

MAPEAMENTO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO CARIRI CEARENSE USANDO IMAGENS ORBITAIS TM-LANDSAT 5 E ALGORITMO SEBAL

BERGSON GUEDES BEZERRA¹, BERNARDO BARBOSA DA SILVA², NELSON JESUS FERREIRA³

¹Físico, Mestre em Meteorologia, Programa de Pós-graduação em Meteorologia, UFCG, Campina Grande – PB, (0xx31) 3310 – 1054, e-mail: bergson.bezerra@gmail.com.

²Meteorologista, Doutor, Professor Adjunto IV, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande – PB, (0xx31) 3310 – 1054, e-mail: bernardo@dca.ufcg.edu.br

³Físico, PhD, Pesquisador Titular do CPTEC/INPE, São José dos Campos – SP 12.246-130 E-mail: nelson@ltid.inpe.br

Escrito para apresentação no

XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola

31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa – PB

RESUMO: A escassez cada vez crescente de água potável é uma preocupação mundial, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas. Nesse sentido, a utilização racional e otimizada da água é uma necessidade, sobretudo em atividades agrícola e industrial. Dessa forma, a estimativa da evapotranspiração (ET) é uma ferramenta importante, principalmente se forem utilizados métodos que possibilitem a sua obtenção em escala regional. O objetivo do presente estudo é a determinação da ET segundo imagens orbitais e o algoritmo SEBAL, que proporciona estimativa da ET a partir do fluxo de calor latente (LE), que é obtido como resíduo da equação do balanço de energia (BE). O BE é calculado com base na radiação do visível e do infra-vermelho (próximo e termal), através de parametrizações físicas. Diante do exposto esta pesquisa objetivou estimar a ET diária na região do cariri cearense, gerada a partir de duas imagens TM-Landsat 5 aplicando o algoritmo SEBAL. Quando comparadas com dados de superfície, as estimativas do SEBAL foram bastante concordantes, mostrando dessa forma, a eficiência do SEBAL na estimativa da evapotranspiração, quando aplicado a imagens orbitais de alta resolução.

PALAVRAS CHAVES: BALANÇO DE ENERGIA, EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL, ALBEDO

EVAPOTRANSPIRATION IN CARIRI AREAS OF CEARA STATE USING TM – LANDSAT 5 ORBITAL IMAGES AND SEBAL ALGORITHM

ABSTRACT: The shortage of drinking water is a big concern, particularly in arid and semi-arid areas. In that sense, the rational and optimized use of the water is a need, specifically in agricultural and industrial activities. In this sense, the estimate of the evapotranspiration (ET) it is an important tool, mainly when using methods that make possible your assessment in regional scale. The objective of the present study is the determination of ET according to orbital images and the SEBAL algorithm that provides ET estimations from the latent heat flux obtained as residue of the energy balance equation (BE). The BE is calculated with radiance in the visible and of the infra-red bands, through physical parameterizations. So this research has as main objective the determination of the daily ET in the Cariri areas of Ceará State, based on the application of SEBAL to two TM-Landsat 5 images. When compared with surface data, the estimates of SEBAL presented good agreement showing in that way, the efficiency of SEBAL in the estimate of the evapotranspiration, when applied to high resolution orbital images.

KEY WORDS: ENERGY BALANCE, ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION, ALBEDO

INTRODUÇÃO: Os métodos clássicos de estimativa da evapotranspiração (ET), como razão de Bowen, correlações turbulentas e medidas diretas com lisímetros, são muito precisos; porém, suas estimativas são válidas para áreas homogêneas, em geral de pequena dimensão. A obtenção da ET em escala regional significa considerar um conjunto de áreas homogêneas ou não, e a sua determinação com os métodos

