

Densidade populacional e seu efeito na produtividade da mamoneira BRS Energia sob cultivo irrigado¹

Population density and its effect on productivity in the castor bean BRS Energy under irrigated cultivation

Gibran da Silva Alves^{2*}, Francilene de Lima Tartaglia³, Napoleão Esberard de Macedo Beltrão⁴, Ligia Rodrigues Sampaio⁵ e Maria Aline de Oliveira Freire⁶

RESUMO - A mamoneira é uma planta oleaginosa arbustiva e o óleo de suas sementes possui inúmeras aplicações industriais. No Nordeste do Brasil destaca-se como alternativa para geração de emprego e renda na agricultura familiar. Contudo, na atualidade tem-se dado ênfase ao seu emprego na produção de combustível renovável (biodiesel). A escolha do espaçamento e da época de plantio adequados são passos tecnológicos básicos, que podem favorecer uma maior produção de grãos por planta pelo surgimento de mais racemos por planta com maior tamanho e número de frutos. Objetivou-se com o presente trabalho estudar os efeitos de diferentes populações de plantas de mamoneira (*Ricinus communis* L.) cv. BRS Energia quanto ao teor de óleo e produtividade. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Algodão, localizada no município de Barbalha-CE, onde se trabalhou em delineamento aleatorizado em blocos com cinco populações de plantas (10.000; 16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹) com quatro blocos. Utilizou-se o método de irrigação por aspersão. Com base nos resultados do estudo, verificou-se que o crescimento das plantas aumentou em função do incremento da população de 10.000 até 100.000 plantas ha⁻¹, a produtividade de grãos foi ajustada em função das populações testadas, o teor de óleo decresceu com o aumento da densidade populacional, os componentes de produção estudados decresceram com o aumento da população de plantas no intervalo considerado.

Palavras-chave: Densidade de plantas. Espaçamento. Teor de óleo. *Ricinus communis*.

ABSTRACT - The castor bean is an oilseed crop, with the oil from its seeds having many industrial applications. In northeastern Brazil it stands out as an alternative for generating employment and income in family farming. However, emphasis has currently been given to its use in the production of renewable fuel (biodiesel). The choice of suitable spacing and times of planting are basic technological steps that can favour greater grain production per plant, by the emergence of more racemes with an increase in the size and number of fruits. The aim of the present work was to study the effects of different plant populations of the castor bean (*Ricinus communis* L.) cv. BRS Energia, on oil content and productivity. The experiment was carried out on the Experimental Farm of *Embrapa Algodão*, located in the town of Barbalha, in the state of Ceará, in a randomised block design with five plant populations (10,000; 16,666; 25,000; 50,000 and 100,000 plants ha⁻¹), and four blocks. The spray method of irrigation was used. Based on the results of the study, it was found that plant growth increased with the increase in population from 10,000 to 100,000 h⁻¹, grain productivity adjusted to the populations under test, oil content decreased with the increased population density, and the production components under study decreased with the increasing plant population in the range under consideration.

Key words: Plant density. Spacing. Oil content. *Ricinus communis*.

DOI: 10.5935/1806-6690.20150037

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 17/07/2010; aprovado em 24/02/2015

Parte da Tese do primeiro autor apresentada na Universidade Federal da Paraíba/UFPB

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fazenda Saco, s/n, Caixa Postal 063, Serra Talhada-PE, gibranalves@yahoo.com.br

³Departamento de Fitotecnia/Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Av. Roraima n° 1000, Bairro Camobi, Santa Maria-RS, Brasil, 97.105-900, fran.tartaglia@yahoo.com.br

⁴Embrapa Algodão, Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário, Campina Grande-PB, Brasil, 58.107-720, napoleao@cnpa.embrapa.br

⁵Departamento de Fitotecnia, Centro Universitário Vale do Ipojuca/UNIFAVIP, Rua, Santo Antonio, 267, Santo Antonio, Campina Grande-PB, 58.406-025, Brasil, ligiasampaio@yahoo.com.br

⁶Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rua, Arrojado Lisboa, 792, Monte Santo, Campina Grande-PB, Brasil, 58.400-640, alinefreire2@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A cultura da mamoneira se apresenta como uma alternativa de relevante importância econômica e social para o Brasil, particularmente para a região Nordeste, sendo uma das culturas mais promissoras para o semi-árido nordestino, devido à fácil adaptação ao clima dessa região (DRUMMOND *et al.*, 2006).

