

CONSUMO HÍDRICO DA MAMONEIRA BRS 200 – ENERGIA, SOB CONDIÇÕES DE IRRIGAÇÃO

¹ JOSÉ M. DIAS, ²PEDRO V. DE AZEVEDO, ³JOSÉ R. CORTEZ BEZERRA

¹Eng. Agrônomo, Assistente de Pesquisa da Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, Campina Grande-PB, Fone: (0xx83) 3310 1199, marcelo@cnpa.embrapa.br

²Professor Associado da UFCG, Campina Grande-PB

³Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Algodão, 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: Experimentos conduzidos na Estação Experimental da EMBRAPA em Barbalha – CE, nos anos de 2005 e 2006 objetivaram a determinação do consumo hídrico da cultura da mamona, BRS Energia, irrigada. O consumo de água nas diferentes fases do ciclo da cultura foi obtido pelo método do balanço de energia. O coeficiente de cultivo foi obtido pela relação entre a evapotranspiração da cultura e de referência. O ciclo da cultura foi de 106 dias em 2005 e 108 dias em 2006. A evapotranspiração da cultura foi de 577,9 mm e 552,3 mm nos ciclos de 2005 e 2006, respectivamente. Os valores médios de Kc por fase fenológica foram de 0,63; 0,92; 1,01; 1,11 e 0,87, respectivamente. Os resultados obtidos permitem concluir que: 1) O consumo hídrico da mamoneira, cultivada sob irrigação, nas condições climáticas da região do Cariri, no estado do Ceará, é crescente da fase inicial após a emergência, alcançando um valor máximo na fase de maturação do primeiro cacho e decresce na fase seguinte de maturação do segundo cacho; 2) A reposição da água consumida estimada pelo método do balanço de energia supre, de forma adequada, às necessidades hídricas da mamoneira quando cultivada sob condições de adensamento.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço de energia, evapotranspiração da cultura, coeficiente de cultivo.

WATER REQUIREMENTS OF THE CASTOR BEAN CROP BRS – ENERGY, UNDER IRRIGATION CONDITIONS

ABSTRACT: Field experiments were carried out at the Embrapa's Experimental Station of Barbalha-CE, during the growing season of 2005 and 2006 with the objective of estimating the water consumption of the castor bean crop, cultivar BRS Energy. The crop water consumption for each phenological phase of the crop cycle was obtained by the energy balance method. The crop coefficient was obtained by the ratio between crop and reference evapotranspiration. The crop cycle was 106 in 2005 and 108 in 2006, respectively. The crop evapotranspiration was 577.9 mm and 552.3 mm for the 2005 and 2006 cycles, respectively. The mean values of Kc per phenological phase were 0.63; 0.92; 1.01; 1.11 and 0.87, respectively. The results allowed to conclude that: 1) The castor bean crop water requirements, grown under irrigation and climatic conditions of the Cariri region of Ceará state increases in the initial phase after emergence reaching a maximum value in the phase of first bunch maturation and, then decreases in the phase of second bunch maturation; 2) The replacement of the water consumed, estimated by the energy balance method, may provide adequately the castor bean crop water requirements when cropped under dense spacing.

KEYWORDS: Energy balance, crop evapotranspiration, crop coefficient.

INTRODUÇÃO: Das espécies vegetais, a mamoneira (*Ricinus communis*, L.), com um teor de óleo de aproximadamente 48%, apresenta boas perspectivas para transformação em biodiesel. Segundo Parente (2007), a produção e consumo do biodiesel no Brasil tem feições regionais quanto às vocações agrícolas. No Semi-árido nordestino, a motivação concentra-se

na geração de emprego no campo e a vocação atual é a mamona. Cultivada tradicionalmente em condições de sequeiro, a mamoneira tem relevante importância sócio-econômica, principalmente para a agricultura familiar. Além da área de sequeiro, o cultivo da mamona poderá ocupar espaços como contribuição de safrinhas em sucessão de culturas, em sistemas de rotação de culturas em áreas irrigadas, com obtenção de elevadas produtividades.

