



## EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO ALGODOEIRO BRS 187 – 8H, NA CHAPADA DO APODI, RN<sup>1</sup>

José Renato Cortez Bezerra<sup>1</sup>; Bergson Guedes Bezerra<sup>2</sup>; Valdinei Sofiatti<sup>3</sup>; José da Cunha Medeiros<sup>4</sup>,  
Ziany Neiva Brandão<sup>5</sup>; João Henrique Zonta<sup>6</sup>; José Rodrigues Pereira<sup>7</sup>; Aldo Arnaldo de Medeiros<sup>8</sup>;  
Florisvaldo Xavier Guedes<sup>9</sup>

Embrapa Algodão, [renato@cnpa.embrapa.br](mailto:renato@cnpa.embrapa.br); 2. INSA, [bergson.bezerra@gmail.com](mailto:bergson.bezerra@gmail.com); 3. Embrapa Algodão, [vsofiatti@cnpa.embrapa.br](mailto:vsofiatti@cnpa.embrapa.br); 4. Embrapa Algodão, [medeiros@cnpa.embrapa.br](mailto:medeiros@cnpa.embrapa.br); 5. Embrapa Algodão, [ziany@cnpa.embrapa.br](mailto:ziany@cnpa.embrapa.br); 6. Embrapa Algodão, [zonta@cnpa.embrapa.br](mailto:zonta@cnpa.embrapa.br); 7. Embrapa Algodão, [rodrigue@cnpa.embrapa.br](mailto:rodrigue@cnpa.embrapa.br); 8. Emparn, [aldoarnaldomedeiros@gmail.com](mailto:aldoarnaldomedeiros@gmail.com); 9. Emparn, [fxguedes-emparn@rn.gov.br](mailto:fxguedes-emparn@rn.gov.br)

**RESUMO** – As irregularidades pluviométricas da região Nordeste tem tornado a irrigação uma das técnicas agrícolas capaz de minimizar estes efeitos. Na agricultura irrigada a determinação do consumo hídrico da cultura é informação fundamental para o manejo adequado da água. O presente trabalho foi realizado no período de setembro a dezembro de 2009, na Estação Experimental da Emparn em Apodi, RN, com o objetivo de determinar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) do algodoeiro BRS 187 – 8H, utilizando o balanço de energia baseado na razão de Bowen. Para isto, na área experimental foi montada uma torre micrometeorológica onde foram instalados sensores para a medição do saldo de radiação (R<sub>n</sub>), temperatura do ar dos bulbos seco (T<sub>s</sub>) e úmido (T<sub>u</sub>) instalado em dois níveis acima do dossel da cultura, a velocidade do vento (V) e o fluxo do calor do solo (G), sendo estes sensores conectados a um sistema automático de aquisição de dados. Pelos resultados obtidos, observa-se que o consumo hídrico do algodoeiro BRS 187 – 8H, foi de 5,11; 7,24; 7,58 e 5,77 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente para as fases fenológicas I, II, III e IV, com um consumo hídrico no ciclo de 746,3 mm.

**Palavras-chave:** algodão; consumo hídrico; razão de Bowen.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do algodoeiro caracteriza-se como uma atividade agrícola de suma importância para o semi-árido brasileiro pela sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas da região Nordeste e pelo caráter socioeconômico para a região, pois agrega um grande contingente de mão de obra na área rural e urbana onde está instalado o segundo parque têxtil do país.

A Embrapa Algodão vem desenvolvendo pesquisas visando o restabelecimento da produção desta cultura na região semi-árida para atender principalmente a agricultura familiar fazendo-se necessária a incorporação de novas tecnologias ao sistema produtivo. Deste modo, a irrigação permite a obtenção de maiores produtividades com a oferta de água às plantas no momento oportuno,

<sup>1</sup> FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

possibilitando a obtenção do seu máximo potencial produtivo; diminuindo os riscos decorrentes da má distribuição espacial e temporal das chuvas e possibilitando a obtenção de uma fibra de melhor qualidade tanto pela disponibilidade de água como pela intensidade do brilho solar, característico da região semi-árida do Brasil no período em que se pratica a agricultura irrigada. Assim, Silva e Rao (2005), afirmam que a retomada da produção do algodão no Nordeste do Brasil, está condicionada à aplicação de tecnologias relacionadas ao uso eficiente da água, que promoverá benefícios ambientais e redução nos custos de produção. Por sua vez, Bezerra et al. (2010) informam que o requisito fundamental para adoção de manejo da irrigação, assim como do seu desempenho, é a determinação diária da evapotranspiração da cultura (ETc).

