

## ANÁLISE DE CRESCIMENTO DA MAMONEIRA BRS ENERGIA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE POPULACIONAL<sup>1</sup>

GIBRAN DA SILVA ALVES<sup>2\*</sup>, FRANCILENE DE LIMA TARTAGLIA<sup>3</sup>, MATHEUS MARTINS FERREIRA<sup>4</sup>, AMAURI NELSON BEUTLER<sup>5</sup>, ELIZANGELA CABRAL DOS SANTOS<sup>6</sup>

**RESUMO** - A densidade populacional é um dos fatores que afetam o rendimento final das culturas, sendo de fácil manipulação pelo homem. O presente trabalho objetivou avaliar o crescimento de plantas de mamoneira BRS Energia em populações adensadas por meio de dados primários e análise de crescimento não destrutiva e identificar em qual período ocorre maior crescimento vegetativo. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Cada unidade continha 4 m de largura e 6 m de comprimento, representando 24 m<sup>2</sup>. Os tratamentos envolveram cinco populações de plantas de 10.000, 16.666, 25.000, 50.000 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com espaçamentos de 1 m entre linhas e 1, 0,6, 0,4, 0,2 e 0,1 m entre plantas, respectivamente. Determinou-se: o diâmetro de caule; a altura de plantas; a área foliar; o índice de área foliar; e as taxas de crescimento absoluto e relativo foliar, em diâmetro caule, altura de planta e fitomassa fresca epigea. A mamoneira BRS Energia apresentou as maiores taxas de crescimento vegetativo entre 15 e 45 dias após a emergência. Sendo assim, é de grande importância, nesse período, fornecer às plantas condições hídricas e nutricionais adequadas para que não ocorra comprometimento no desenvolvimento das plantas.

**Palavras-chave:** *Ricinus communis* L. Espaçamento. Competição intraespecífica.

## ANALYSIS OF GROWTH CASTOR BEANS BRS ENERGY AS A FUNCTION OF DENSITY POPULATION

**ABSTRACT** - The population density is one of the factors that affect the final yield of crops, being easily manipulated by man. The objective was to evaluate the growth of castor bean plants cv BRS Energia in dense populations through primary data and non-destructive analysis of growth and identify which period greater vegetative growth occurs. We adopted a randomized block design with five treatments and four replications, totaling 20 experimental units. Each experimental unit contained 4 m wide and 6 m in length, representing 24 m<sup>2</sup>. Treatments involving five populations of plants 10.000; 16.666; 25.000; 50.000; 100.000 plants ha<sup>-1</sup>, with a spacing of 1 m between rows and 1; 0.6; 0.4; 0.2 and 0.1 m between plants, respectively. It was determined: stem diameter, plant height, leaf area, leaf area index and rates absolute and relative leaf growth, of stem diameter, of plant height and of fresh biomass epigeal. The castor bean BRS Energia has the highest rates of vegetative increase between 15 and 45 days after emergence. Therefore, it is of great importance, in this period, provide the plant water and nutrient conditions appropriate so that does not compromise on plant development.

**Keywords:** *Ricinus communis* L. Intraspecific competition. Leaf area index.

\*Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 02/05/2014; aceito em 08/12/2014.

Parte do trabalho de tese do primeiro autor.

<sup>2</sup>UFRPE, Fazenda Saco, s/n, caixa postal 063, Serra Talhada, PE, [gibranalves@yahoo.com.br](mailto:gibranalves@yahoo.com.br).

<sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia, UFSM, Av. Roraima, nº 1000, CEP: 97105-900, Santa Maria-RS, [fran.tartaglia@yahoo.com.br](mailto:fran.tartaglia@yahoo.com.br).

<sup>4</sup>UNIPAMPA, Rua Luiz Joaquim de Sá Britto, s/n, Itaqui-RS, CEP: 97650-000, [math.ferreira10@yahoo.com.br](mailto:math.ferreira10@yahoo.com.br).

<sup>5</sup>UNIPAMPA, Rua Luiz Joaquim de Sá Britto, s/n, Itaqui-RS, CEP: 97650-000, [amaurib@yahoo.com.br](mailto:amaurib@yahoo.com.br).

<sup>6</sup>UFERSA, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, CEP: 59625-900, Mossoró, RN, [elizangelacabral@ufersa.ed.br](mailto:elizangelacabral@ufersa.ed.br).

## INTRODUÇÃO

*Ricinus communis* L., conhecida popularmente como mamona, é cultivada em todo o Brasil, com área de 134,5 mil hectares na safra 2011/12, e com maior intensidade na região nordeste. Na região do semiárido nordestino, a mamona tem sido uma das culturas mais rentáveis, sendo o Estado da Bahia o maior produtor, com uma área cultivada de 86,5 mil hectares e uma estimativa de produtividade média de 207 kg ha<sup>-1</sup>, considerada baixa em decorrência do estresse hídrico no solo (CONAB, 2012).

