

# Espaçamento e população de plantas de mamoneira de porte baixo para colheita mecanizada

Rogério Peres Soratto<sup>(1)</sup>, Genivaldo David de Souza-Schlick<sup>(1)</sup>, Bruno Mesquita San Giacomo<sup>(1)</sup>, Maurício Dutra Zanotto<sup>(1)</sup> e Adalton Mazetti Fernandes<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu, Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu, SP. E-mail: soratto@fca.unesp.br, genivald@fca.unesp.br, brumesk@hotmail.com, zanotto@fca.unesp.br, adalton@fca.unesp.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do espaçamento entre fileiras e da população de plantas sobre a produtividade e outras características agrônômicas da mamoneira de porte baixo, para a colheita mecanizada, na safra de verão. O experimento foi realizado durante os anos agrícolas 2007/2008 e 2008/2009, em um Latossolo Vermelho distroférico, em Botucatu, SP, com uso da cultivar FCA-PB. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro espaçamentos entre fileiras (0,45, 0,60, 0,75 e 0,90 m), e as subparcelas por quatro populações iniciais de plantas (25.000, 40.000, 55.000 e 70.000 plantas por hectare). O aumento da população de plantas, independentemente do espaçamento entre fileiras, diminuiu a sobrevivência de plantas, o diâmetro do caule, o número de racemos por planta e de frutos por racemo. As maiores produtividades de grãos e de óleo da cultivar FCA-PB são obtidas com populações iniciais entre 55.000 e 70.000 plantas por hectare, nos espaçamentos entre fileiras de 0,45 a 0,75 m.

Termos para indexação: *Ricinus communis*, arranjo espacial, componentes da produção, densidade de plantas, teor de óleo.

## Low-height castor bean row spacing and plant population for mechanical harvest

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effect of row spacing and plant population on yield and others agronomic characteristics of low-height castor bean, for mechanical harvest, in the summer cropping season. The experiment was carried out during the 2007/2008 and 2008/2009 growing seasons, on a Haplorthox soil, in Botucatu, São Paulo State, Brazil, using the cultivar FCA-PB. A randomized complete block design in a split-plot arrangement with four replicates was used. The plots consisted of four row spacings (0.45, 0.60, 0.75, and 0.90 m), and the subplots of four initial plant populations (25,000, 40,000, 55,000, and 70,000 plants per hectare). Increases in plant population, decreased plant survival, stem diameter, number of racemes per plant and number of fruits per raceme, regardless of row spacing. The highest grain and oil yields of castor bean FCA-PB are obtained with initial plant populations between 55,000 and 70,000 plants per hectare, with the row spacing from 0.45 to 0.75 m.

Index terms: *Ricinus communis*, spatial arrangement, yield components, plant density, oil content.

## Introdução

A utilização da combinação ótima de espaçamento entre fileiras e densidade de plantas na fileira para uma cultura possibilita a melhor utilização de luz, água e nutrientes pelas plantas (Henderson et al., 2000; Tourinho et al., 2002), e é uma das tecnologias de maior simplicidade de aplicação (Severino et al., 2006a, 2006d; Bizinoto et al., 2010). O arranjo ideal de plantas na área de plantio depende de características intrínsecas da cultivar, como porte, hábito de crescimento e arquitetura da planta (Bezerra et al., 2009), bem como de condições edafoclimáticas e do sistema de manejo (Severino et al., 2006a, 2006d; Bizinoto et al., 2010).

Na cultura da mamona (*Ricinus communis* L.), baixas populações de plantas proporcionam infestação de plantas daninhas e formação de plantas de mamona com floração tardia e com ramos laterais longos. Já altas populações proporcionam plantas muito altas e sujeitas ao acamamento (Severino et al., 2006d; Carvalho et al., 2010), o que inviabiliza a colheita mecanizada. Atualmente, grande parte das informações que se tem sobre essa cultura são resultados de trabalhos com cultivares de porte médio a alto, baixas populações de plantas e espaçamentos largos para colheita manual (Severino et al., 2006a, 2006b, 2006c, 2006d; Savy Filho et al., 2007; Bizinoto et al., 2010; Carvalho et al., 2010).

O desenvolvimento de cultivares de mamona mais precoces, com amadurecimento uniforme, pouca deiscência dos frutos, porte baixo, e adequadas à colheita mecanizada (Freire et al., 2007; Savy Filho et al., 2007) tem tornado a mamona opção interessante de cultivo, inclusive para compor sistemas de rotação com culturas anuais, com espaçamentos mais estreitos e maiores populações de plantas. Contudo, ainda há muitas dúvidas quanto ao desempenho da mamoneira de porte baixo nessas condições de cultivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do espaçamento entre fileiras e da população de plantas sobre a produtividade e outras características agrônomicas da mamoneira de porte baixo, para a colheita mecanizada, na safra de verão.

