

# ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREAS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS UTILIZANDO O ALGORITMO SEBAL

Janice Freitas Leivas<sup>1</sup>, Ricardo Guimarães Andrade<sup>1</sup>, Sandra Furlan Nogueira<sup>1</sup>, Édson Luis Bolfe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pesquisador(a) da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP, Fone: (19) 32116200, E-mail: (janice; ricardo; sandra; bolfe)@cnpqm.embrapa.br

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**Resumo** - O conhecimento da evapotranspiração é de fundamental importância para uso racional dos recursos hídricos. Diante disso, o objetivo deste estudo foi estimar a evapotranspiração por meio de ferramentas de sensoriamento remoto. O algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithms for Land*) foi aplicado utilizando uma cena do Landsat-5/TM do dia 24/08/2010 que compreende o município de Nova Odessa, estado de São Paulo. Foram analisados o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e a evapotranspiração diária ( $ET_{diária}$ ). Conforme os resultados, os valores de  $ET_{diária}$  mais elevados (média de 2,6 mm.dia<sup>-1</sup>) foram encontrados sobre áreas com pastagens não-degradadas e superfície d'água. Os menores valores de  $ET_{diária}$  (média 0,9 mm.dia<sup>-1</sup>) foram obtidos áreas de pastagens degradadas e urbanizadas. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o SEBAL apresenta potencial para ser aplicado à área de estudo em estudos posteriores.

**Palavras-chave:** NDVI, evapotranspiração, SEBAL

**Abstract** - The knowledge of the evapotranspiration is of fundamental importance for rational use of the water resources. Thus, this study planned to estimate the evapotranspiration using sensing remote tools. The algorithm SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithms for Land*) was applied utilizing a scene of the Landsat-5/TM of day 24/08/2010, in Nova Odessa, São Paulo, Brazil. Adapt the results, observed higher values of evapotranspiration above areas with pastures no-degraded and water surface (medium of 2.6 mm day<sup>-1</sup>). The smaller values of daily evapotranspiration (medium 0.9 mm day<sup>-1</sup>) were obtained in areas of degraded pastures and urbanized. From the results obtained, concluded that the SEBAL presents potential to be applied to the study area in future studies.

**Key-Words:** NDVI, evapotranspiration, SEBAL

## 1.Introdução

A evapotranspiração tem fundamental importância para a agricultura já que através do cômputo das perdas hídricas para a atmosfera pode-se estimar as necessidades hídricas das culturas. Os métodos convencionais para obtenção da ET fornecem informações pontuais e de elevado custo. Para preencher esta lacuna, o sensoriamento remoto tem sido amplamente utilizado para obtenção dos componentes do balanço de energia e da evapotranspiração em escala regional. Estudos realizados por vários pesquisadores (Bastiaanssen et al., 1998; Bastiaanssen, 2000; Allen et al., 2002; Bezerra, 2004; Paiva, 2005; Silva et al., 2006; Menezes, 2007; Andrade, 2008; Lima, 2010) mostram resultados satisfatórios, sendo obtidos através de imagens de satélite. Um dos algoritmos que utiliza técnicas de sensoriamento remoto é o SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), proposto por Bastiaanssen (1995). A partir do SEBAL, estima-se a evapotranspiração utilizando o balanço de energia à superfície, ou seja, o fluxo de calor latente é calculado para cada pixel da imagem de satélite como um “resíduo” da equação clássica do balanço de energia. O objetivo geral deste estudo foi testar a metodologia do algoritmo SEBAL para

obtenção da evapotranspiração em região com diferentes características ambientais, a partir de imagens do sensor Landsat-5/TM.

## 2. Material e Métodos

A região de estudo compreende a área urbana e rural do município de Nova Odessa, no estado de São Paulo, composta por áreas com diferentes níveis de degradação de pastagens, Barragem do Salto Grande no Rio Atibaia e área urbana (Figura 1). As coordenadas geográficas da área de estudo são (22° 40' 46''S; 47° 20' 45''W) e (22°48'27''S; 47°12' 38''W), no canto superior esquerdo e inferior direito, respectivamente. Segundo a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é do tipo Cwa, ou seja, tropical úmido com três meses secos (junho, julho, agosto) e temperatura do mês mais quente superior a 22°C.