A mamona tem se destacado entre as oleaginosas, cuja semente é utilizada na produção de biodiesel. No entanto, para o cultivo e produção da cultura ser viável há necessidade de maximização de sua produtividade, a qual é obtida por meio da adoção de técnicas culturais eficientes.

A densidade de plantio é um dos principais fatores que influenciam a produtividade das culturas, pois está associada à competição intraespecífica por luz, água e nutrientes. Dentre esses fatores passíveis de competição, um é importante para a produtividade da mamoneira, sendo também o de mais fácil alteração pelo homem, qual seja: a quantidade de radiação solar interceptada pelo dossel das plantas (LÓPEZ-BELLIDO et al., 2005). Um dos fatores que mais influenciam a quantidade de luz interceptada pela cultura é a densidade populacional. Arranjos espaciais resultantes da combinação do espaçamento entre linhas de semeadura e o número de plantas por metro têm sido estudados para se determinar o grau de adaptação das culturas ao ambiente (SILVA et al., 2009).

Existem diversas cultivares de mamona. Em geral são cultivadas em espaçamentos maiores que 1,5 m e, na maioria das vezes, utilizadas cultivares que possuem ciclo vegetativo longo e maturação desigual, exigindo colheita manual (SORATTO et al., 2012).

Com o surgimento de novas cultivares de material genético vigoroso, como a BRS Energia, precoce, porte baixo, produtividade média de 1.800 kg ha<sup>-1</sup> e que permitem uma única colheita (BELTRÃO, 2002) se faz necessário o estudo do comportamento sobre diferentes condições e espaçamentos, visando selecionar os materiais mais produtivos e adequados para cada região. Nesse contexto, Severino et al. (2006), ao trabalharem com a BRS Energia e a BRS Nordestina, verificaram que em espaçamentos mais estreitos são obtidos maiores produtividades. Os resultados indicam que espaçamentos menores devem ser utilizados e melhor estudados em condições irrigadas, a fim de se obter elevadas produtividades.

Dentre as formas de avaliar a adaptação de um vegetal a diferentes condições de cultivo se destaca a análise de crescimento não destrutiva, que utiliza os valores primários de crescimento (altura, diâmetro do caule e área foliar), e permite avaliar o

crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diversos órgãos no crescimento total.

Outro importante índice a se estudar quando de avalia população de plantas é o índice de área foliar, que representa a relação entre a área foliar e área da superfície do solo ocupada por ela. O índice de área foliar é de extrema importância para que se possa modelar o crescimento e desenvolvimento da planta e em consequência a produção da cultura (GALVANI et al., 2000).

Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar o crescimento de plantas de mamoneira BRS Energia em populações adensadas através de dados primários e análise de crescimento não destrutiva, identificando em qual período ocorre maior crescimento vegetativo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, em condições irrigadas entre os meses de julho e novembro de 2008, com posição geográfica de 7° 17' 36,32" S, e de 39° 16' 14,19" W, altitude de 387 m, temperatura média anual de 27 °C com amplitude média de 24 a 30 °C e precipitação pluvial média anual de 950 mm. O solo é um Neossolo Flúvico (SANTOS et al., 2013), formado a partir da deposição fluvial, plano, e com lençol freático elevado e drenagem imperfeita.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 unidades experimentais com 4 m de largura e 6 m de comprimento, representando 24 m<sup>2</sup>. A área útil foi apenas as duas linhas centrais. Os tratamentos foram constituídos de cinco populações de plantas de 10.000, 16.666, 25.000, 50.000 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, correspondente aos espaçamentos de 1 m entre linhas e 1; 0,6; 0,4; 0,2; 0,1 m entre plantas, respectivamente. Foi realizada a caracterização química e física do solo nas camadas de 0 - 20 e de 20 - 40 cm, segundo a metodologia de Claessen (1997) (Tabela 1).

O preparo do solo constou com uma escarificação seguida de duas gradagens niveladoras. A adubação foi de 55 - 40 - 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, P e K, na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Na semeadura foram aplicados um terço da dose de N, dose total de P e metade da dose de K, na linha de semeadura. Aos 15 e 30 dias após a emergência foram aplicadas as doses restantes de N e K, em cobertura. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de três capinas manuais.

Utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão em linha, onde o controle da lâmina de irrigação foi obtido em testes no campo a partir dos resultados da precipitação dos aspersores representativos. A lâmina de irrigação utilizada foi a de 516,36 mm, proposta por Silva et al. (2008) para mamoneira BRS Energia nas mesmas coordenadas geográficas e épo-

**Tabela 1.** Caracterização química e física do solo nas camadas de 0 – 20 e 20 – 40 cm.

Camada	Matéria orgânica	pH água (1:2,5)	P	K	Ca	Mg	H + Al	CTC	V
cm	g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%
0 - 20	44,6	6,7	7,3	8,0	131,2	41,3	18,2	207,2	91
20 - 40	40,3	7,3	8,9	8,3	98,5	54,5	18,2	188,9	90
Camada	Argila	Silte	Areia	Densidade do solo		Porosidade total			
cm	g kg <sup>-1</sup>			g cm <sup>-3</sup>		cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>			
0 - 20	305	387	308	1,29		0,51			
20 - 40	305	387	308	1,29		0,48			

ca do ano, estudando o efeito de quatro lâminas de irrigação sob populações de plantas.

