



¹ Doutorado em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB

² DSc. Professor Associado, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG

³ Mestrando em Meteorologia, UFCG

RESUMO: O objetivo deste artigo foi estimar a evapotranspiração (ET) diária do algodão aplicando o algoritmo S-SEBI a imagens TM – Landsat 5 e compará-la com dados de campo obtidos pela razão de Bowen. Os resultados apresentaram, em dois dos quatro dias estudados, diferenças superiores a 1,0 mm dia⁻¹. Buscando melhorias nos resultados, aplicou-se o método de cálculo da ET diária do SEBALID ao LE estimado pelo S-SEBI e em todos os dias as diferenças foram inferiores a 0,5 mm dia⁻¹. Assim, ficou evidente o melhor desempenho do método do SEBALID para estimativa da ET diária.

Palavras-chave: S-SEBI, SEBAL_{ID}, fração evaporativa.

ESTIMATE OF DAILY EVAPOTRANSPIRAÇÃO AT REMOTE SENSING DATA BASED

ABSTRACT: The aim of this article was to estimate daily evapotranspiration (ET) of cotton crop, applying the S-SEBI algorithm to TM - Landsat 5 images and compare the results with field observations obtained by Bowen ratio. The results presented in two of the four days studied, differences superior to 1.0 mm day⁻¹. Seeking improvement in the results, it was applied the SEBALID method to calculation daily ET from LE estimated by the S-SEBI and every day the differences were less than 0.5 mm day⁻¹. Thus, it was obvious the best performance of the SEBALID method for estimation of the daily ET.

Key-words: S-SEBI, SEBALID, evaporative fraction

INTRODUÇÃO

A estimativa da evapotranspiração real (ET) de culturas irrigadas com base em dados de sensoriamento remoto orbital (SRO) é cada vez crescente. Assim, vários algoritmos de processamento de dados de SRO para obtenção do balanço de energia (BE) e da ET têm sido propostos a exemplo do SEBAL (Bastiaanssen et al., 1998) e S-SEBI (Roerink et al., 2000). Inúmeros estudos com essa finalidade têm sido realizados em diferentes regiões do planeta como nos EUA, Europa, Ásia e Brasil (Allen et al., 2007; Kimura et al., 2007; Sobrino et al., 2007 e Bezerra et al., 2007).

O que difere os principais algoritmos de obtenção do BE e ET a partir de SRO são os cálculos dos fluxos de calor sensível (H) e latente (LE) e a metodologia para obtenção da ET diária que, normalmente é feita mediante a extrapolação do LE instantâneo para valores diários. O S-SEBI e o SEBAL, na sua versão original, fazem esta extrapolação com base na fração evaporativa e no saldo de radiação diário - Rnd. Em aplicações do SEBAL (Bastiaanssen, 2000), e do S-SEBI (Sobrino et al., 2007), o Rnd foi obtido com base na radiação global diária medida em estação meteorológica. A presença da radiação global diária nessa metodologia contempla eventuais coberturas de nuvens que possam ter ocorrido em instantes antes ou depois do imageamento, porém apresenta limitações quanto ao efeito advectivo.

Nos EUA, Trezza (2002), propôs uma nova metodologia para obtenção da ET diária no SEBAL, que chamou de SEBALID, numa alusão ao estado de Idaho onde foram feitos os estudos, baseada no método clássico do coeficiente de cultura, Kc, proposto pela FAO-56 (Allen et al., 1998). O Kc, que foi denominado por Trezza (2002) de fração de evapotranspiração de referência, FET0, é calculado através do LE e da evapotranspiração de referência, ET0, instantânea e a ET diária é calculada através do produto do Kc ou FET0 com a ET0 diária. Segundo o próprio Trezza (2002) a vantagem de obter a ET com base na ET0 era que além das eventuais coberturas de nuvens, o método contempla efeitos advectivos uma vez que a ET diária é fortemente ligada a variáveis de tempo, sobretudo a velocidade do vento.