O conhecimento das necessidades hídricas da cultura é fator fundamental para efetivação de um manejo eficiente. Dentre os métodos para estimativa da evapotranspiração, o do balanço de energia baseado na Razão de Bowen, tem sido bastante utilizado em decorrência de sua simplicidade e da precisão dos seus resultados (BEZERRA et al., 2010a,2010b ; GAVILÁN; BERENGENA, 2007; SILBERSTEIN et al., 2003; SILVA et al., 2007; TEIXEIRA et al, 2007; ZHANG et al., 2008).

Este método se baseia no princípio de conservação de energia, onde a contabilização dos fluxos de entrada e saída de energia na área vegetada, permite a determinação da energia consumida pela cultura no processo de transferência da água sob a forma de vapor para a atmosfera (CARDOSO et al., 2005). De acordo com Silberstein et al., (2003), os fluxos de energia que ocorrem na superfície vegetada são representados pelo saldo de radiação ( $R_n$ ), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G), energia armazenada na copa das plantas (S) e energia utilizada no processo fotossintético (P). Os dois últimos fluxos são negligenciados no balanço de energia em decorrência de sua baixa representatividade em relação ao saldo de radiação e sua difícil contabilização (HEILMAN et al, 1994; Silberstein et al., 2003). Desta forma, segundo Cardoso et al. (2005) e Sousa (2003), a razão de Bowen pode ser inferida pelos gradientes de temperatura e pressão do vapor através da distância vertical fixada acima do dossel da cultura.

O objetivo deste trabalho foi determinar o consumo hídrico do algodoeiro BRS 187 – 8H, na Chapada do Apodi, RN.

## METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2009, na Estação Experimental da Emparn, no município de Apodi, RN, que apresenta, como coordenadas geográficas: latitude de 5º 37' 37" S, longitude de 37º 49' 54" W e altitude de 138m. A área experimental de 3

hectares foi plantada com algodão BRS 187 – 8H em 02/09/2009. O ciclo fenológico da cultura foi dividido nas seguintes fases: I – Germinação plena (da emergência a 10% de cobertura de solo); II – crescimento vegetativo (de 10% da cobertura do solo ao início da floração); III – período reprodutivo (do início da floração ao início da maturação) e IV – maturação plena (início da maturação ao final da maturação das maçãs).

O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo Eutrófico, com textura franco-argilo-arenoso (570 g.kg<sup>-1</sup> de areia, 90 g.kg<sup>-1</sup> de silte e 340 g.kg<sup>-1</sup> de argila), capacidade de campo (cc = 0,1700 kg.kg<sup>-1</sup>), ponto de murcha permanente (pmp = 0,1133 kg.kg<sup>-1</sup>), densidade global ( $r_a = 1,20$  kg.dm<sup>-3</sup>), densidade das partículas ( $r_p = 2,71$  kg.dm<sup>-3</sup>) e porosidade total ( $P_o = 0,5558$  m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>) e, a seguinte análise de fertilidade: pH = 6,2; Ca<sup>+2</sup> + Mg<sup>+2</sup> = 8,37 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Na<sup>+</sup> = 0,66 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,54 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup> = 0 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; P = 21,84 mg.kg<sup>-1</sup> e matéria orgânica = 2,91 g.kg<sup>-1</sup>.

A classificação climática do município de Apodi de acordo com a classificação de Thornthwaite, é do tipo DA'da', (clima semiárido, megatérmico, pequeno nenhum excesso de água e concentração da evapotranspiração potencial no trimestre mais quente (novembro, dezembro e janeiro).

O preparo do solo foi efetuado com uma subsolagem seguido do arado de discos e grade niveladora. A cultivar utilizada foi a BRS 187 – 8H, plantada mecanicamente com um espaçamento de 0,84 m e uma densidade de plantio de 10 - 12 sementes m<sup>-1</sup>. Por ocasião do plantio efetuou-se a adubação de fundação, na base de 20-120-40 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. A adubação de cobertura foi efetuada com 130 kg.ha<sup>-1</sup> de N, aplicada aos 30 dias após a germinação.

No controle de pragas, utilizou-se o Manejo Integrado de Pragas (MIP), recomendado pela Embrapa Algodão com a amostragem realizada a cada 5 dias, a partir da emergência das plântulas até a abertura dos capulhos. O controle das pragas foi efetuado com três aplicações de endosulfan (70 g i.a. ha<sup>-1</sup> por aplicação) e uma aplicação de tiametoxan (50 g i.a. ha<sup>-1</sup>).

