_n$  foram obtidos pela equação de Slob:

$$R_n = (1 - \alpha_0)R_G - a_L \tau_{sw} \quad (5)$$

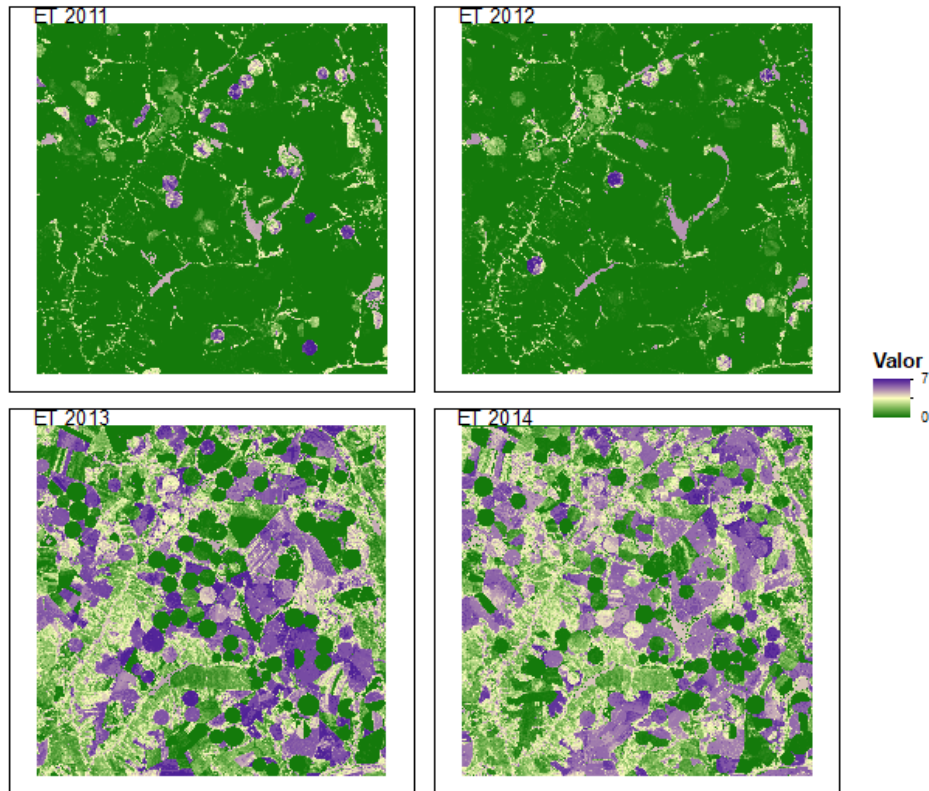
Onde  $a_L$  é um coeficiente de regressão da relação entre o saldo de radiação de ondas longas e  $\tau_{sw}$  na escala diária. Este coeficiente foi espacializado de acordo com os valores de  $T_a$  (Teixeira et al., 2014). O algoritmo SAFER foi usado para modelagem dos valores instantâneos da razão da ET para a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), a qual multiplicada pelos valores diários da  $ET_0$  da estação meteorológica fornece a evapotranspiração (ET) em larga escala.

$$\frac{ET}{ET_0} = \left\{ \exp \left[ g + h \left( \frac{T_0}{\alpha_0 NDVI} \right) \right] \right\} \quad (6)$$

Onde  $ET_0$  é calculada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e  $g$  e  $h$  são os coeficientes de regressão. Os valores de evapotranspiração foram extraídos através da máscara pivôs centrais (GUIMARÃES E LANDAU, 2011), disponibilizada pela Embrapa Milho e Sorgo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2, é apresentada a distribuição espacial da evapotranspiração obtida através do processamento de imagens RapidEye e dados meteorológicos, em Unai, no noroeste de Minas Gerais. Observa-se que nas áreas de pivôs centrais, em setembro de 2011, a ET média diária foi de  $0,69 \pm 1,44$  mm. Os valores máximos foram de 7,54 mm. Neste período, observou-se que vários pivôs estavam fora de operação. A evapotranspiração média para toda a cena de 2011 foi de  $0,39 \pm 1,04$  mm. Na imagem de setembro de 2012, a ET foi de  $0,33 \pm 0,91$ , alcançando 7,44 mm e nas áreas irrigadas  $0,37 \pm 1,01$  mm. Nas imagens de maio de 2013 e 2014, a ET média em áreas de pivôs centrais foi de  $2,43 \pm 2,27$  e  $2,63 \pm 2,11$ , respectivamente.