As avaliações do crescimento das plantas foram realizadas a cada 15 dias, durante 75 dias, em 6 plantas na fileira central de cada parcela experimental, as quais foram identificadas do início ao fim do experimento.

A altura de plantas foi medida a partir do colo até a extremidade final da planta. O diâmetro caulinar foi medido com o auxílio de um paquímetro digital 4,0 cm acima do solo.

A área foliar foi determinada a partir da metodologia proposta por Severino et al. (2004), que constou em medir o comprimento da nervura principal de cada folha com uma régua milimetrada e em seguida aplicado a Equação 1, onde a soma da área de todas as folhas permitiu obter a área foliar da planta.

$$\sum S = 0,2622xP^{2,4248} \quad (1)$$

Onde:

$\sum S$  - área foliar total em cm<sup>2</sup>;

P - comprimento da nervura principal da folha em cm.

O índice de área foliar (IAF) foi determinado pela relação entre a área foliar e a área de solo ocupada pela planta (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>).

A partir dos dados primários de crescimento citados acima foram estimados os índices fisiológicos da análise de crescimento não destrutiva através de fórmulas propostas por Silva et al. (2000), que foram: taxa de crescimento absoluto em altura de planta (TCAA) por meio da fórmula  $(A_2 - A_1)/(t_2 - t_1)$ , onde  $A_1$  é a medida da altura da planta no tempo 1 -  $t_1$  e  $A_2$  é a altura da planta no tempo 2 -  $t_2$ , em cm dia<sup>-1</sup>; taxa de crescimento relativa em altura de planta (TCRA) por meio da fórmula  $(\ln A_2 - \ln A_1)/(t_2 - t_1)$  em cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>; taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (TCAD) por meio da fórmula  $(D_2 - D_1)/(t_2 - t_1)$ , onde  $D_1$  é a medida do diâmetro da planta no tempo 1 -  $t_1$  e  $D_2$  é o diâmetro da planta no tempo 2 -  $t_2$  em cm dia<sup>-1</sup>; taxa de crescimento relativo em diâmetro (TCRD) por meio da fórmula  $(\ln D_2 - \ln D_1)/(t_2 - t_1)$  em cm cm<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>; taxa de crescimento absoluto em área foliar (TCAF) por meio da fórmula  $(AF_2 - AF_1)/(t_2 - t_1)$ , onde  $AF_1$  é a área foliar por planta no tempo 1 -  $t_1$  e  $AF_2$  é a área foliar por planta no tempo

2 -  $t_2$  em cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>; taxa de crescimento relativo foliar (TCRF) por meio da fórmula  $(\ln AF_2 - \ln AF_1)/(t_2 - t_1)$  em cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>; taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea (TCAFFE) por meio da fórmula  $(A_2 D_2^2) - (A_1 D_1^2)/(t_2 - t_1)$  em cm<sup>3</sup> dia<sup>-1</sup>; e taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea (TCRFFE) por meio da fórmula  $(\ln A_2 D_2^2) - (\ln A_1 D_1^2)/(t_2 - t_1)$  em cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> dia<sup>-1</sup>.

Esses índices fisiológicos, por serem dados calculados, não obedecem às pressuposições básicas para a análise de variância. Portanto, os dados foram apresentados na forma de gráfico, avaliando-se o comportamento das curvas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e quando verificado efeito significativo foram submetidos à análise de regressão polinomial. Para auxiliar na escolha do modelo, considerou-se a significância dos coeficientes da equação de regressão ajustada, bem como os valores do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro de caule, a área foliar e o índice de área foliar foram influenciados pela população de plantas, dias após a emergência (DAE), e pela interação de população *versus* DAE. No entanto, a variável altura de planta sofreu influência apenas dos fatores isolados (Tabela 2).

A altura de plantas em função da população se ajustou ao modelo linear, ocorrendo um aumento da altura na medida em que se aumentava a população de plantas, atingindo a altura de 59,5 cm na densidade de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 1A). Isso ocorreu em virtude do estiolamento das plantas pela deficiência de luminosidade na medida que aumentou o número de plantas por área, aumentando sua altura. Já Silva et al. (2009), ao estudarem lâminas de irrigação e população de plantas, na cultivar BRS Energia, não verificaram alteração na altura de plantas quando a população variou de 35.460 a 52.083 plantas ha<sup>-1</sup>, possivelmente em razão da pequena variação na população de plantas por área e do espaçamento de 0,60 m entre linhas, permitindo melhor distribuição espacial das plantas. Severino et al. (2006), Carvalho et al. (2010) e Soratto et al. (2012), utilizando outras cultivares e espaçamentos, não ob-

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para diâmetro de caule (DIA), altura de planta (ALT), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) em função de diferentes populações de plantas e dias após a emergência (DAE).

