



EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO ALGODOEIRO, CULTIVAR BRS-286 ESTIMADA PELO MÉTODO DO BALANÇO DE ENERGIA NA CHAPADA DO APODI-RN

V. da C. Pereira¹; J. E. Spínola Sobrinho²; J. R. C. Bezerra³; A. D. de Oliveira⁴; A. da S. Alves⁵; J. G. A. Lima⁵

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar a evapotranspiração da cultura (ETc) do algodoeiro, cultivar BRS-286 pelo método do balanço de energia baseado na razão de Bowen na chapada do Apodi-RN. Esta técnica determina a evapotranspiração a partir do fluxo de calor latente, que por sua vez é calculado em função da energia disponível ($R_n - G$) e do gradiente de pressão de vapor ($\Delta e / \Delta z$). O ciclo da cultura foi dividido nos seguintes estádios fenológicos: Fase I - emergência a 10% de cobertura de solo, Fase II - 10% de cobertura de solo ao início da floração, Fase III - início da floração ao início da maturação, Fase IV - início ao final da maturação. Uma torre micrometeorológica foi montada no interior da área experimental para medições da radiação solar global (R_s) e refletida pela cultura (R_r); saldo de radiação (R_n); temperaturas seca e úmida em dois níveis, 0,30 e 1,50 m acima da copa da cultura e fluxo de calor no solo. Os resultados mostraram que ETc diária foi bastante variável ao longo do seu ciclo fenológico, atingindo valor mínimo de 4,2 mm na Fase I e máximo de 6,19 mm na Fase III. A evapotranspiração acumulada para cada fase fenológica foi de 67,17; 152,22; 241,29 e 102,87 mm, enquanto para todo o ciclo a ETc foi de 563,54 mm.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum* L.; consumo hídrico; semiárido

EVAPOTRANSPIRATION OF CROP COTTON BRS 286 ESTIMATED BY ENERGY BALANCE IN THE PLATEAU APODI-RN

SUMMARY: The objective of this study was to estimate the crop evapotranspiration (ETc) cotton BRS 286 by the method of Bowen Ratio Balance Energy on the high plateau of Apodi-

¹ Aluna de graduação em agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CEP: 59625-900, Mossoró-RN, Fone: (84) 3317-8325. E-mail: vagna.jp@gmail.com

² Prof. Doutor, DCAT/UFERSA, Mossoró-RN.

³ Pesquisador da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

⁴ Pesquisadora A da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁵ Mestrando em Irrigação e Drenagem, UFERSA, Mossoró-RN

RN. This technique determines the evapotranspiration from the latent heat flux, which in turn is calculated as a function of available energy ($R_n - G$) and the vapor pressure gradient ($\Delta e / \Delta z$). The crop cycle was divided in the following phenological phases: Phase I - emergency 10% coverage of soil, Phase II - 10% ground cover at the beginning of flowering, Phase III - beginning of flowering to early ripening, Phase IV - beginning to end of maturation. A micrometeorological tower was mounted inside the experimental area for measurements of global solar radiation (R_s) and reflected the culture (R_r), net radiation (R_n), dry and wet temperatures at two levels, 0.30 and 1.50 m above the canopy and soil heat flux. The results showed that daily ET_c was quite variable throughout the phenological cycle, reaching minimum value of 4.2 mm in Phase I and up to 6.19 mm in Phase III. The cumulative evapotranspiration for each phenological stage was 67.17, 152.22, 241.29 and 102.87 mm, while for the entire duration of the ET_c was 563.54 mm.

KEYWORDS: *Gossypium hirsutum* L.; water consumption; region semiarid.