**Figura 2.** Distribuição espacial da evapotranspiração nas áreas agrícolas de Unaí, MG.

Ressalta-se que a dinâmica da ET depende do calendário agrícola, ficando somente solo exposto em períodos de colheita e preparo do solo, diminuindo a transferência de água para a atmosfera. Com a expansão da agricultura irrigada, a utilização dos recursos hídricos em determinadas áreas da bacia hidrográfica do Rio Paracatu vem aumentando, ocasionando conflitos entre os usuários da água em períodos de forte estiagem. Por outro lado, os prejuízos ambientais e conflitos, podem se agravar com a redução da vazão dos rios, juntamente com as estiagens (Pruski et al., 2007).

Através do modelo SAFER, juntamente com dados de estações meteorológicas e imagens de alta resolução espacial, foram obtidos os valores médios dos parâmetros biofísicos como evapotranspiração (ET), albedo ( $\alpha$ ), biomassa (BIO), temperatura da superfície ( $T_{sup}$ ) e produtividade da água (PA), em áreas irrigadas em Unaí. Observa-se que com a metodologia proposta neste estudo, utilizando imagens de alta resolução espacial, foi possível discriminar o comportamento espectral nas áreas agrícolas. A desvantagem de utilização de imagens de alta resolução espacial é a captação de imagens sem nuvens, impedindo mapeamento da superfície em períodos chuvosos.

Com os resultados obtidos através de imagens de alta resolução espacial, sem a banda termal, foi possível obter a evapotranspiração em nível de pivô central, auxiliando o uso racional da água em tempos de deficiência hídrica.

## CONCLUSÕES

Com a aplicação do modelo agrometeorológico espectral SAFER, obteve-se resultados satisfatórios na estimativa de parâmetros biofísicos como albedo, temperatura da superfície e evapotranspiração. Essa ferramenta pode auxiliar no monitoramento da dinâmica dos recursos naturais nas condições das alterações da cobertura vegetal causadas pela intensa atividade agrícola no noroeste de Minas Gerais, mesmo com imagens de alta resolução espacial como o RapidEye, que não possui a banda termal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência Nacional das Águas. Unai - Modelo de irrigação com sustentabilidade. Disponível em : <http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/>. Acesso em 20 de junho de 2017.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998). Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy; 300 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; HOWELL, T.A.; JENSEN, M.E. Evapotranspiration information reporting: II. Recommended documentation. Agricultural Water Management, v.98, p.921-929, 2011.

BLACKBRIDGE, Delivering the world, Satellite Imagery Product Specifications, Version 6.0, november 2013. Disponível em: <http://www.blackbridge.com/rapideye/>

TEIXEIRA, A. H. DE C.; SCHERER-WARREN, M.; HERNANDEZ, F.B.T.; ANDRADE, R.G.; LEIVAS, J.F. Large-Scale Water Productivity Assessments with MODIS Images in a Changing Semi-Arid Environment: A Brazilian Case Study. **Remote Sensing**, v. 5, p. 5783-5804, 2013.

TEIXEIRA, A. H. DE C.; SCHERER-WARREN, M.; HERNANDEZ, F.B.T.; ANDRADE, R.G.; LEIVAS, J.F. Large-Scale Water Productivity Assessments with MODIS Images in a

Changing Semi-Arid Environment: A Brazilian Case Study. **Remote Sensing**, v. 5, p. 5783-5804, 2013.

TEIXEIRA, A. H. DE C.; VICTORIA, D. DE C.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; BOLFE, E. L.; CRUZ, C. R. Coupling MODIS images and agrometeorological data for agricultural water productivity analyses in the Mato Grosso state, Brazil. **Proceedings of SPIE - International Society for Optical Engineering**, v. 9239, p. 92390W-1-92390W-14, 2014.

RAZIEI, T; PEREIRA, L.S. Estimation of ETo with Hargreaves-Samani and FAO-PM temperature methods for a wide range of climates in Iran. *Agricultural Water Management*, v.121, p.1-18, 2013. DOI: 10.1016/j.agwat.2012.12.019.

KUMAR, M.; BANDYOPADHYAY, A.; RAGHUWANSHI, N.S.; SINGH, R. Comparative study of conventional and artificial neural network-based ETo estimation models. *Irrigation Science*, v.26, p.531-545, 2008. DOI: 10.1007/s00271-008-0114-3.

PRUSKI, F.F.; RODRIGUEZ, R.G.; NOVAES, L.F.; SILVA, D.D.; RAMOS, M.M.; TEIXEIRA, A.F. (2007). Impacto das vazões demandadas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano, na Bacia do Paracatu. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 11(2), pp. 199–210.

GUIMARÃES, D. P; LANDAU, E. C. Mapeamento das áreas irrigadas por pivôs centrais no Estado de Minas Gerais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo).

PEREIRA, R.M.; FERREIRA, E.; DANTAS, A.A.A.; SOUZA, P.A.B.; FRANÇA JUNIOR, J.F. Avaliação temporal de áreas irrigadas por pivôs centrais no município de Unaí. In: Congresso de Iniciação Científica (CIUFLA), 22., 2009, lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2009.