Diante do exposto o presente artigo tem por objetivo analisar a ET diária obtida pelo método S-SEBI e pela combinação S-SEBI/SEBALID, mediante comparação com observações de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

A ET diária estimada pelo S-SEBI foi feita com base na Equação 1:

$$ET = LE \cdot \frac{Rnd}{L(Rn - G)} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que, Rnd já definido e obtido através do método proposto por Bastiaanssen (2000), L é o calor latente de vaporização da água (J kg⁻¹), Rn é o saldo de radiação e G é o fluxo de calor no solo, no instante da passagem do satélite.

O Rn foi calculado pela Equação 2:

$$Rn = (1 - \alpha) \cdot R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \varepsilon_0) \cdot R_{L\downarrow} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que: α é albedo da superfície, a radiação de onda longa emitida pela superfície e a emissividade da superfície, todos obtidos pixel a pixel a partir das imagens Landsat 5-TM. a radiação global, estimada com base na constante solar, no ângulo de incidência solar e na transmissividade atmosférica e a radiação de onda longa incidente, estimada pela equação de Stefan-Boltzman com base na temperatura do ar no instante da passagem do satélite (ver Kimura et al., 2007, para detalhes).

Já o G, por sua vez, foi calculada pela Equação 3, proposta por Bastiaanssen (2000).

$$G = \left[T_s / \alpha (0,0038 \cdot \alpha + 0,0074 \cdot \alpha^2) \cdot (1 - 0,98 \cdot NDVI^4) \right] \cdot Rn \quad (\text{Eq. 3})$$

em que, Ts é a temperatura da superfície (K) e NDVI é o índice de vegetação por diferença normalizada.

O cálculo do LE foi feito de acordo com Roerink et al. (2000) e Sobrino et al. (2007).

$$LE = (1 - \Lambda) \cdot (Rn - G) \quad (\text{Eq. 4})$$

em que: Λ é a fração evaporativa que foi calculada baseada na metodologia proposta por Roerink et al. (2000), conforme a Equação 5.

$$\Lambda = \frac{a_H + b_H \cdot \alpha - T_s}{a_H - a_{LE} + (b_H - b_{LE}) \cdot \alpha} \quad (\text{Eq. 5})$$

em que, α é o albedo, T_s é a temperatura da superfície, a_H e b_H são os coeficientes de regressão linear entre T_s e α para obtenção da temperatura dos pixels de máximos valores de H, a_{LE} e b_{LE} os coeficientes de regressão linear entre T_s e α para obtenção da temperatura dos pixels de máximos valores de LE. A metodologia para obtenção dos coeficientes a_H , a_{LE} , b_H e b_{LE} pode ser vista com detalhes em Roerink et al. (2000) e Sobrino et al. (2007).

Ainda foi avaliada a ET diária calculada mediante a extrapolação do LE instantâneo calculado pelo S-SEBI (Equação 4) através do método SEBALID, proposto por Trezza (2002), conforme equação seguinte:

$$ET = FET_0 \cdot ET_0 \quad (\text{Eq. 6})$$

em que: FET_0 é a fração de evapotranspiração de referência, que segundo Trezza (2002) equivale ao K_c proposto pela FAO-56 (Allen et al., 1998). A FET_0 foi calculada pela razão entre o LE calculado pelo método S-SEBI (Equação 4) e integrado para o intervalo de uma hora e a evapotranspiração de referência horária, ET_{0H} , conforme Allen et al. (2002).

$$FET_0 = 3600LE/L \cdot ET_{0H} \quad (\text{Eq. 7})$$

em que:

L é já foi definido no texto seguinte a Equação 1.

Tanto a ET_0 como a ET_{0H} foram calculadas a partir do método FAO-56 (Allen et al., 1998), com dados da estação meteorológica de Barbalha-CE.

Área experimental da Embrapa/Algodão, em Barbalha-CE (7°17'S, 39°16'W).

Os dados da validação foram oriundos de uma campanha experimental sobre a cultura do algodão, utilizando técnica de razão de Bowen.

