

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.4, n.3, p.338-348, jul.-set., 2009

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 533 - 22/03/2009 • Aprovado em 11/06/2009

Sérvulo M. S. e Silva²Hans R. Gheyi³Napoleão E. de M. Beltrão⁴José W. dos Santos⁴Frederico A. L. Soares³

Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia¹

RESUMO

A busca de culturas alternativas para a produção do biodiesel insere a mamoneira na agricultura familiar como fonte de geração de emprego e renda. Com o objetivo de estudar os efeitos de lâminas de irrigação em populações de plantas de mamoneira cv. BRS Energia, da germinação até a produção, foi conduzido um ensaio experimental na Fazenda Experimental da Embrapa Algodão, localizada no município de Barbalha-CE, onde se trabalhou em delineamento de blocos ao acaso com parcelas dispostas em faixas. Utilizaram-se dezesseis tratamentos resultantes da combinação fatorial de quatro lâminas de irrigação (294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm) e quatro populações de plantas (35.460, 39.682, 45.045 e 52.083 plantas ha⁻¹) com quatro repetições. O método de irrigação utilizado foi aspersão, onde as lâminas foram estimadas de acordo com a distância da linha central de aspersores em relação às faixas irrigadas. Irrigando-se a mamoneira cv. BRS Energia com lâmina de 479,75 mm obtiveram-se as máximas respostas para altura de planta (105,74 cm); área foliar (3.786,24 cm²); comprimento do 1° cacho (40,48 cm) e produtividade (1.937,40 kg ha⁻¹). Na população de 35.640 plantas ha⁻¹ determinou-se uma produtividade para o 2° cacho de 566,77 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: *Ricinus communis* L., irrigação, produtividade

Irrigation water depths and plant density of castor bean cv. BRS Energia crop

ABSTRACT

The search of alternative crops for production of biodiesel, inserts the castor plants in the program of family agriculture as source of employment and income. With objective to study the effects of different water depths and populations of castor bean cv. BRS Energia, from germination to production, an experiment was carried out at Experimental Farm of Embrapa Algodão, located in the municipality of Barbalha-CE, in randomized block design with plots in strips. In Experiment sixteen treatments resulting from the factorial combination of four water depths (294.22; 382.50; 479.75 and 679.75 mm) and four plant densities (35,460, 39,682, 45,045 and 52,083 plants ha⁻¹) were used with four repetitions. The irrigation method used was by sprinkler, where the water depths were in accordance with line source sprinkler irrigation in strips. On the basis of results of the study, it was verified that water depth of 479.75 mm in castor bean cv. BRS Energia corresponded to maximum response in plant height (105.74 cm); leaf area (3,786.24 cm²) and productivity (1,937.40 kg ha⁻¹). In population of 35,640 plants ha⁻¹ a productivity of 566.77 kg⁻¹ of 2nd cluster was obtained.

Key words: *Ricinus communis* L., irrigation, productivity

²Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Av. Gal. San Martín, 1371, Bonji, 50761-000, Recife. Fone/ Fax: (81) 3184-7200. E-mail: servulo@ipa.br

³Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58109-970, Campina Grande-PB. Fone/Fax (83) 3310-1056. E-mail: hans@deag.ufcg.edu.br; fredalsoares@hotmail.com

⁴Embrapa Algodão, R. Osvaldo Cruz, 1143-Centenário, 58107-720 Campina Grande-PB. Fone (83) 3315-4300 chgeral@cnpa.embrapa.br; jwsantos@cnpa.embrapa.br

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor

INTRODUÇÃO

Dentre as diversas aplicações da cultura da mamona (*Ricinus communis* L.), uma das principais é a excelente alternativa para a obtenção do biodiesel, já que em todo mundo tem-se verificado uma demanda energética crescente, onde as prioridades se voltam para fontes energéticas renováveis (Portal do Biodiesel, 2007).

Diferentemente da soja, girassol, amendoim e outras oleaginosas, a mamona não é destinada à alimentação humana, conseqüentemente, sob o ponto de vista social não haveria concorrência com tal mercado. Além do mais, as discussões a respeito do biodiesel têm procurado priorizar oleaginosas que propiciem maior geração de emprego e renda, além de inserir regiões que estejam à margem do processo de desenvolvimento econômico (Pires et al., 2004).

O Nordeste é responsável por aproximadamente 90 % da produção nacional de mamona. O Ceará, 2º maior produtor nacional, registra baixas produtividades (878 kg ha⁻¹), que advém de alguns fatores, dentre eles a baixa e irregular precipitação pluvial, que embora seja uma cultura adaptada às condições de semiárido, não deixa de ser influenciada pela disponibilidade da água no solo (CONAB, 2009).

Para Beltrão et al. (2003) a irrigação tem se apresentado como prática eficiente no aumento da produtividade da mamona, proporcionando aumento substancial nos números de cachos e de frutos por planta.

Azevedo et al. (1999) e Severino et al. (2006), consideram a população de plantas outro fator fundamental no aumento da produção da cultura. A correta escolha da população de plantas é uma prática cultural simples e tem grande impacto sobre a produtividade, além de diversos aspectos do manejo da lavoura, como controle de plantas daninhas, uso de implementos agrícolas, práticas de colheitas, etc.

Para Ramos et al. (2006), uma das limitações à expansão da área cultivada está relacionada à disponibilidade de reduzido número de cultivares comerciais adaptada às condições edafoclimáticas específicas.

Neste contexto, o cultivar BRS Energia pode contribuir para a Região Nordeste, por se tratar de um material genético naturalmente vigoroso, de fácil propagação, com característica de precocidade que gera economia de água e insumos. Além disso, apresenta porte baixo, que é adequado para a colheita manual quando cultivada por pequenos agricultores familiares e para colheita mecânica quando cultivada por produtores de maior poder aquisitivo.

O objetivo do presente trabalho foi obter informações envolvendo lâmina de água de irrigação e população de plantas para o cv. BRS Energia na Microrregião do Cariri no Estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com a mamoneira (*Ricinus communis* L.) cv. BRS Energia entre julho de 2005 a janeiro de 2006 na Fazenda Experimental da Embrapa Algodão, no município de Barbalha-CE, cujas coordenadas geográficas

são: latitude 7° 17' 36,32" S, longitude 39° 16' 14,19" W e altitude de 387 m.

O clima predominante é Aw'/BSh, segundo classificação de Köppen, seco sub-úmido, com largo excesso hídrico no inverno, megatérmico e com vegetação durante parte do ano (SUDENE, 1993). O solo da área experimental é um Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 1999).

O delineamento estatístico utilizado no estudo foi em blocos ao acaso com parcelas dispostas em faixas, as quais ficaram fixas e submetidas às condições de estudo. Utilizaram-se dezesseis tratamentos resultantes da combinação fatorial de quatro lâminas de irrigação (294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm), aplicadas a quatro populações de plantas espaçadas 0,6 m entre fileiras e 0,47, 0,42, 0,37 e 0,32 m entre plantas, que contabilizou na P₁-35.460, P₂-39.682, P₃-45.045 e P₄-52.083 plantas ha⁻¹ e quatro repetições, totalizando sessenta e quatro unidades experimentais.

Cada unidade experimental referente a um tratamento foi constituído de 3 m de largura por 6 m de comprimento totalizando 18 m², o que permitiu a seguinte distribuição das plantas dentro das parcelas para os respectivos tratamentos em estudo: P₁ - 60, P₂ - 70, P₃ - 80 e P₄ - 90 plantas parcela⁻¹. O bloco contendo os dezesseis tratamentos teve aproximadamente 288 m² e a área total experimental teve aproximadamente 1.152 m².

As parcelas tinham cinco fileiras, das quais, foram consideradas como bordaduras a primeira e a última linha de plantio e as 3 linhas centrais consideradas úteis, sendo o número de plantas variáveis de acordo com o espaçamento utilizado.