citados apresentariam sérias limitações. Nesse sentido, o uso de imagens de satélites tem propiciado a determinação da ET na escala da resolução do respectivo sensor, com boa precisão e grande cobertura espacial. O SEBAL é o método de obtenção da ET com imagens de satélite, provavelmente mais utilizado na atualidade e fundamenta-se em medições radiométricas de sensores a bordo em satélite, e parametrizações apropriadas. O mesmo tem sido aplicado em diversos estudos e já é utilizado em rotina operacional no manejo hídrico da bacia do Bear River – Estados Unidos. O SEBAL estima a ET a partir do fluxo de calor latente (LE), que é calculado como resíduo da equação do balanço de energia. O cômputo do saldo de radiação (Rn) é obtido através de onze passos computacionais que envolvem cálculos das reflectâncias, albedo, emissividades e índices de vegetação. O fluxo de calor no solo (G) é feito a partir de parametrizações que envolvem temperatura e outras propriedades físico-biológicas da cobertura do solo. O cálculo do fluxo de calor sensível (H) é feito com base na teoria da similaridade de Monin-Obukhov e requer dados de velocidade do vento de um ponto da cena a ser estudada (Allen et al., 2002a). Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo o mapeamento da ET através de imagens do sensor TM - Landsat 5 e do algoritmo SEBAL e validar os resultados com dados coletados em campos de algodão e mamona com a técnica de razão de Bowen.

MATERIAIS E MÉTODOS: A área estudada fica localizada na região do Cariri cearense, abrangendo partes dos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte e parte da reserva florestal da Chapada do Araripe. A área é bastante heterogênea, composta de áreas de agricultura irrigada e de sequeiro e vegetação nativa. Foram utilizadas duas imagens TM - Landsat 5, da órbita/ponto 217/065, adquiridas junto ao INPE. As imagens utilizadas são dos dias 15/10/2005 (dia do ano (DA) = 288) e 31/10/2005 (DA = 304). Foram ainda utilizados dados de superfície coletados em campos de algodão e mamona no campo experimental da Embrapa/Algodão, em Barbalha - CE. Foi utilizado o algoritmo SEBAL, que calcula ET pela seguinte equação: $ET = FET_{0-24} \cdot ET_{0-24}$, onde FET_{0-24} é a fração de evapotranspiração real, obtida pela razão entre a evapotranspiração horária (ET_H), que é obtida a partir de LE pela equação $ET_H = 3600 \cdot LE / L$, onde L é o calor latente de vaporização e a ET_0 a evapotranspiração de referência horária, obtida pelo método FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998). O valor de LE foi calculado como resíduo da equação do Balanço de Energia $LE = R_n - H - G$. O R_n foi obtido pela equação $R_n = (1 - \alpha)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \epsilon_0)R_{L\downarrow}$ onde α é albedo, $R_{s\downarrow}$ a radiação de onda curta incidente, $R_{L\downarrow}$ a radiação de onda longa incidente, $R_{L\uparrow}$ a radiação de onda longa emitida e ϵ_0 a emissividade da superfície (Allen et al., 2002a). Os valores de G foram calculados através da relação empírica $G = [T_s / \alpha(0,0038 \cdot \alpha + 0,0074 \cdot \alpha^2)](1 - 0,98 \cdot IVDN^4) R_n$, proposta por Bastiaanssen (2000), onde T_s é a temperatura da superfície e IVDN o índice de vegetação da diferença normalizada. Já H foi obtido pela equação $H = (\rho \times c_p \times dT) / r_{ah}$, onde ρ é a densidade do ar, c_p é o calor específico do ar, r_{ah} é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor e dT é a diferença de temperatura superfície-ar próximo a superfície.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 estão apresentadas as imagens da ET diária para os dias estudados. As áreas em verde-escuro representam áreas que apresentaram ET maior que $6,0 \text{ mm dia}^{-1}$. Observa-se que esses valores concentraram-se predominantemente na parte inferior da cena, correspondendo a reserva florestal da Chapada do Araripe. Os demais pontos isolados da cena correspondem a áreas de cultivos agrícolas e espelhos d'água (barragens ou açudes da região). Allen et al (2002b), em estudo com dados Landsat no sudeste do estado americano de Idaho, obtiveram em áreas irrigadas valores de ET de $7,0 \text{ mm.dia}^{-1}$ nos dias 23/07/1989 e 25/09/1989. Valores semelhantes também foram obtidos por Sobrinho et al. (2005) para áreas irrigadas por sistema de pivô central no campo experimental de Barrax, na Espanha, com o algoritmo S-SEBI. As áreas com valores de ET menores que $1,0 \text{ mm dia}^{-1}$ estão representadas pela cor vermelha e correspondem a áreas de solo exposto ou com baixa cobertura vegetal. Wang et al. (2005), aplicando o SEBAL a imagens ASTER no estado americano do Novo México, encontraram valores nessa magnitude para áreas desérticas e para áreas com pouca vegetação. No restante da cena a ET apresenta acentuada variabilidade. Nas áreas em amarelo tem-se ET

