

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DIÁRIA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO MEDIANTE RELAÇÃO ENTRE O COEFICIENTE DUAL DE CULTURA FAO-56 E O NDVI OBTIDO POR IMAGENS TM – LANDSAT 5

BERGSON G. BEZERRA¹, BERNARDO B. DA SILVA², JOSÉ R. C. BEZERRA³ e ZIANY N. BRANDÃO⁴

¹Físico, M.Sc. Meteorologia, Doutorando em Meteorologia, Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário – CEP. 58429-900 – Campina Grande – PB. bergson.bezerra@gmail.com.

²Meteorologista, D.Sc., Professor Associado II, Depto. de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande – PB. ³Agrônomo, D.Sc., Pesquisador II, Embrapa/Algodão, Campina Grande – PB. ⁴Engenheira Elétrica, Doutoranda em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande – PB.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

RESUMO – A estimativa da evapotranspiração real é um requisito fundamental no manejo sustentável da irrigação. O método do coeficiente de cultura é universalmente aceito e tem sido calculado a partir de uma relação matemática com o NDVI. Assim, o presente estudo objetivou a estimativa da evapotranspiração diária utilizando a metodologia do coeficiente de cultura calculado a partir do NDVI gerado a partir de medidas do TM – Landsat 5. Os resultados estimados apresentaram fortes concordâncias com os valores observados pela técnica de razão de Bowen. As diferenças foram inferiores a 10%.

PALAVRAS-CHAVES: ÍNDICE DE VEGETAÇÃO, CALOR LATENTE, RAZÃO DE BOWEN.

ESTIMATION OF DAILY ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION OF COTTON CROP THROUGH RELATIONSHIP BETWEEN THE FAO-56 CROP DUAL COEFFICIENT AND NDVI OBTAINED BY TM - LANDSAT 5 IMAGES

ABSTRACT – The estimation of actual evapotranspiration is a key requirement in the sustainable management of irrigation. The method of the crop coefficient is universally accepted and has been calculated from a mathematical relationship with the NDVI. The present study aimed to estimate the daily evapotranspiration using the methodology of the crop coefficient calculated from the NDVI generated from measures of TM - Landsat 5 images. The estimated results showed strong agreement with the values observed by the Bowen ratio technical. The differences were less than 10%.

KEYWORDS: VEGETATION INDEX, LATENTE HEAT, BOWEN RATIO.

Introdução

Um requisito fundamental para a adoção de práticas de manejo sustentável da irrigação é a determinação diária da evapotranspiração real – ET das culturas.

Para determinação da ET em caráter operacional, o método FAO-56 (ALLEN et al., 1998) é muitas vezes preferível provavelmente pela relativa praticidade e tem apresentado níveis de precisão que o tornam universalmente aceito (HUNSAKER et al., 2003).

A abordagem da FAO-56 é baseada na combinação dos conceitos da evapotranspiração de referência – ET_0 e dos coeficientes de cultivo – K_c , “simples” ou “dual” (ALLEN et al., 1998).

$$K_c = (K_e + K_{cb}) = ET/ET_0 \quad (01)$$

A ET_0 representa a demanda atmosférica enquanto o coeficiente de cultura varia predominantemente com as características específicas de cada cultura (ALLEN et al., 1998). Ainda de acordo com ALLEN et al. (1998) o K_c representa a taxa da ET presente na ET_0 , e constitui uma integração dos efeitos das características que distinguem uma cultura qualquer das culturas de referência.

Nos últimos 30 anos, várias pesquisas têm sido realizadas objetivando estimar o K_c a partir de índices de vegetação, a exemplo do NDVI (BAUSCH E NEALE, 1987; NEALE et al., 1989; HUNSAKER et al., 2003; 2005; ER-RAKI et al., 2006 e SIMMONEAUX et al., 2008).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo estimar a evapotranspiração diária do algodão utilizando o coeficiente dual de cultura calculado a partir do NDVI obtido a partir de imagens digitais TM – Landsat 5, além de comparar com medidas de razão de Bowen.

Materiais e Métodos

Área Experimental

A campanha experimental foi realizada na área da EMPARN – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte, no município de Apodi-RN, Nordeste do Brasil (5°37'37"S; 37°49'54"W; e elevação de 138 m).

Método e Imagens de Satélites

Foram adquiridas três imagens TM – Landsat 5 livre da presença de nuvens durante o período experimental, nos dias 01 e 17/11/2008 além de 19/12/2008 da órbita/ponto 216/64.

