

## EFICIÊNCIA DE USO DE ÁGUA DA MAMONEIRA, CULTIVAR BRS – ENERGIA, SOB CONDIÇÕES DE IRRIGAÇÃO

<sup>1</sup>PEDRO V. DE AZEVEDO, <sup>2</sup>JOSÉ M. DIAS, <sup>3</sup>JOSÉ R. CORTEZ BEZERRA

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Associado da UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Universitário, Campina Grande-PB, Fone: (0xx83) 3310 1199, [pvieira@dca.ufcg.edu.br](mailto:pvieira@dca.ufcg.edu.br).

<sup>2</sup>Assistente de Pesquisa da Embrapa Algodão, Campina Grande-PB.

<sup>3</sup>Eng. 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, coeficiente de cultivo.

### WATER USE EFFICIENCY 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. A cultura foi adensada na configuração de 0,60 m x 0,37 m, com frequência de irrigação semanal, 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):

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

Onde  $Rn$  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);  $\varepsilon$  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  $\gamma$  é o fator psicrométrico ( $kPa.^{\circ}C^{-1}$ ). O fluxo de calor latente foi obtido pela expressão:

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

Para a obtenção da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ),  $\text{mm.dia}^{-1}$ , 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 para medição da radiação solar global ( $R_s$ ) e refletida pela cultura ( $R_r$ ); um saldo radiômetro para medição do saldo de radiação ( $R_n$ ); dois psicômetros com termopares de cobre e “constantan”, instalados em dois níveis, mantidos a 0,30 e 1,50m acima da copa da cultura, variando ao longo do ciclo da cultura em função do desenvolvimento da cultura, com a finalidade de medir as temperaturas do ar em bulbo seco e úmido; dois anemômetros para medir a velocidade do vento, em dois níveis à mesma altura dos medidores de temperatura; ademais foram instalados dois fluxímetros a 0,02m de profundidade, para medir o fluxo de calor no solo, sendo um entre duas fileiras e outro dentro da fileira de plantas. Esses sensores foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados (Datalogger CR 10X, da Campbell Science) 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.

Foram testados 05 (cinco) tratamentos (aplicações de lâmina total de irrigação) em 2005 (403,2 mm; 512,7 mm; 562,4 mm; 627,6 mm e 679,9 mm) e 04 (quatro) em 2006 (541,1 mm; 649,7 mm; 801,8 mm e 934,8 mm). A produtividade de grãos foi determinada pela pesagem dos grãos de cada área útil da parcela (tratamento), com os valores sendo extrapolados para ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ). A eficiência de uso da água foi determinada pela relação entre a produtividade da mamona em baga -  $P$  (kg) e o volume de água aplicado à cultura -  $V$  ( $\text{m}^3$ ), conforme Doorenbos & Kassam (1979), Yazar et al., (2002), Viana (2005) e Bezerra (2007):

$$EUA = \frac{P}{V} \quad (4)$$

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, constata-se um efeito significativo das lâminas de água aplicadas sobre o rendimento de grãos ( $p \leq 0,01$ ), obtendo-se as melhores equações de regressão, dadas por:  $P = 1752,8 + 2,3V$ ,  $r^2 = 0,98$  e  $P = 5513,5 + 28,32V - 0,02V^2$ ,  $r^2 = 0,97$ , para os ciclos de 2005 e 2006, respectivamente. Esses resultados indicam que o rendimento em grãos da cultura da mamona cultivar BRS Energia sob condições de adensamento de plantas aumentou linearmente com o aumento da lâmina de água aplicada até um limite em torno de 670 mm e, decresce. O rendimento máximo obtido para a cultura foi de  $3.361,72 \text{ Kg.ha}^{-1}$  para uma lâmina aplicada de 679,94mm, enquanto que as menores produtividades obtidas foram de 2.705,8; 2.930,3; 3.009,7 e 3.178,9  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ; respectivamente, para as lâminas de água aplicadas de 403,2; 512,7; 562,4 e 627,6. Azevedo et al. (1993) afirmam que, quanto maior a disponibilidade de água no solo, maior a capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes e maior a eficiência fotossintética das folhas. Wanjura & Upchurch (2002) afirmam que a manutenção do “status” ideal de água na planta, aliado ao controle de outras variáveis como população de plantas, fertilidade de solo, controle de pragas, doenças e ervas daninhas, são fatores essenciais para maximizar a produtividade das culturas.

