



## EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL NA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ

WILIAN da S. RICCE<sup>1</sup>, BERNARDO B. da SILVA<sup>2</sup>, PAULO H. CARAMORI<sup>3</sup>, SÉRGIO J. ALVES<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Dr., Bolsista de Pós-Doutorado Júnior do CNPq, UFPE/IAPAR, Londrina-PR, Fone (43) 3376-2405, wilianricce@gmail.com

<sup>2</sup> Meteorologista, Dr., Departamento de Ciências Geográficas, UFPE, Recife-PE

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, PhD., Pesquisador, Agrometeorologia, IAPAR, Londrina-PR

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, Fitotecnia, IAPAR, Londrina-PR

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

**RESUMO:** o objetivo deste trabalho foi a determinar a evapotranspiração na região noroeste do Paraná com o uso do algoritmo SEBAL em função da cobertura do solo. Foram utilizados dados da estação automática do Simepar de Paranavaí, imagem MODIS com a classificação de uso do solo e imagens Landsat 5 TM com ausência de nuvens em 03/07/2010, 05/09/2010 e 08/11/2010. Foram calculados os componentes dos balanços de radiação solar e de energia de superfície (fluxo de calor sensível, fluxo de calor no solo e fluxo de calor latente), para determinar a evapotranspiração instantânea e a evapotranspiração diária com o uso do algoritmo SEBAL. O algoritmo SEBAL mostrou ser uma alternativa para determinar a evapotranspiração em escala regional, sendo importante em regiões sem monitoramento. Os maiores valores de evapotranspiração foram observados nas áreas com maior cobertura vegetal, correspondendo à floresta, já em áreas de agricultura/pecuária houve grande variabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** SEBAL, Landsat 5 TM, Balanço de energia.

## REAL EVAPOTRANSPIRATION IN NORTHWEST REGION OF PARANÁ

**ABSTRACT:** the aim of this study was to determine the evapotranspiration in northwestern Paraná using the SEBAL algorithm depending on the soil cover. Data from the Simepar automatic station from Paranavaí, were used with MODIS image (classification of land use) and Landsat 5 TM with no clouds on July 3, September 9 and November 8, 2010. The components of the solar radiation balance and surface energy (sensible heat flux, soil heat flux and latent heat flux), were calculated in order to determine the instantaneous and daily evapotranspiration according to the SEBAL algorithm. The SEBAL algorithm could be an alternative to determine the evapotranspiration on a regional scale is important in areas without monitoring. The highest values of evapotranspiration were observed in areas with greater vegetation cover, corresponding to the forest, as in the areas of agriculture / livestock there was great variability.

**KEYWORDS:** SEBAL, Landsat 5 TM, Energy balance.





## INTRODUÇÃO

A região noroeste do Paraná tem grande importância na pecuária de corte no estado. O arenito Caiuá ocupa 16% (3,2 milhões de hectares) da área total do estado de 20 milhões de hectares e apresenta solos com alta suscetibilidade à erosão e de média a baixa capacidade de retenção de água. Nessa região, a deficiência hídrica pode ser determinante para a viabilidade econômica das culturas agrícolas anuais.

A evapotranspiração é um dos principais componentes do ciclo hidrológico e a sua determinação é imprescindível para o balanço hídrico de bacias hidrográficas, porém os métodos mais utilizados são limitados porque eles estimam valores pontuais de ET para um local específico e não para uma escala regional. O uso do sensoriamento remoto tem possibilitado estimativas precisas e em escala regional, desse importante componente. O SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) tem como objetivo a obtenção da evapotranspiração (ET) através de dados de imagem digital e alguns dados complementares de superfície. Com o SEBAL se obtém o fluxo de calor latente –  $\lambda E$  ( $W/m^2$ ) como resíduo do balanço de energia, o que ocorre após a obtenção do saldo de radiação –  $R_n$  ( $W/m^2$ ), fluxo de calor no solo –  $G$  ( $W/m^2$ ) e fluxo de calor sensível –  $H$  ( $W/m^2$ ). O uso do SEBAL tem a vantagem de proporcionar o balanço de energia à superfície de maneira efetiva e econômica, possibilitando grande cobertura espacial e, dependendo do sensor orbital que o alimenta com dados dos canais reflectivos e termais, pode apresentar grande resolução espacial.

O objetivo deste trabalho foi a determinar a evapotranspiração na região noroeste do Paraná com o uso do algoritmo SEBAL em função da cobertura do solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região noroeste paranaense utilizando imagens TM - Landsat 5 da órbita 223 e ponto 76, adquiridas em condições de céu claro para as datas: 03/07/2010, 20/08/2010, 05/09/2010 e 08/11/2010 (INPE, 2013). A evapotranspiração de referência foi estimada pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) com dados das estações do Simepar de Paranaíba (23°05'30" S, 52°26'38" O, 483 m).