A definição do espaçamento e da densidade de plantio é uma prática cultural de grande importância no planejamento de uma lavoura em determinada região (SEVERINO *et al.*, 2006a). Nesse sentido, existem diferenças marcantes nas relações hídricas e térmicas na mamona quando se comparam diferentes espaçamentos nas linhas de semeadura. Na semeadura com maior espaçamento entre plantas observa-se maior incidência de radiação por planta, porém a cobertura vegetal incompleta causa maior perda de água por evaporação. Na semeadura adensada, observa-se o oposto, o maior número de plantas propicia menor radiação e demanda hídrica por planta, mas um maior consumo de água (MELO *et al.*, 2005), e com isso, a densidade populacional e sua configuração no campo tornam-se importantes para se alcançar melhorias na produtividade e qualidade do produto.

A escolha de espaçamentos adequados para as distintas cultivares de mamona também representa uma medida fundamental para que a cultura cresça e produza satisfatoriamente. Nos estudos feitos por Severino *et al.* (2006c) em solo de baixa fertilidade, apresentando leve acidez (pH 5,6), baixos teores de Al ($1,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), P ($2,15 \text{ mg dm}^{-3}$) e matéria orgânica ($11,48 \text{ g kg}^{-1}$) além da saturação de bases de 57%, observou-se que espaçamentos mais estreitos (2 m), utilizando a cultivar BRS Nordestina (porte médio) propiciaram produtividade maior que nos espaçamentos mais largos (3,5 m), indicando que o adensamento populacional poderia ser adotado como forma de aumentar a produtividade. Esses autores relatam ainda que há pouca disponibilidade de informações científicas para embasar a recomendação técnica do correto espaçamento entre linhas para plantio de mamona na Região Nordeste.

Tendo em vista que a cultivar BRS Energia pode contribuir de forma significativa com os produtores da região Nordeste, por se tratar de um genótipo naturalmente vigoroso, de fácil propagação, precoce e de porte baixo com características adequadas para colheita manual ou mecanizada e a escassez de informações relacionadas a cultivar, objetivou-se com esse trabalho avaliar os componentes de produção, a produtividade e o teor de óleo dessa cultivar em diferentes espaçamentos entre plantas, sob irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo sob condições irrigadas na Estação Experimental da

Embrapa Algodão localizada no município de Barbalha, no Ceará, no período de julho a novembro de 2008, coordenadas $7^{\circ}17'36,32''$ de latitude Sul e de $39^{\circ}16'14,19''$ de longitude Oeste, a 387 m de altitude.

O trabalho foi conduzido com a cultura da mamona (*Ricinus communis* L.), BRS Energia, cultivar precoce com ciclo médio de 120 dias, desenvolvida em rede pela Embrapa, EBDA e EMPARN, lançada em 2007.

A temperatura média anual é de 27°C , com uma amplitude média de 24 a 30°C e precipitação pluvial média anual de 950 mm. Em 2008 foi registrada precipitação anual de 954 mm, com período de maior intensidade pluviométrica entre janeiro e maio.

A área experimental apresenta solo pertencente à classe dos Neossolos flúvicos, os quais se formam a partir de deposições fluviais ao longo dos cursos de água e são terraços tipicamente planos apresentando lençol freático elevado e drenagem insuficiente.

Antes da semeadura duas amostras de solo foram coletadas na área experimental nas profundidades de 0-20 e de 20-40 cm a fim de caracterizá-lo. As amostras de solo foram enviadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão e caracterizados de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1997), apresentando as seguintes características: na profundidade de 0-20 cm: P = $7,30 \text{ mg dm}^{-3}$; K, Ca, Mg, H + Al e CTC = 8,00; 131,20; 41,30; 18,20; 207,20 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; saturação por bases = 91%; pH em água (1:2,5) = 6,70; matéria orgânica = $44,60 \text{ g kg}^{-1}$; areia = 30,82%; silte = 38,67%; argila = 30,51%; densidade global = $1,29 \text{ g cm}^{-3}$; densidade real = $2,65 \text{ g cm}^{-3}$ e porosidade = 51,32%; na profundidade de 20-40: P = $8,90 \text{ mg dm}^{-3}$; K, Ca, Mg, H + Al e CTC = 8,30; 98,50; 54,50; 18,20; 188,90 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente; saturação por bases = 90%; pH em água (1:2,5) = 7,30; matéria orgânica = $40,30 \text{ g kg}^{-1}$; areia = 30,82%; silte = 38,67%; argila = 30,51% e densidade global = $1,29 \text{ g cm}^{-3}$; densidade real = $2,54 \text{ g cm}^{-3}$ e porosidade = 47,64%.

As recomendações para adubação com NPK foram estabelecidas e aplicadas de acordo com as análises químicas do solo coletado em julho de 2008 e foi 55-40-20 kg ha^{-1} , respectivamente. Utilizou-se como fontes de nutrientes o sulfato de amônio, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio. No momento da semeadura foi aplicada a dose total de fósforo, um terço do nitrogênio e metade do potássio. A adubação de cobertura foi realizada em duas aplicações, dividindo a quantidade recomendada em doses iguais, aos 15 e 30 dias após a emergência, sendo estas realizadas a lanço, de forma uniforme, na linha de cultivo a 20 cm da planta.