O controle de plantas daninhas foi feito com a aplicação da mistura dos herbicidas diuron (750 g i.a. ha<sup>-1</sup>) + pendimethalin (1500 g i.a. ha<sup>-1</sup>) + s-metolachlor (960 g i.a. ha<sup>-1</sup>), em pré-emergência. Aos 25 dias após a emergência foi efetuada uma aplicação do herbicida pyriithiobac-sodium (87 g i.a. ha<sup>-1</sup>) para controle das plantas daninhas dicotiledôneas, não controladas inicialmente.

Antes do plantio foi efetuada uma irrigação capaz de levar o solo à capacidade de campo a uma profundidade de 0,60m e após o plantio, as irrigações foram efetuadas duas vezes por semana sendo a lâmina de reposição calculada com base na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), obtida pelo

produto entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) calculada pelo método de Penman-Montheith x Coeficiente de Cultivo (K<sub>c</sub>) obtido para o algodoeiro.

Com a finalidade de estimar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), foi utilizado o balanço de energia baseado na Razão de Bowen, para o qual foi instalada uma torre micrometeorológica dentro da área experimental, constando de um saldo radiômetro para medição do saldo de radiação (R<sub>n</sub>), dois psicrômetros construídos com termopares de cobre-constantan para medições da temperatura do ar do bulbo seco (T<sub>s</sub>) e úmido (T<sub>u</sub>), instalados em dois níveis (0,50 e 1,50m acima do dossel da vegetação), dois anemômetros Young, instalados a 0,50 e 2,00m, acima do dossel da cultura para medição da velocidade do vento (V) e dois fluxímetros instalados a 0,02m de profundidade do solo, um posicionado entre as fileiras e outro na fileira de plantas, para medição do fluxo de calor no solo. Os sensores foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados (Datalogger CR 3000 da Campbell Scientific), programado para coletar os sinais analógicos a cada 5 segundos e armazenar médias a intervalos de 20 minutos. O Datalogger foi alimentado por um painel solar de 12 Volts, o qual permaneceu operante no período compreendido entre a germinação plena e a data da última irrigação, quando praticamente todos os capulhos se encontravam abertos.

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) foi estimada pelo método do balanço de energia baseado na Razão de Bowen, segundo a expressão (ROSENBERG et al., 1983):

$$LE = \left( \frac{R_n - G}{1 + \beta} \right) \quad (1)$$

onde LE é o fluxo de calor latente (W.m<sup>-2</sup>); R<sub>n</sub> é o saldo de radiação (W.m<sup>-2</sup>); G é o fluxo de calor no solo (W.m<sup>-2</sup>) e β é a razão de Bowen, obtida pela expressão:

$$\beta = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (2)$$

sendo, ΔT e Δe, respectivamente, os gradientes de temperatura e pressão atual do vapor d'água medida nos dois níveis acima da cultura. A ET<sub>c</sub> (mm/dia) foi obtida pela divisão da LE integrada e acumulada a cada 20 minutos pelo calor latente de vaporização da água (L) ao longo do período diurno em que havia energia disponível (R<sub>n</sub> – G > 0).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo fenológico do algodoeiro BRS 187 – 8H foi completado com 112 dias, dividido nas seguintes fases fenológicas: Fase I, correspondente ao período da emergência das plantas até 10% de

cobertura de solo, com duração de 17 dias; a Fase II, que correspondeu à fase do desenvolvimento vegetativo, foi de 10% de cobertura de solo ao início da floração, e durou 30 dias; a Fase III, que correspondeu à fase de desenvolvimento reprodutivo, compreendeu o intervalo do início da floração ao início da maturação, com duração de 40 dias; e a Fase IV, que compreendeu à fase final do ciclo da cultura, ocorreu do início ao final da maturação por um período de 25 dias.

Na Figura 1 é apresentado o comportamento da evapotranspiração da cultura (ETc) diária ao longo do ciclo de desenvolvimento do algodoeiro BRS 187 – 8H, em Apodi, RN.

A evapotranspiração da cultura foi bastante variável ao longo do ciclo fenológico, com um mínimo de 3,68 mm.dia<sup>-1</sup> na Fase I e um máximo de 9,60 mm.dia<sup>-1</sup> na Fase II do desenvolvimento da cultura. Esse comportamento bastante variável foi também observado por Rodrigues (2003), para o algodoeiro herbáceo BRS 201 e Bezerra et al. (2010b) para o algodoeiro BRS 200 – Marrom, podendo estar associada às variações da demanda atmosférica, caracterizadas pela radiação solar global, efeito da velocidade do vento e da umidade relativa (FARAHANI et al., 2008; ROSENBERG et al., 1983). Esta variação durante a mesma fase fenológica pode ser decorrente das condições meteorológicas locais e da duração da fase fenológica. Observa-se ainda que, em geral, a evapotranspiração da cultura apresentou valores mais elevados após as irrigações ou chuva quando, a maior disponibilidade de água no solo associou-se a uma maior disponibilidade da energia disponível para o processo de evapotranspiração (RODRIGUES, 2003; ROSENBERG et al., 1983).