Para realização deste estudo, foi obtida uma imagem do Satélite Landsat-5/TM (*Thematic Mapper*), junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A imagem de satélite da área de estudo refere-se a órbita/ponto 219/76 tomada em 24 de agosto de 2010. Os dados meteorológicos de temperatura do ar, umidade relativa, vento e radiação solar global, foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Para obtenção da ET, foi utilizado o algoritmo SEBAL, foram realizadas diversas etapas utilizando-se a ferramenta *Model Maker* do *software* ERDAS Imagine. O *software* ArcGis 9.1 foi empregado para melhor visualização dos resultados.

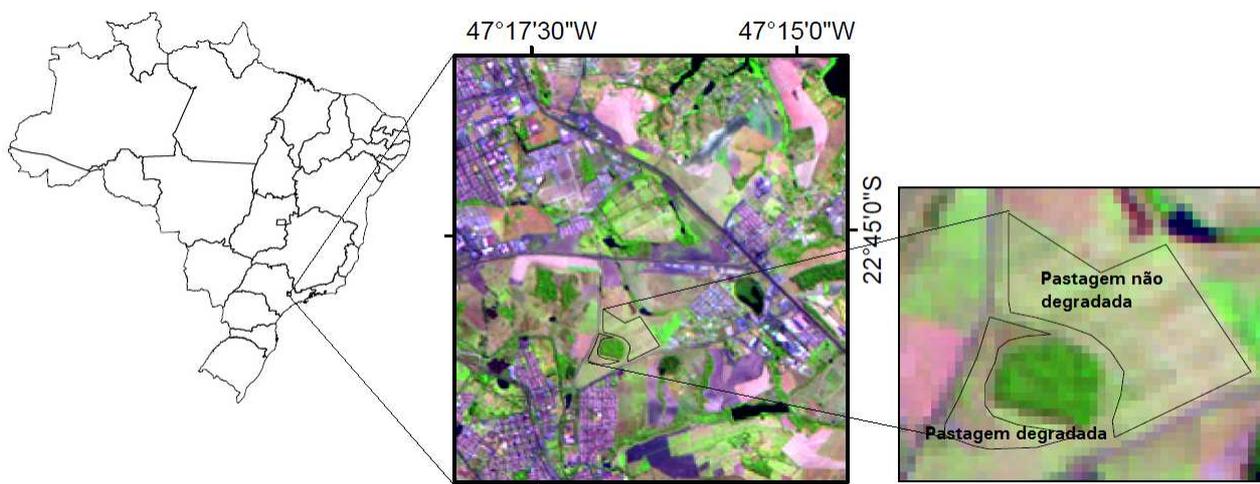


Figura 1. Localização da área de estudo, destacando-se a área urbana do município de Nova Odessa/SP, áreas com diferentes níveis de degradação de pastagens e a barragem do Salto Grande, no Rio Atibaia.

No algoritmo SEBAL utiliza-se a equação do balanço de energia à superfície para estimar o fluxo de calor latente (LE) como um resíduo dos demais componentes (fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e saldo de radiação (Rn)).

$$LE = Rn - H - G \quad (1)$$

De posse dos componentes do balanço de energia (LE, H, Rn, G, todos em  $W m^{-2}$ ) é possível obter a seguinte relação:

$$\lambda = \frac{LE}{LE + H} = \frac{LE}{Rn - G} \quad (2)$$

Em que,  $\lambda$  é a fração evaporativa, definida como a fração de calor latente para o máximo saldo de energia disponível. Segundo Crago (1996) a fração evaporativa ( $\lambda$ ) pode ser considerada constante durante o período diurno, período no qual ocorre o processo de evapotranspiração (ET). Sendo assim, pode-se estimar a evapotranspiração diária por meio da equação proposta por Ayenew (2003):

$$ET_{diario} = \frac{Fe.Rn_{diario}}{28} \quad (3)$$

Em que, Fe é a fração evaporativa (adimensional),  $Rn_{diario}$  é o balanço de radiação integrado para um período de 24 horas e o escalar no denominador (28) é o fator de conversão de  $W.m^{-2}$ , para  $mm\ dia^{-1}$ . A fração evaporativa (Fe) é definida como a fração de calor latente para o máximo saldo de energia disponível (Chemin et al., 2004).