Para o controle de plantas daninhas foram efetuadas capinas manuais, mantendo-se a lavoura livre de competição

durante os primeiros sessenta dias após a emergência. A colheita foi manual e realizada em duas etapas, a primeira quando o primeiro cacho estava completamente seco e a segunda quando os demais cachos atingiram o mesmo ponto.

Empregou-se o delineamento experimental em que cinco tratamentos foram aleatorizados em blocos, com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais com área de 24 m². Cada parcela continha quatro fileiras de plantas com 6 m. A área total do experimento foi de 640 m² e considerando apenas as parcelas, foi de 480 m². Os tratamentos envolveram cinco populações de plantas de 10.000; 16.666; 25.000; 50.000; 100.000 plantas ha⁻¹, com espaçamentos de 1 x 1; 1 x 0,6; 1 x 0,4; 1 x 0,2; 1 x 0,1 respectivamente.

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. A lâmina de irrigação utilizada foi a de 516,36 mm, proposta por Silva *et al.* (2009), que obtiveram com essa lâmina a produtividade máxima (1.960,12 kg ha⁻¹) de sementes de mamona BRS Energia nas mesmas coordenadas geográficas e época do ano, estudando o efeito de quatro lâminas de irrigação sob populações de plantas.

Para quantificação das variáveis foram colhidos os racemos de até terceira ordem de todas as plantas da área útil das parcelas, sendo que para área útil, foram consideradas duas linhas centrais da parcela, totalizando 6 m².

As variáveis avaliadas foram: número de racemos: quantificação do número de racemos; número de frutos por racemo: relação entre o número total de frutos pelo número de racemos produzidos; número de frutos por planta: relação entre número de frutos produzidos e o número de plantas; massa de frutos por planta: relação entre a massa total de frutos e o número de plantas; número de sementes por planta: relação entre o número de sementes produzidas e o número de plantas da área; massa de sementes por planta: relação entre a massa total de sementes e o número de plantas; produtividade de frutos: massa dos frutos produzidas na área útil e posterior transformação para kg ha⁻¹; produtividade de sementes: massa das sementes produzidas na área útil e posterior transformação para kg ha⁻¹; massa de mil sementes: determinada de acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 1992), utilizando-se uma balança digital com precisão de três casas decimais; teor de óleo nas sementes: método de espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear - RMN (PAZ, 1996). As medidas de RMN foram realizadas em instrumento MQA Oxford 7005 de acordo com os procedimentos descritos por Colnago (1996); rendimento de óleo em kg ha⁻¹:

estimado a partir dos valores da produtividade de sementes e o percentual de óleo das sementes.

Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade de variância (teste de Bartlett) e de normalidade (Lilliefors). Os caracteres número de racemos por planta, número de frutos por racemos, número de frutos e sementes por planta foram transformados por $\sqrt{X} + 1$ para atender a pressuposição de normalidade de distribuição. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, quando verificado efeito significativo estes foram submetidos à análise de regressão polinomial (BANZATTO; KRONKA, 2006).

Para auxiliar na escolha do modelo, considerou-se a significância dos coeficientes da equação de regressão ajustada, testados pelo teste "t" de Student, bem como os valores do coeficiente de determinação (R²) associado a cada modelo de regressão, utilizando-se o programa SISVAR v. 4.2 (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os valores médios submetidos às análises de variâncias houve, com exceção para a produtividade dos frutos e sementes, massa de mil sementes e rendimento de óleo, efeito significativo para as demais variáveis estudadas da mamoneira BRS Energia (Tabelas 1 e 2).

De acordo com as análises de variâncias das regressões, houve com exceção da produtividade de frutos, produtividade de sementes e rendimento de óleo, efeito significativo para as demais variáveis estudadas da mamoneira BRS Energia (Tabela 5). Observou-se efeito quadrático para número de frutos por planta e teor de óleo, enquanto que para as outras variáveis foi linear.

Com base nos valores médios do número de racemos por planta (Figuras 1A; Tabela 3), se percebe uma redução de 2,00; 1,93; 1,89; 1,65; 1,64 racemos por planta para as populações de 10.000; 16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹, respectivamente. A população de 10.000 plantas ha⁻¹ deteve uma superioridade de 3,63; 5,82; 21,21 e 21,95% em relação à população de 16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹. Dessa maneira, pode-se inferir que o número de racemos aumenta à medida que se amplia o espaçamento entre as plantas na linha de plantio, de modo que, uma menor população de plantas por unidade de área é compensada por uma maior produção de racemos por planta. Tal comportamento pode ser explicado devido à menor competição pelos fatores de produção entre as plantas da mamoneira. Gondim *et al.* (2004) não constataram influência do espaçamento e da densidade de plantio na produção de racemos, utilizando cultivares precoces e de baixo porte.