As recomendações para adubação de NPK sugeridas com base nas análises químicas (Tabela 1) foram 52-40-20 kg ha⁻¹, respectivamente. Na metodologia de aplicação da adubação mineral parcelou-se o nitrogênio com 1/3 na fundação e 2/3 no início da floração aos 40 dias após germinação (DAG); P₂O₅ aplicado na fundação e 2/3 K₂O na fundação e 1/3 no início da floração de acordo com a recomendação da Embrapa, (1997). Utilizou-se sulfato de amônia, MAP e cloreto de potássio como fonte de nutrientes. Não foi feita a aplicação de herbicidas, inseticidas ou fungicidas em nenhuma época, pois não se fez necessário.

Utilizou-se o sistema 'line source sprinkler irrigation' (sistema de irrigação por aspersão em linha) proposto por Hanks et al. (1976), onde o controle da lâmina de irrigação foi obtido em testes no campo a partir dos resultados da precipitação dos aspersores representativos nas faixas em estudo. Na contabilização da lâmina de água, como foram dispostos coletores nas faixas, foi possível calcular a quantidade de água que estava sendo aplicado em cada uma, de acordo com a distância em relação à linha central de aspersores.

As avaliações de crescimento e desenvolvimento foram realizadas a partir dos 20 dias após germinação (DAG) e a cada 20 DAG nas variáveis: altura da planta, diâmetro do caule e área foliar; acompanhando sempre as mesmas plantas devidamente identificadas do início até o final do experimento. Além da variável número de dias para emissão da primeira inflorescência onde foi considerado o intervalo entre a germinação da planta e a abertura das primeiras flores femininas.

Tabela 1. Características químicas e físico-hídricas do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm Barbalha, 2005**Table 1.** Chemical and physico-hydric characteristics of soil of experimental area in 0-20 cm depth Barbalha, 2005

Características químicas	
Cálcio (mmolc. dm ⁻³)	83,00
Magnésio (mmolc. dm ⁻³)	49,00
Sódio (mmolc. dm ⁻³)	3,40
Potássio (mmolc. dm ⁻³)	5,00
Hidrogênio (mmolc. dm ⁻³)	0,00
Alumínio (mmolc. dm ⁻³)	0,00
Soma de bases (S) (mmolc. dm ⁻³)	140,40
CTC (mmolc. dm ⁻³)	140,40
Saturação de bases (V), %	100
Matéria orgânica, g kg ⁻¹	15,10
Fósforo, mg dm ⁻³	6,10*
pH em água (1:2,5)	7,30
CE do extrato de saturação, dS m ⁻¹	0,13*
Classificação em relação à salinidade	Não salino Não sódico
Características físico-hídricas	
Areia (%)	64,06*
Silte (%)	4,02*
Argila (%)	31,92*
Classificação textural	Franco-Argilo-Arenoso*
Densidade aparente do solo, kg dm ⁻³	1,45*
Densidade real, kg dm ⁻³	2,70*
Porosidade Total %	46,29*
Umidade -% (0,33 atm)	20,83*
Umidade -% (15 atm)	8,83*
Água disponível (%)	12,00*

(*) Realizado no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS). UAEA-UFMG 2005; Realizado no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas. CNPA-EMBRAPA 2005

As avaliações da produção levaram em consideração às particularidades inerentes à obtenção de cada uma, continuando com as mesmas plantas identificadas, observando o 1° e 2° cacho para as variáveis: comprimento do cacho, peso de (50) frutos, peso de (150) sementes e peso dos frutos do 1° e 2° cacho e total.

Nas análises estatísticas para as variáveis de crescimento e desenvolvimento (altura de planta e diâmetro do caule), utilizou-se o modelo sigmóide, conhecido também por regressão logística (Eq. 01).

$$Y_i = \alpha / (1 + e^{-(\beta + \theta t_i)}) + \varepsilon_i \quad (1)$$

Tabela 2. Resumos das análises de variância da altura de planta (AP) da mamona irrigada sob diferentes lâminas e populações de plantas aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG) - Barbalha-CE, 2005**Table 2.** Summary of analysis of variance of plant height of castor bean under different depths of irrigation and plant population at 20, 40, 60, 80 and 100 days after germination - Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	GL	Quadrados Médios				
		20 DAG	40 DAG	60 DAG	80 DAG	100 DAG
Blocos	3	78,1399	248,3429	364,1988	795,9385	651,6179
Lâmina (L)	3	4,0975 ^{ns}	221,5905*	952,4208**	2036,8433**	1919,1973**
Resíduo 1	9	15,5096	19,6118	38,7900	111,9134	162,0163
População (P)	3	2,9663 ^{ns}	10,1752 ^{ns}	11,4141 ^{ns}	4,9931 ^{ns}	18,9711 ^{ns}
Resíduo 2	9	4,2216	14,4061	39,7658	65,6036	75,1979
Interação L x P	9	5,9947 ^{ns}	12,7399 ^{ns}	41,3251 ^{ns}	29,9622 ^{ns}	17,1156 ^{ns}
Resíduo 3	27	4,1293	22,0511	59,2046	54,9476	53,0514
Total	63	-	-	-	-	-
CV (1) %	-	18,75	11,78	7,52	11,74	13,75
CV (2) %	-	9,78	10,09	7,62	8,99	9,37
CV (3) %	-	9,67	12,49	9,29	8,22	7,87

(*) significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo

em que, a, b e q são parâmetros a serem estimados, sendo a > 0 e q > 0; Y refere-se a variável (AP e DC) e T ao tempo da leitura (20, 40, 60, 80 e 100 DAG) (Hoffman & Vieira, 1998). Na área foliar, usou-se o modelo de regressão polinomial cúbica, uma vez que, normalmente não se utiliza o modelo logístico para a área foliar devido à senescência foliar (Calbo et al., 1989a, b).

Todas as variáveis foram analisadas através de análises de variância, enquanto nas variáveis de produção para os fatores lâminas de irrigação e população de plantas, por serem de natureza quantitativa, quando identificado efeito significativo, procederam-se a análise de regressão polinomial (Ferreira, 2000).

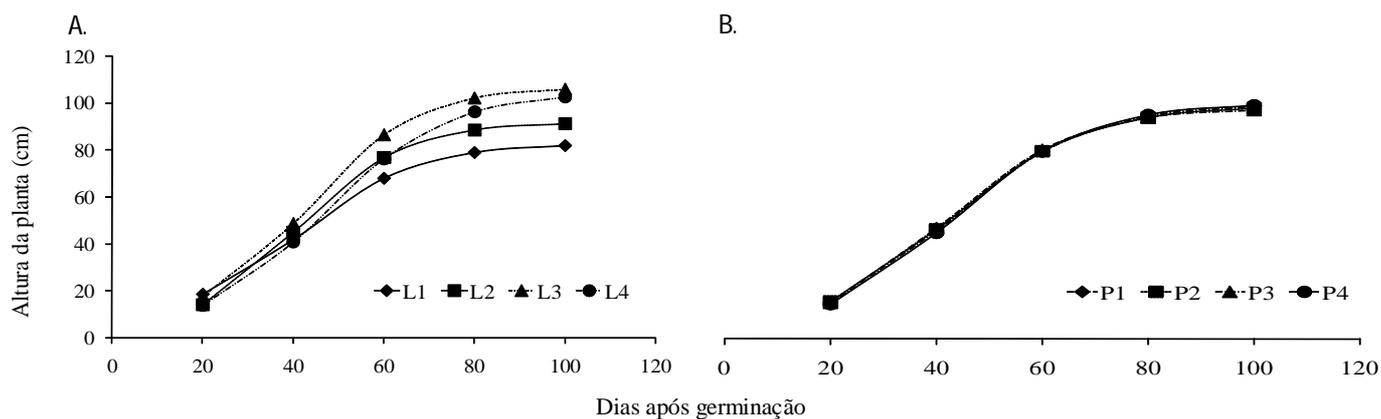
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura de planta

Conforme análise de variância (Tabela 2), a variável altura de planta (AP) foi influenciada pelo fator lâmina de irrigação (L) a partir dos 40 dias após germinação (DAG), sendo significativo a p < 0,05 aos 40 DAG e a p < 0,01 para demais épocas (60, 80 e 100 DAG). Não houve efeitos significativos para o fator população de plantas (P), assim como para a interação (L x P) em nenhuma época.