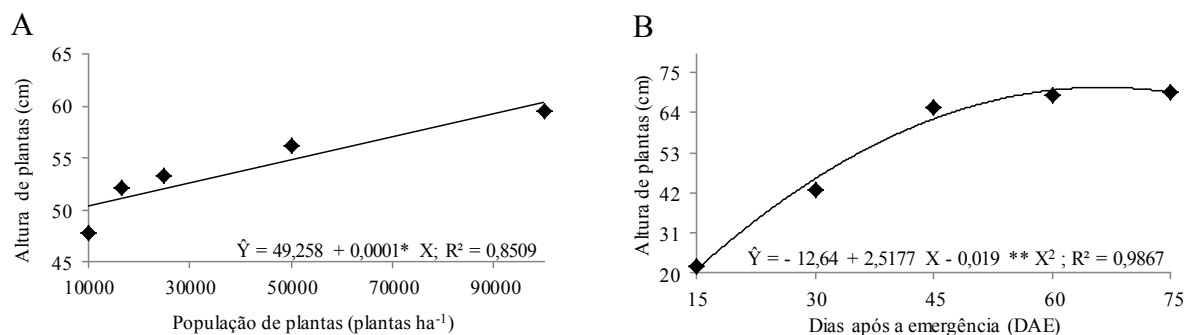
F. Variação	GL	Quadrado médio			
		DIA (mm)	ALT (cm)	AF (cm <sup>2</sup> )	IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
População	4	107,565**	391,275**	20112142,390**	4,50440686E+0009**
DAE	4	334,390**	8807,225**	30119637,815**	861373464,135**
Pop. x DAE	16	7,315**	33,375 <sup>ns</sup>	2009177,002**	302130445,097**
Bloco	3	34,650**	897,556**	7201324,170**	117145575,640**
Erro	72	1,629	50,056	556296,038	21425425,619
Total	99	-	-	-	-
CV (%)	-	8,7	13,16	30,58	36,98

\*\* e <sup>ns</sup>, significativo a 1% e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

servaram efeito da densidade populacional de plantas sobre a altura das mesmas.

Os valores da altura de plantas, em função de diferentes períodos de avaliação, se ajustaram ao modelo quadrático, onde as plantas apresentaram crescimento lento na fase inicial, seguido de acentuado crescimento dos 15 aos 45 dias após a emergência

(DAE) e estabilizando-se nos períodos seguintes (Figura 1B). O menor crescimento a partir dos 45 DAE é atribuído à transferência dos fotoassimilados utilizados no crescimento para os órgãos reprodutivos, segundo Beltrão e Souza (2003).

**Figura 1.** Altura de plantas (cm) em função de diferentes densidades populacionais de plantas (A) e dias após a emergência -DAE (B) na cultura da mamoneira cv BRS Energia.

O diâmetro de caule, a área foliar e o índice de área foliar foram influenciados pela população de

plantas, DAE e pela interação de população *versus* DAE a partir dos 30 DAE (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância e respectivas significâncias das regressões de diâmetro de caule (DIA), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) em função de população de plantas e dias após a emergência (DAE) na cultura da mamoneira cv BRS Energia.

DAE	Quadrado médio					
	DIA (cm)		AF (cm <sup>2</sup> )		IAF (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	
	Linear	Quadrática	Linear	Quadrática	Linear	Quadrática
15	0,917 <sup>ns</sup>	0,162 <sup>ns</sup>	118248,676 <sup>ns</sup>	33705,137 <sup>ns</sup>	57496523,032 <sup>ns</sup>	6958846,404 <sup>ns</sup>
30	48,319**	8,485*	4541659,853**	1127327,490 <sup>ns</sup>	834582054,13**	523084728,63**
45	123,920**	20,833**	19377021,594**	8743548,904**	3149601099,32**	2200346517,03**
60	119,205**	26,857**	27537912,778**	9993100,054**	3647503485,66**	2685684605,96**
75	155,712**	31,723**	23406149,732**	7521369,040**	2370538359,92**	1886622380,49**

O diâmetro de caule foi reduzido linearmente com o aumento da população de plantas em todas as épocas avaliadas (Figura 2A), indicando que em condições de altas densidades populacionais a competição intraespecífica pelo substrato ecológico se intensifica resultando em vegetais com menor diâmetro de caule. Resultados semelhantes foram relatados por diversos autores (SEVERINO et al., 2006; CARVALHO et al., 2010; SORATTO et al., 2012).

Segundo Soratto et al. (2012) a redução do diâmetro do caule é desejável, pois facilita a colheita mecanizada.