entre 1,0 e 2,0 mm dia⁻¹, nas em azul ET entre 2,0 e 3,0 mm dia⁻¹, nas em azul turquesa ET entre 3,0 e 4,0 mm dia⁻¹ e nas em cor magenta ET entre 4,0 e 5,0 mm dia⁻¹. Essa variabilidade evidencia a heterogeneidade da cobertura vegetal da área estudada e região. A diminuição de áreas com ET menor que 1,0 mm dia⁻¹ (área vermelha) na imagem de 31/10/2005 em relação a imagem de 15/10/2005, deve-se provavelmente a ocorrências de chuvas na região entre as datas das imagens, uma vez que é visível também o aumento das áreas com ET maior que 6,0 mm dia⁻¹ da imagem do dia 31/10/2005 em relação a imagem do dia 15/10/2005. Na Figura 2 estão apresentados os ciclos diários da ET horária obtidos pela técnica da razão de Bowen na cultura do algodão e o valor horário da ET estimado pelo SEBAL para o momento da passagem do satélite. Observa-se que os valores foram bastante concordantes, embora os resultados horários medidos tenham sido baseados em médias de 20 minutos e o valor horário da ET estimado pelo SEBAL é um valor integrado para o período de uma hora a partir do LE obtido para o momento da passagem do satélite.

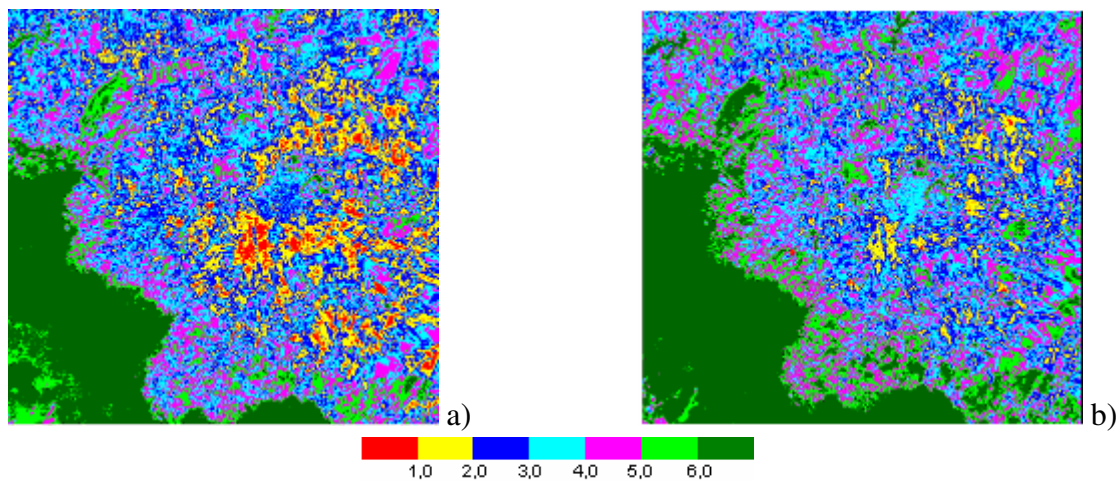


Figura 1: Imagens da ET para os dias 15/10/2005 a) e 31/10/2005 b).

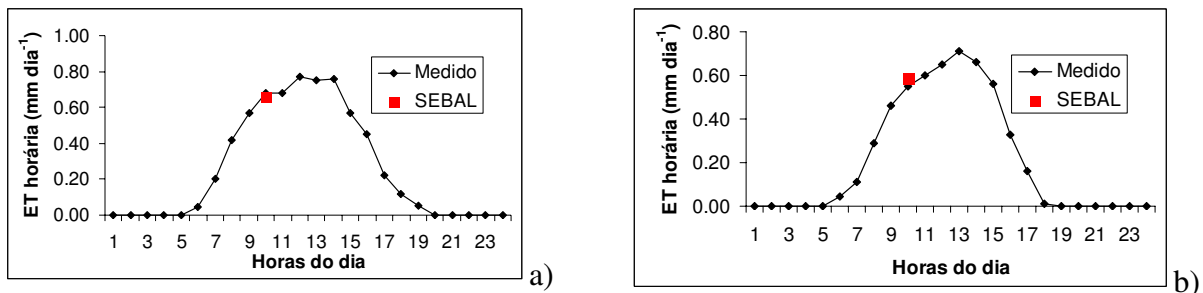


Figura 3: Ciclo diurno da ET medida pela técnica da razão de Bowen na cultura do algodão e ET horária estimada pelo SEBAL nos dias 15/10/2005 a) e 31/10/2005 b)