Tabela 1 - Quadrados médios do número de racemos (NR), número de frutos por racemo (NFR), número de frutos por planta (NFP), massa de frutos por planta (MFP), número de sementes por planta (NSP) da mamoneira BRS Energia e significância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Barbalha, Ceará, 2008

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		NR	NFR	NFP	MFP	NSP
POP	4	0,10773*	39,26756**	48,16989**	11890,54*	121,92706**
Blocos	3	0,04816 ^{ns}	1,00407 ^{ns}	2,64124 ^{ns}	980,33 ^{ns}	7,13631 ^{ns}
Erro	12	0,02477	1,98528	1,14702	850,93	2,85309
Total	19	-	-	-	-	-
CV (%)	-	8,66	24,47	13,54	39,27	13,40

POP: população de plantas; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo; **e *: significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Tabela 2 - Quadrados médios da massa de sementes por planta (MSP), produtividade de frutos (PF), produtividade de sementes (PS), massa de mil sementes (MMS), teor de óleo (TO) e rendimento de óleo (RO) das plantas de mamona BRS energia e significância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Barbalha, Ceará, 2008

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					
		MSP	PF	PS	MMS	TO	RO
POP	4	6767,311**	163985,21 ^{ns}	90859,64 ^{ns}	452,69 ^{ns}	8,657*	34175,89 ^{ns}
Blocos	3	820,355 ^{ns}	222360,51 ^{ns}	173485,32 ^{ns}	261,73 ^{ns}	3,127 ^{ns}	39937,37 ^{ns}
Erro	12	522,967	144075,67	70674097384	158,12	1,973	21039,40
Total	19	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	42,42	26,28	24,24	4,22	2,71	25,30

POP: população de plantas; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; ns: não significativo; **e *: significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Tabela 3 - Médias e desvios padrão do número de racemos (NR), número de frutos por racemo (NFR), número de frutos por planta (NFP), massa de frutos por planta (MFP), número de sementes por planta (NSP) da mamoneira BRS Energia. Barbalha, Ceará, 2008

POP	NR	NFR	NFP	MFP	NSP
10.000					
Média	2,00	9,79	12,24	149,05	19,54
Desvio Padrão	± 0,00	± 1,31	± 1,76	± 54,54	± 2,97
16.666					
Média	1,93	7,95	10,02	96,06	16,00
Desvio Padrão	± 0,13	± 2,31	± 1,07	± 25,46	± 1,60
25.000					
Média	1,87	5,47	8,38	83,88	13,11
Desvio Padrão	± 0,15	± 1,30	± 1,53	± 26,46	± 2,31
50.000					
Média	1,65	3,26	5,08	28,29	8,46
Desvio Padrão	± 0,16	± 0,40	± 0,73	± 7,15	± 1,26
100.000					
Média	1,64	2,31	3,75	14,12	3,91
Desvio Padrão	± 0,28	± 0,18	± 0,34	± 3,19	± 0,45

POP: população de plantas

Tabela 4 - Médias e desvios padrão da massa de sementes por planta (MSP), produtividade de frutos (PF), produtividade de sementes (PS), massa de mil sementes (MMS), teor de óleo (TO) e rendimento de óleo (RO) da mamoneira BRS Energia. Barbalha, Ceará

POP	MSP	PF	PS	MMS	TO	RO
10.000						
Média	110,69	1242,08	921,77	281,18	50,81	469,37
Desvio Padrão	± 40,03	± 454,48	± 334,39	± 20,90	± 1,39	± 174,56
16.666						
Média	78,04	1440,83	1170,56	302,28	51,21	600,16
Desvio Padrão	± 17,75	± 381,80	± 266,20	± 8,17	± 2,31	± 146,90
25.000						
Média	56,37	1782,08	1315,15	301,78	54,45	715,55
Desvio Padrão	± 16,03	± 478,27	± 373,99	± 14,44	± 0,84	± 201,08
50.000						
Média	21,25	1367,50	1027,10	295,87	51,73	528,42
Desvio Padrão	± 6,35	± 345,44	± 306,82	± 1,60	± 1,73	± 142,93
100.000						
Média	10,67	1388,75	1049,35	309,52	51,22	553,19
Desvio Padrão	± 2,02	± 313,47	± 198,75	± 13,40	± 0,24	± 105,74