### Material e Métodos

O experimento foi realizado no Município de Botucatu, SP (48°23'W e 22°58'S, a 740 m de altitude), nas safras de verão 2007/2008 e 2008/2009. O clima da localidade é do tipo Cwa, conforme Köppen, e se caracteriza como tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso. Os dados climáticos registrados durante o desenvolvimento do experimento estão apresentados na Figura 1.

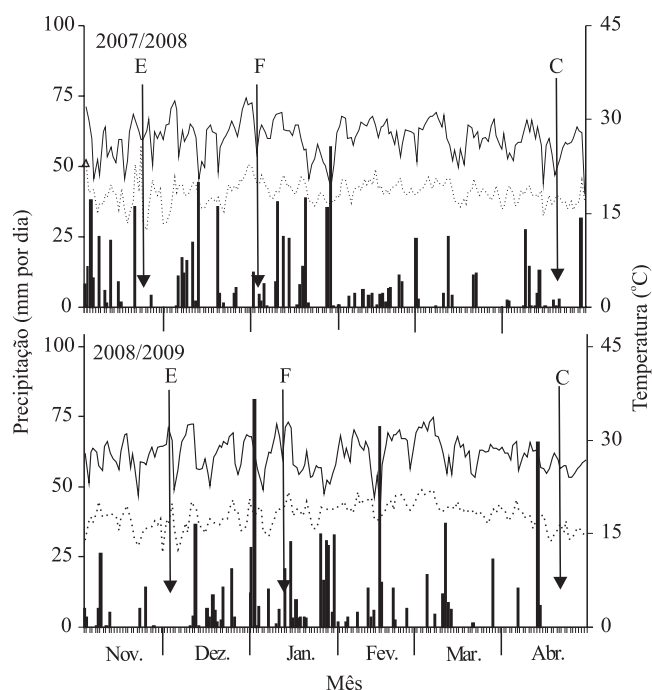
O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (Santos et al., 2006). Antes da instalação do experimento, em cada ano agrícola, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0–0,20 m, para caracterização química (Raij et al., 2001). Em 2007/2008, os resultados foram: 36 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; pH em CaCl<sub>2</sub> de 5,3; 37 mg dm<sup>-3</sup> de P (extrator resina); 2,8, 41, 15 e 104,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K, Ca, Mg e CTC, respectivamente; e saturação por bases de 56%. Na área utilizada em 2008/2009, os resultados foram: 38 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; pH em CaCl<sub>2</sub> de 4,3; 26 mg dm<sup>-3</sup> de P (extrator resina); 3,3, 36, 15 e 121,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K, Ca, Mg e CTC, respectivamente; e saturação por bases de 45%.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em arranjo de parcela subdividida, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro espaçamentos entre fileiras (0,45, 0,60, 0,75 e 0,90 m), e as subparcelas por quatro populações de plantas (25.000, 40.000, 55.000 e 70.000 plantas por hectare). Cada unidade experimental foi constituída por dez, seis, seis e seis fileiras de 5 m de

comprimento, nos espaçamentos de 0,45, 0,60, 0,75 e 0,90 m, respectivamente. Para as avaliações, foram consideradas as linhas centrais, tendo-se desprezado 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e uma fileira de cada lado da unidade experimental.

A cultivar FCA-PB, desenvolvida no programa de melhoramento da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista, apresenta porte baixo (1,4 a 1,8 m); frutos indeiscentes; suscetibilidade ao mofo-cinza [Botryotinia ricini (G.H. Godfrey) Whetzel]; teor de óleo acima de 47%; e ciclo precoce, que varia de 130 a 150 dias.

Em 31/10/2007 e 8/11/2008, as plantas presentes na área foram dessecadas mediante aplicação de herbicida glifosato na dose de 1.440 g ha<sup>-1</sup> do i.a. A instalação do experimento foi realizada em sistema plantio direto. A abertura dos sulcos e a distribuição do adubo foram realizadas com semeadora-adubadora tratorizada, regulada de acordo com o espaçamento. A adubação básica de semeadura consistiu da aplicação, em todos os tratamentos, de 150 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 08-28-16.



**Figura 1.** Precipitação pluvial (■), temperaturas máxima (—) e mínima (.....) do ar, obtidas na área do experimento, de novembro a abril dos anos agrícolas 2007/2008 e 2008/2009, e datas de emergência (E), início do florescimento (F) e colheita (C) da cultura da mamona FCA-PB.

As sementeiras foram realizadas manualmente em 9/11/2007 e 21/11/2008, tendo-se utilizado as quantidades de sementes necessárias para obtenção do dobro das populações de plantas desejadas para cada tratamento. As sementes foram tratadas com fungicida carboxin+tiram (60+60 g do i.a por 100 kg de sementes) e com inseticida tiametoxam (140 g do i.a. por 100 kg de sementes). A emergência das plântulas ocorreu em 21/11/2007 e 3/12/2008. Aos 10 dias após a emergência (DAE), foi realizado o desbaste, tendo-se deixado a população de plantas planejada para cada tratamento.