### 3. Resultados e Discussão

Na Figura 2, estão representados os resultados das etapas realizadas a partir da aplicação do algoritmo SEBAL, para a área de estudo. As imagens referem-se ao *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). O NDVI foi empregado para avaliar o vigor da vegetação, pois é um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde. Observa-se que o NDVI apresentou valores elevados sobre a área coberta com vegetação ( $0,41 < NDVI < 0,80$ ). Na área urbana de Nova Odessa, SP, e área com vegetação esparsa, foram encontrados baixos valores de NDVI ( $0 < NDVI < 0,40$ ). Na superfície d'água, foi encontrado NDVI negativo devido à diferença de reflectância das superfícies nas faixas do espectro eletromagnético.

Na análise dos resultados, observa-se que a evapotranspiração diária (Figura 3) acompanhou os padrões de NDVI, ou seja, altos valores do índice de vegetação estão associados a altos valores da  $ET_{diária}$ . Nas áreas com pastagens degradadas, a baixa  $ET_{diária}$  está associada à regiões com baixos valores de NDVI. Na área ocupada pelos corpos d'água, foram obtidos altos valores de evapotranspiração (evaporação), coincidindo com valores negativos de NDVI.

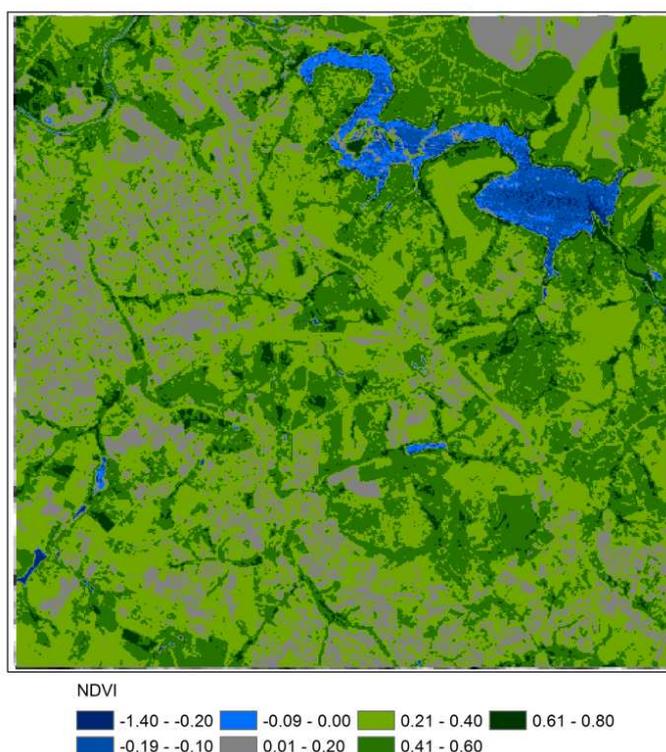


Figura 2. NDVI para região que abrange o município de Nova Odessa, SP.

As áreas ocupadas por pastagens degradadas e de ocupação urbana, apresentaram os menores valores de  $ET_{diária}$ , inferiores a  $0,90\ mm.dia^{-1}$ . Nas áreas de pastagens não-degradadas, a  $ET_{diária}$  foi superior a  $1,8\ mm.dia^{-1}$ . Os maiores valores de evapotranspiração (evaporação) foram encontradas sobre a superfície d'água, com  $ET_{diária}$  superior a  $2,4\ mm.dia^{-1}$ . Mendonça (2007) estimou a  $ET_{diária}$  para a região Norte Fluminense, RJ, a partir de imagens do sensor MODIS, encontrando valores entre  $0,0$  e  $6,89\ mm.dia^{-1}$ . Lima (2010) obteve  $ET_{diária}$  elevada sobre superfícies d'água ( $4,1$  a  $5,0$

mm.dia<sup>-1</sup>). Importante salientar que a cobertura do solo, as datas e o horário de imageamento da superfície pelo satélite foram distintos da área de estudo deste estudo.

Os resultados encontrados corroboram com estudos realizados anteriormente através da aplicação do algoritmo SEBAL para obtenção dos componentes do balanço de energia e estimativas da evapotranspiração, podendo-se citar alguns autores como Bastiaanssen (2000); Bastiaanssen, 2002; Allen et al., 2002; Bezerra, 2004; Paiva, 2005; Silva et al., 2006; Menezes, 2007; Andrade, 2008; Lima, 2010).