Utilizou-se quatro imagens TM- Landsat 5 de 29/09, 15 e 31/10 além 16/11 de 2005.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os resultados obtidos pelo S-SEBI sobre a cultura do algodão estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que em dois dos quatro dias estudados a diferença entre as observações de campo e os resultados do S-SEBI foram superiores a 1,0 mm dia⁻¹, sendo que no dia 29/set o resultado foi bastante semelhante ao obtido por Sobrino et al. (2007), 1,4 mm dia⁻¹, com base em imagens AVHRR-NOAA.

Esses resultados, dependendo da aplicação, podem ser considerados satisfatórios, a exemplo de monitoramento da ET de bacias hidrológicas. No entanto, para uso do S-SEBI como ferramenta auxiliar no manejo de irrigação de culturas altamente sensíveis ao excesso hídrico, como algumas fruticulturas e hortaliças, este resultado pode incorrer em sérios prejuízos tanto ambientais como financeiro.

Tabela 1: ET diária da cultura do algodão obtida em campo e com o S-SEBI

	OBSERVAÇÕES DE CAMPO	S-SEBI	DIFERENÇA ABSOLUTA (mm dia ⁻¹)	ERRO PERCENTUAL (%)
29/set	4.5	5.8	1.3	28.9
15/out	5.6	6.2	0.6	10.7
31/out	5.3	7.7	2.4	45.3
16/nov	6.2	6.6	0.4	6.5

Face aos resultados, foi aplicada a metodologia do SEBALID proposta por Trezza (2002) para extrapolação do LE estimada pelo S-SEBI e a conseqüente obtenção do ET diária, que chamamos de combinação S-SEBI/SEBALID, com o intuito de obter melhorias nos resultados. Conforme é apresentado na Tabela 2, observa-se que todos os resultados apresentaram melhorias bastante satisfatórias, com diferenças em três dos quatro dias estudados inferiores a 0,5 mm dia⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Bezerra et al. (2007) aplicando a mesma metodologia de Trezza (2002), porém utilizando o LE calculado pela metodologia SEBAL, demonstrando assim, que o BE estimado por SEBAL e S-SEBI são bastante similares.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados ficou evidente que o método S-SEBI apresentou bastante eficácia na estimativa da ET diária, principalmente quando utilizou o método para extrapolação do LE do SEBALID.

Tabela 2: ET diária da cultura do algodão obtida em campo e com a combinação S-SEBI/SEBAL_{ID}

	OBSERVAÇÕES DE CAMPO	S-SEBI/SEBAL _{ID}	DIFERENÇA ABSOLUTA (mm dia ⁻¹)	ERRO PERCENTUAL (%)
29/set	4.5	4.7	0.2	4.4
15/out	5.6	5.3	0.3	5.4
31/out	5.3	5.8	0.5	9.4
16/nov	6.2	5.9	0.3	5.8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; MORSE, A.; TREZZA, R.; WRIGHT, J. L.; BASTIAANSEN, W.; KAMBER, W.; LORITE, I.; ROBISON, C. W. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC) – Applications. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.133, n.4, p.395-406, 2007.
- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.

- 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, B. G.; SILVA, B. B. SANTOS, C. A. C. Estimativa da evapotranspiração da cultura do algodoeiro através de imagens orbitais e do algoritmo SEBAL. In. *Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação 1 & Conferência sobre Recursos Hídricos do Semi-Árido Brasileiro 1*, Sobral-CE. Anais..., Sobral-CE: 2007 (CD-ROM).
- KIMURA, R.; BAI, L.; TAKAYAMA, N.; HINOKIDANI, O. Evapo-transpiration over the river basin of the Loess Plateau of china base on remote sensing. *Journal of Arid Environments*, n. 68, p. 53-65, 2007.
- ROERINK, G. J.; SU, Z.; MENENTI, M. S-SEBI: a simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, n.25, p.147-157, 2000.
- SOBRINO, J. A.; GÓMEZ, M.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; OLIOSO, A. Application of a simple algorithm to estimate daily evapotranspiration from NOAA-AVHRR images for the Iberian Peninsula. *Remote Sensing of Environment*, v.110, p.139-148, 2007.
- TREZZA, R. Evapotranspiration using a satellite-based Surface energy balance with Standardized ground control. Logan, 2002. 247f. Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering). Utah State University.