



I Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Conferência sobre Recursos
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro
26 a 28 de Setembro de 2007
Sobral - CE

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO ALGODOEIRO ATRAVÉS DE IMAGENS ORBITAIS E DO ALGORITMO SEBAL

BEZERRA, B. G.¹; SILVA, B. B. DA² & SANTOS, C. A. C. DOS¹

¹Doutorando em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB.

²Professor Adjunto IV, Meteorologista, D.Sc. Unidade Acad. de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande-PB

RESUMO : Essa pesquisa objetivou a obtenção dos componentes do balanço de energia e da ET da cultura do algodoeiro, utilizando imagens Landsat 5-TM e o algoritmo SEBAL e comparar os resultados obtidos com medidas de superfície obtidas através da razão de Bowen. Os resultados mostraram que houve uma concordância satisfatória entre os valores estimados e os medidos apresentando uma diferença inferior a 0,5 mm dia⁻¹ evidenciando assim, a boa performance da técnica quando aplicada a agricultura irrigada em regiões semi-áridas.

Palavras-chave: landsat 5-tm, algodão, irrigação.

ESTIMATE OF THE EVAPOTRANSPIRATION OF THE COTTON CROP THROUGH ORBITAL IMAGES AND SEBAL ALGORITHM

ABSTRACT: That research aimed at the obtaining of the components of the energy balance and ET of the cotton crop, using Landsat 5-TM images and the SEBAL algorithm and to compare the results obtained with surface measures obtained through the Bowen Ratio techniques. The results showed that there was a satisfactory agreement between the dear values and the measured ones presenting an inferior difference to 0,5 mm day⁻¹ evidencing like this, the good performance of the technique when applied the agriculture irrigated in semi-arid areas.

Keywords: landsat 5-tm, cotton crop, irrigation.

INTRODUÇÃO

O cultivo do algodão (*Gossipium Hirsutum*) foi até a década de 80 a principal atividade agrícola e econômica do sertão do Nordeste Brasileiro (NEB). A partir de então problemas como a baixa competitividade com as fibras sintéticas e principalmente o manejo inadequado



que inviabilizou a convivência com a praga do bicudo (*Anthonomus grandis*), proliferada em meados dos anos 80, resultaram na queda substancial da produção. No entanto, a adoção de variedades e de manejo adequados que possibilitem a convivência com os problemas citados anteriormente, além da prática de irrigação poderão tornar novamente o cultivo do algodão uma atividade viável para o sertão semi-árido do NEB.

A aplicação de lâminas de irrigação compatíveis com as reais necessidades hídricas da cultura é um fator limitante na produção. Assim, se faz necessário o conhecimento das perdas de água pela cultura (evapotranspiração - ET) no período que antecede a aplicação da irrigação. A estimativa da ET pode ser feita com bastante precisão através da razão de Bowen, das correlações turbulentas ou medidas lisimétricas. Ainda existem as técnicas de sensoriamento remoto orbital como o SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) (Bastiaanssen, 1995) que ao contrário dos métodos citados que carecem de medidas de diversas variáveis meteorológicas da cultura, utiliza-se apenas imagens orbitais e dados de estações meteorológicas próximas do interior da cena estudada. Diante do exposto a presente pesquisa objetiva a obtenção do balanço de energia (BE) e da ET para a cultura do algodão utilizando o SEBAL, imagens Landsat 5-TM dados de estação meteorológica e comparar os resultados com medidas de superfície obtidas através da técnica da razão de Bowen.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Campo Experimental da Embrapa/Algodão no município de Barbalha-CE (7°17'25.93" S 39°16'05.61" W). Foram utilizadas quatro imagens Landsat 5-TM, da órbita/ponto 217/065, nos dias 29/09/2005, 15/10/2005, 30/10/2005 e 16/11/2005. A cultura utilizada foi o algodão herbáceo semeada obedecendo a um espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 0,5 m entre covas e irrigada semanalmente.

A técnica utilizada foi o algoritmo SEBAL, que estima a ET diária pela equação 1.

$$ET_{24} = Kc.ET_{0(24)} \quad (1)$$

em que: ET_{24} é a evapotranspiração diária (mm dia^{-1}), Kc é o coeficiente de cultivo e $ET_{0(24)}$ é a evapotranspiração de referência diária.