INTRODUÇÃO

O cultivo do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) se constituiu até o início da década de 80 a principal atividade agrícola e econômica do Nordeste Brasileiro, sendo também utilizado como cultura de subsistência na agricultura familiar. Devido a sua excelente adaptação as condições climáticas do semiárido brasileiro, o algodoeiro após um período de crise vem apresentando sinais de forte avanço na área plantada nos últimos anos. Segundo Beltrão et al. (2003), no ano de 1985, a cultura do algodoeiro chegou a ocupar mais de 3,2 milhões de hectares somente no nordeste brasileiro, representando mais de 10% da área ocupada com esta malvacea no mundo desde 1950. A sua cadeia produtiva gera riquezas superiores a 25 bilhões de dólares anualmente, representando cerca de 4% do PIB nacional e mais de 13,5% do PIB industrial (TÊXTIL, 2004). A região Nordeste por apresentar condições favoráveis à cotonicultura vem apresentando um elevado potencial para a exploração, principalmente em condições irrigadas, tendo em vista que o cultivo em condições de sequeiro para esta região é bastante prejudicial devido ao regime pluviométrico irregular. Assim, Silva & Rao (2005) afirmam que a retomada da produção do algodão no Nordeste Brasil, está condicionada a aplicação de tecnologias relacionadas ao uso eficiente da água, que promoverá benefícios ambientais e redução nos custos de produção. Entretanto, Bezerra et al. (2010) informam que o requisito fundamental para adoção de manejo de irrigação é a determinação diária da evapotranspiração da cultura (ET_c). A evapotranspiração – ET_c de culturas agrícolas tem sido frequentemente medida fazendo o uso do método do balanço de energia baseado na razão de Bowen (PEREZ et al., 2008; SILVA et al., 2007, ZHANG et al., 2008,). O método da razão de Bowen tem mostrado superior a alguns métodos de estimativa da evapotranspiração, sendo em grande parte utilizado como método padrão (LIMA et al., 2005). Gavilán & Berengena (2007) atribuem o fato da técnica de razão ser tão difundida a sua relativa simplicidade e precisão para estimativa do fluxo de vapor de água. A razão de Bowen é computada a partir dos gradientes verticais de temperatura do ar e de vapor de água (VERMA et al., 1978) que devem ser medidos em diferentes níveis acima do dossel vegetativo. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração da cultura do algodoeiro cv. BRS-286 cultivado na chapada do Apodi-RN, a partir do balanço de energia baseado na Razão de Bowen.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizada no município de Apodi-RN, cujas coordenadas geográficas são: Latitude - 05°37'37"S, Longitude - 37°49'54" W e Altitude de 138 m. A área experimental de 0,58 hectares, foi plantada com a cultura do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS-286 em 29/07/2011. A estimativa da evapotranspiração da cultura foi obtida pela equação simplificada do balanço de energia, conforme Rosenberg et al. (1983):

$$Rn + LE + H + G = 0 \quad (\text{eq. 1})$$

em que: Rn é o saldo de radiação; LE é o fluxo de calor latente; H é o fluxo de calor sensível; G é o fluxo de calor no solo.

O fluxo de calor latente (LE), que representa a evapotranspiração da cultura, foi calculado pela equação seguinte.

$$LE = \left(\frac{Rn - G}{1 + \beta} \right) \quad (\text{eq. 2})$$

em que: LE é o fluxo de calor latente (W.m^{-2}); Rn é o saldo de radiação (W.m^{-2}); G é o fluxo de calor no solo (W.m^{-2}); β é a razão de Bowen.

A razão de Bowen (β) foi calculada pela equação seguinte:

$$\beta = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (\text{eq. 3})$$

em que: γ é a constante psicrométrica ($\text{KPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); ΔT é o gradiente de temperatura ($^\circ\text{C}$); Δe é o gradiente de pressão de vapor (KPa) acima do dossel vegetativo.

Os referidos gradientes foram obtidos através das medidas das temperaturas seca e úmida em dois níveis (0,3 e 1,5 m) acima do dossel vegetativo obtidas com psicrômetros construídos com termopares tipo T (cobre-constantan). O saldo de radiação foi medido com um saldo radiômetro NR-LITE (Campbell Scientific INC., Logan-UT, USA), instalado a 1,5 metros acima da superfície do solo, enquanto que o fluxo de calor no solo (G) foi medido por meio de dois fluxímetros modelo HFP01SC-L Hukseflux Self-Calibrating Soil Heat Flux Plate (Campbell Scientific INC., Logan-UT, USA), posicionados a 0,02 m de profundidade. Os sensores foram acoplados a um sistema automático de aquisição de dados do tipo datalogger, modelo CR3000 (Campbell Scientific INC., Logan-UT, USA), programado para efetuar leituras a cada 5 segundos, calculando médias a cada 20 minutos em W.m^{-2} e, posterior integração diária em $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode-se observar o ciclo fenológico da cultura do algodão, cultivar BRS 286, cultivado na Chapada do Apodi-RN, elaborados com base em observações de campo seguindo a metodologia sugerida por Allen et al. (1998). O ciclo fenológico do Algodoeiro cv. BRS 286 foi de 103 dias. A Fase I teve seu início na emergência das plântulas, finalizando quando a cobertura do solo estava em torno de 10%, tendo uma duração de 16 dias. O início da floração que compreende a Fase II, teve duração de cerca de 31 dias. A Fase III, relativa à fase de desenvolvimento reprodutivo

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizada no município de Apodi-RN, cujas coordenadas geográficas são: Latitude - 05°37'37"S, Longitude - 37°49'54" W e Altitude de 138 m. A área experimental de 0,58 hectares, foi plantada com a cultura do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS-286 em 29/07/2011. A estimativa da evapotranspiração da cultura foi obtida pela equação simplificada do balanço de energia, conforme Rosenberg et al. (1983):

$$Rn + LE + H + G = 0 \quad (\text{eq. 1})$$

em que: Rn é o saldo de radiação; LE é o fluxo de calor latente; H é o fluxo de calor sensível; G é o fluxo de calor no solo.