A Figura 3 apresenta uma comparação entre a ET diária estimada pelo SEBAL e a ET diária medida em campos de algodão e mamona. Observa-se que houve boas concordâncias entre os resultados, uma vez que em ambos os dias e em ambas as culturas verificou-se diferenças inferiores a 1,0 mm dia⁻¹, corroborando dessa forma com Trezza (2002), quando comparou estimativas do SEBAL com medidas lisimétricas em Idaho, EUA. Essas diferenças, portanto, representam discrepâncias menores que 10%. Bastiaanssen et al. (1998) ao aplicar o SEBAL a imagens TM-Landsat 5 em campos experimentais de EFEDA (Espanha), HAPEx-Sahel (Nigéria) e HEIFE-Bacia do Rio Heihe (China), obtiveram diferenças entre os resultados do SEBAL e medições em torres micrometeorológicas dentro da faixa de incerteza instrumental. Ainda no mesmo estudo, o SEBAL apresentou precisão de 90% quando aplicado a dados de outros sensores orbitais.

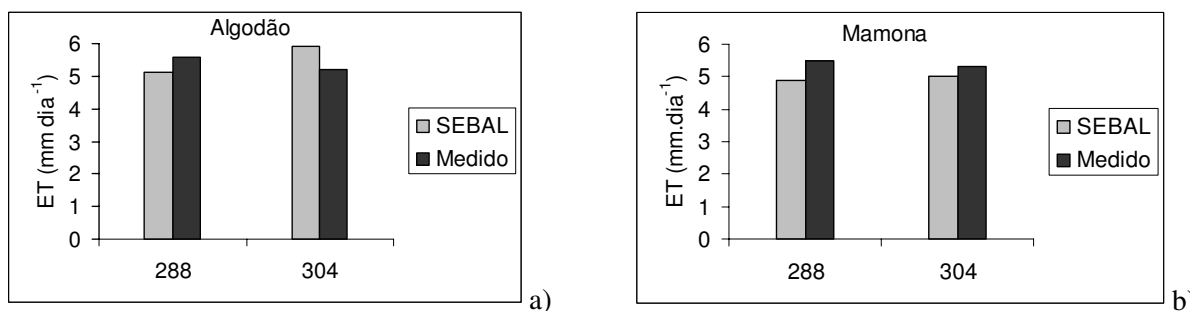


Figura 3: Comparação entre a ET estimada pelo SEBAL e medida pelo método da razão de Bowen em campos de algodão a) e Mamona b), em Barbalha-CE, nos dias estudados.

CONCLUSÕES: Diante dos resultados apresentados fica evidente a eficiência do algoritmo SEBAL quanto a estimativa da ET, sobretudo quando aplicado a imagens orbitais de alta resolução.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. .SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002a.

ALLEN, R. G.; MORSE, A.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; BASTIAANSSEN, W.; WRIGHT, J. L.; KRAMBER, W. Evapotranspiration from a satellite-based surface energy balance for Snake Plain aquifer in Idaho. Presented at the meeting of United States Committee on Irrigation, Drainage, and Food Control at San Luis Obispo, CA, 2002b.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.** Rome-Italy, 1998.

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.; 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.

SOBRINO, J. A.; GÓMEZ, M.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; OLIOSO, A.; CHEHBOUNI, G. A Simple algorithm to estimate evapotranspiration from DAIS data: Application to the DAISEX campaigns. **Journal of Hydrology**. v. 315. p. 117-125. 2005.

TREZZA, R. Evapotranspiration using a satellite-based Surface energy balance with Standardized ground control. 247f. Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering). Utah State University. Logan, Utah, 2002.

WANG, J.; SAMMIS, C. A.; MEIER, L.; SIMMONS, D. R.; SAMANI, Z. A Modified Sebal Model for Spatially Estimating Pecan Consumptive Water Use for Las Cruces, New Mexico. Disponível em:.. Acesso em: 07 de Julho de 2005.