Analisando a Figura 1A que se refere ao comportamento da altura de planta para as quatro lâminas em função dos dias após germinação, verifica-se que as plantas se comportaram de maneira semelhante até os 20 DAG. O que está diretamente relacionado à condição proposta do estudo, que era de garantir a germinação das sementes nas parcelas, pois até esta época foram aplicadas irrigações de maneira a atingir toda a área.

Nas épocas seguintes, a lâmina 3 (L3=479,75 mm) deteve maior altura de planta em relação às demais e os valores encontrados através da equação foram 48,52; 86,31; 101,96 e 105,74 cm aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente. Os resultados para L1 (294,22 mm) obtiveram 14,04; 21,39; 22,66 e 22,63% menor AP em relação a L3, para as referidas épocas de estudo, respectivamente. Considerando que na L1 as plan-



AP (L1) = 82,6907 / (1 + e ^(2,9867 - 0,0751.t))	R ² = 0,9627	AP (P1) = 96,1575 / (1 + e ^(3,1966 - 0,0758.t))	R ² = 0,9761
AP (L2) = 91,7430 / (1 + e ^(3,3655 - 0,0832.t))	R ² = 0,9651	AP (P2) = 95,3341 / (1 + e ^(3,1793 - 0,0765.t))	R ² = 0,9697
AP (L3) = 106,700 / (1 + e ^(3,4293 - 0,0812.t))	R ² = 0,9773	AP (P3) = 94,2749 / (1 + e ^(3,2829 - 0,0800.t))	R ² = 0,9689
AP (L4) = 104,700 / (1 + e ^(3,3247 - 0,0718.t))	R ² = 0,9774	AP (P4) = 96,4540 / (1 + e ^(3,3290 - 0,0782.t))	R ² = 0,9710

Figura 1. Altura da planta (AP) da mamona sob lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função de dias após germinação (t) - Barbalha-CE, 2005

Figure 1. Plant height (AP) of castor bean under different water depths (A) and plant populations (B) as a function of days after germination (t) - Barbalho-CE, 2005

tas receberam menos água e como forma de manter seu ciclo natural, verificou-se que a mamoneira reduziu a presença de internódios, além de propiciá-los mais curtos, influenciando diretamente no seu crescimento.

Em relação a L2 (382,50 mm) quando comparado a L3 os resultados obtidos foram reduzidos, sendo verificados 7,23 e 11,17% aos 40 e 60 DAG e para 80 e 100 DAG esses valores registraram 13,24 e 13,84%, respectivamente. Para as duas primeiras datas, o fato de receber mais água do que L1 permitiu melhor desenvolvimento da AP, enquanto nas últimas datas, mesmo desenvolvendo-se mais que a L1, houve ligeiro decréscimo em relação às suas épocas anteriores, provavelmente causado pela baixa disponibilidade de água numa fase em que a planta necessitaria de maior quantidade.

Na L4 (679,75 mm) os percentuais encontrados foram 16,12; 11,71; 5,70 e 3,03% inferiores quando comparado a L3 aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente. Até os 40 DAG as plantas obtiveram desempenhos próximos da L1, enquanto, que aos 60 DAG os resultados se aproximaram da L2. Para Amorim

Neto et al., (2001) e Beltrão et al., (2003) a mamoneira é muito sensível ao excesso de umidade por períodos prolongados, notadamente na fase inicial, e neste caso pode ter havido problemas associados a anoxia.

Aos 80 e 100 DAG o aumento na lâmina de água aplicada permitiu maior suprimento hídrico favorecendo a fase produtiva da mamoneira e auxiliando expressivamente no crescimento da planta, como consequência, verificou-se alturas relativamente aproximadas entre L3 e L4.

Quanto ao desenvolvimento da altura de planta para a população de plantas em função das cinco épocas (Figura 1B), os resultados obtidos pelas equações denotam que não houve diferenças entre si durante as avaliações.

Diâmetro do caule

No fator lâmina de irrigação (L) não foi observado efeito significativo aos 20 DAG (Tabela 3), enquanto que aos 40, 60 e 80 DAG houve efeito significativo a (p<0,01) e para os 100 DAG o efeito encontrado foi significativo a (p<0,05). Para o

Tabela 3. Resumos das análises de variância do diâmetro do caule (DC) da mamona irrigada sob lâminas e populações de plantas aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG) - Barbalha-CE, 2005

Table 3. Summary of analysis of variance of stem diameter (DC) of castor bean under different depths of irrigation and plant population at 20, 40, 60, 80 and 100 days after germination (DAG) - Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	GL	Quadrados Médios				
		20 DAG	40 DAG	60 DAG	80 DAG	100 DAG
Blocos	3	0,0053	0,0898	0,1032	0,1120	0,1602
Lâmina (L)	3	0,0010 ^{ns}	0,1785 ^{**}	0,2717 ^{**}	0,2180 ^{**}	0,1116 [*]
Resíduo 1	9	0,0054	0,0287	0,0386	0,0207	0,0247
População (P)	3	0,0022 ^{ns}	0,0105 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,0077 ^{ns}	0,0385 ^{ns}
Resíduo 2	9	0,0034	0,0159	0,0106	0,0178	0,0221
Interação L x P	9	0,0022 ^{ns}	0,0102 ^{ns}	0,0114 ^{ns}	0,0202 ^{ns}	0,0060 ^{ns}
Resíduo 3	27	0,0024	0,0122	0,0249	0,0262	0,0332
Total	63	-	-	-	-	-
CV (1) %	-	9,70	12,91	12,12	8,68	8,74
CV (2) %	-	7,71	9,61	6,36	8,04	8,28
CV (3) %	-	6,59	8,43	9,73	9,75	10,14

(*) significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo

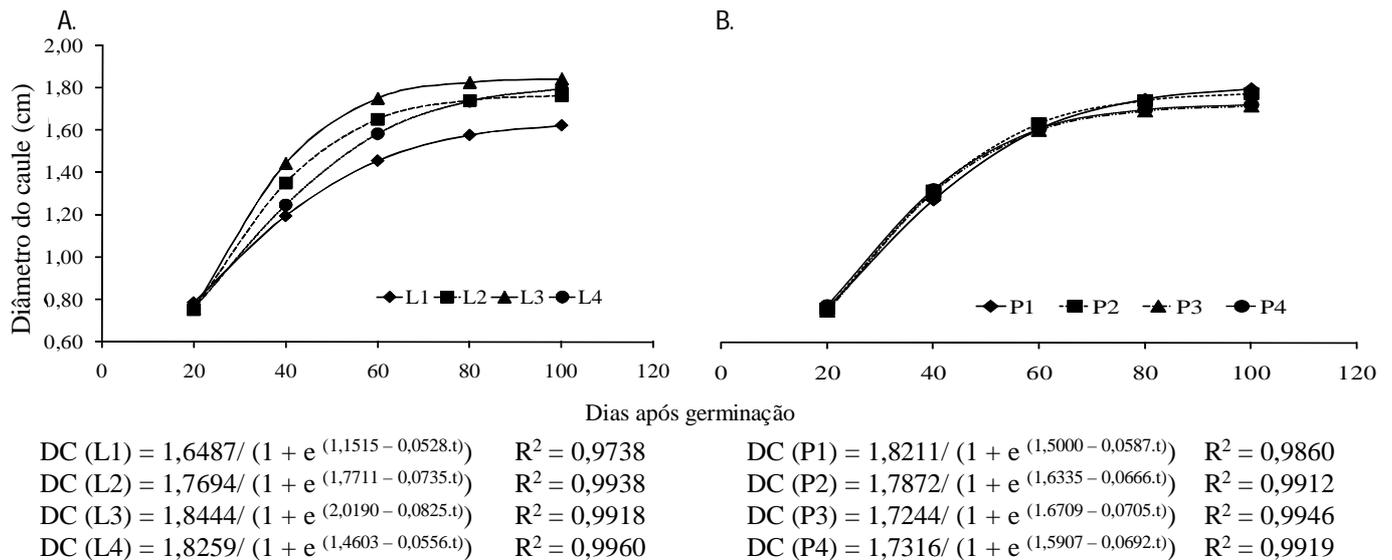


Figura 2. Diâmetro do caule (DC) da mamoneira sob lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função de dias após germinação (t) - Barbalha-CE, 2005

Figure 2. Stem diameter (DC) of castor bean under different water depths (A) and plant populations (B) as a function of days after germination (t) - Barbalha-CE, 2005

fator população de plantas (P) e para a interação (L x P) não foram identificados efeitos significativos nas cinco épocas analisadas.