Nesse contexto, a menor população de plantas apresentou diâmetro de caule superior em 5,21%, 11,88%, 26,66% e 31,01% às populações de 16.666; 25.000; 50.000 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Da mesma forma que o diâmetro de caule, a

área foliar foi influenciada negativamente pelo adensamento de plantas, sendo que ao se reduzir o espaçamento entre plantas a área foliar foi reduzida linearmente (Figura 2B). Este efeito, segundo Silva et al. (2010), ocorre em razão da maior competição entre plantas por água, nutrientes e luz, reduzindo o número e o tamanho das folhas. Silva et al. (2009), em estudo com lâminas de irrigação e espaçamento da mamona cultivar BRS energia, em condições climáticas semelhantes, não verificaram diferença na área foliar quando a população de plantas variou de 35.460 a 52.083 plantas ha<sup>-1</sup>.

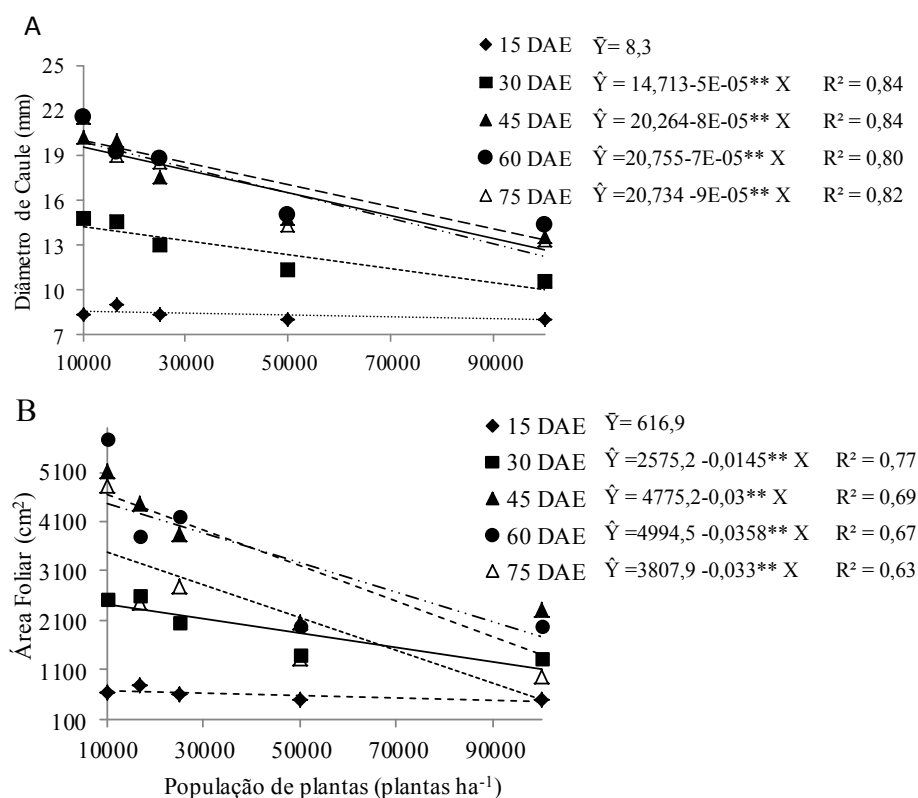
A área foliar por planta de mamona foi 62,4% maior na população de 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>, comparado à população de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, indicando uma plasticidade das plantas em se adaptar a espaçamentos maiores por meio do maior desenvolvimento das plantas isoladamente, verificado pela maior área foliar e diâmetro do caule.

O crescimento em área foliar foi lento até os 15 DAE, expandindo-se rapidamente até os 60 DAE e a partir desta data reduziu seu crescimento. Silva et

al. (2009), Severino et al. (2010) e Heiffig et al. (2006) encontraram resultados semelhantes e atribuíram o decréscimo no crescimento da área foliar, após os 60 dias, ao direcionamento dos fotoassimilados para a produção e enchimento de grãos e não mais ao crescimento foliar.

A maior produção da área foliar por planta, em espaçamentos maiores, é uma característica importante da mamona, cultivar BRS energia, pois a área foliar está diretamente relacionada com o potencial de rendimento da cultura.

A área foliar está relacionada à produção de energia química, que depende da captação de energia luminosa pelas folhas e estreitamente correlacionada com a produtividade (FAVARIN et al., 2002). Neste contexto, Severino et al. (2010), ao estudarem o efeito da área foliar em mamona, verificaram que as plantas sem desfolha produziram 4,5 racemos por planta, enquanto as plantas desfolhadas em 60% produziram apenas 1,3 racemos, sendo verificado, ainda, que a perda de 1 m<sup>2</sup> de área foliar reduziu 37,8 g de sementes e 24,4 g de óleo de mamona.



**Figura 2.** Diâmetro de caule (mm) e área foliar por planta (cm<sup>2</sup>) em função da densidade populacional de plantas e dias após a emergência (DAE) na cultura da mamoneira cultivar BRS Energia.