O fluxo de calor latente (LE), que representa a evapotranspiração da cultura, foi calculado pela equação seguinte.

$$LE = \left(\frac{Rn - G}{1 + \beta} \right) \quad (\text{eq. 2})$$

em que: LE é o fluxo de calor latente ($W.m^{-2}$); Rn é o saldo de radiação ($W.m^{-2}$); G é o fluxo de calor no solo ($W.m^{-2}$); β é a razão de Bowen.

A razão de Bowen (β) foi calculada pela equação seguinte:

$$\beta = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (\text{eq. 3})$$

em que: γ é a constante psicrométrica ($KPa \text{ } ^\circ C^{-1}$); ΔT é o gradiente de temperatura ($^\circ C$); Δe é o gradiente de pressão de vapor (KPa) acima do dossel vegetativo.

Os referidos gradientes foram obtidos através das medidas das temperaturas seca e úmida em dois níveis (0,3 e 1,5 m) acima do dossel vegetativo obtidas com psicrômetros construídos com termopares tipo T (cobre-constantan). O saldo de radiação foi medido com um saldo radiômetro NR-LITE (Campbell Scientific INC., Logan-UT, USA), instalado a 1,5 metros acima da superfície do solo, enquanto que o fluxo de calor no solo (G) foi medido por meio de dois fluxímetros modelo HFP01SC-L Hukseflux Self-Calibrating Soil Heat Flux Plate (Campbell Scientific INC., Logan-UT, USA), posicionados a 0,02 m de profundidade. Os sensores foram acoplados a um sistema automático de aquisição de dados do tipo datalogger, modelo CR3000 (Campbell Scientific INC., Logan-UT, USA), programado para efetuar leituras a cada 5 segundos, calculando médias a cada 20 minutos em $W.m^{-2}$ e, posterior integração diária em $MJ.m^{-2}.d^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 pode-se observar o ciclo fenológico da cultura do algodão, cultivar BRS 286, cultivado na Chapada do Apodi-RN, elaborados com base em observações de campo seguindo a metodologia sugerida por Allen et al. (1998). O ciclo fenológico do Algodoeiro cv. BRS 286 foi de 103 dias. A Fase I teve seu início na emergência das plântulas, finalizando quando a cobertura do solo estava em torno de 10%, tendo uma duração de 16 dias. O início da floração que compreende a Fase II, teve duração de cerca de 31 dias. A Fase III, relativa à fase de desenvolvimento reprodutivo



(do início da floração ao início da maturação) durou 39 dias, e a Fase IV corresponde à fase final do ciclo da cultura (do início ao final da maturação), foi de 17 dias.

Tabela 1. Fases de desenvolvimento do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 286, na Chapada do Apodi-RN, 2011.

FASE FENOLÓGICA	INÍCIO	FINAL	DURAÇÃO(dias)
I	Emergência das plântulas	10% da cobertura do solo	16
II	10% da cobertura do solo	Início da floração	31
III	Início da floração	Início da maturação	39
IV	Início da maturação	Final da maturação	17

Na Tabela 2, pode-se observar os valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) diária estimada pela Razão de Bowen para cada fase fenológica da cultura do algodoeiro cv. BRS 286. Observa-se que o valor mínimo foi de 4,2 mm.d⁻¹ no início do desenvolvimento vegetativo (Fase I) e máximo de 6,19 na fase de desenvolvimento reprodutivo (Fase III).

Tabela 2. Valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do algodoeiro BRS 286 por fase fenológica, na chapada do Apodi-RN, 2011.