No fator lâmina de irrigação aplicada para o DC, tem-se que as plantas de mamoneira apresentaram o mesmo desenvolvimento até os 20 DAG.

A L3 sobressaiu-se em relação às demais, obtendo de acordo com as equações os seguintes DC, 1,44; 1,75; 1,82 e 1,84 cm aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente (Figura 2A). Para L1 os valores encontrados foram 17,40, 16,90, 13,67 e 11,85% inferiores a L3 comparados a aquelas épocas, respectivamente. É provável que nesta lâmina tenham sido observados os menores diâmetros, causados pela deficiência hídrica, pois o solo foi ficando seco e como algumas partes do sistema radicular não encontraram água, o DC da mamoneira foi afetado.

Na L2 os resultados corroboram com os obtidos na AP, ou seja, com o aumento na lâmina de irrigação aplicada os valores diminuem em relação a L3. Determinou-se para o DC aos 40 e 60 DAG que estes percentuais foram 6,47 e 5,68% inferiores em relação a L3, respectivamente. Quanto aos 80 e 100 DAG os valores foram de 4,65 e 4,24%, respectivamente, refletindo nesta variável um menor efeito.

Para a maior lâmina de irrigação L4, os percentuais comparados a L3 foram decrescendo com o passar dos dias, sendo 13,71, 9,58, 4,79 e 2,43% aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente. Verificou-se, portanto, que na L4 os resultados aos 40 e 60 DAG afetaram mais o DC do que os encontrados em L2. Estas respostas induzem ao efeito que pode ter sido causado pelo excesso de água aplicada, sendo este observado no campo e que pelos mesmos motivos citados na variável AP interferiu no DC.

Aos 80 e 100 DAG novamente ocorreu comportamento semelhante a AP, ou seja, observa-se redução dos percentu-

ais para estas datas, provavelmente porque antes desta época as plantas começaram a emitir cachos e formar frutos, possibilitando o aumento da necessidade por água. Como a L4 detinha maior aplicação de lâmina, houve melhor aproveitamento por parte das plantas em sintetizar seus metabolismos e com isso, as quantidades aplicadas permitiram reduzir a diferença no crescimento do DC.

Para Larcher (2000), esta diminuição dos percentuais entre os diâmetros no final do ciclo, pode estar relacionada com o próprio crescimento da cultura, pois as partes mais velhas (proximais) do sistema radicular suberizam-se, assim como a parte inferior do caule, revestindo-o com células mortas podendo possivelmente aumentar seu diâmetro. Ou mesmo, fato explicado pela emissão de cachos secundários, terciários e até quaternários, pois necessitando de mais fluxos de nutrientes através do caule, favoreceu a este aumento.

Para o fator população de plantas (Figura 2B) o diâmetro de caule não foi afetado com o passar dos dias.

Área foliar

Analisando os dados da variável área foliar (AF) no resumo de análise de variância (Tabela 4), verifica-se que esta variável tem comportamento semelhante à AP e o DC. Identificando-se efeito significativo no fator lâmina de irrigação (L), exceto na 1ª leitura. Aos 40 e 60 DAG há efeito significativo ($p < 0,01$) e aos 80 e 100 DAG ao nível de ($p < 0,05$). Não se verifica efeito para a população de plantas (P) e na interação dos fatores (L x P). Os resultados referentes aos CV são altos, caracterizados pela alta capacidade de variabilidade da cultura da mamoneira nas diversas condições de estudo impostas, resultados semelhantes foram obtidos por (Fonseca Júnior & Milani, 2006).

Os valores para AF, nas lâminas de 294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm aos 20 DAG se aproximaram consideravelmente,

Tabela 4. Resumos das análises de variância da área foliar (AF) da mamona irrigada sob lâminas e populações de plantas aos 20, 40, 60, 80 e 100 dias após germinação (DAG). Barbalha-CE, 2005

Table 4. Summary of analysis of variance of leaf area (AF) of castor bean under different depths of irrigation and plant population at 20, 40, 60, 80 and 100 days after germination (DAG) – Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	GL	Quadrados Médios				
		20 DAG	40 DAG	60 DAG	80 DAG	100 DAG
Blocos	3	113205,87	2056870,32	8080865,39	7688111,18	4280878,79
Lâmina (L)	3	9451,45 ^{ns}	124450,24 ^{**}	11746283,49 ^{**}	5651681,29 [*]	1599191,70 [*]
Resíduo 1	9	30710,19	1205031,87	847527,65	959531,40	270430,42
População (P)	3	1412,20 ^{ns}	384552,62 ^{ns}	265361,52 ^{ns}	2290186,55 ^{ns}	1422408,76 ^{ns}
Resíduo 2	9	5742,23 ^{ns}	727880,25	402233,50	697615,33	419180,97
Interação L x P	9	8698,63 ^{ns}	546412,52 ^{ns}	263454,81 ^{ns}	296854,60 ^{ns}	76019,98 ^{ns}
Resíduo 3	27	8614,39	702856,98	864161,28	804130,62	120153,76
Total	63	-	-	-	-	-
CV(1)%	-	39,23	38,15	29,58	38,19	30,45
CV(2)%	-	16,97	29,65	20,38	32,56	37,91
CV(3)%	-	20,78	29,14	29,87	34,96	20,30

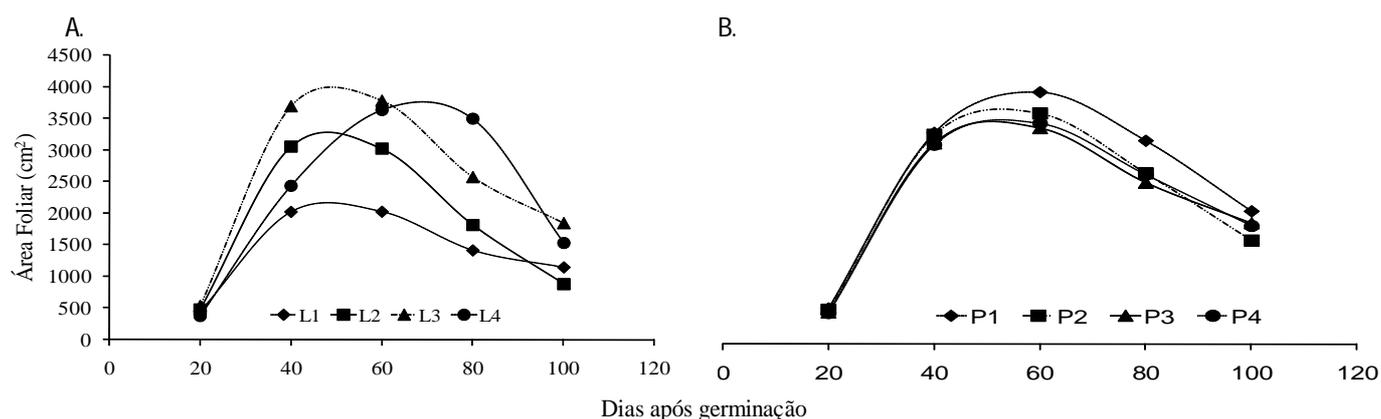
(*) significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo

estes resultados indicam que as condições fisiológicas das plantas de mamona eram equiparadas. Considerando que nesta data a lâmina aplicada na irrigação foi a mesma em todo experimento, além das reservas de nutrientes existentes nas sementes, observa-se que a água foi absorvida pelas plantas sem causar diferença entre elas.