O cálculo da evapotranspiração através da imagem de satélite foi realizado utilizando o modelo de balanço de energia "Surface Energy Balance Algorithm for Land" - SEBAL (BASTIAANSEN et al., 1998; ALLEN et al., 2002). 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)].

Para estimar o fluxo de calor (G) no solo, a razão de  $G/R_n$  é calculada empiricamente para cada pixel em função do albedo, temperatura da superfície ( $T_{sup}$ , °C) e NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) como parâmetro detector da biomassa na superfície e, na sequência, esta razão é multiplicada pela  $R_n$  de cada pixel. O fluxo de calor sensível (H) é estimado a partir de dois pixels âncoras conhecidos como pixel "frio" e pixel "quente" que são selecionados na imagem e usados para obter uma relação entre a temperatura da superfície e a temperatura do ar (DT). Estes pixels representam as condições opostas na imagem, onde o pixel "frio" representa uma superfície sem qualquer restrição de umidade, e que se admite possuir evapotranspiração máxima, e no outro extremo se considera o pixel "quente", uma





superfície seca preferencialmente de solo exposto, onde não há evaporação. A velocidade do vento é empregada para, conjuntamente com o mapa do SAVI, gerar informações acerca da resistência aerodinâmica ao transporte de calor sensível. Os parâmetros de resistência aerodinâmica são obtidos por aproximação pelo método de Monin-Obhukov e ajustados de acordo com as condições de estabilidade atmosférica.

O fluxo de calor latente (LE) é obtido como resíduo na equação do balanço de energia ( $LE = R_n - G - H$ ) e, então, convertido para evapotranspiração real instantânea (ET<sub>inst</sub>) através da divisão pelo calor latente de vaporização. A ET<sub>inst</sub> é, então, convertida para evapotranspiração horária (ET<sub>h</sub>), multiplicando-a por 3600. A partir de ET<sub>h</sub> é, então, obtida a fração evapotranspirativa (FET), dividindo-se a ET<sub>h</sub> pela evapotranspiração de referência horária (ET<sub>oh</sub>), calculada através dos dados de uma estação meteorológica local. Finalmente, multiplicando-se a FET pela ET<sub>o</sub> diária (ET<sub>o</sub>), também obtida na estação meteorológica, obteve-se a evapotranspiração real diária (ET<sub>r</sub>). Para análise da evapotranspiração de acordo com as classes de uso e cobertura da terra, foi utilizada a imagem MODIS MCD12Q1, tile h13v11 do ano de 2010.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1 a predominância de áreas de agricultura e pastagens na região noroeste do Paraná. A principal atividade da região é a pecuária de corte, porém, pela fragilidade e baixa fertilidade dos solos, observa-se a ocorrência de erosões e pastagens degradadas. Também, observam-se na região os cultivos de mandioca, cana-de-açúcar e laranja. As culturas anuais se encontram em destaque nas regiões limítrofes ao sul e leste da imagem. Vale destacar o potencial da região para o desenvolvimento de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta como opção de diversificação e melhor convivência com os riscos climáticos.

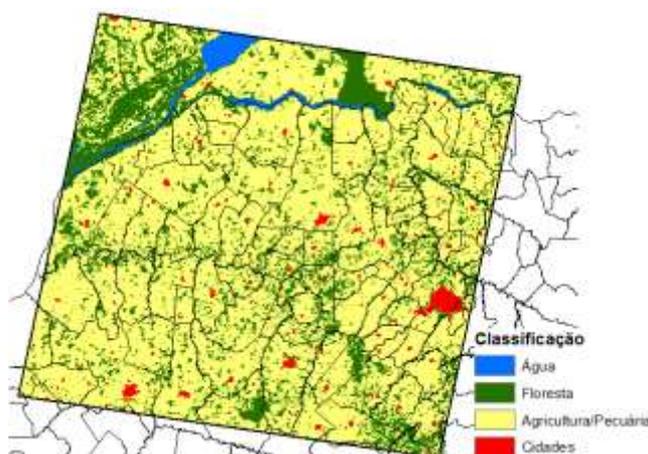


Figura 1. Classificação de uso do solo baseada no produto MODIS MCD12Q1 de 2010.

Na Figura 2 são apresentados os dados de precipitação do período e destaque para os dias de passagem do satélite na região. Para as duas primeiras imagens houve um maior período de dias sem precipitação em relação à última imagem. Essa diferença impacta diretamente na evapotranspiração calculado de cada imagem.