A adubação de cobertura foi realizada aos 30 DAE, com aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio.

Durante todo o período de desenvolvimento da mamona, foram realizadas capinas manuais para o controle das plantas daninhas. O controle preventivo do mofo-cinzeno foi realizado mediante aplicações de fungicidas, a partir do início do florescimento, que ocorreu aos 42 e 40 DAE, respectivamente para os anos agrícolas 2007/2008 e 2008/2009.

As colheitas foram realizadas em 18/4/2008 e 20/4/2009. Foram avaliados: população final de plantas – contagem do número de plantas em duas fileiras de 4 m de comprimento, na área útil de cada unidade experimental, às vésperas da colheita; diâmetro do caule – medido com paquímetro digital no primeiro internódio de dez plantas da área útil de cada unidade experimental; altura de planta – distância entre o solo e o ponto mais alto da planta, determinada em dez plantas da área útil de cada unidade experimental; altura de inserção do primeiro racemo – distância entre o solo e o ponto de inserção do racemo, determinada em dez plantas da área útil de cada unidade experimental, apenas no segundo ano; número de racemos por planta – contagem feita em duas fileiras de 4 m de comprimento, na área útil de cada unidade experimental, às vésperas da colheita; número de frutos por racemo – determinado em todos os racemos colhidos em duas fileiras de 4 m de comprimento, na área útil de cada unidade experimental; número médio de grãos por fruto – determinado em duas amostras de 100 frutos de cada unidade experimental; massa de 100 grãos – determinada por pesagem de quatro amostras de 100 grãos de cada unidade experimental, com dados corrigidos para 13% de umidade (base úmida); e produtividade de grãos – determinada mediante colheita manual, em única ocasião, de todos os racemos

contidos em duas fileiras de 4 m de comprimento, na área útil de cada unidade experimental. Os racemos foram trilhados, os grãos separados e pesados, e os dados corrigidos para 13% de umidade (base úmida).

Após a colheita, os grãos foram secados em estufa com circulação forçada de ar a 70°C, por 24 horas, e foram determinados o teor de óleo (base seca), por ressonância magnética nuclear, e a produtividade de óleo.

Os dados foram submetidos à análise de variância, de acordo com esquema de análise conjunta de experimentos em parcelas subdivididas (Campos, 1984). O fator espaçamento entre fileiras foi considerado qualitativo, enquanto a população de plantas foi considerada fator quantitativo. As médias referentes aos espaçamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, e os efeitos das populações de plantas foram avaliados por análise de regressão, tendo-se adotado a magnitude dos coeficientes de regressão significativos a 5% de probabilidade, como critério para escolha do modelo. Para determinar o grau de associação entre as características agrônômicas da cultura da mamona, foram realizadas análises de correlação simples.

## Resultados e Discussão

De modo geral, nos tratamentos mais adensados, independentemente do espaçamento entre fileiras, foi observada menor sobrevivência das plantas do que nos tratamentos com menores populações, nos dois anos agrícolas (Tabela 1). Em 2007/2008, o espaçamento entre fileiras não influenciou a população final de plantas. Em 2008/2009, houve interação entre espaçamento e população de plantas, pois, nas combinações das maiores populações de plantas com o espaçamento mais largo (0,90 m), houve menor sobrevivência de plantas. Rocha et al. (1964) também verificaram redução da população final de plantas de mamona com aumento da população de plantas ou, mais especificamente, com adensamento das plantas na fileira. Tourinho et al. (2002) observaram que o aumento na densidade de plantas na fileira reduziu a percentagem de sobrevivência das plantas de soja. Esses resultados são explicados pelo aumento da competição intraespecífica por água, luz e nutrientes, o que faz com que as plantas “dominadas” morram durante o ciclo da cultura. Em 2007/2008, houve maior

mortalidade de plantas em todos os arranjos estudados, o que pode estar relacionado ao grande volume de chuva nas primeiras semanas de dezembro (Figura 1), que pode ter favorecido a ocorrência de murcha-de-fusário [*Fusarium oxysporum* f. sp. *ricini* (Wr.) Snyder & Hans] (Araújo et al., 2007), após o desbaste de plantas.

Com relação às características agrônômicas, as interações ano x espaçamento, ano x população de plantas ou ano x espaçamento x população de plantas, na análise conjunta, foram significativas para a maioria das variáveis estudadas. Assim, optou-se por analisar os efeitos de espaçamento entre fileiras e população de plantas em cada ano separadamente.

O diâmetro do caule foi influenciado apenas pela população de plantas, nos dois anos agrícolas (Tabela 2). A redução do diâmetro do caule, com o incremento da população de plantas, pode ser explicada pela maior interceptação de luz na faixa do vermelho extremo refletida pelas plantas, em virtude do maior índice de área foliar e, conseqüentemente, do aumento da relação vermelho/vermelho extremo, o que leva à modificação no crescimento (Kasperbauer & Karlen, 1994) e ao estiolamento (Bizinoto et al., 2010). A repetição dos efeitos observados nos dois anos permite afirmar que, dos fatores estudados, a população de plantas é o que mais influencia no diâmetro do caule. Kittock & Williams (1970), Bizinoto et al. (2010) e Carvalho et al.