Em conformidade com os subitens supracitados, a L3 teve maior área foliar, exceto aos 80 DAG e a L1 foi a mais afetada nas avaliações realizadas entre 40 e 100 DAG (Figura 3A). Os valores comparados entre L1 e L3 determinaram que aquela área foliar fosse 45,24; 46,44; 45,13 e 38,08% inferiores aos dados estimados pelas respectivas equações em relação a L3 nas referidas datas. Segundo Bergamaschi (1999), a baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução da área foliar, por secamento ou queda das folhas, que é uma tentativa da planta reduzir a perda de água por transpiração. Verifica-se ainda que mesmo com os altos percentuais de

redução, entende-se que houve relativa estabilização no comportamento da mamoneira na L1, podendo ser percebido na AF devido à proximidade dos percentuais.

Na L2, foram estimados pela equação os seguintes valores da área foliar, 3.055,39; 3.026,59; 1.829,79 e 904,99 cm² aos 40, 60, 80 e 100 DAG, respectivamente, referentes a 17,32; 20,00; 28,93 e 50,98% inferior a AF da L3 (Figura 3A). Com isso, novamente a AF da mamoneira foi afetada em função do aumento dos DAG, causado pelo efeito contínuo da baixa lâmina aplicada. Para Fageria (1989), em situações de estresse hídrico a grande maioria dos vegetais buscam alternativas para diminuir o consumo de água, reduzindo principalmente a transpiração, e dentro das adaptações mais conhecidas tem-se a redução da área foliar através da diminuição da quantidade e tamanho de folhas, diminuindo consequentemente as perdas de água por transpiração, fato observado no presente estudo.



AF (L1)=0,02x³- 4,37x²+ 285,13x -3669,70 R²=0,9685
 AF (L2)=0,03x³- 6,86x²+ 456,56x -6151,01 R²=0,9904
 AF (L3)=0,037x³- 8,28x²+ 551,18x -7471,56 R²=0,9621
 AF (L4)=0,01x³+0,12x²+ 123,59x -2066,05 R²=0,9617

AF (P1)=0,016x³-4,29x²+ 333,29x- 4591,07 R²= 0,9970
 AF (P2)=0,021x³-5,18x²+ 373,24x- 5090,87 R²= 0,9975
 AF (P3)=0,024x³-5,56x²+ 383,00x- 5185,87 R²= 0,9943
 AF (P4)=0,021x³- 5,07x²+ 360,95x-4930,49 R²= 0,9825

Figura 3. Área foliar da planta (AF) da mamona sob lâminas de irrigação (A) e população de plantas (B) em função de dias após germinação (DAG) - Barbalha-CE, 2005

Figure 3. Leaf area (AF) of castor bean under different water depths (A) and plant populations (B) as a function of days after germination (DAG) – Barbalha-CE, 2005

Na L4 aos 40, 60 e 100 DAG, as plantas deste tratamento seguiram o mesmo comportamento da AP e DC, enquanto aos 80 DAG a área foliar diferiu dos demais resultados já mencionados, pois se encontrou superior em 34,71%, denotando melhor adaptação para esta variável. Nesta mesma época, relativo à L1 e L2, a AF na L4 seguiu a mesma tendência e também foi superior em 145,53 e 89,56%, respectivamente.

Analisando a AF em função da população de plantas, verifica-se que os valores encontrados representam situações complexas (Figura 3B). A partir dos 60 DAG as plantas das populações menores começaram a apresentar AF com maior expansão, caracterizando melhor adaptação às condições submetidas, porém estatisticamente todas as populações comportaram-se de maneira semelhante. Nesta época, os valores obtidos variaram de tal modo que AF na P3 comparado a P1 foi 16,77% inferior, enquanto aos 100 DAG a P2 comparado a P1 foi aproximadamente 29,85% menor. Tais distorções podem ter origens nas mais diversas influências que esta variável de crescimento tende a sofrer. Em geral, dentro de um mesmo tratamento de plantas, cada uma delas responde de forma bem particular ao conteúdo de água existente no solo, seja pela complexidade inerente à relação de espaço e tempo envolvido no processo, seja pelo crescimento próprio e desordenado de suas raízes (Reichardt & Timm, 2004).

Número de dias para emissão da 1ª inflorescência, comprimento do 1º e 2º cacho e peso dos frutos do 1º e 2º cacho

Os resumos das análises de variância para as variáveis número de dias para emissão da 1ª inflorescência, NDI, comprimento do 1º e 2º cacho CC (1) e CC (2) e peso dos frutos do 1º e 2º cacho PFr (1) e PFr (2), seguem na Tabela 5. Através dos resultados obtidos verificam-se efeitos significativos apenas no fator lâmina de irrigação (L) para as variáveis CC (1) a (p < 0,05) e CC (2) a (p < 0,01), não sendo observados efeitos significativos para os fatores população de plantas (P) e interação (L x P).

Os valores para o CC (1) foram estimados pela equação quadrática obtida por regressão polinomial, cujos comprimen-

tos foram 30,83; 36,98; 40,48 e 37,09 cm para as lâminas de 294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm respectivamente. Tem-se que a L3 desenvolveu maior comprimento do cacho com valores percentuais de 31,30; 9,46 e 9,14% superiores a L1, L2 e L4, sequencialmente. O CC (1) máximo representado na Figura 04 foi estimado em aproximadamente 41 cm na lâmina de 531,66 mm. Estes resultados não se distanciam daqueles obtidos com L3, pois o comprimento do cacho foi praticamente igual com redução de pouco mais de 50 mm.

Como a avaliação da variável CC (1) foi realizada aos 60 DAG, época em que as plantas apresentavam ótimo potencial de crescimento, os resultados relativos aqui encontrados corroboram com os determinados para AP, DC e AF, inferindo a L3 como a mais adequada também para esta variável. Estes resultados contemplam o próprio comportamento da cultura a melhor adaptação nesta lâmina, enquanto que os comprimentos de cachos obtidos, por exemplo, para 294,22 mm (L1) foram bem aquém. Tal resposta afetou o desenvolvimento das plantas irrigadas na L1 por deficiência hídrica já que, conforme informações de Kumar et al. (1996), esses resultados são

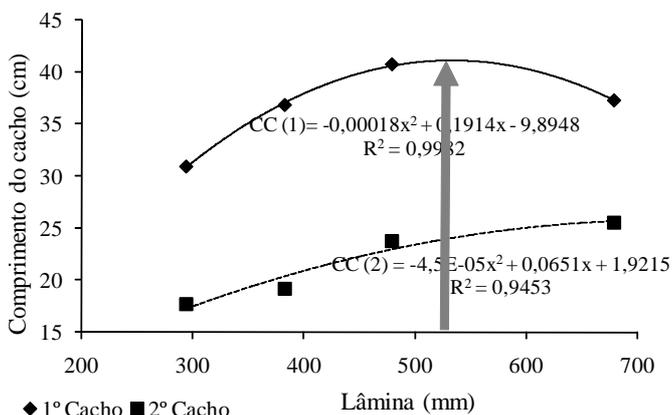


Figura 4. Comprimento do 1º e 2º cacho da mamona em função das lâminas de irrigação - Barbalha-CE, 2005