Quando se analisam os valores médios da evapotranspiração diária para cada fase do ciclo fenológico (Tabela 1), observa-se que o valor mínimo foi 5,11 mm.dia<sup>-1</sup>, no início do desenvolvimento vegetativo (Fase I) e máximo de 7,58 mm.dia<sup>-1</sup>, na fase de desenvolvimento reprodutivo (Fase III). Observa-se ainda na Tabela 1, que a evapotranspiração da cultura foi crescente da Fase I até a Fase III, onde alcançou o máximo, voltando a decrescer, o que está de acordo com os resultados obtidos por Bezerra et al. (1994), para o algodoeiro herbáceo CNPA 6H; Azevedo et al. (1993), para o cultivar de algodoeiro herbáceo CNPA Precoce 1 e Pereira et al. (1997) para as cultivares CNPA Precoce 1 e CNPA 7H e Bezerra et al. (2010b), para a cultivar BRS 200 - Marrom. Rodrigues (2003), trabalhando com o algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201, observou valores de evapotranspiração crescente da fase I para a II, havendo uma redução na fase III e alcançando o máximo na fase IV. Por sua vez, Radin et al. (1992), Bezerra et al. (2003) e Jalota et al. (2006) informam que o período do desenvolvimento reprodutivo do algodoeiro herbáceo, que corresponde à Fase III, é o mais crítico ao déficit de umidade no solo.

O consumo total de água do algodoeiro BRS 187 – 8H, no município de Apodi, RN, estimado pela Razão de Bowen, foi 746,3 mm. Para o algodoeiro herbáceo CNPA Precoce 1, Azevedo et al (1993), obtiveram um consumo de 440,0 mm, trabalhando com medições lisimétricas. Utilizando a mesma metodologia, Bezerra et al. (1994) obtiveram um consumo hídrico total de 616,49 mm para o algodoeiro herbáceo CNPA 6H. Utilizando a metodologia do balanço de energia, Pereira et al. (1997) obtiveram um consumo médio de 501,12 e 533,52mm para as cultivares de algodoeiro herbáceo CNPA Precoce 1 e CNPA 7H, respectivamente, sob condições de cultivo protegido, e Bezerra et al. (2010b), obtiveram 543,3 mm para a cultivar BRS 200 – Marrom.

### CONCLUSÃO

Para a região de Apodi - RN, o consumo hídrico do algodoeiro BRS 187 – 8H foi de 746,3 mm em todo o ciclo da cultura, com valores diários médios de 5,11; 7,24; 7,58 e 5,77 mm.dia<sup>-1</sup> para as fases fenológicas de emergência (I), desenvolvimento vegetativo (II), desenvolvimento reprodutivo (III) e maturação (IV), respectivamente.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, P. V. de; RAO, T. V. R.; AMORIM NETO, M. da S.; BEZERRA, J. R. C.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MACIEL, G. F. Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, D.F., v. 28, n. 7, p. 863-870, 1993.

BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SILVA, B. B. da; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; RAMANA-RAO, T. V.; LUZ, M. J. da S. E.; MEDEIROS, J. D. de; SOUZA, C. B. de; SILVA, M.B. da. Consumo hídrico do algodoeiro herbáceo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. **Relatório Técnico Anual, 1992-1993**. Campina Grande: Embrapa CNPA, 1994. p.151-154.

BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. da S. E.; PEREIRA, J. R.; SANTANA, J. C. F. de; DIAS, J. M.; SANTOS, J. W. dos; SANTOS, T. da S. Rendimento e qualidade de fibra do algodoeiro herbáceo em diferentes épocas de interrupção da irrigação. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 7, n. 2/3, p. 719-726, 2003.

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, 2010a.

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, 2010b.

CARDOSO, G. B.; VIANA, T. V. de A.; AZEVEDO, B. M. de; SOUSA, V. F. de; SOUZA, F. de. Determinação da ET de referência pela razão de Bowen com psicrômetros instalados a diferentes alturas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n.1, p.16-23, 2005.

FARAHANI, H. J.; OWEIS, T. Y.; IZZI, G. Crop coefficient for drip-irrigated cotton in a Mediterranean environment. **Irrigation Science**. v. 26, p. 375–383, 2008.