(2010) também verificaram decréscimo no diâmetro do caule com aumento da população de plantas.

A altura da planta não foi influenciada pelos fatores estudados (Tabela 2). A cultivar FCA-PB apresentou altura média de plantas de 1,56 m. Esse resultado indica que o baixo porte dessa cultivar é uma característica de elevada estabilidade fenotípica. Kittock & Williams (1970) e Bizinoto et al. (2010) também não observaram efeito do adensamento da população na altura das plantas de mamona. Para a colheita mecanizada, é desejável que as plantas de mamona tenham caules mais finos e porte reduzido (Lopes et al., 2008; Ferreira et al., 2009).

A altura de inserção do primeiro racemo, avaliada apenas na safra 2008/2009, foi influenciada pela população de plantas e pela interação população de plantas x espaçamento entre fileiras (Tabela 3). O aumento da população de plantas, nos espaçamentos intermediários (0,60 e 0,75 m), proporcionou incremento linear na altura de inserção do primeiro racemo; porém, os demais espaçamentos, não alteraram esta variável. Na maior população de plantas, os espaçamentos de 0,60 e 0,75 m proporcionaram altura de inserção do primeiro racemo superior ao espaçamento de 0,90 m, e não diferiram do espaçamento de 0,45 m entre fileiras. Para Severino et al. (2006d), a altura de inserção do primeiro racemo é mais influenciada pelo adensamento

**Tabela 1.** População final de plantas da cultivar de mamona FCA-PB, na época da colheita, em função do espaçamento entre fileiras e da população inicial de plantas, nas safras de verão de 2007/2008 e 2008/2009<sup>(1)</sup>.

Espaçamento (m)	População inicial de plantas (plantas por hectare)				Média	Regressão	R <sup>2</sup>
	25.000	40.000	55.000	70.000			
2007/2008							
0,45	19.069	33.787	40.963	50.875	36.174a	-	-
0,60	19.938	31.889	40.777	50.194	35.700a	-	-
0,75	20.289	31.442	39.722	49.319	35.193a	-	-
0,90	21.861	33.833	44.370	52.240	38.076a	-	-
Média	20.289	32.738	41.458	50.657	-	y = 4674,8 + 0,665x	0,99**
CVparcela (%)	8,7						
CVsubparcela (%)	8,1						
2008/2009							
0,45	24.880a	40.000a	53.703a	67.592a	46.567	y = 1679,6 + 0,945x	0,99**
0,60	24.944a	39.889a	52.778a	64.583ab	45.549	y = 3810,3 + 0,879x	0,99**
0,75	25.000a	39.972a	51.111a	61.111b	44.299	y = 6465,9 + 0,797x	0,99**
0,90	25.000a	37.963a	50.000a	55.555c	42.130	y = 9290,1 + 0,691x	0,97**
Média	24.956	39.456	51.898	62.210	-	-	-
CVparcela (%)	4,8						
CVsubparcela (%)	4,4						

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. \*\*Significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.

de plantas do que a altura das plantas de mamona, em consequência do estiolamento do caule. Nas plantas sob maior competição, especialmente por luz, há maior alongação do caule (Kasperbauer & Karlen, 1994; Severino et al., 2006d; Silva et al., 2006).

O número de racemos por planta foi influenciado apenas pela população de plantas, nos dois anos agrícolas (Tabela 4). O aumento da população de plantas resultou em redução linear os valores dessa variável, e o maior número de racemos por planta foi obtido na menor população (25.000 plantas por hectare). Bizinoto et al. (2010) observaram redução do número de racemos à medida que foi aumentada a população de plantas. Nos maiores espaçamentos, há mais área de captação de luz, com as plantas em condições de

competição igual às observadas em menores espaços; portanto, há produção de massa de matéria seca mais elevada e arquitetura produtiva mais adequada, o que permite maior expressão do potencial de emissão de racemos pelas plantas. Foram verificadas correlações positivas (2007/2008:  $r = 0,49$ ,  $p < 0,001$  e 2008/2009:  $r = 0,45$ ,  $p < 0,001$ ) entre o número de racemos por planta e o diâmetro do caule, o que evidencia que plantas sob maior competição e com menor diâmetro do caule apresentam menor número de racemos por planta. O maior número de racemos por planta e a menor variação nesta variável, em função do aumento da população de plantas, observados no primeiro ano agrícola, se devem, provavelmente, à maior mortalidade de plantas em 2007/2008 (Tabelas 1 e 4).