Figure 4. Length of 1st and 2nd bunch of castor bean as a function of depth of irrigation - Barbalha-CE, 2005

Tabela 5. Resumos das análises de variância do número de dias para emissão da 1ª inflorescência (NDI), comprimento do 1º e 2º cacho (CC 1 e CC 2) e peso dos frutos do 1º e 2º cacho (PFr 1 e PFr 2) da mamona irrigada sob lâminas e populações de plantas - Barbalha-CE, 2005

Table 5. Summary of analysis of variance of number of days for emission of 1st inflorescence (NDI), length of 1st and 2nd bunch (CC1 and CC2), and weight of 1st and 2nd bunch (PFr 1 and PFr 2) of castor bean under different depths of irrigation and plant population at 20, 40, 60, 80 and 100 days after germination (DAG) - Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	GL	Quadrados Médios				
		NDI	CC (1)	CC (2)	PFr (1)	PFr (2)
Blocos	3	47,8958	362,6889	149,0859	36,1591	49,8987
Lâmina (L)	3	27,7291 ^{ns}	265,1122 [*]	218,6058 ^{**}	16,5494 ^{ns}	63,1330 ^{ns}
Resíduo 1	9	13,7847	51,3188	23,4748	28,4289	18,3057
População (P)	3	17,7291 ^{ns}	0,3003 ^{ns}	55,5299 ^{ns}	37,0161 ^{ns}	11,7436 ^{ns}
Resíduo 2	9	8,2291	26,9585	18,6445	27,0532	28,8809
Interação L x P	9	2,0625 ^{ns}	15,3211 ^{ns}	38,4602 ^{ns}	40,8180 ^{ns}	19,0458 ^{ns}
Resíduo 3	27	4,1180	16,4589	36,6072	25,1603	18,2714
Total	63	-	-	-	-	-
CV (1) %	-	9,29	19,64	22,49	8,63	8,23
CV (2) %	-	7,18	14,24	20,04	8,41	10,34
CV (3) %	-	5,08	11,12	28,09	8,11	8,22

(*) significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo

justificados em parte pelo fato das condições de seca, afetarem negativamente o uso eficiente de água e radiação solar, inibindo a fotossíntese e a acumulação de matéria seca.

Na variável CC (2) os resultados encontrados a partir da equação foram 17,18; 20,24; 22,77 e 25,37 cm nas lâminas 294,22, 382,50, 479,75 e 679,75 mm, respectivamente, figura anterior. Como se verificou aumento no CC (2) com a elevação da lâmina aplicada, vê-se nitidamente a L1 com menor CC (2) e seu valor é 79,45% inferior ao obtido no CC (1) que na ocasião também foi o menor valor estimado. Nas demais lâminas os valores percentuais foram 82,70; 77,77 e 46,19% inferiores em relação aos CC (1) para L2, L3 e L4, respectivamente.

Nota-se que o valor para L4 foi menos prejudicado nas condições impostas para a mamoneira. Esta avaliação foi realizada aos 80 DAG, período em que as plantas estavam direcionando suas energias para o enchimento dos frutos, então, a necessidade por água neste momento foi de suma importância para tais processos. Desta forma, as plantas condicionadas a L4 propiciaram maior CC (2) acima do verificado nas demais lâminas, embora estes valores sejam baixos significativamente quando comparado ao CC (1).

Peso das sementes e produtividade do 1º e 2º cacho e total

Nos resumos de análise de variância da Tabela 6, verificam-se efeitos significativos para o fator lâmina de irrigação (L) a ($p < 0,01$) nas variáveis, peso das sementes do 2º cacho PS (2), produtividade do 2º cacho PC (2) e produtividade total PT e a ($p < 0,05$) para a produtividade do 1º cacho PC (1). Não se identifica nenhum efeito para a variável peso das sementes do 1º cacho PS (1). Para o fator população de plantas (P) observa-se apenas efeito significativo no PC (2) ($p < 0,05$), enquanto na interação dos fatores (L x P) não houve variação durante o estudo.

O peso da semente de mamona para o 2º cacho aumentou proporcionalmente com o aumento da lâmina de irrigação. A lâmina que representa o melhor PS (2) foi a L3 superior a L1, L2 e L4 em 18,59; 6,52 e 1,85%, respectivamente. Através da equação, os valores para lâmina máxima em PS (2) foram estimados em 561,00 mm com respectivo peso de 42,75g, os quais

estão dispostos na Figura 5A, contudo não há diferenças quando comparada a L3.

Torna-se evidente que as plantas submetidas na parte final do ciclo as maiores lâminas de irrigação (L3 e L4), desenvolveram de maneira potencial em todas as variáveis de crescimento e produção, em relação às demais (L1 e L2). A demanda hídrica nesta fase do ciclo da cultura foi compensada com a maior aplicação de água e com isso atingiu também maiores produções de sementes para o 2º cacho.

Já na produtividade do 1º cacho, PC (1), verifica-se que a equação quadrática é a que melhor se adapta aos dados. Os resultados obtidos com as lâminas 294,22; 382,50; 479,75 e 679,75 mm foram 880,97; 1.188,34; 1.316,19 e 890,40 kg ha⁻¹, respectivamente. Novamente constata-se a L3 como a mais expressiva, enquanto as lâminas L1 e L4 obtiveram as menores produções. Os valores percentuais do PC (1) na L3 foram superiores em relação a L1, L2 e L4 em 49,40; 10,76 e 47,82%, respectivamente.

Por meio da equação na Figura 5B encontra-se a máxima produção da mamoneira na lâmina de irrigação 487,53 mm, cujo valor estimado foi de 1.317,09 kg ha⁻¹. Este resultado é bastante próximo da L3 e não muito distante da L2, considerando os custos com a água numa determinada região, a redução de quase 10% na produção (L2) pode ser compensada com a economia de mais 100 mm em relação à lâmina determinada na maior produção.

Já os resultados referentes à L1 e L4 a partir das avaliações nas variáveis de produção CC (1) e NFr (1), devem ter influenciado na resposta PC (1). Especificamente sobre a L4, embora tenham sido verificadas recuperações em algumas variáveis a partir dos 60 DAG. No entanto, os efeitos causados pelo excesso de água no início do experimento não foram suficientes para reverterem este quadro e fizessem com que as plantas sob estas condições, conseguissem obter melhores resultados de desenvolvimento para a cultura.

Nas considerações para PC (2), estes seguiram o comportamento das variáveis CC (2) e PS (2) que consequentemente influenciaram seus resultados. Os valores do PC (2) estimados foram 292,14; 489,41; 628,12 e 661,57 kg ha⁻¹ evidenciando a lâmina de 679,75 mm como a de melhor resposta, sendo

Tabela 6. Resumos das análises de variância referente às variáveis peso das sementes do 1º e 2º cacho (PS 1 e PS 2) e produtividade do 1º e 2º cacho (PC 1 e PC 2) e produtividade total (PT) da mamona irrigada sob diferentes lâminas e populações de plantas - Barbalha-CE, 2005

Table 6. Summary of analysis of variance of variables weight of seeds of 1st and 2nd bunch (PS1 and PS2) and productivity of 1st and 2nd bunch (PC 1 and PC 2) and productivity total (PT) of castor bean under different depths of irrigation and plant population at 20, 40, 60, 80 and 100 days after germination (DAG) - Barbalha-CE, 2005