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.

HEILMAN, J. L.; MCLNNES, K. J.; SEVAGE, M. J.; GESCH, R. W.; LASCANO, R. J.; Soil and canopy energy balance in a west Texas vineyard. **Agricultural and Forestry Meteorology**, Amsterdam, v. 71, n. 1-2, p. 99-114, 1994.

JALOTA, S. K.; SOOD, A.; CHAHAL, G. B. S.; CHOUDHURY, B. U. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) – wheat (*Triticum, aestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 84, p. 137–146, 2006.

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**, Campina Grande, v. 1, p. 1-7, 1997.

RADIN, J. W.; REAVES, L. L.; MAUNEY, J. R.; FRENCH, O. F. Yield enhancement in cotton by frequent irrigations during fruiting. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84 p. 551-557, 1992.

RODRIGUES, M. F. G. **Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201**. 2003. 132f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L. VERMA, S. B. **Microclimate**: the biological environment. New York: John Wiley, 1983. 495 p.

SILBERSTEIN, R. P.; SIVAPALAN, M.; VINEY, N. R; HELD, A.; JATTON, T. J. Modelling the energy balance of a natural jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 115, n. 3-4, p. 201-230, 2003.

SILVA, V. de P. R.; AZEVEDO, P. V. de A.; SILVA, B. B. da Surface energy fluxes and evapotranspiration of a mango orchard grown in Semiarid environment. **Agonomy Journal**, v. 99, n. 6, p.1391-1396, 2007.

SILVA, B. B. da; RAO, T. V. R. The CWSI variations of a cotton crop in semi-arid rfeigion of Northeast Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 62, p. 649-659, 2005.

SOUZA, C. B. de. **Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro nos tabuleiros de Santa Rita – PB**. 2003. 124f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, PB.

TEIXEIRA, A. H. C.; BASTIAANSEN, W. G. B.; BASSOI, L. H. Crop water parameter of irrigated wine and grapes to support water productivity analysis in the São Francisco river basin, Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 94, n. 1-3, p. 31-42, 2007.

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. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, n. 10, p. 1629-1640, 2008.

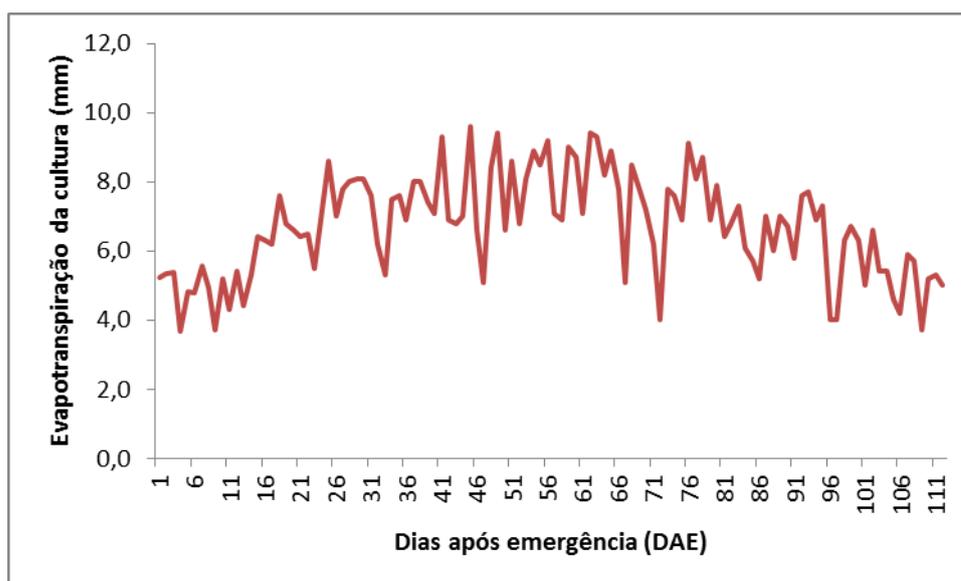


Figura 1. Variação estacional da evapotranspiração da cultura, diária do algodoeiro BRS 187 – 8H, obtida pelo método do Balanço de Energia baseado na Razão de Bowen, para Apodi, RN – 2009.

**Tabela 1.** Valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) do algodoeiro BRS 187 – 8H, por fase fenológica. Apodi, RN – 2009.

Etapas do desenvolvimento	Duração (dias)	ETc médio (mm.d <sup>-1</sup> )	ETc período (mm)
Fase I	17	5,11	81,70
Fase II	30	7,24	217,1
Fase III	40	7,58	303,2
Fase IV	25	5,77	144,3
Total	112		746,3