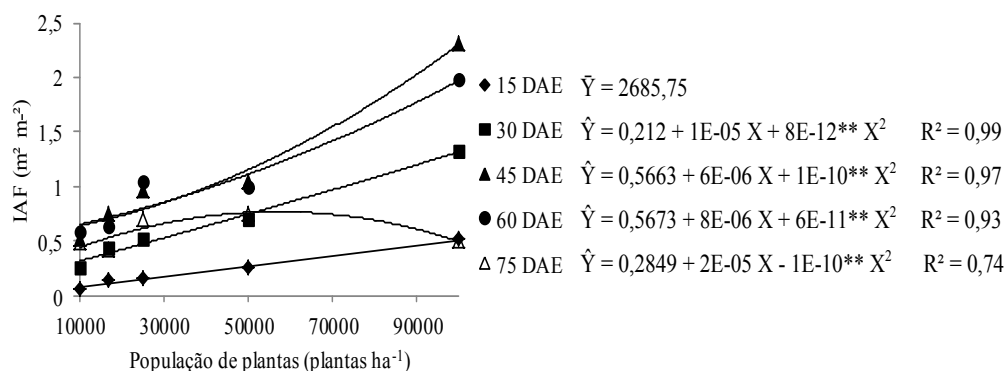
O índice de área foliar é uma importante variável, pois reflete a cobertura foliar em relação à área de solo. Assim, é importante que a cultura desenvolva suficiente IAF, visto que ele está diretamente correlacionado com a produtividade das culturas (LI et al., 2011), sendo influenciado pela densidade de plantas.

O adensamento populacional interferiu no

índice de área foliar (IAF), sendo que a redução no espaçamento aumentou o IAF em consequência do maior número de plantas por unidade de área (Figura 3). Resultados semelhantes também foram verificados por Silva et al. (2010) e Sangoi et al. (2011) em outras culturas, onde o aumento na densidade de plantas proporcionou maiores valores de IAF.

Os valores de IAF máximos ( $2,31 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) foram obtidos aos 45 DAE na população de  $100.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ , coincidindo com o início do florescimento das plantas (CENTENO et al., 2012), visto que a cultivar possui ciclo curto, de 120 a 140 dias.

Resultados diferentes foram apresentados por Gondim (2011), que trabalhando com a mesma cultivar obteve valores máximos para IAF de  $0,6488 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  aos 55 DAE, sendo que o IAF variou de  $0,32$  a  $0,65 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  durante todo o ciclo.



**Figura 3.** Índice de área foliar (IAF) em função da densidade populacional de plantas e dias após a emergência (DAE) na cultura da mamoneira cultivar BRS Energia.

As maiores taxas de crescimento absoluto em altura de plantas, diâmetro caulinar, área foliar e fitomassa fresca epígea foram verificadas entre 15 e 45 DAE, com menores taxas a partir dos 60 DAE (Figura 4).

A taxa de crescimento absoluto em altura de plantas foi decrescente na medida em que aumentava os dias após a emergência, atingindo o máximo de crescimento ( $1,88 \text{ cm dia}^{-1}$ ) aos 45 DAE na população de  $100.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ . A partir desta data, as plantas apresentaram decréscimo no crescimento (4B).

Além disso, as maiores populações de plantas apresentaram uma taxa similar de crescimento, onde não foram observadas grandes variações entre elas. No entanto, as maiores variações foram verificadas nas menores populações ( $10.000$  e  $16.666 \text{ plantas ha}^{-1}$ ) e nos períodos de maior crescimento (15 a 45 DAE).

A taxa de crescimento absoluto foliar (TCAF) foi maior no período inicial do ciclo da cultura, entre 15 e 45 DAE na população de  $10.000 \text{ plantas por ha}^{-1}$ , sendo que a maior taxa de crescimento foi obtida entre 30 e 45 DAE. Após os 45 DAE ocorreu decréscimo na taxa de crescimento foliar, atingindo menores valores aos 75 DAE (Figura 4C).