Causa de Variância	GL	Quadrados Médios				
		PS (1)	PS (2)	PC (1)	PC (2)	PTT
Blocos	3	65,2629	66,1039	251271,5284	104870,4045	581261,2181
Lâmina (L)	3	20,0478 ^{ns}	103,4596 ^{**}	774470,2516 [*]	425702,8850 ^{**}	1637365,9789 ^{**}
Resíduo 1	9	9,4617	15,5953	74155,3574	14147,5979	124920,1033
População (P)	3	20,4208 ^{ns}	12,2250 ^{ns}	73263,4040 ^{ns}	56945,3830 [*]	15589,6692 ^{ns}
Resíduo 2	9	16,0503	19,1185	38416,4467	12583,2244	47661,9249
Interação L x P	9	18,4158 ^{ns}	13,8660 ^{ns}	47945,1829 ^{ns}	30758,0276 ^{ns}	93132,6939 ^{ns}
Resíduo 3	27	9,8137	13,0196	43082,2978	11761,9632	67186,1830
Total	63	-	-	-	-	-
CV (1) %	-	6,99	10,43	25,60	23,40	22,49
CV (2) %	-	9,11	11,55	18,43	22,07	13,89
CV (3) %	-	7,12	9,53	19,52	21,25	16,49

(*) significativo a 0,05 e (**) a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo

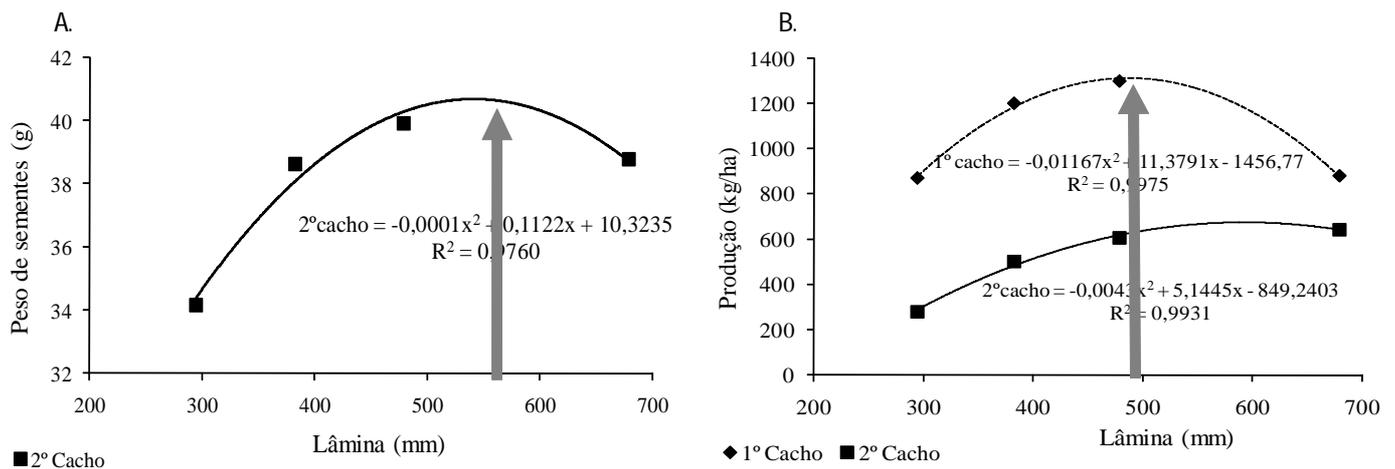


Figura 5. Peso das sementes do 2º cacho (A) e produtividade do 1º e 2º cacho (B) da mamona em função da lâmina de irrigação - Barbalha-CE, 2005

Figure 5. Weight of seeds of 2nd bunch (A) and productivity of 1st and 2nd bunch (B) of castor bean as a function of days after germination (DAG) – Barbalho-CE, 2005

seus percentuais 126,45; 35,17 e 5,32% superiores às lâminas 294,22; 382,50 e 479,75 mm, respectivamente. O máximo PC (2) que segue na Figura 5B foi estimado em 689,47 kg ha⁻¹ na lâmina de 598,19 mm.

Quando comparado ao PC (1) verifica-se reduções muito expressivas de produtividade com percentuais de 201,55; 142,81; 109,54 e 34,59% inferiores em relação a L1, L2, L3 e L4, respectivamente. Notadamente observa-se que as plantas irrigadas com L1 foram as mais prejudicadas nesta variável, causada pela deficiência hídrica que influenciou na absorção de água pelas plantas, capaz de interferir nas suas atividades metabólicas. Neste aspecto, as plantas foram comprometidas levando a redução significativa na altura de planta, área foliar, comprimento de cacho, peso dos frutos e de sementes, observadas durante todo o experimento.

Haja vista as diferenças significativas entre PC (1) e PC (2), as informações coletadas também nos permitem compreender que à medida que aumenta a lâmina de irrigação aplicada, as plantas de mamona respondem melhor ao PC (2), fato também observado na AP, DC aos 80 e 100 DAG, CC (2) e PS (2) fortalecendo a hipótese de que estes resultados estejam inter-relacionados. Logo, é de suma importância que a partir da emissão da 2ª inflorescência deva-se alertar para aplicação de maiores lâminas, pois não só favorecem as necessidades do 1º cacho, como também é essencial para atingir melhores resultados para as variáveis do 2º cacho.

No fator população de plantas, os valores estimados para as populações 35.460, 39.682, 45.045 e 52.083 plantas ha⁻¹ foram 566,77; 533,84; 492,01 e 437,11 kg ha⁻¹, respectivamente para o 2º cacho (Figura 6A). Através dos resultados verifica-se melhor adaptação da cultura para a menor população, com os valores percentuais acima das P2, P3 e P4 de 6,17; 15,19 e 29,66%, respectivamente.

Os espaçamentos mais estreitos propiciaram menor produção por planta, sendo esperada sua compensação na produção por área, devido à maior quantidade destas, o que de fato não aconteceu. Neste caso, verifica-se que os maiores espa-

çamentos foram mais bem adaptados quando submetidos às condições de estudo. Provavelmente seus sistemas de absorção de água através de raízes mais espalhadas no solo, somados a um excelente aproveitamento da radiação solar devido às maiores distâncias entre as plantas favoreceu a produção de fotoassimilados que foram fatores determinantes no melhor desenvolvimento da cultura quando comparado ao aumento das populações.

Vale ressaltar que se verificam propostas de espaçamentos e densidades de plantio para as mais variadas culturas, dentre elas a mamoneira, e que principalmente têm procurado atender às necessidades específicas dos tratos culturais e à melhoria da produtividade. Todavia, alterações em espaçamentos e densidades induzem a uma série de modificações no crescimento e no desenvolvimento das plantas que precisam ser mais bem conhecidas (Souza, 1996).

No PT os resultados encontrados para esta variável confirmam a L3 como a mais adaptada às condições que foram avaliadas durante o experimento. Sua produtividade total foi 1.937,40 kg ha⁻¹ de frutos, enquanto para L1, L2 e L4 obtiveram 1.170,54; 1.673,40 e 1.538,22 kg ha⁻¹, respectivamente. A produtividade máxima representada na Figura 6B estimada foi de 1.960,12 kg ha⁻¹ para uma lâmina de 516,36 mm. A grande importância deste trabalho foi determinar que a produção de 1.937,40 kg ha⁻¹ seria resultante da aplicação de 479,75 mm de lâmina de água, contemplando, por sua vez vários municípios da Região Nordeste.

Em estudo de adensamento de mamoneira genótipo CSRN-142 sob condições de sequeiro Gondim et al. (2006) obtiveram 1.539 kg ha⁻¹ de bagas em 462 mm, os quais são valores inferiores aos aqui relatados quando comparados a 382,50 mm que foi de 1.673,40 kg ha⁻¹.