O Kc foi calculado pela razão entre o valor horário da evapotranspiração, ET_h , calculado para o intervalo de 9:00 as 10:00 hs (horário local), pela evapotranspiração de referência horária, $ET_{0(h)}$ também do mesmo intervalo, de acordo com a equação 2:

$$Kc_{(h)} = Kc = ET_h / ET_{0(h)} \quad (2)$$

De acordo com Trezza (2002) e Allen et al. (2002) o valor horário do $Kc_{(h)}$ tem um comportamento praticamente constante durante o período diurno, logo o mesmo pode ser considerado igual ao valor diário ($Kc_{(h)}=Kc$).

A ET_h foi calculada integrando o valor instantâneo do fluxo do calor latente, LE , de acordo com a equação 3:

$$ET_H = 3600.LE/L \quad (3)$$

em que L é calor latente de vaporização da água ($L = 2,45 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$).

O fluxo de calor latente instantâneo foi calculado como resíduo da equação do balanço de energia.

$$LE = Rn - G - H \quad (4)$$

em que Rn é o saldo de radiação (W m^{-2}), G é o fluxo de calor no solo (W m^{-2}) e H é o fluxo de calor sensível (W m^{-2}), todos calculados para o instante da passagem do satélite, conforme as equações seguintes:

$$Rn = (1 - \alpha)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (5)$$

onde α é albedo da superfície, $R_{L\uparrow}$ é a radiação de onda longa (termal) emitida pela superfície, ε_0 é a emissividade da superfície, todos obtidos pixel a pixel a partir das imagens Landsat 5-TM, $R_{s\downarrow}$ é a radiação de onda curta incidente, estimada com base na constante solar, no ângulo de incidência solar e na transmissividade atmosférica e $R_{L\downarrow}$ é 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).

$$G = [Ts/\alpha(0,0038.\alpha + 0,0074.\alpha^2)(1 - 0,98.NDVI^4)]R_n \quad (6)$$

onde Ts é a temperatura da superfície (K) e $NDVI$ é o índice de vegetação por diferença normalizada.

O cômputo de H é feito a partir da velocidade do vento e da temperatura da superfície usando uma única calibração interna da diferença de temperatura (dT) como descreve Bastiaanssen et al. (1998), Allen et al (2002) e Tasumi et al. (2005).

$$H = \rho_{ar}c_p(a + b.Ts)/r_{ah} \quad (7)$$

onde ρ_{ar} é a densidade do ar (Kg m^{-3}), c_p é o calor específico do ar a pressão constante ($1004 \text{ J Kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$), r_{ah} é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor (s m^{-1}), Ts é a temperatura da superfície e “ a ” e “ b ” são coeficientes empíricos calibrados para cada imagem. O termo “ $a + b.Ts$ ” na equação representa a diferença da temperatura do ar próximo a superfície, computada entre as alturas de 0,2 m e 2,0 m. A definição dos coeficientes “ a ” e “ b ” requer a seleção de



dois pixels que representem situações extremas. Tais pixels são chamados de “quente”, escolhido sobre áreas desprovidas de vegetação, e “frio”, escolhido sobre área agrícola bem irrigada, onde o valor de dT pode ser calculado utilizando o valor conhecido de H , ou seja, $H = 0$ e consequentemente $dT = 0$ para o pixel frio e $H = Rn - G$, no pixel quente, onde o fluxo de calor latente é nulo, $LE = 0$. A partir daí são feitas sucessivas correções dos valores de H , do comprimento de Monin-Obukhov, dos parâmetros de estabilidade, da velocidade de fricção e do r_{ah} até atingir as condições de estabilidade, através de um processo iterativo, baseado na teoria da similaridade de Monin-Obukhov (ver Allen et al., 2002, Tasumi et al., 2005 e Kimura et al., 2007, para detalhes).

A evapotranspiração de referência horária $ET_{0(h)}$ e diária $ET_{0(d)}$ foram obtidas pelo método FAO – Penman-Monteith (Allen et al., 1998), com dados horários e diários de radiação, umidade relativa, velocidade do vento e temperatura medidos na estação meteorológica da Embrapa – Barbalha-CE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a evolução dos valores do NDVI, do SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo), do IAF (Índice de Área Foliar) e do albedo do algodão, onde verifica-se que a partir da segunda data estudada, a cultura atingiu praticamente a sua capacidade máxima de cobertura vegetativa, pois os índices apresentados praticamente se estabilizaram.