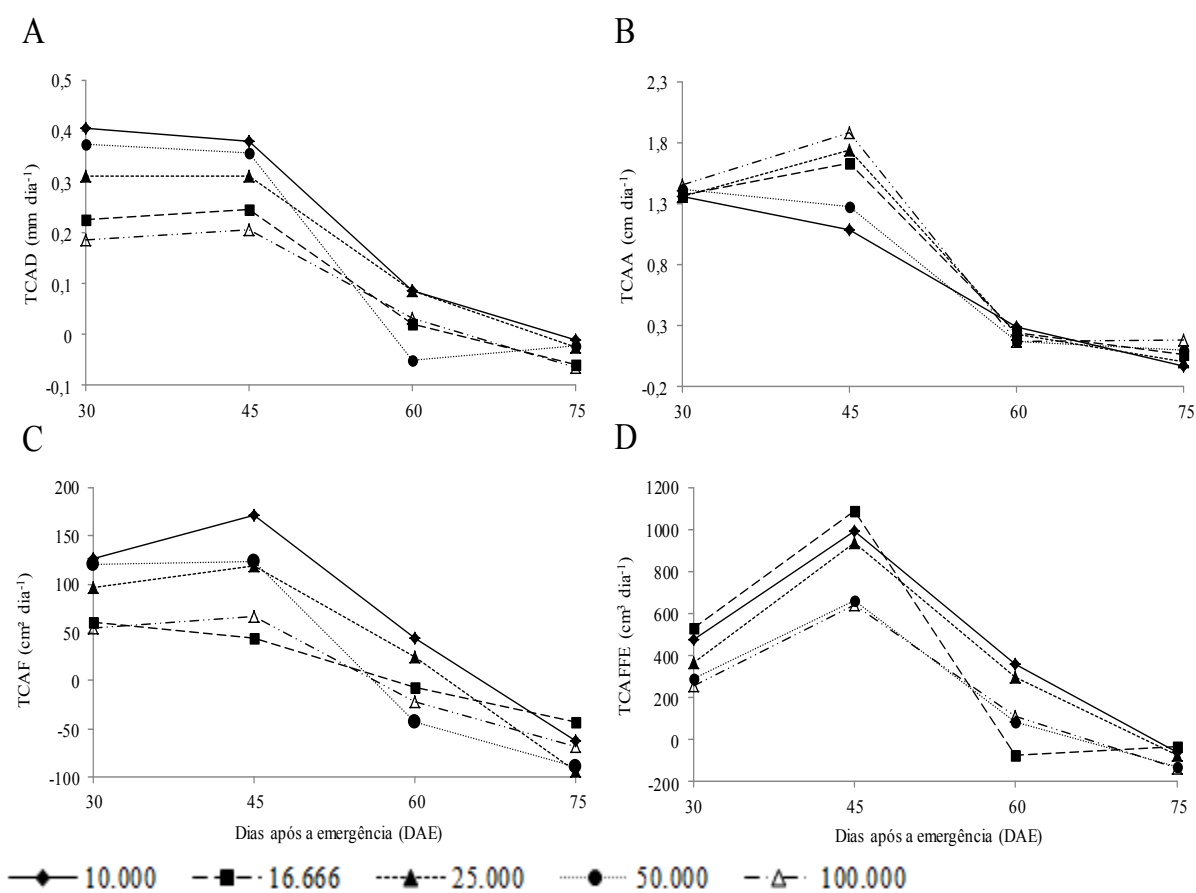
A redução na TCAF pode ser devido senescência foliar pelo auto sombreamento das folhas (LIMA et al., 2007), visto que elas são a base de cálculo para a TCAF ou a paralização do crescimen-

to devido a mudança de estágio da planta do vegetativo para o reprodutivo, onde esta prioriza a produção de estruturas reprodutivas.

A taxa de crescimento absoluto da fitomassa fresca epígea (TCAFFE) apresentou seu máximo, entre 30 e 45 DAE, na população de  $16.666 \text{ plantas ha}^{-1}$  (Figura 4D). A partir de 45 DAE ocorreu redução na TCAFFE em todas as populações de plantas testadas. As maiores populações de plantas ( $50.000$  e  $100.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ) apresentaram a menor TCFE, possivelmente pela maior competição intraespecífica das plantas.

O conhecimento sobre a influência da densidade populacional na TCAFFE é importante, visto que o desenvolvimento vegetativo está relacionado com a produtividade e plantas com maior crescimento vegetativo normalmente produzem maior número de racemos e maior número de grãos (SOUZA-SCHLICK et al., 2012).

A taxa de acúmulo de fitomassa fresca epígea foi elevada até os 45 DAE, visto que a medida que a planta cresce ocorre rápido acúmulo de massa em estruturas de sustentação (não reprodutivas). Assim, as taxas de crescimento em fitomassa fresca epígea inicialmente altas (até os 45 DAE) decresceram rapidamente após esse período, pois os fotoassimilados são destinados à formação de estruturas reprodutivas, conforme também verificado por Aires et al. (2011) para a taxa de crescimento relativo na cultivar BRS energia.



**Figura 4.** A - Taxa de crescimento absoluto em diâmetro caulinar (TCAD); B - Taxa de crescimento absoluto em altura de plantas (TCAA); C - Taxa de crescimento absoluto em área foliar (TCAF); e D - Taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea (TCAFFE) em função da densidade de plantas e dias após a emergência (DAE) na cultura da mamoneira cultivar BRS Energia.