FASE FENOLÓGICA	ETc médio (mm.d ⁻¹)	ETc período (mm)
Fase I	4,2	67,17
Fase II	4,91	152,22
Fase III	6,19	241,29
Fase IV	6,05	102,87
Total		563,54

Ainda na Tabela 2, a ETc foi crescente da Fase I até a Fase III, onde alcançou o seu valor máximo, voltando a decrescer, o que está de acordo com os resultados obtidos por Bezerra et. al (2011) trabalhando com a cultivar BRS 187-8H nas mesmas condições experimentais. O consumo total de água do algodoeiro cv. BRS 286 na chapada do Apodi-RN estimado pela Razão de Bowen foi de 563,54 mm. Resultados semelhantes foram encontrados por Alves et. al (2005) e Bezerra et. al (2010) que trabalhando com a cultivar BRS-200 marron obteve um consumo total de 543,03 mm. Utilizando a mesma metodologia, Pereira et. al (1997) obtiveram um consumo médio de 501,12 e 533,52 mm para as cultivares de Algodoeiro herbáceo CNPA precoce 1 e CNPA 7H, respectivamente, sob condições de cultivo protegido.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a região da chapada do Apodi-RN apresenta condições climáticas favoráveis para o cultivo do algodoeiro e que o método do balanço de energia pela Razão de Bowen, mostrou-se adequado para a estimativa da evapotranspiração da cultura.

O consumo hídrico do algodoeiro cv. BRS 286 foi de 563,54 mm em todo o ciclo da cultura, com valores diários médios de 4,20; 4,91; 6,19 e 6,05 mm.d⁻¹ e acumulados de 67,17; 152,22; 241,29 e 102,87 mm para as fases fenológicas de emergência (I), desenvolvimento vegetativo (II), desenvolvimento reprodutivo (III) e maturação (IV), respectivamente.

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, Rome, 56, 1998.
- ALVES, J. C. M.; PEREIRA, J. R.; BEZERRA, J. R. C.; LIMA, S. V. de; SOUZA, R. N. de; MASCENA, A. M.; PINHO FILHO, F. de A. L. de; ALENCAR, S. de B. Partição de assimilados em algodoeiro semiperene BRS Marrom sob diferentes lâminas de irrigação e doses de regulador de crescimento. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 5., 2005, Salvador. Anais...Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. CD-Rom.
- BELTRÃO, N. E. M. Breve história do algodão no nordeste do Brasil. Campina Grande, 2003. 17 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 117).
- BEZERRA, G. B.; SILVA, B. B. da ; BEZERRA, J. R. C.; BRANDÃO, Z. N. Evapotranspiração real obtida através da relação entre o coeficiente dual de cultura da FAO-56 e o NDVI. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 3, p. 147-155, 2010.
- BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; DIAS, J. M.; Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS 200 – Marrom, irrigado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 625-632, 2010.
- GAVILÁN, P.; BERENGENA, J. Accuracy of the Bowen ration-energy balance method for measuring latent heat flux in a semiarid advective environment. Irrigation Science, v. 25, p. 127-140, 2007.
- LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; LIRA, C.A.B.O.; SILVA, I.F. Estimativa daevapotranspiração em uma cultura de feijão caupi, nas condições de brejo Paraibano. Agropecuária Técnica, v.26, n.2, p.86-92, 2005.
- PEREIRA, M. do N. B.; AZEVEDO, N. C.; FERNANDES, P. D.; AMORIM NETO, M. da S.; Crescimento e desenvolvimento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo em baixos níveis de umidade no solo, em casa de vegetação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.1, p.1-7, 1997.
- PEREZ, P. J.; CASTELLVI, F.; MARTINEZ-COB, A. A simple model for estimating the bowen ratio from climatic factors for determining latent and sensible heat flux. Agric. For. Meteorol., v. 148, n. 1, p. 27 – 37, 2008.
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. Microclimate: the biological environment. New York: John Wiley, 1983. 495p.
- SILVA, B. B. da; RAO, T. V. R. The CWSI variations of a cotton crop in semi-arid rfeion of Northeast Brazil. Journal of Arid Environments, v. 62, p. 649-659, 2005.
- SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B. Surface energy balance and evapotranspiration of a mango orchard grown in a semiarid environment. Agronomy Journal, v. 99, p. 1391-1396, 2007.
- TÊXTIL: Setor volta a contratar. As melhores da Dinheiro. Isto é Dinheiro, n.370A, p.220-221, 2004.
- VERMA, S. B.; ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L. Turbulent exchange coefficients for sensible heat and water vapor under advective conditions. Journal of Applied Meteorology, v. 17, p. 330-338, 1978.
- ZHANG, B.; KANG, S.; LI, F.; ZHANG, L. Comparison of three evapotranspiration models to bowen ratio-energy balance method for a vineyard in an arid desert region of northwest China. Agric. For. Meteorol. v. 148, p. 1629-1640, 2008.



S 1532