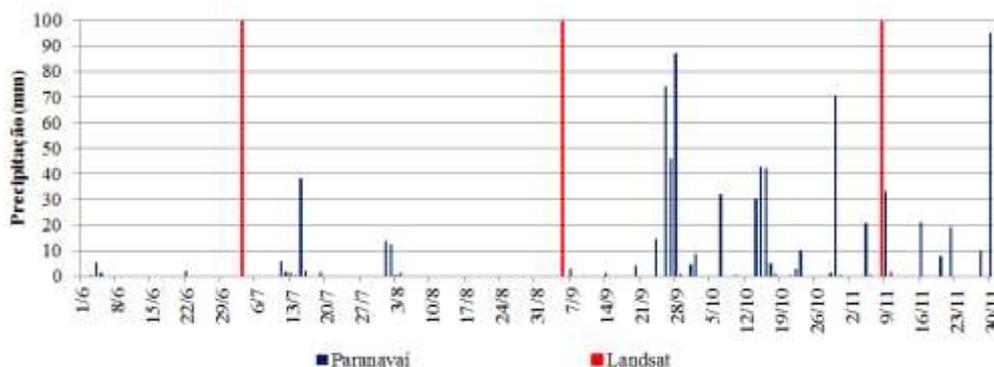
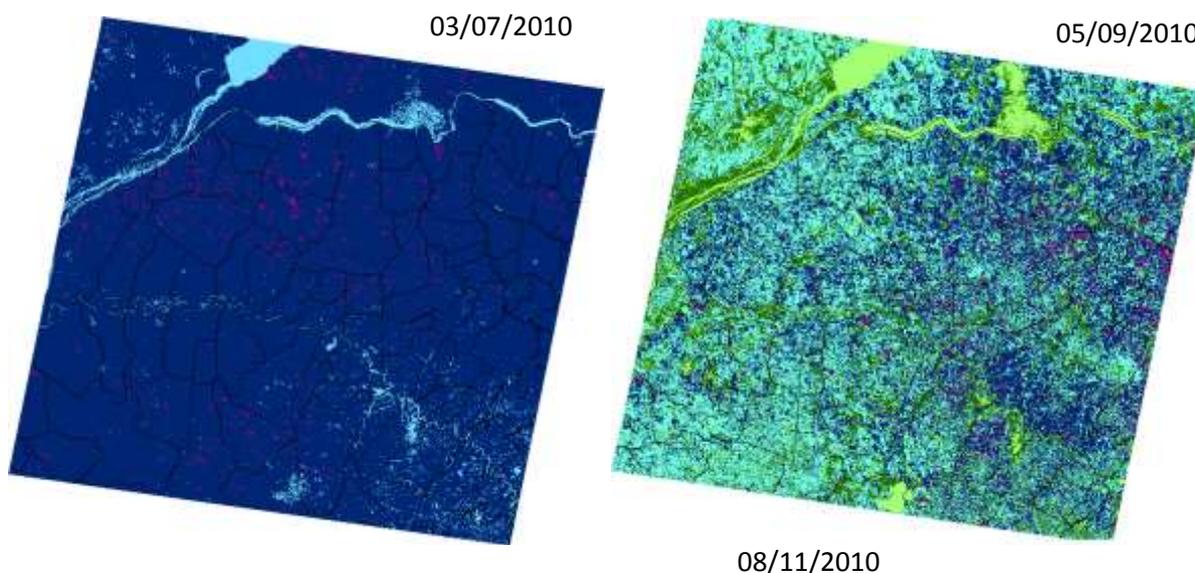
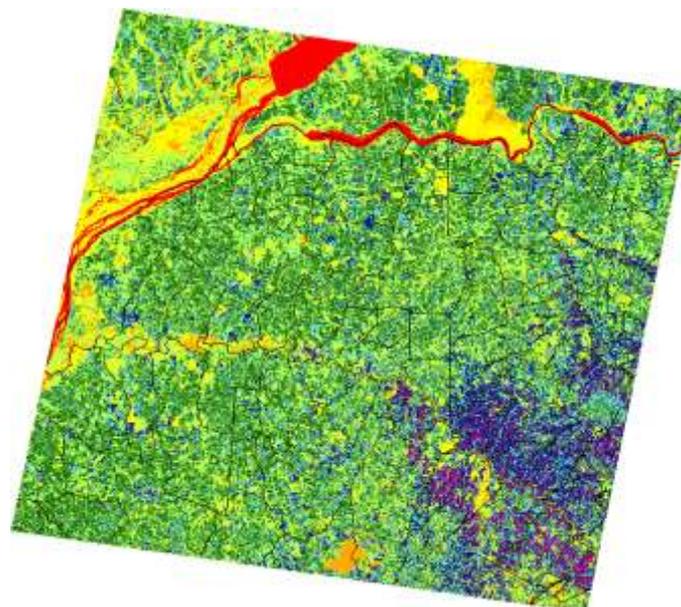


Figura 2. Precipitação diária (mm) na estação de Paranavaí de 01/06/2010 a 30/11/2010, destaque em vermelho para o dia de geração das imagens Landsat 5 TM.