Azevedo et al., (1993) afirmam que, para a obtenção de altos rendimentos e maior eficiência no uso de água, é necessário que se conheçam as necessidades hídricas da cultura, de modo que se possa oferecer às plantas a quantidade de água adequada para os processos metabólicos e fisiológicos. Assim, o conhecimento da evapotranspiração (necessidades hídricas) de uma cultura durante seu ciclo e dos coeficientes de cultivo é de grande importância para o sistema de irrigação a ser aplicado, contribuindo para aumentar a produtividade e otimizar a utilização da lâmina de irrigação, dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos mananciais (Azevedo et al., 2003).

A mamoneira para se desenvolver e produzir satisfatoriamente necessita de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas. Portanto, o conhecimento da evapotranspiração da cultura e do coeficiente de cultivo, durante seu ciclo, é de grande importância para otimização da lâmina de irrigação, assegurando uma melhor eficiência no uso de água pela cultura. Face ao exposto, o presente estudo objetivou a determinação da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo da mamoneira, cultivar BRS Energia irrigada, nas condições climáticas do Cariri cearense.

MATERIAL E MÉTODOS:

Os experimentos de campo foram conduzidos na Estação Experimental da Embrapa Algodão em Barbalha-CE: latitude 7° 19' S, longitude 30° 18' W, altitude de 415,74 m nos anos de 2005 e 2006. A cultura estudada foi a mamona (*Ricinus communis* L.), cultivar BRS Energia de ciclo precoce de 120 dias, sob regime de irrigação, plantada em fileiras simples numa área de 1 ha, espaçamento de 0,60 x 0,37m, totalizando 45.000 plantas por hectare.

A evapotranspiração da cultura foi estimada pelo método da Razão de Bowen, a partir da equação simplificada do balanço de energia (Rosenberg et al., 1983):

$$R_n + LE + H + G = 0 \quad (1)$$

Onde R_n é o saldo de radiação, LE é o fluxo de calor latente e H e G são os fluxos de calor sensível para o ar e para o solo, respectivamente, todos em $W.m^{-2}$. Os fluxos que chegam à camada vegetativa são positivas enquanto os que saem são negativas. A razão de Bowen para condições de neutralidade atmosférica ($Kh \cong Kw$), foi estimada por (Rosenberg et al., 1983):

$$\beta = \frac{H}{LE} = \frac{P_0 C_p}{L \varepsilon} \left(\frac{Kh}{Kw} \right) \frac{\partial T / \partial Z}{\partial e / \partial z} = \gamma \left(\frac{Kh}{Kw} \right) \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (2)$$

Onde k_h e k_w são os coeficientes de difusão turbulenta de calor sensível e vapor d'água, respectivamente ($m^2.s^{-1}$); L é o calor latente de evaporação da água ($MJ.kg^{-1}$); C_p é o calor específico do ar seco à pressão constante ($MJ.Kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$); P_0 é a pressão atmosférica média local (kPa); ε é a razão entre as massas moleculares da água e do ar seco (0,622); $\Delta T = t_2 - t_1$ e $\Delta e = e_2 - e_1$ são as diferenças de temperatura do ar e da pressão parcial do vapor d'água atmosférico, medidas em dois níveis acima da superfície vegetada $\Delta z = z_2 - z_1$ e γ é o fator psicrométrico ($kPa.^{\circ}C^{-1}$). O fluxo de calor latente foi obtido pela expressão:

$$LE = - \left(\frac{R_n + G}{1 + \beta} \right) \quad (3)$$

Para a obtenção da evapotranspiração da cultura (ETc), $mm.dia^{-1}$, dividiu-se LE pelo calor latente de vaporização (L), integrando-se para o período diurno em que $R_n - G > 0$.

Numa torre micrometeorológica foram instalados: dois piranômetros; um saldo radiômetro; dois psicrômetros com termopares de cobre e “constantan”, instalados em dois níveis, mantidos a 0,30 e 1,50m acima da copa da cultura; dois anemômetros; dois fluxímetros a 0,02m de profundidade. Esses sensores foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados (Datalogger CR 10X) para coleta e armazenamento dos sinais emitidos pelos sensores. O datalogger foi programado para efetuar leituras dos sinais analógicos e digitais a cada 5 segundos e extrair e armazenar as médias em intervalos de 20 minutos. A evapotranspiração de referência (ET_o), foi obtida com base no modelo da FAO-Penman-Monteith descritas por Allen et al. (1998).