No primeiro ano de cultivo, o número de frutos por racemo variou em função dos fatores estudados. No entanto, no segundo ano, apenas a população de plantas afetou essa variável (Tabela 4). Em 2007/2008, foram obtidos racemos com maior número de frutos nos espaçamentos de 0,45 e 0,60 m; contudo, os valores observados no espaçamento de 0,60 m não diferiram do espaçamento de 0,90 m, independentemente da população de plantas. Nos dois anos agrícolas, o número de frutos por racemo apresentou redução linear com o aumento da população de plantas, independentemente dos espaçamentos, com efeito mais pronunciado no primeiro ano. Nas menores populações de plantas e nos menores espaçamentos entre fileiras, em que as plantas são distribuídas mais uniformemente na área, a possibilidade de produção de racemos com mais frutos é favorecida, independentemente do número de racemos por plantas. Em 2007/2008, o número de racemos por planta e de frutos por racemo foi maior, possivelmente em virtude da maior mortalidade de plantas (Tabela 1), o que evidencia a elevada capacidade da mamoneira em compensar a diminuição do estande com aumento

**Tabela 2.** Diâmetro do caule e altura da planta da cultivar de mamona FCA-PB em função do espaçamento entre fileiras e da população de plantas, na safra de verão de 2007/2008 e 2008/2009<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Diâmetro do caule (mm)		Altura da planta (m)	
	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009
<b>Espaçamento (m)</b>				
0,45	22,2a	23,5a	1,50a	1,55a
0,60	24,8a	24,0a	1,53a	1,56a
0,75	22,2a	24,7a	1,54a	1,60a
0,90	23,1a	25,8a	1,61a	1,61a
CV (%)	13,1	8,7	9,4	9,5
<b>População (plantas por hectare)</b>				
25.000	25,8	26,6	1,58	1,61
40.000	23,4	23,9	1,53	1,55
55.000	21,8	23,9	1,52	1,55
70.000	22,2	23,6	1,54	1,60
Regressão	L <sup>(2)</sup>	Q <sup>(3)</sup>	ns	ns
CV (%)	9,1	8,8	6,9	12,2

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, para o fator espaçamento, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup> $y = 27,999 - 0,0001x$ ,  $R^2 = 0,94^{**}$ ; <sup>(3)</sup> $y = 37,224 + 0,0003x - 0,000000001x^2$ ,  $R^2 = 0,98^{**}$ ; ns=Não significativo. \* e \*\*Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

**Tabela 3.** Desdobramento da interação significativa entre os fatores população de plantas e espaçamento, quanto à altura de inserção do primeiro racemo (m) da cultivar de mamona FCA-PB, no ano agrícola 2008/2009<sup>(1)</sup>.

Espaçamento (m)	População (plantas por hectare)				Regressão	R <sup>2</sup>
	25.000	40.000	55.000	70.000		
0,45	0,52a	0,51a	0,46a	0,50ab	ns	-
0,60	0,37a	0,39a	0,54a	0,66a	$y = 0,167 + 0,000007x$	0,93**
0,75	0,42a	0,51a	0,52a	0,69a	$y = 0,275 + 0,000005x$	0,88**
0,90	0,43a	0,37a	0,49a	0,44b	ns	-

<sup>(1)</sup>Médias seguidas por letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ns=Não significativo. \*\*Significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade. CV parcela, 26,1%; CV subparcela, 19,2%.

na produção desses componentes da produtividade (Beltrão et al., 2007).

O número de grãos por fruto não foi afetado por nenhum dos fatores (Tabela 4). Essa variável é pouco influenciada pelo ambiente ou por fatores exógenos, pois é uma característica de alta herdabilidade (Freire et al., 2007).

Na massa de 100 grãos, houve efeito do espaçamento apenas no primeiro ano agrícola (Tabela 4). Nos maiores espaçamentos entre fileiras, obteve-se maior massa de 100 grãos, o que foi reflexo do menor número de frutos por racemo obtido nesses espaçamentos, e pode ter favorecido melhor partição dos fotoassimilados.

Em ambos os anos agrícolas, a produtividade de grãos sofreu efeitos isolados dos fatores estudados (Tabela 5). Em 2007/2008, os menores espaçamentos (0,45 e 0,60 m) proporcionaram as maiores produtividades, tendo diferido do espaçamento de 0,75 m, que apresentou o menor valor. Em 2008/2009, as maiores produtividades também foram obtidas nos menores espaçamentos entre fileiras, que proporcionaram produtividade média de 3.264 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 25,7% superior à produtividade obtida no espaçamento de 0,90 m. O aumento no espaçamento entre fileiras, para uma mesma população de plantas, promove adensamento de plantas na fileira, o que proporciona competição intraespecífica por nutrientes, água, luz e

CO<sub>2</sub>, e resulta em decréscimo de produção por planta (Rocha et al., 1964; Severino et al., 2006a, 2006d; Tourinho et al., 2002). Segundo Rocha et al. (1964), com a aglomeração de plantas na fileira, em função do aumento do espaçamento, a produtividade de grãos é reduzida. Assim, não apenas a população de plantas é importante, mas também o seu arranjo na área. Severino et al. (2006d) e Carvalho et al. (2010), ao trabalhar com espaçamentos bem mais largos, também verificaram maiores produtividades de grãos, da cultivar de porte baixo BRS Nordestina, com a redução do espaçamento entre fileiras.