Na Figura 3 são apresentados os mapas de evapotranspiração para as 3 imagens Landsat 5 TM. Os valores de ETo (diária) FAO-56 (Allen et al., 1998) calculados com os dados da estação meteorológica de Paranavaí para as datas de 03/07/2010, 05/09/2010 e 08/11/2010 foram respectivamente iguais a: 3,21 mm, 4,54 mm e 6,67 mm.

Os valores de evapotranspiração foram inferiores em junho e maiores em novembro. A ocorrência de maior volume de precipitação nos dias anteriores à passagem do satélite no dia 08/11/2010 e a maior incidência de radiação solar propiciam maiores valores de evapotranspiração nesta última data. As áreas de floresta apresentam maiores valores de evapotranspiração nas três imagens, o que é esperado, pois a vegetação permanece ativa e deve-se ao maior desenvolvimento radicular das árvores permitindo-lhes um melhor, mais eficaz e mais prolongado acesso às reservas de água do solo e subsolo. Assim é possível evidenciar claramente a diferença da evapotranspiração em função do uso do solo.





mm 8,0 7,0 6,0 5,0 4,0 3,0 2,0 1,0

Figura 3. Evapotranspiração real (mm) na região noroeste do Paraná em 03/07/2010, 05/09/2010 e 08/11/2010.

Nas áreas de agricultura/pecuária os valores de evapotranspiração são mais contrastantes, pois, além de estádios de desenvolvimentos diversos, ainda o número de culturas englobadas nessa classificação leva a maior variabilidade. É interessante observar na imagem do dia 08/11/2010 que mesmo com disponibilidade hídrica, ainda existem valores baixos de evapotranspiração nas partes sudeste e leste. São áreas ainda não semeadas ou em fase de estabelecimento inicial de culturas anuais, provavelmente soja. O que pode ser visualizado na Figura 4.

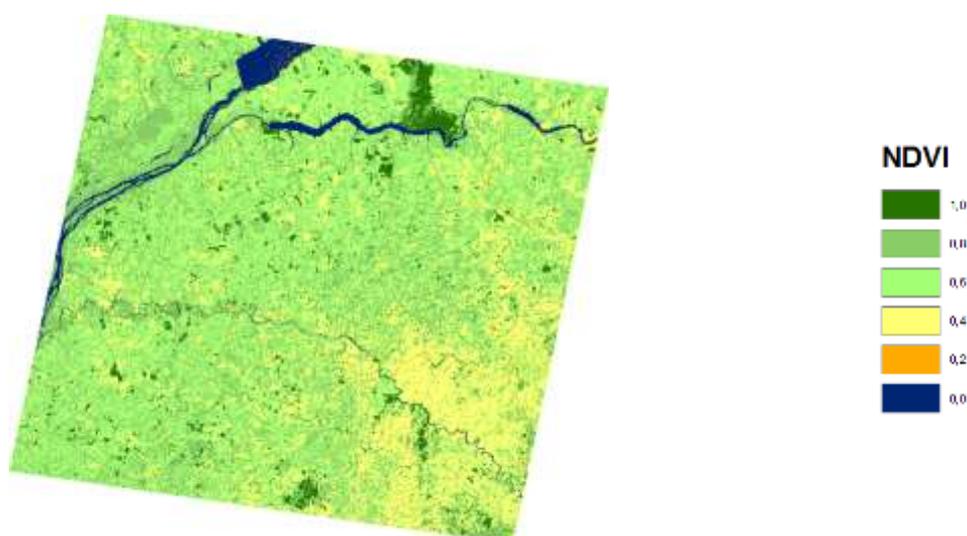


Figura 4. Mapa do Índice de Vegetação NDVI da região Noroeste do Paraná em 08/11/2010.



## CONCLUSÕES

O algoritmo SEBAL mostrou ser uma alternativa para determinar a evapotranspiração em escala regional, sendo importante em regiões sem monitoramento. Os maiores valores de evapotranspiração foram observados nas áreas com maior cobertura vegetal, correspondendo às florestas; já em áreas de agricultura/pecuária houve grande variabilidade.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, D. **Crop evapotranspiration: Guides for computing crop water requirements** Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO;Rome, 1998. 328p. ( FAO Irrigation and Drainage Paper,56).

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAASSEN, W. **Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) - Advanced training and Users Manual**. Kimberly: Idaho Implementation, 2002. 98 p.

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.

INPE. Divisão de Geração de Imagens (DGI). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: maio de 2013.