POP: população de plantas

Tabela 5 - Estimativa e significância dos parâmetros das regressões referentes às variáveis econômicas da mamoneira BRS Energia. Barbalha, Ceará

	Parâmetros	Estimativa	Pr> t
Número de racemos	β0	2,1185	0,0000**
	β1	-0,1001	0,0017**
Número de frutos por racemos	β0	11,6513	0,0000**
	β1	-1,9647	0,0000**
Número de frutos por planta	β0	14,4577	0,0000**
	β1	-2,1818	0,0000**
	β2	0,0011	0,0470*
Massa de frutos por planta	β0	175,5643	0,0000**
	β1	-33,7618	0,0000**
Número de sementes por planta	β0	23,0489	0,0000**
	β1	-3,4808	0,0000**
Massa de sementes por planta	β0	132,4503	0,0000**
	β1	-25,6818	0,0000**
Produtividade de frutos	β0	1378,2500	0,0000**
	β1	21,9910	0,7203 ^{ns}
Produtividade de sementes	β0	1063,2750	0,0000**
	β1	11,1708	0,7949 ^{ns}
Massa de mil sementes	β0	283,0442	0,0000**
	β1	5,0272	0,0265*

Continuação Tabela 5

Teor de óleo	β_0	47,5860	0,0000**
	β_1	3,4719	0,0106**
	β_2	-0,5561	0,0119**
Rendimento de óleo	β_0	544,5689	0,0000**
	β_1	9,5903	0,6832 ^{ns}

ns: não significativo; **e *: significativo a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Também vale salientar que uma maior produção de racemos por planta não implica obrigatoriamente em maior produtividade de grãos, uma vez que outros fatores, tais como densidade, tamanho e número de frutos por racemos também influenciam a produtividade da cultura.

Com relação ao número de frutos por racemos (Figura 1B), pode se observar valores médios decrescentes em relação às populações de 10.000; 16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹ com valores médios de 9,79; 7,95; 5,47; 3,26; 2,31 frutos por racemo (Tabela 3), respectivamente. Essa tendência de redução dos resultados também foi constatada para o número e massa de frutos por planta (Figuras 2A e 2B; Tabela 3) e o número e massa de sementes por planta (Figuras 2C e 2D). Esses resultados divergem de Azevedo *et al.* (1997), que constataram maiores valores para o número de racemos, número de fruto por racemo e o número de frutos por planta em espaçamentos maiores.

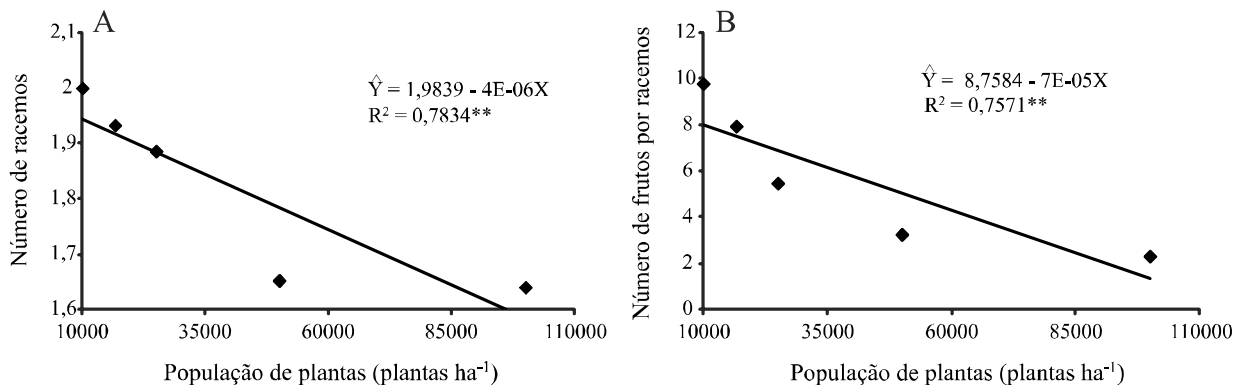
Corrêa; Távora e Pitombeira (2006) trabalhando com as mamoneiras cultivares BRS 149 Nordestina e BRS 188 Paraguaçu isoladas e consorciadas com caupi e milho não encontraram diferença significativa para o número de frutos por racemos entre os tratamentos avaliados. Sendo os valores médios observados de 30,3 e 33,7 frutos por racemo para as cultivares Nordestina e Paraguaçu, respectivamente.

Estes valores, juntamente com os valores obtidos por Fanan *et al.* (2009) de 1.275 a 5.323 frutos por racemo, são superiores as médias observadas na presente pesquisa.