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) U^2 \cdot (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U^2)} \quad (4)$$

Em que: **ET_o** é a evapotranspiração de referência (mm.d⁻¹); **R_n** é o saldo de radiação (MJ m⁻².dia⁻¹); **G** é o fluxo de calor no solo (Mjm⁻².d⁻¹); **T** é a temperatura média do ar (°C); **U²** é a velocidade média diária do vento a 2m acima da superfície (m.s⁻¹); **(e_a-e_d)** é o deficit de pressão do vapor d’água (KPa °C⁻¹); **Δ** é a declinação da curva de saturação do vapor d’água (KPa °C⁻¹); **γ** é a constante psicrométrica (KPa °C⁻¹).

O coeficiente de cultivo (K_c) foi obtido pela relação entre a evapotranspiração da cultura (ET_c), estimada pelo balanço de energia/razão de Bowen e a evapotranspiração de referência (ET_o), determinada pelo método FAO-Penman-Monteith, ou seja:

$$K_c = ET_c / ET_o \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O ciclo de produção da mamoneira foi dividido em cinco fases fenológicas distintas, conforme observações realizadas no campo (Tabela 1), de conformidade com o que preconiza Doorenbos & Pruitt (1977).

Tabela 1. Ciclo fenológico mamoneira para os ciclos de produção de: 2005 (02/09 a 16/12) e 2006 (24/08 a 09/12), no município de Barbalha, CE.

Fases do desenvolvimento		Dias após emergência (DAE)		Duração (dias)	
		2005	2006	2005	2006
Fase I (F1)	Emergência a 10% de cobertura de solo	1-12	1-12	12	12
Fase II (F2)	F1 - até inflorescência do até 1º cacho	13-37	13-37	25	25
Fase III (F3)	F2 - até inflorescência do até 2º cacho	38-54	38-54	17	17
Fase IV (F4)	F3 - maturação do 1º cacho	55-89	55-90	35	36
Fase V (F5)	F4 - maturação do 2º cacho	90-106	91-108	17	18
Total				106	108

O período de apenas 12 dias, em ambos os anos, para a cultura já tenha atingido 10% de cobertura do solo, se deve ao fato de que esta foi submetida ao adensamento (espaçamento de 0,60 x 0,37 m), o que promoveu uma cobertura do solo mais rapidamente. A Fase 2 (F2) teve duração de 25 dias em ambos os anos e correspondeu à fase do desenvolvimento vegetativo, foi de 10% de cobertura de solo até o início da floração, período que antecedeu o surgimento das inflorescências. A Fase 3 (F3) correspondeu à fase do início do desenvolvimento reprodutivo, compreendeu um intervalo que foi do início da floração do primeiro cacho ou racemo primário ao surgimento da inflorescência do segundo cacho ou racemo secundário e teve duração de 17 dias em ambos os anos. A fase 4 (F4), se estendeu do final da F3 até a maturação do racemo primário (1º cacho) e teve uma duração de 35 dias (2005) e 36 dias (2006). A Fase 5 (F5), que compreendeu à fase final do ciclo da cultura, compreendeu o período entre a maturação do racemo primário até a maturação completa dos racemos secundários, tendo duração de 17 e 18 dias, para os anos de 2005 e 2006, respectivamente.

Evapotranspiração da cultura: Na Figura 1 é apresentado o comportamento da evapotranspiração diária média ao longo dos ciclos de desenvolvimento da mamoneira, cultivar BRS Energia, para os anos de 2005 e 2006. Observa-se que houve muita variação da evapotranspiração ao longo do ciclo fenológico da mamoneira. O valor mínimo de $ET_c = 2,87 \text{ mm.dia}^{-1}$ foi observado na fase inicial de crescimento, enquanto que o valor máximo de $6,56 \text{ mm.dia}^{-1}$ foi verificado na fase de maior demanda hídrica da cultura, compreendida entre a emissão da inflorescência do segundo cacho até a maturação do cacho primário, aos 62 dias após a emergência das plantas.