Outra importante observação está relacionada ao seu ciclo que é de aproximadamente 120 dias, possibilitando o aproveitamento da estação chuvosa, juntamente com uso da irrigação como suplementação hídrica no final do ciclo da cultura, contribuindo ainda mais para o aumento da produtividade,

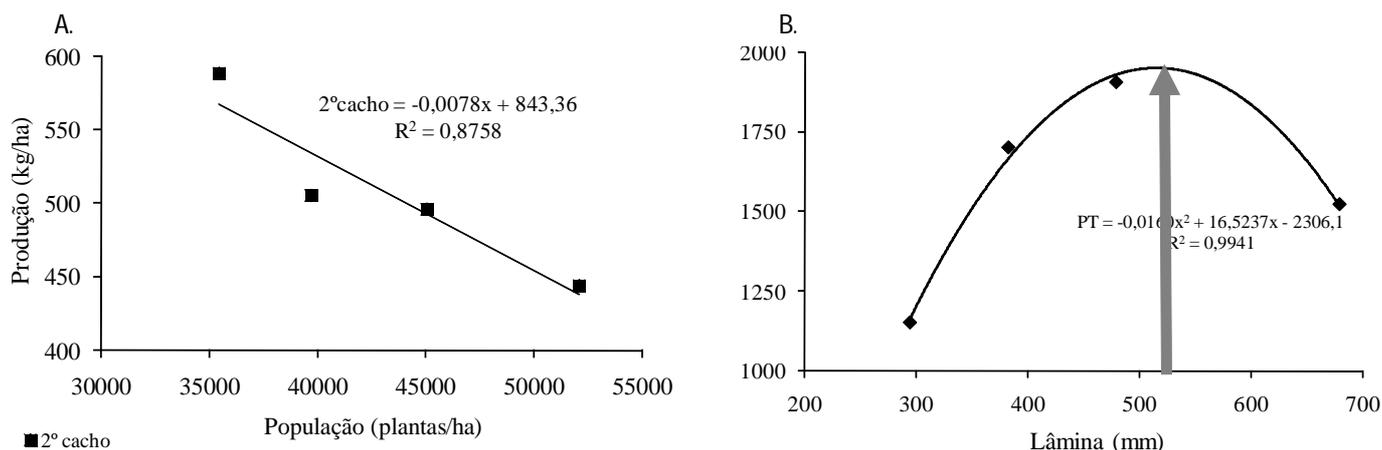


Figura 6. Produtividade do 2º cacho da mamona em função da população de plantas (A) e produtividade total (B) em função da lâmina de irrigação - Barbalha-CE, 2005

Figure 6. Productivity of 2nd bunch of castor bean as a function of plant population (A) and productivity total (B) as a function of depth of irrigation - Barbalha-CE, 2005

pois garantiria o enchimento dos frutos que é uma das principais fases de necessidade de água para a planta.

No fator população de plantas, mesmo havendo efeito significativo na variável PC (2), este resultado não foi o suficiente para interferir no PT. Além do mais, para outras variáveis de produção CC (1), CC (2), PFr (1), PFr (2), PS (1), PS (2) e PC (1) não foram observados efeitos significativos, o que pode ter influenciado diretamente no resultado da PT.

CONCLUSÕES

A lâmina de 479,75 mm deteve os melhores resultados nas variáveis crescimento, desenvolvimento, bem como atingiu produtividade de 1,937,40 kg ha⁻¹ para a mamoneira cv. BRS Energia;

Exceto a produtividade do 2º cacho, as populações variando de 35.460 a 52.083 plantas ha⁻¹ comportaram-se de maneiras semelhantes.

LITERATURA CITADA

- Amorim Neto, M. da S.; Araújo, A. E. de; Beltrão, N. E. de M. Clima e solo. In: Azevedo, D. M. P. de; Lima, E. F. (ed.) O agronegócio da mamona no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. cap. 3, p. 63-76.
- Azevedo, D. M. P. de; Lima, E. F.; Santos, J. W. dos; Batista, F. A. S.; Nóbrega, L. B. da; Vieira, D. J.; Pereira, J. R. População de plantas no consórcio mamoneira/caupi. I. Produção e componentes da produção. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras, v.3, n.1, p.13-20, 1999.
- Beltrão, N. E. de M. Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). Campina Grande: EMBRAPA Algodão, 2003. 4p. (Comunicado Técnico N° 146).
- Beltrão, N. E. de M.; Melo, F. B.; Cardoso, G. D.; Severino, L. S. Mamona: Árvore do conhecimento e sistemas de produção para o semi-árido brasileiro. Campina Grande, PB: MAPA, 2003. 19p.
- Bergamaschi, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: Bergamaschi, H. (coord.). Agrometeorologia aplicada à irrigação. cap.2. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. p.25-32.
- Calbo, A. G.; Silva, W. L. C.; Torres, A. C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.1, n.1, p.1-7, 1989a.
- Calbo, A. G.; Silva, W. L. C.; Torres, A. C. Ajuste de funções não lineares de crescimento. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, v.1, n.1, p.9-18, 1989b.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/MamonaSerieHist.xls>. 23 Abr. 2009.
- Embrapa. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. Embrapa. 1997. 212p.
- Embrapa Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Sistema de Produção de Informação - SPI, 1999. 412p.
- Fageria, N. K. Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 429p. (EMBRAPA CNPAF. Documento, 18).
- Ferreira, P. V. Estatística experimental aplicada à agronomia. 2. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. 421p.
- Fonseca Júnior, N. da S.; Milani, M. Avaliação de genótipos de mamona na região norte do Paraná. In: Congresso Brasileiro da Mamona, 2, Aracaju-SE, 2006. Anais..., Aracaju: Secretaria da Agricultura do Estado de Sergipe, 2006. CD-ROM.
- Gondim, T. M. de S.; Milani, M.; Vasconcelos, R. A.; Freitas, H. E. C. D. S. de; Nóbrega, M. B. de; Pereira J. R.; Produção de genótipos de mamoneira (*Ricinus communis* L.) no cariri cearense, sob irrigação. In: Congresso Brasileiro da Mamona, 2, Aracaju-SE, 2006. Anais..., Aracaju: Secretaria da Agricultura do Estado de Sergipe, 2006. CD-ROM.
- Hanks, R. J.; Keller, J.; Rasmussen, V. P.; Wilson, G. D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. Soil Science Society of America Journal, v.40, n.3, p.426-429, 1976.

- Hoffmann, R.; Vieira, S. Análise de regressão: uma introdução a econometria. 3. ed. São Paulo: HUCITEC. 1998. 379p.
- Kumar P. V.; Srivastava N. N.; Victor U. S.; Rao D. G.; Rao A. V. M. S.; Ramakrishna Y. S.; Rao B. V. R. Radiation and water use efficiencies of rainfed castor beans (*Ricinus communis* L.) in relation to different weather parameters. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.81, n.3, p.241-253, 1996.
- Larcher, W. *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, RIMA, 2000. 530p.
- Pires, M. de M.; Alves, J. M.; Almeida Neto, J. A. de; Almeida, C. M.; Sousa, G. S. de; Cruz, R. S. da; Monteiro, R.; Lopes, B. S.; Robra S. Biodiesel de mamona: Uma avaliação econômica. In: Congresso Brasileiro da Mamona, 1, Campina Grande-PB, 2004. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.
- Portal do Biodiesel; Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. <http://www.biodiesel.gov.br>. 07 Nov. 2007.
- Ramos, N. P.; Amorim, E. P.; Filho, A. S. Potencial da cultura da mamona como fonte de matéria-prima para o programa nacional de produção de biodiesel. In: Câmara, G. M. S.; Heiffig, L. S. (ed.). *Agronegócio de plantas oleaginosas: Matérias-Primas para Biodiesel*. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV. 2006. p.81-104.
- Reichardt, K.; Timm, L. C. *Solo, planta e atmosfera – conceitos, processos e aplicações*. Barueri, SP: Manole, 2004. 469p.
- Severino, L. S.; Coelho, D. K.; Moraes C. R de A.; Gondim, T. M. de S.; Vale, L. S. do; Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira cultivar BRS Nordestina. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras*, v.10, n.1/2, p.933-999. 2006.
- Souza, L. C. Componentes de produção do cultivar de algodoeiro CNPA - 7H em diferentes populações de plantas. Viçosa: UFV 1996. 71p. Tese Doutorado.
- Sudene. Levantamento exploratório – reconhecimento do Estado do Ceará. v. I. Recife: SUDENE, 1993. 301p.