O número de fruto por planta (Figura 2A) se ajustou a um modelo linear de regressão apresentando valores médios de 12,23; 10,02; 8,38; 5,18; 3,75 frutos planta⁻¹ para as populações de 10.000; 16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 3). Percentualmente, houve um incremento de 22,05; 45,94; 136,1 e 226,13% da menor população (10.000 plantas ha⁻¹) em relação às demais populações. Comportamento semelhante pode ser observado para a massa de frutos por planta (Figura 2B), que originou valores médios de 149,05; 96,05; 83,87; 28,29 e 14,12 g planta⁻¹, da menor (10.000 plantas ha⁻¹) para as maiores população de plantas ha⁻¹ (16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹), respectivamente (Tabela 3). Os incrementos percentuais para a massa de frutos planta⁻¹ foram de 35,55; 43,13; 81,02 e 90,52% da menor para as maiores populações de plantas.

Para o número de sementes por planta (Figura 2C), os valores médios foram de 19,54; 16,004; 13,11; 8,46; 5,91 (Tabela 3) sementes por planta para as populações de 10.000; 16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹. A diferença dos valores médios da menor para as maiores

Figura 1 - Número de racemos por planta (A) e número de frutos por racemo (B) da mamona BRS energia em função das diferentes populações de plantas



população de plantas correspondem a uma superioridade de 22,01; 49,04; 130,97 e 230,63% para o número de sementes por planta. Já a massa de sementes por planta (Figura 2D), originou valores médios de 110,69; 78,04; 56,36; 21,25 e 10,67 g planta⁻¹(Tabela 4) que correspondem a um incremento de 29,50; 49,08; 80,80 e 90,36% quando compara-se a população de 10.000 plantas ha⁻¹ contra as populações de 16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha⁻¹, respectivamente.

Melo *et al.* (2006), conduzindo trabalho com nove genótipos de mamoneira, sendo duas variedades em condições de campo no município de Teresina-PI com precipitação pluviométrica de 429,00 mm, verificaram uma média de 60,14 frutos por racemo, com maiores médias (77,3; 72,8; 71,2 e 64,6) para os genótipos Pernambuco SM, CNPAM 2000-72, BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, respectivamente. Já nos genótipos de porte baixo CSRN 393 e CSRD 2 foram contabilizados 64,16 e 44,32 frutos por racemo, respectivamente, além de precocidade de produção, onde mais de 33% da produção foi colhida aos 120 dias após plantio (GONDIM *et al.*, 2006).

A massa de mil sementes se ajustou ao modelo linear e foi crescente com o aumento nas populações de

plantas, sendo que a maior massa das sementes foi obtida quando se utilizou a maior população de plantas (Figura 3A).

Os resultados para o teor de óleo nas sementes (Figura 3B) foram de 50,81; 51,21; 54,45; 51,73; 51,22% para as populações de 10.000; 16.666; 25.000; 50.000; 100.000 plantas ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4). Esses valores são superiores aos encontrados por Severino *et al.* (2006a), trabalhando com mamoneiras da cultivar BRS Nordestina em espaçamentos, variando de 1,5 a 3,0 m, que aumentou linearmente de 46,6%, no espaçamento de 2 m para 47,9% no espaçamento de 3,5 m. Valores inferiores também foram encontrados por Severino *et al.* (2006b) que observaram que o aumento das doses de P de zero para 120 kg ha⁻¹ possibilitaram aumento do teor de óleo de 47,6 para 50,2%.

Apesar da não haver significância entre os tratamentos testados, a produtividade de frutos atingiu os valores médios de 2.250 kg ha⁻¹ na população de 50.000 plantas ha⁻¹; com médias de 1.242,08; 1.440,83; 1.782,08; 1.367,5 e 1.388,75 para as populações de 10.000; 16.666; 25.000; 50.000; 100.000 plantas ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4). Resultados superiores foram obtidos por Drummond *et al.* (2006) que obtiveram produtividades de 2.332,00; 2.024,00; 1.973,00 kg ha⁻¹ para

Figura 2 - Número de frutos (A), massa de frutos (B), número de sementes (C) e massa de sementes (D) por planta da mamoneira BRS energia em função das diferentes populações de plantas