A Tabela 2 apresenta os valores instantâneos, para o momento da passagem do satélite, dos componentes do BE sobre a cultura nos dias estudados. Ainda na mesma tabela é apresentada a porção do Rn que foi convertida para cada componente do BE. A maior porção de Rn foi convertida em fluxo de calor latente em todos os dias, com valores de 60 % a aproximadamente 80%. Valores nesta faixa foram encontrados por Moran et al. (1989) e Bastiaanssen (2000), também para a cultura do algodão, utilizando imagens Landsat 5-TM,

Tabela 1: Índices vegetativos e albedo da cultura nos dias estudados

DATA	NDVI	SAVI	IAF	Albedo (α)
29/set	0,36	0,31	0,47	0,18
15/out	0,72	0,65	3,00	0,18
31/out	0,73	0,68	4,15	0,20
16/nov	0,72	0,65	4,14	0,18

Tabela 2: Componentes do balanço de energia da cultura do algodão e percentual do Rn convertidos para os fluxos de G, H e LE

DATA	Rn	G	H	LE	G/Rn (%)	H/Rn (%)	LE/Rn (%)
29/set	615,5	99,2	143,6	370,7	16,1	23,3	60,2
15/out	654,1	71,2	113,8	469,2	10,9	17,4	71,7
31/out	642,4	89,3	162,2	390,8	13,9	25,3	60,8
16/nov	655,3	71,4	65,8	518,2	10,9	10,0	79,1

Tabela 3: Comparação entre a ET estimada pelo SEBAL e a ET medida pela técnica da Razão de Bowen da cultura do algodão, Barbalha-CE.

DATA	ET (SEBAL)	ET (Razão de Bowen)	Diferença (mm dia ⁻¹)	Erro (%)
29/set	4,2	4,5	0,3	5,8
15/out	5,2	5,6	0,3	6,0
31/out	5,2	5,3	0,1	0,3
16/nov	5,8	6,2	0,4	7,9

embora que em regiões diferentes da estudada. Em estudo também com algodão no mesmo Campo Experimental onde a presente pesquisa se desenvolveu Borges (2002) e Rodrigues (2003), também encontraram resultados semelhantes. O G utilizou porções entre 10% e 20%, enquanto que o H utilizou porções de 10% a 25%. Bastiaanssen (2000) também encontrou valores dessa magnitude, sobre a cultura do algodão, na Turquia.

A ET do algodão estimada pelo SEBAL apresentou uma boa concordância quando comparada com os valores medidos sobre a cultura. As diferenças apresentadas entre os valores medidos e os valores estimados foram inferiores a 0,5 mm dia⁻¹ (**Tabela 3**), corroborando assim, com os resultados encontrados por Trezza (2002) quando comparou estimativas do SEBAL com medidas lisimétricas nos EUA.

CONCLUSÕES

O algoritmo SEBAL apresentou uma performance bastante satisfatória quando comparado seus resultados com medidas de superfície.

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.; TASUMI, M.; TREZZA, R. .SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- BASTIAANSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. PhD. Dis., CIP Data Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, The Netherlands. 272 p., 1995.
- BASTIAANSEN, 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.
- BASTIAANSEN, 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.
- BORGES, P. F. Crescimento, Desenvolvimento e Balanço de Radiação do Algodoeiro Herbáceo BRS – 201 em Condições Irrigadas. Campina Grande, 2002. 87f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Departamento de Ciências Atmosféricas, UFCG.
- KIMURA, R.; BAI, L.; FAN, J. TAKAYAMA, N.; HINOKIDANI, O. Evapo-transpiration estimation over the river basin of the Loess Plateau of China based on remote sensing. **Journal of Arid Environments**. v. 68. p.53-65, 2007.
- MORAN, M. S.; JACKSON, R. D.; RAYMOND, L. H. GAY, L. W. SLATER, P. N. Mapping Surface Energy Balance Components by Combing Thematic Mapper and Ground - Based Meteorological Data. **Remote Sensing of Environment**. v. 30. p.77-87, 1989.
- RODRIGUES, M. F. G. Necessidades Hídricas, Crescimento e Desenvolvimento do Algodoeiro, cultivar BRS 201. 132f. Campina Grande, 2003. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, UFCG.
- TASUMI, M.; TREZZA, R.; ALLEN, R. A.; WRIGHT, J. L. Operational aspects of satellite-based energy balance models for irrigated crops in the semi-arid U.S. **Irrigation and Drainage Systems**. V. 19, p. 355-376, 2005.
- 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. Logan, Utah.