Para o cálculo da ET foi utilizado o método do K_c dual da FAO-56 (ALLEN et al., 1998):

$$ET = (K_{cb} + K_e) \cdot ET_0 \quad (02)$$

onde: a ET_0 foi calculada pela equação FAO-56 Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), utilizando dados coletados na estação meteorológica de Apodi-RN (5°37'37"S; 37°49'54"W; 150 m) pertencente a rede de estações automática do INMET.

O K_{cb} foi obtido pela relação seguinte segundo SIMONNEAUX et al. (2008):

$$K_{cb} = 1,64 \cdot (NDVI - NDVI_{min}) \quad (03)$$

onde: $NDVI$ é o índice de vegetação da cultura do dia estudado gerado a partir das imagens TM – Landsat 5 e $NDVI_{min}$ é o valor do NDVI mínimo para solo exposto. No presente estudo foi adotado valor de 0,15 (SIMONNEAUX ET AL., 2008). Os procedimentos de cálculo do $NDVI$ envolveram conversão do número digital dos canais 3 e 4 do TM – Landsat 5 em radiância e cálculo da refletância, cujos detalhes estão apresentados em ALLEN et al. (2002).

O K_e foi calculado com base na equação seguinte (SIMMONEAUX et al., 2008):

$$K_e = (1 - fc) \cdot K_{e,max} \quad (04)$$

onde: fc é a fração de cobertura da vegetação: $fc = 1,18(NDVI - NDVI_{min})$ e $K_{e,max}$ representa o máximo coeficiente de evaporação do solo. O K_e foi calculado para cada dia estudado através da equação seguinte (ALLEN ET AL., 1998):

$$K_e \leq f_{ew} \cdot K_{c,max} \Rightarrow K_{e,max} = f_{ew} \cdot K_{c,max} \quad (05)$$

onde: $K_{c,max}$ representa o limite superior da evaporação e da transpiração de qualquer superfície cultivada (ALLEN et al., 1998) e f_{ew} é a fração de solo úmido e exposto, que foi calculado pela equação seguinte (ALLEN et al., 1998):

$$f_{ew} = \min(1 - fc, f_w) \quad (10)$$

onde: f_w é a fração do solo úmido por precipitação e irrigação.

Para o cálculo do $K_{e,max}$ foi admitido uma situação em que f_w é máximo utilizando o valor proposto na Tabela 20 da FAO-56 (ALLEN et al., 1998) para solo úmido irrigado por aspersão.

Dados Observados para Validação

Os dados da ET observados e utilizados para validação são oriundos de uma campanha experimental sobre a cultura do algodão herbáceo (*Gossipium hirsutum L., cultivar BRS 187 8H*) irrigado por aspersão convencional. A ET foi calculada de 04/10/2008 a 12/01/2009, a partir do fluxo de calor latente – LE obtido através da técnica de razão de Bowen, como segue:

$$LE = \frac{Rn - G}{1 + \beta} \quad (13)$$

onde: Rn é o saldo de radiação, G é o fluxo de calor no solo e β é a razão de Bowen.

O cálculo de β foi feito através da equação seguinte:

$$\beta = \gamma \left(\frac{\Delta T}{\Delta e} \right) \quad (14)$$

onde: γ é a constante psicrométrica (KPa °C⁻¹), ΔT é o gradiente de temperatura (°C) e Δe é o gradiente de pressão de vapor (KPa) acima do dossel vegetativo.

As medições de Rn foram obtidas através de um saldo radiômetro NR-LITE (Campbell Sci., Logan-UT, USA), enquanto que G foi medido por duas placas HFP01SC-L Hukseflux Self-Calibrating Soil Heat Flux Plate (Campbell Sci., Logan-UT, USA) a 2,0 cm de profundidade. Já os gradientes de temperatura e pressão de vapor foram medidas através de psicrômetros construídos de termopares tipo T (cobre-constantan). A coleta de dados de todos os instrumentos a cada 5 segundos com médias armazenadas a cada 20 minutos em datalogger CR3000 (Campbell Sci., Logan-UT, USA).

Resultados e Discussão:

Os valores do K_c do algodão obtidos em função do NDVI nos dias de aquisição das imagens, $K_c(NDVI)$, e os respectivos valores obtidos pela razão entre a ET observada por razão de Bowen e a ET_0 , nomeados de $K_c(Razão de Bowen)$, são apresentados na Tabela 2. Observa-se que os resultados obtidos por ambos os métodos são bastantes concordantes.