Houve efeito quadrático da população de plantas na produtividade de grãos, nos dois anos agrícolas (Tabela 5). No primeiro ano, a maior produtividade foi obtida com a maior população (70.000 plantas por hectare). Já em 2008/2009, a máxima produtividade ocorreu na população de aproximadamente 55.000 plantas por hectare e decresceu na maior população. Apesar de o aumento da população de plantas ter proporcionado redução linear no número de racemos por planta e de frutos por racemo, ele contribuiu para o maior número de racemos e frutos por área e, conseqüentemente, para a maior produtividade de grãos. De acordo com Rocha et al. (1964), o aumento da população de plantas em um mesmo espaçamento entre fileiras promove a redução na produção de grãos

**Tabela 4.** Número de racemos por planta, número de frutos por racemo, número de grãos por fruto e massa de 100 grãos da cultivar de mamona FCA-PB, em função do espaçamento entre fileiras e da população de plantas, nas safras de verão de 2007/2008 e 2008/2009<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Racemos por planta		Frutos por racemo		Grãos por fruto		Massa de 100 grãos (g)	
	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009
Espaçamento (m)								
0,45	5,2a	3,6a	27,3a	19,6a	2,8a	2,9a	36,3b	37,4a
0,60	5,6a	3,5a	26,9ab	20,3a	2,6a	2,9a	36,1b	37,2a
0,75	5,4a	3,5a	23,6c	21,6a	2,7a	2,9a	37,3ab	38,9a
0,90	5,0a	3,4a	24,4bc	18,2a	2,7a	2,9a	38,4a	37,0a
CV (%)	14,0	7,1	10,0	17,4	4,8	2,0	4,2	10,6
População (plantas por hectare)								
25.000	6,1	5,0	29,2	20,3	2,7	2,9	37,7	37,9
40.000	5,6	3,6	25,8	20,3	2,7	2,9	36,4	36,9
55.000	4,9	2,9	24,9	20,5	2,7	2,9	36,5	38,6
70.000	4,6	2,5	22,2	18,5	2,8	2,7	37,5	37,1
Regressão	L <sup>(2)</sup>	L <sup>(3)</sup>	L <sup>(4)</sup>	L <sup>(5)</sup>	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11,0	6,5	10,8	11,4	5,8	3,5	5,2	6,2

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, para o fator espaçamento, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

<sup>(2)</sup>y = 6,906 - 0,00003x, R<sup>2</sup> = 0,98\*\*;

<sup>(3)</sup>y = 6,097 - 0,00006x, R<sup>2</sup> = 0,93\*\*;

<sup>(4)</sup>y = 32,402 - 0,0001x, R<sup>2</sup> = 0,96\*\*;

<sup>(5)</sup>y = 21,547 - 0,00003x, R<sup>2</sup> = 0,51\*.

ns=Não significativo. \* e \*\*Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

por planta, com o aumento da produtividade por área. Carvalho et al. (2010) obtiveram aumento na produtividade de grãos das cultivares BRS Nordestina e BRS Paraguaçu, com aumento da população a até 12.500 plantas por hectare, ao alterar apenas a distância entre plantas na fileira.

Na safra 2007/2008, as produtividades de grãos foram superiores às observadas no segundo ano, mesmo tendo havido menores populações finais de plantas, o que foi atribuído às melhores condições de fertilidade do solo, especialmente disponibilidade de P, e à ausência de deficiência hídrica, embora as chuvas mais esparsas no período após o início do florescimento (Figura 1) tenham favorecido o crescimento das plantas e a menor incidência de mofo-cinzeno. Esses resultados evidenciam que a planta de mamona tem elevada plasticidade produtiva e pode compensar certas reduções na população, desde que as condições ambientais sejam favoráveis para o seu desenvolvimento (Beltrão et al., 2007). As produtividades obtidas foram mais elevadas que as relatadas por Savy Filho et al. (2007), Severino et al. (2006a, 2006b, 2006d), Bizinoto et al. (2010) e Carvalho et al. (2010), provavelmente em virtude dos menores espaçamentos entre fileiras e das maiores populações de plantas utilizados no presente trabalho. Rocha et al. (1964), ao estudar arranjos de plantas e níveis de adubação NPK, em várias regiões do estado de São Paulo, obtiveram produtividade de grãos de até 4.884 kg ha<sup>-1</sup> (1,0x1,0 m e 60-90-60 kg ha<sup>-1</sup> de

N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) em Tatuí, SP. Canecchio Filho (1954), ao avaliar 16 experimentos realizados em seis localidades do estado de São Paulo, também constataram, nos experimentos em Campinas, elevada produtividade de grãos da mamona, acima de 8.000 kg ha<sup>-1</sup>, em espaçamentos reduzidos (1,0x0,60 m). No entanto, em ambos os trabalhos, as produtividades de grãos obtidas na maioria dos experimentos foram inferiores a 3.000 kg ha<sup>-1</sup>. A grande variação na produtividade da mamona entre localidades ou mesmo entre anos é decorrente, principalmente, das condições climáticas e da fertilidade do solo (Beltrão et al., 2007).