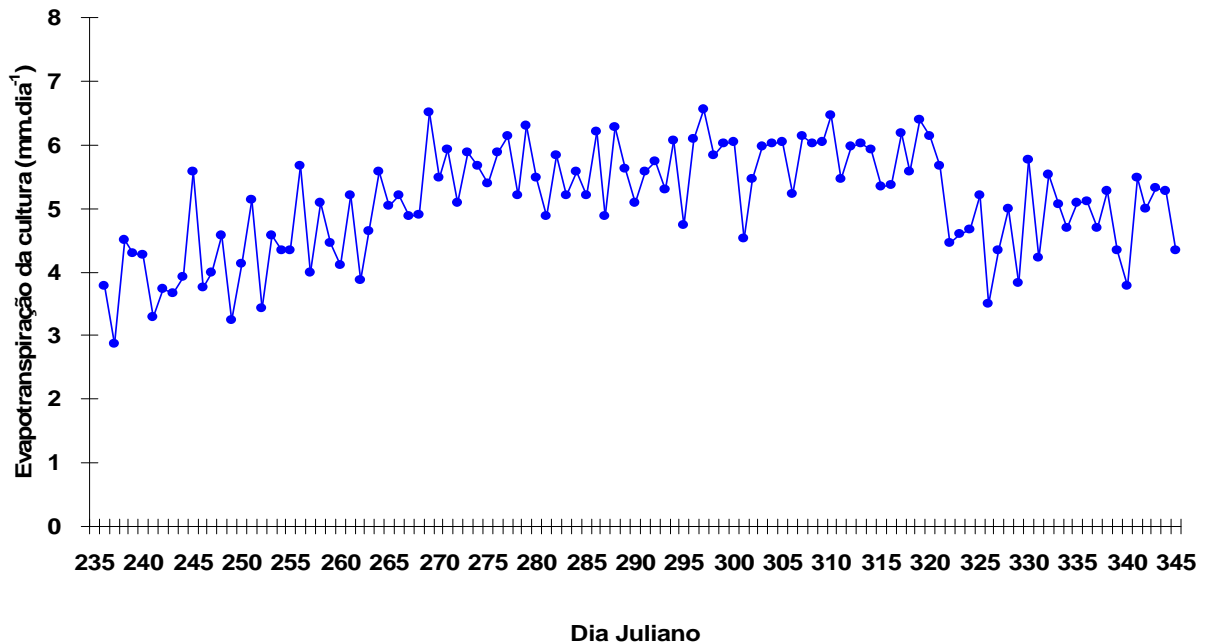


Figura 1 - Evapotranspiração diária média da mamoneira BRS Energia, Barbalha-CE.

Esse comportamento bastante variável foi observado por Rodrigues (2003) para o algodão herbáceo cultivar BRS 201 e por Bezerra (2007), para o algodão colorido cv. BRS 200 – MARRON, e pode estar associado às variações da demanda atmosférica (radiação solar global, velocidade do vento e umidade relativa), que influenciam o processo (Rosenberg et al., 1983; Souza, 2003; Moura, 2005). A evapotranspiração da mamoneira apresentou valores mais elevados após irrigações ou chuvas, em decorrência da maior disponibilidade de água no solo e da energia disponível para o processo de evapotranspiração (Rosenberg et al, 1983; Rodrigues, 2003; Bezerra, 2007).

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios da evapotranspiração (ET_c) da mamoneira, cultivar BRS Energia por fase fenológica, para os anos de 2005 e 2006. Para o ciclo de 2005, o ciclo da cultura da mamona, compreendido entre a emergência das plantas a maturação completa dos racemos de segunda ordem, foi de 108 dias. Nesse ciclo, verificou-se um mínimo de $ET_c = 3,94 \text{ mm.d}^{-1}$ no início do desenvolvimento vegetativo (Fase I) e um máximo de $ET_c = 6,31 \text{ mm.d}^{-1}$ na fase IV, compreendida entre o surgimento da inflorescência do segundo cacho e a maturação do primeiro cacho. Observa-se, ainda, que a evapotranspiração da cultura foi crescente da Fase I a Fase IV, onde alcançou o máximo e voltou a decrescer. A evapotranspiração total da cultura no ciclo de 2005 foi de 577,94 mm, com um consumo mínimo de 47,24 mm na fase inicial e um máximo de 220,93 mm na fase IV. O consumo total de água da mamoneira, cultivar BRS Energia, no ano de 2006 foi de 552,28 mm, com consumo mínimo na fase inicial de 47,59 mm e máximo na fase IV de 203,78 mm.