Tabela 2: Valores do K_c obtidos em função do NDVI e calculados a partir da ET obtida através da razão de Bowen e da ET_0 nas datas de aquisição das imagens.

Data de aquisição das imagens	$K_c(NDVI)$	$K_c(Razão de Bowen)$
01/11/2008	1,01	1,09
17/11/2008	0,98	0,90
19/12/2008	1,09	1,08

Os resultados da ET diárias estimadas apresentaram precisões extraordinárias quando comparadas com as observações de campo baseadas na técnica de razão de Bowen, conforme a Tabela 3. As precisões alcançadas pelas estimativas da ET através do método $ET = K_c(NDVI) \cdot ET_0$ são compatíveis com os desempenhos alcançados por algoritmos que utilizam dados de sensoriamento remoto e que são constituídos de metodologias de processamento bastante robustas e complexas a exemplo do SEBAL (BEZERRA et al., 2008a; LI et al., 2008), S-SEBI (BEZERRA et al., 2008b) e METRIC (ALLEN et al., 2007).

Segundo BASTIAANSEN et al. (1998), diferenças dessa magnitude se enquadram dentro da faixa das imprecisões instrumentais.

Tabela 3: Comparação dos valores diários da ET da cultura do algodão obtidos a partir do método do Kc FAO-56 (ALLEN et al., 1998) calculados em função do NDVI com valores observados através do método razão de Bowen, nas datas de aquisição das imagens.

	ET (mm dia ⁻¹)		Diferença	
	Razão de Bowen	$K_c(NDVI) \cdot ET_0$	mm	(%)
1/11/2008	8,2	7,8	0,4	4,9
17/11/2008	7,2	7,8	-0,6	8,3
19/12/2008	8,5	8,6	-0,1	1,2
Média	8,0	8,1	-0,1	1,3

Conclusões

Na presente pesquisa foi feita a estimativa da ET diária da cultura irrigada do algodoeiro herbáceo cultivar BRS 187 8H, nas datas de aquisição das imagens e a comparação dos resultados com observações de campo obtidas através da técnica de razão de Bowen. Os resultados propiciados pela técnica apresentaram níveis de precisão bastantes confiáveis, pois foram verificadas diferenças inferiores a 10%, corroborando com o desempenho alcançado pelo método em outras pesquisas realizadas em regiões climatologicamente diferentes da região onde a presente pesquisa foi realizada.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq/CT-HIDRO pela concessão de bolsa de doutorado do primeiro autor e a EMBRAPA/Algodão pela disponibilização da área experimental.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, R. G. et al. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56. Crop Evapotranspiration (guidelines for computation crop water requirements, Rome, Italy, 300p., 1998.
- ALLEN, R. G.; et al. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.133, n.4, p.395-406, 2007.
- ALLEN, R. et al. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- BASTIAANSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL).: Part 2: Validation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.212–213, p.213-229, 1998.
- BAUSCH, W. C.; NEALE, C. M. U. Spectral inputs improve corn crop coefficients and irrigation scheduling. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v.32, n.6, p.1901–1908, 1987.
- BEZERRA, B. G. et al. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se de imagens digitais TM – Landsat 5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.23, n.3, p.305-317, 2008a.
- BEZERRA, B. G. et al. Estimativa da evapotranspiração diária baseada em dados de sensoriamento remoto. In.: Workshop Inovações Tecnológicas na Irrigação, 2 & Simpósio Brasileiro sobre o uso Múltiplo da Água, 2. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2008b.

ER-RAKI, S. et al.. Combining FAO-56 model and ground-based remote sensing to estimate water consumptions of wheat crops in a semiarid region. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.87, p.41-54, 2007.

HUNSAKER, D. J. et al. Estimating cotton evapotranspiration crop coefficients with a multispectral vegetation index. **Irrigation Science**, New York, v. 22, p.95-104, 2003.

HUNSAKER, D. J. et al. Wheat basal crop coefficients determined by normalized difference vegetation index. **Irrigation Science**, New York, v.24, p.1-14, 2005.

LI, H. et al.. Estimation of water consumption and crop water productivity of winter in the North China Plain using remote sensing technology. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.95, p.1271-1278, 2008.

NEALE, C. M. U. et al. Development of reflectance-based crop coefficients for corn. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.32, n.6, p.1891-1899, 1989.

SIMONNEAUX, V. et al. The use of high-resolution image time series for crop classification and evapotranspiration estimate over an irrigated area in central Morocco. **International Journal of Remote Sensing**, Abingdon, v.29, n.1, p.95-116, 2008.