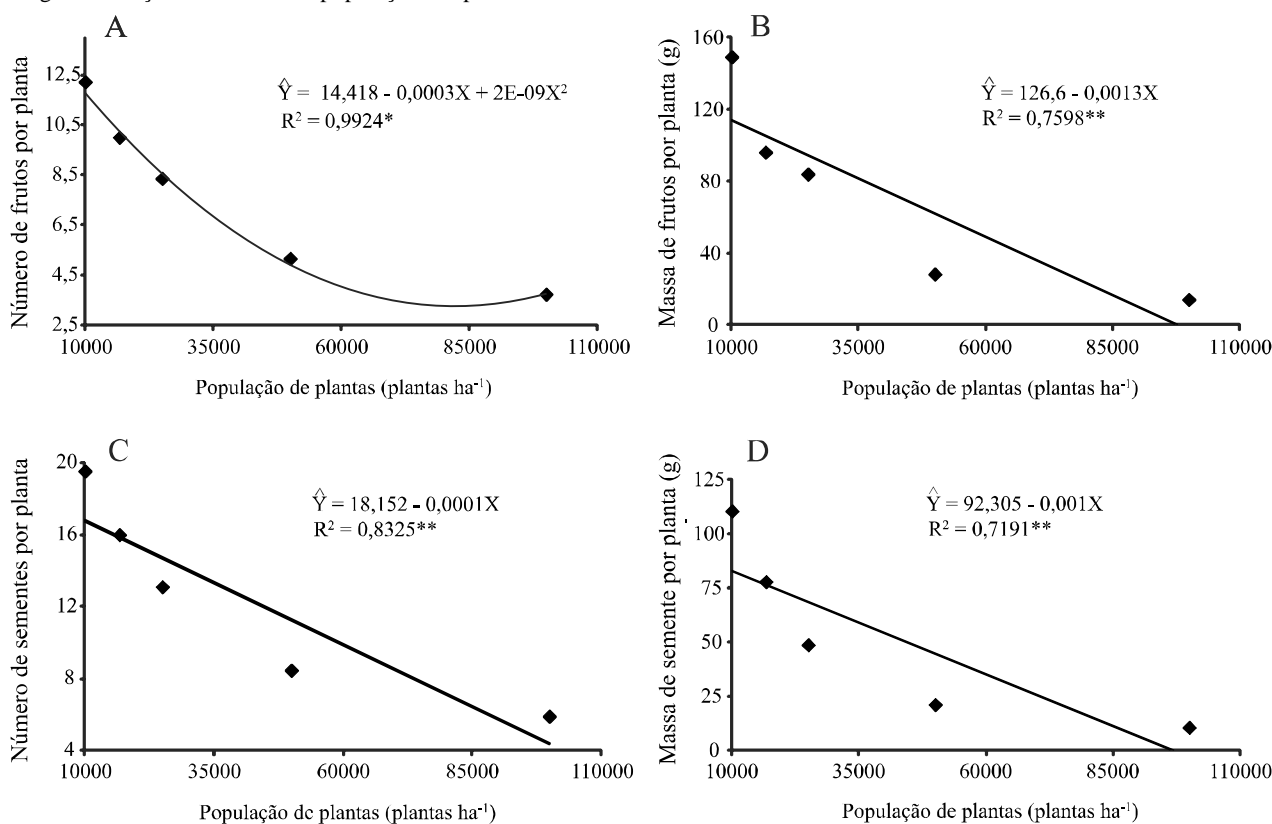
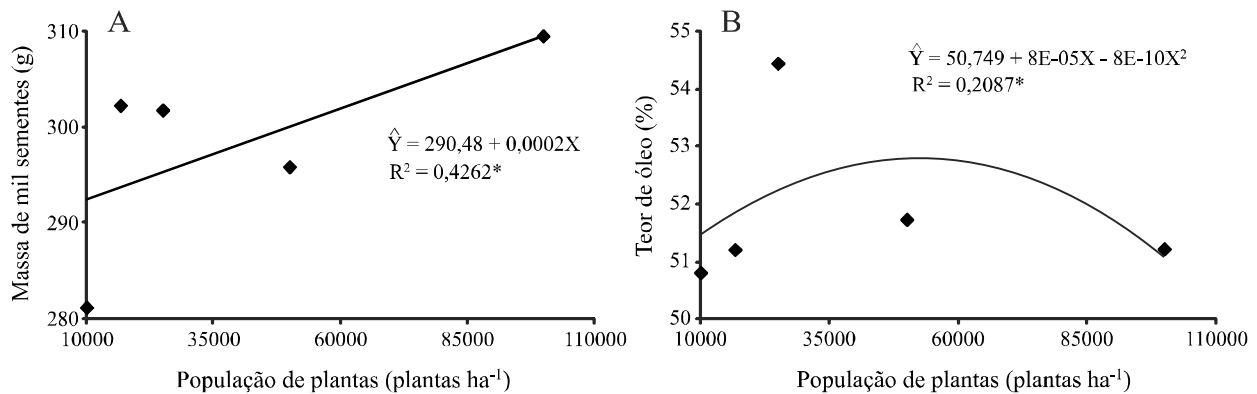


Figura 3 - Massa de mil sementes por planta (A) e teor de óleo (B) nas sementes de mamoneira em função de diferentes populações de plantas

CNPAM 2001-2, BRS Paraguaçu e BRS Nordestina, respectivamente, na população de 5.000 plantas ha⁻¹, na região de Juazeiro/Petrolina.