Tabela 2. Valores médios da evapotranspiração da mamoneira, cultivar BRS Energia em suas diversas fases fenológicas, para os ciclos fenológicos de 2005 e 2006, Barbalha-CE.

Fases do desenvolvimento		Número de dias		ETc médio (mm.d ⁻¹)		ETc da fase (mm)	
		2005	2006	2005	2006	2005	2006
F1	Emergência a 10% de cobertura de solo	12	12	3,9	3,97	47	48
F2	F1 - até inflorescência do até 1º cacho	25	25	5,3	4,77	133	119
F3	F2 - até inflorescência do até 2º cacho	17	17	6,1	5,62	104	96
F4	F3 - maturação do 1º cacho	35	36	6,3	5,66	221	204
F5	F4 - maturação do 2º cacho	17	18	4,3	4,78	74	86
Total		106	108			578	552

Coefficiente de Cultura: Os valores médios do coeficiente de cultivo (Kc), por fase fenológica, foram de 0,63; 0,92; 1,01; 1,11 e 0,87. Os valores elevados de Kc da fase inicial (Kc = 0,63) foram motivados pela ocorrência de dias atípicos de evapotranspiração muito baixa, em torno de 1,2 mm.dia⁻¹, além do método de irrigação por aspersão e do método de determinação de evapotranspiração (balanço de energia) que, possivelmente, também influenciaram esses valores. De acordo com Doorenbos & Pruitt (1977), durante a fase de crescimento inicial, a evaporação na superfície do solo pode ser considerável, principalmente quando este permanece úmido a maior parte do tempo, devido às irrigações ou chuvas. Daí a grande diversidade de valores de Kc durante a primeira fase do período vegetativo. Assim, cada irrigação ou chuva pode produzir um forte aumento de Kc, com uma redução menos pronunciada, porém sensível posteriormente, até chegar a próxima irrigação ou chuva. pelo método do balanço de energia baseado na razão de Bowen foi também adotado, com sucesso, por Moura (2005) na determinação da evapotranspiração de um pomar de goiabeiras na região do sub-médio do rio São Francisco.

CONCLUSÕES: Os resultados obtidos permitem concluir que: 1) O consumo hídrico da mamoneira, cultivada sob irrigação, nas condições climáticas da região do Cariri, no estado do Ceará, é crescente da fase inicial após a emergência, alcançando um valor máximo na fase de maturação do primeiro cacho e decresce na fase seguinte de maturação do segundo cacho. O consumo hídrico total é de 550 mm; 2) A reposição da água consumida estimada pelo método do balanço de energia com base na razão de Bowen supre, de forma adequada, às necessidades hídricas da mamoneira quando cultivada sob condições de adensamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- 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. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, DF, v. 28, n. 7, p. 863-870, 1993.
- Azevedo, P. V. de; Silva, V. P. R.; Silva, B. B. da. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 58, p. 241-254, 2003.
- Bezerra, J.R.C. **Crescimento, desenvolvimento e rentabilidade do algodoeiro BRS 200 - Marrom irrigado**. 2007. 88p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

Doorenbos, J. & Pruitt, W. O. **Guidelines for predicting**. Crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper, 24. Food and Agriculture Organization of United Nations, Roma, Italia, 1975, 180p.

Moura, M. S. B. **Consumo hídrico, produtividade e qualidade de fruto da goiabeira irrigada na região do submédio São Francisco**. CCT/UFCG. 122p. Campina Grande, 2005. (Tese de Doutorado).

Parente, E. **Pai do Biodiesel afirma que o Brasil acerta em priorizar investimento no setor**. Disponível em: <<http://www.fapepi.pi.gov.br/sapiencia2/entrevista-completa.php>>. Acesso em: 10 fev. 2007.

Rodrigues, M. F.G.; **Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201**. CCT/UFCG. 132p. Campina Grande, PB, 2003 (Tese de Doutorado).

Rosenberg, N. J.; Blad, B. L. Verma, S. B. **Microclimate: The biological environment**. Lincoln. Nebraska - USA, 1983. 495p.

Souza, C. B. de. **Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro nos tabuleiros de Santa Rita – PB**. CCT/UFCG. 124p. Campina Grande – PB, 2003 (Tese de Doutorado).