Embora o teor de óleo nos grãos da mamona seja uma característica que apresenta alta herdabilidade (Moshkin, 1986; Severino et al., 2006c), no primeiro ano, o espaçamento entre fileiras alterou esta variável, e os maiores teores foram obtidos nos espaçamentos de 0,45 m e 0,90 m, com valores de 50,6% e 50,8%, respectivamente (Tabela 5). Severino et al. (2006d) não observaram, para a cultivar BRS Nordestina, influência do espaçamento entre fileiras no teor de óleo no grão. O menor espaçamento empregado pelos autores foi de 2,0 m, isto é, bastante superior aos empregados neste trabalho, o que pode justificar a divergência dos resultados. Severino et al. (2006a) verificaram incremento no teor de óleo nos grãos da mamona com aumento do espaçamento entre linhas. Segundo os autores, a divergência entre os resultados observados na literatura está relacionada ao pouco entendimento

**Tabela 5.** Produtividade de grãos, teor de óleo nos grãos e produtividade de óleo da cultivar de mamona FCA-PB em função do espaçamento entre fileiras e da população de plantas, nas safras de verão de 2007/2008 e 2008/2009<sup>(1)</sup>.

Tratamento	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )		Teor de óleo nos grãos (%)		Produtividade de óleo (kg ha <sup>-1</sup> )	
	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009	2007/2008	2008/2009
Espaçamento (m)						
0,45	4.786a	3.249a	50,6a	50,5a	2.113a	1.430a
0,60	4.761a	3.132a	47,6b	50,1a	1.964ab	1.368a
0,75	4.252b	3.410a	46,5b	50,3a	1.742b	1.493a
0,90	4.445ab	2.596b	50,8a	49,5a	1.964ab	1.120b
CV (%)	10,1	9,7	4,8	2,8	11,7	10,7
População (plantas por hectare)						
25.000	3.640	2.826	49,7	50,2	1.583	1.236
40.000	4.582	3.117	47,3	49,8	1.895	1.354
55.000	4.882	3.414	48,9	50,9	2.078	1.512
70.000	5.171	3.030	49,6	49,6	2.225	1.309
Regressão	Q <sup>(2)</sup>	Q <sup>(3)</sup>	ns	ns	L <sup>(4)</sup>	Q <sup>(5)</sup>
CV (%)	14,1	9,6	7,0	3,6	15,9	11,3

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, para o fator espaçamento, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. <sup>(2)</sup>y = 1586,3 + 0,1016x - 0,0000007x<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,98\*\*; <sup>(3)</sup>y = 1327,7 + 0,0773x - 0,0000007x<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,87\*\*; <sup>(4)</sup>y = 1277,4 + 0,0141x, R<sup>2</sup> = 0,97\*\*; <sup>(5)</sup>y = 529,4 + 0,0364x - 0,0000004x<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,80\*\*. ns = Não significativo. \*\*Significativo pelo teste F, a 1% de probabilidade.

sobre a influência que exercem os fatores ambientais e os tratos culturais nessa variável.

A produtividade de óleo foi alterada por ambos os fatores estudados, nos dois anos agrícolas (Tabela 5). Em 2007/2008, no espaçamento entre fileiras de 0,45 m, foi constatada maior produtividade de óleo, com diferenças significativas apenas do espaçamento de 0,75 m. Já em 2008/2009, nos espaçamentos entre fileiras de 0,45, 0,60 e 0,75 m, observaram-se maiores produtividades de óleo, que foram, em média, 27,7% superiores ao valor obtido no espaçamento de 0,90 m.

No primeiro ano de cultivo, a produtividade de óleo aumentou linearmente com o incremento da população de plantas (Tabela 5). O aumento da população de 25.000 para 70.000 plantas por hectare proporcionou incremento de 40,6% nessa variável. No segundo ano, os dados se ajustaram à equação quadrática, em que a produtividade máxima de óleo estimada foi de 1.357 kg ha<sup>-1</sup>, com 45.500 plantas por hectare. O efeito da população de plantas sobre a produtividade de óleo foi reflexo da produtividade de grãos, já que não foi verificado se estão de acordo com a ausência de efeito da população de plantas sobre a variável teor de óleo. Foram observadas altas correlações positivas entre as produtividades de grãos e de óleo (2007/2008:  $r = 0,91$ ,  $p < 0,001$  e 2008/2009:  $r = 0,98$ ,  $p < 0,001$ ).