A produtividade de sementes, mesmo não se diferenciando entre os tratamentos, atingiu os valores médios de 921,77; 1170,56; 1315,15; 1027,10 e de 1049,35 kg ha⁻¹ para as populações de 10.000; 16.666; 25.000; 50.000; 100.000 plantas ha⁻¹, respectivamente (Tabela 4). As maiores populações de plantas apresentaram maiores produtividades, fato que pode estar relacionado à maior massa de mil sementes, ou seja, as plantas em maiores populações produzem menor número de sementes, mas sementes com maior massa.

Silva *et al.* (2009) avaliando o efeito de quatro lâminas de irrigação aplicadas a quatro populações de plantas (35.460; 39.682; 45.045 e 52.083 plantas ha⁻¹) da mamoneira cv. BRS Energia também não encontraram efeito significativo para a produtividade total de sementes para as populações de plantas, com produção máxima de 1.960,12 kg ha⁻¹, valor esse superior às médias aqui relatadas.

Em plantas da mamoneira cv. BRS Nordestina, Severino *et al.* (2006c) trabalhando com diferentes espaçamentos entre linhas (2,0; 2,5; 3,0 e 3,5 m) observaram efeito linear na produção, onde, no espaçamento de 3 m entre linhas, tradicionalmente recomendado para a cultura, a produtividade observada foi de 1.398,29 kg ha⁻¹, enquanto a redução do espaçamento para 2 m possibilitou aumento de 48% na produtividade, obtendo-se 2.038,24 kg ha⁻¹, valores esses também superiores aos aqui encontrados.

CONCLUSÕES

1. A mamoneira, mesmo de elevada precocidade, caso da BRS Energia, apresenta crescimento indeterminado e boa plasticidade fenotípica e fisiológica, se ajustando

em termos de produtividade de grãos em função das populações estudadas;

2. Altas populações de plantas na mamoneira BRS Energia ocasionam redução no número de racemos, número de frutos, número de sementes, massa de sementes e massa de frutos por plantas. Também reduz o número de frutos por racemo e teor de óleo nas sementes;
3. A produtividade de frutos e de sementes e o rendimento de óleo não foram influenciados pelas populações de plantas, no entanto, a massa de mil sementes aumentou com o incremento no número de plantas na linha de semeadura.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, D. M. P. de. *et al.* **Efeito da população de plantas no rendimento da mamoneira.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 5 p. (Comunicado Técnico, 54).
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola.** 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes.** Brasília, DF, 1992. 356 p.
- COLNAGO, L. A. **Análise do teor de óleo em sementes por RMN.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 1996. 13 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Circular Técnica, 3).
- CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 37, n. 2, p. 200-207, 2006.
- DRUMMOND, A. R. F. *et al.* Estudo dos Parâmetros: tempo de extração de solvente na obtenção de óleo de mamona para a produção de biodiesel. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIODIESEL*, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 2006. 1 CD-ROM.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- FANAN, S. *et al.* Descrição de características agronômicas e avaliação de épocas de colheita na produtividade da mamoneira cultivar IAC 2028. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 415-422, 2009.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar**: versão 4.3. Lavras: DEX/UFLA, 2003. CD-ROM.
- GONDIM, T. M. de S. *et al.* Adensamento de mamoneira em condições de sequeiro em Missão Velha, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. EMBRAPA, CNPA, CD-ROM.
- GONDIM, T. M. S. *et al.* Adensamento de mamoneira sob irrigação em Barbalha, CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. EMBRAPA, CNPA, CD-ROM.
- HANKS, R. J. *et al.* Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. **Soil Science Society of America Journal**, v. 40, n. 3, p. 426-429, 1976.
- MELO, B. *et al.* Avaliação de cultivares de cafeeiro com irrigação, em diferentes espaçamentos na linha de plantio. **Revista Ceres**, v. 52, n. 300, p. 245-253, 2005.
- MELO, F. B. *et al.* Comportamento produtivo de genótipos de mamoneira em baixas altitudes para produção de biodiesel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, CD-ROM.
- PAZ, L. M. **Ressonância Magnética Nuclear (RMN), princípios e aplicações**. Óleos & Grãos, v. 7, n. 33, p. 32-33, 1996.
- SEVERINO, L. S. *et al.* Otimização do espaçamento de plantio para a mamoneira cultivar BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 10, n. 1/2, p. 993-999, 2006a.
- SEVERINO, L. S. *et al.* Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macro e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 563-568, 2006b.
- SEVERINO, L. S. *et al.* Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 50-54, 2006c.
- SILVA, S. M. S. *et al.* Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 338-348, 2009.