A eficiência de uso de água da mamoneira precoce irrigada cv. BRS Energia foi de  $0,498 \text{ kg.m}^{-3}$ , para um consumo hídrico de 577,9 mm em 2005 e de  $0,474 \text{ kg.m}^{-3}$ , para um consumo hídrico de 552,3 mm em 2006 (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Bezerra (2007) para o algodoeiro BRS – Marron em condições de irrigação. Gondim (2004) relata que o genótipo CSRN-142, que originou a cultivar BRS Energia, atingiu bom potencial produtivo e adaptação à região do Cariri cearense, com produtividade máxima  $3.494 \text{ kg.ha}^{-1}$  em cultivo irrigado, plantado na configuração de 0,60m x 0,37m, com frequência de irrigação semanal. Souza (2007), concluiu que o uso da irrigação a partir de julho, quando a estação chuvosa havia acabado e a cultura já se encontrava em plena produção, não proporciona ganhos significativos de produtividade, apesar de as plantas terem consumido uma maior quantidade

de água. Tal fato, isso evidencia que a suplementação hídrica nos estádios mais avançados da cultura não é uma prática vantajosa, e que possa garantir ganhos significativos de produtividade. Desse modo, é provável que a mamoneira utilize de forma eficiente, o suprimento hídrico disponível no início do ciclo de vida, e com isto consiga assegurar boas produtividades, mesmo após o término da estação chuvosa ou com a suspensão da irrigação. O autor ainda relata produtividades de 4.252 kg.ha<sup>-1</sup>, com suplementação hídrica via água de irrigação por gotejamento para a cultivar “BRS 149 Nordestina” que, segundo Beltrão (2001) pode produzir entre 3.500 e 4.500 kg.ha<sup>-1</sup>. Távora (1982), enfatiza que a disponibilidade hídrica independente do uso da irrigação pode ser mais importante no início do estabelecimento da cultura do que após este período.

**Tabela 1** – Lâmina de água aplicada V (m<sup>3</sup>), Produção de grãos P (kg.ha<sup>-1</sup>), Eficiência de uso de água (EUA) da mamoneira precoce irrigada cv. BRS Energia para os tratamentos (P1 a P5) nos experimentos de 2005 e 2006, em Barbalha – CE.

Tratamentos	Ciclos de cultivo					
	2005			2006		
	V	P	EUA	V	P	EUA
T <sub>1</sub>	403,2	2.705	0,482	541,1	2.773	0,520
T <sub>2</sub>	512,7	2.930	0,507	649,7	3.246	0,465
T <sub>3</sub>	562,4	3.009	0,470	801,8	2.518	0,432
T <sub>4</sub>	627,6	3.178	0,552	934,8	1.555	0,470
T <sub>5</sub>	679,9	3.361	0,482	-	-	0,482
Média		2.501	0,498		2.523	0,474

**CONCLUSÕES: Os resultados deste estudo permitem chegar às seguintes conclusões:**

- 1) O aumento na lâmina de irrigação proporciona aumento de produção da mamoneira precoce irrigada cv. BRS Energia até um limite de 3.361 kg.ha<sup>-1</sup>, para uma lâmina de água aplicada de 679,9 mm, decrescendo em seguida com o aumento da lâmina;
- 2) No entanto, a máxima eficiência de uso de água é alcançada para uma lâmina de água aplicada em torno de 620 mm.

**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, 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.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. Paper n. 33.

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.

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L. VERMA, S. B. **Microclimate: The biological environment.** Lincoln. Nebraska - USA, 1983. 495p.

VIANA, S. B. A. **Otimização do uso de água e nitrogênio no cultivo do algodoeiro herbáceo na região Oeste da Bahia.** 2005. 143f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

WANJURA, D. F.; UPCHURCH, D. R.; MAHAN, J. R.; BURKE, J. J. Cotton yield applied water relationships under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 55, p. 217-237, 2002.

YAZAR, A.; SEZEN, S. M.; SESVEREN, S. LEPA and trickle irrigation of cotton in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 54, p. 189-203, 2002.