### Conclusões

1. O aumento da população de plantas da cultivar de mamona FCA-PB, de porte baixo, diminui a sobrevivência de plantas, o diâmetro do caule, o número de racemos por planta e de frutos por racemo, independentemente do espaçamento entre fileiras.

2. As maiores produtividades de grãos e de óleo da cultivar de mamona FCA-PB são obtidas com populações iniciais entre 55.000 e 70.000 plantas por hectare e espaçamentos de 0,45 a 0,75 m.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico, pelas bolsas concedidas ao primeiro e ao terceiro autor; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa concedida ao segundo autor.

### Referências

- ARAÚJO, A.E. de; SUASSUNA, N.D.; COUTINHO, W.M. Doenças e seu manejo. In: AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. rev. ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p.283-303.
- BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, M.P. de.; LIMA, R. de. L.S. de.; QUEIROZ, W.N. de.; QUEIROZ, W.C. de. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. rev. ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p.43-72.
- BEZERRA, A.A. de C.; TÁVORA, F.J.A.F.; FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q. Características de dossel e de rendimento em feijão-caupi ereto em diferentes densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1239-1245, 2009.
- BIZINOTO, T.K.M.C.; OLIVEIRA, E.G. de; MARTINS, S.B.; SOUZA, S.A. de; GOTARDO, M. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. **Bragantia**, v.69, p.367-370, 2010.
- CAMPOS, H. de. **Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar**. São Paulo: Fealq, 1984. 292p.
- CANECCIO FILHO, V. Resultados de experiências de espaçamento da mamoneira anã, variedade I. A. 38. **Bragantia**, v.13, p.297-305, 1954.
- CARVALHO E.V. de; SÁ, C.H.A.C. de; COSTA, J. da L. da; AFFÉRI, F.S. SIEBENEICHLER, S.C. Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no Sul do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.387-392, 2010.
- FERREIRA, M.G.C.; MARUYAMA, W.I.; SORATTO, R.P. Avaliação de cultivares de mamona em dois arranjos de plantas no outono-inverno em Cassilândia-MS. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.13, p.53-60, 2009.
- FREIRE, E.C.; LIMA, E.F.; ANDRADE, F.P.; MILANI, M.; NÓBREGA, M.B.M. Melhoramento genético. In: AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N.E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2.ed. rev. ampl. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p.169-194.
- HENDERSON, T.L.; JOHNSON, B.L.; SCHNEITER, A.A. Row spacing, plant population, and cultivar effects on grain amaranth in the northern Great Plains. **Agronomy Journal**, v.92, p.329-336, 2000.
- KASPERBAUER, M.J.; KARLEN, D.L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, v.34, p.1564-1569, 1994.
- KITTOCK, D.L.; WILLIAMS, J.H. Effects of plant population on castorbean yield. **Agronomy Journal**, v.62, p.527-529, 1970.
- LOPES, F.F. de M.; BELTRÃO, N.E. de M.; LOPES NETO, J.P.; PEDROZA, J.P. Crescimento inicial de genótipos de mamoneira com sementes submetidas ao envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.12, p.69-79, 2008.
- MOSHKIN, V.A. Growth and development of the plant. In: MOSHKIN, V.A. (Ed.). **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. p.36-42.



- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- ROCHA, J.L.V.; CONECCHIO FILHO, V.; FREIRE, E.S.; SCARANARI, H.; PETTINELLI, A. Adubação da mamoneira. IV – Experiências de espaçamento x adubação (2ª série). **Bragantia**, v.23, p.257-269, 1964.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SAVY FILHO, A.; AMORIM, E.P.; RAMOS, N.P.; MARTINS, A.L.M.; CAVICHIOLI, J.C. IAC-2028: nova cultivar de mamona. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.449-452, 2007.
- 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 Fibrosas**, v.10, p.993-999, 2006a.
- SEVERINO, L.S.; FERREIRA, G.B.; MORAES, C.R. de A.; GONDIM, T.M. de S.; FREIRE, W.S. de A.; CASTRO, D.A. de; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.563-568, 2006b.
- SEVERINO, L.S.; MILAMI, M.; MORAES, C.R. de A.; GONDIM, T.M. de S.; CARDOSO, G.D. Avaliação da produtividade e teor de óleo de dez genótipos de mamoneira cultivados em altitude inferior a 300 metros. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.188-194, 2006c.
- SEVERINO, L.S.; MORAES, C.R. de A.; GONDIM, T.M. de S.; CARDOSO, G.D.; BELTRÃO, N.E. de M. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.50-54, 2006d.
- SILVA, A.V. da; CHIAVEGATO, E.J.; CARVALHO, L.H.; KUBIAK, D.M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. **Bragantia**, v.65, p.407-411, 2006.
- TOURINHO, M.C.C.; REZENDE, P.M. de; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1071-1077, 2002.

---

Recebido em 17 de setembro de 2010 e aprovado em 2 de fevereiro de 2011