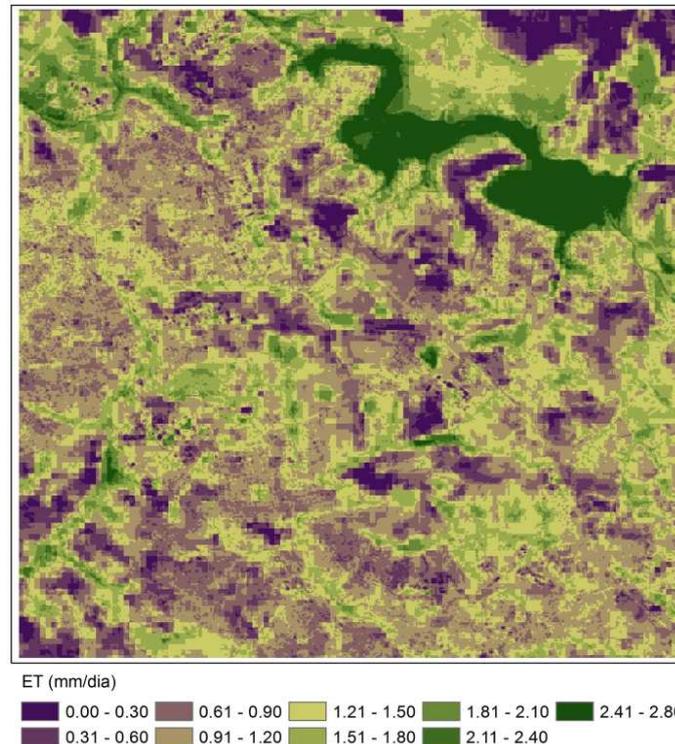


Figura 3. Evapotranspiração diária para região que abrange o município de Nova Odessa, SP.

#### 4. Conclusões

O algoritmo SEBAL apresentou boa acurácia e resultados satisfatórios para a estimativa da evapotranspiração no município de Nova Odessa, em São Paulo. As áreas de pastagens não-degradadas e superfície d'água da Barragem do Salto Grande, no Rio Atibaia, apresentaram valores elevados de perdas evaporativas e as áreas ocupadas por pastagens degradadas e urbanizadas apresentaram baixos valores de evapotranspiração diária. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que o SEBAL apresenta potencial para ser aplicado à área de estudo em estudos posteriores relacionados às questões de estresse hídrico em pastagens com diferentes níveis de degradação.

#### 5. Referências Bibliográficas

Allen, R. G., Trezza, R., Tasumi, M. **Surface energy balance algorithms for land**. Advance training and users manual, version 1.0, pp.98, 2002.

Andrade, R. G. **Aplicação do algoritmo SEBAL na estimativa da evapotranspiração e da biomassa acumulada da cana-de-açúcar**. 2008. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Aynew, T. Evapotranspiration estimation using thematic mapper spectral satellite data in the Ethiopian rift and adjacent highlands. **Journal of Hydrology**, v. 279, p. 83-93, 2003.

Bastiaanssen, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 237p., 1995.

Bastiaanssen, W. G. M. SEBAL - based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, p. 87-100, 2000.

Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A.; Holtslag, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 198-212, 1998.

Bezerra, M.V. **Balço de energia em áreas irrigadas utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande.

Chemin, Y.; Platonov, A.; Ul-Hassan, M.; Abdullaev, I. Using remote sensing data for water depletion assessment at administrative and irrigation-system levels: case study of the Ferghana Province of Uzbekistan. *Agricultural Water Management*, v. 64, p. 183-196, 2004.

Crago, R. D. Conservation and variability of the evaporative fraction during the daytime. *Journal of Hydrology*, v. 180, p. 173-194, 1996.

Lima, E. de P. **Estimativa da evapotranspiração e do balanço hídrico a partir de imagens de satélite de duas sub-bacias do Paracatu**. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Mendonça, J. C. **Estimativa da evapotranspiração regional utilizando imagens digitais orbitais na região Norte fluminense, RJ**. 2007. 145 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2007.

Menezes, S. J. M. C da, Sedyama, G. C., Soares, V.P.; Gleriani, J.M., Andrade, R.G.; Lima, E.P.; Delgado, R.C. Uso do algoritmo Sebal na estimativa da evapotranspiração regional em condições de relevo plano e montanhoso utilizando imagens do sensor Landsat-5. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15, 2007, Aracaju-SE. **Anais**. CD-ROM. 2007. Aracaju.

Paiva, C. M. **Estimativa do balanço de energia e da temperatura da superfície via satélite NOAA-AVHRR**. 2005. 218 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

Silva, B. B.; Bezerra, M. V. C. Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, n. 2, p. 174-186, 2006.