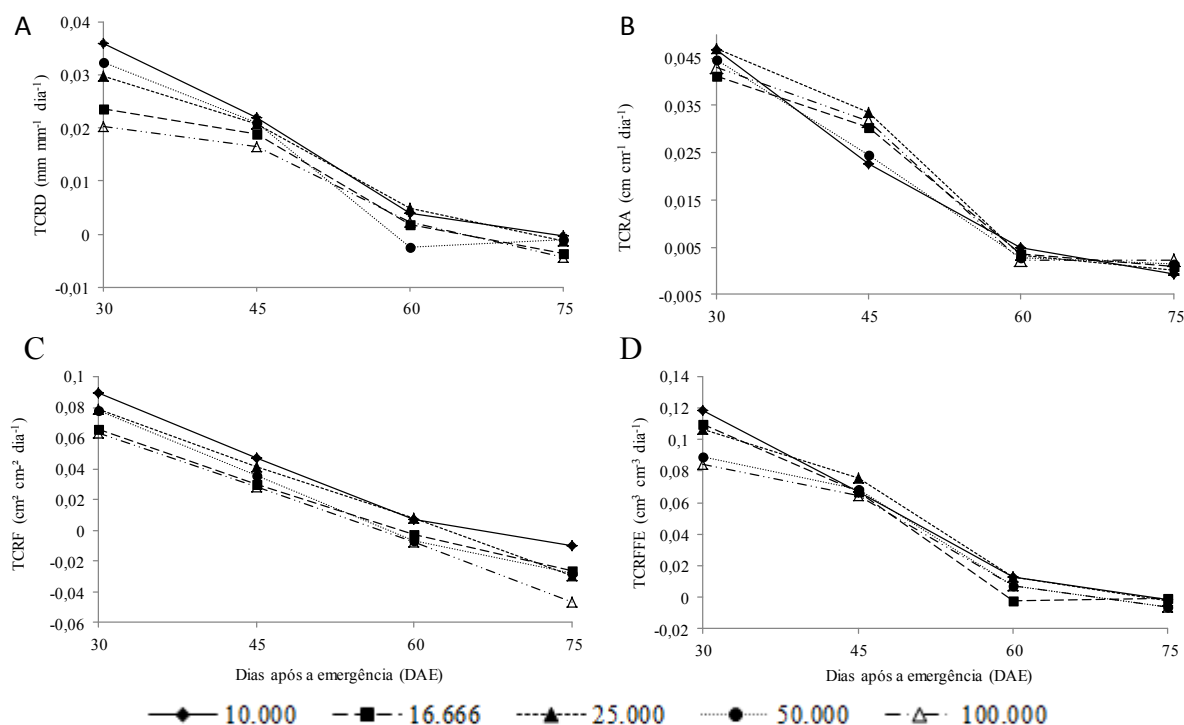
As taxas de crescimento relativas que expressam o incremento de massa em relação à biomassa pré-existente apresentaram os maiores valores, tanto para a taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCRD), taxa de crescimento relativo em altura de planta (TCRA) e taxa de crescimento relativo foliar (TCRF), quanto para a taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea (TCRFFE) aos 30 DAE, sendo que as menores taxas de crescimento sempre foram aferidas aos 75 DAE (Figura 5).

A menor população de plantas (10.000 plantas ha<sup>-1</sup>) proporcionou maior taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar, foliar e de fitomassa fresca epígea (Figura 5A, 5C e 5D). Já a maior taxa de crescimento relativo em altura foi obtida nas populações de 25.000, 100.000 e 16.666 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 5).

A taxa de crescimento relativo foliar (Figura 5C) apresentou crescimento uniforme maior até os 30 DAE e reduziu com o aumento nos dias após a

emergência. Também ocorreu redução na TCRF com o aumento na densidade de plantas, com exceção da população de 16.666 plantas ha<sup>-1</sup>, a qual apresentou uma das menores taxas de crescimento. A maior taxa de crescimento foliar foi de 0,089 cm<sup>2</sup> cm<sup>-2</sup> dia<sup>-2</sup> na menor população de plantas até os 30 DAE.

A taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epígea apresentou resultado semelhante à taxa de crescimento absoluto, com as mesmas tendências, ocorrendo decréscimo a medida que se intensificou a competição intraespecífica. Resultados semelhantes foram apresentados por Cox e Cherney (2011), os quais relataram que o aumento na taxa de semeadura da soja, de 321 mil para 469 mil sementes por ha<sup>-1</sup>, reduziram em 24% o acúmulo de biomassa seca. Nesse contexto, é importante salientar a importância do adequado desenvolvimento vegetativo, visto que plantas mal formadas não são capazes de expressar todo seu potencial produtivo.



**Figura 5.** A - Taxa de crescimento relativo em diâmetro caulinar (TCRD); B - Taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCRA); C - Taxa de crescimento relativo foliar (TCRF); e D - Taxa de crescimento relativo em fitomassa fresca epigea (TCRFFE) em função da densidade de plantas e dias após a emergência (DAE) na cultura da mamoneira cultivar BRS Energia.

## CONCLUSÕES

A mamoneira BRS Energia apresentou as maiores taxas de crescimento vegetativo entre 15 e 45 dias após a emergência. Todavia, é de grande importância, nesse período, fornecer às plantas condições hídricas e nutricionais adequadas para que não ocorra comprometimento em seu desenvolvimento.

A análise de crescimento não destrutiva foi eficiente para identificar o período de maior crescimento vegetativo da mamoneira BRS Energia, podendo ser usada como ferramenta para identificar as épocas ideais de se realizar as práticas agrícolas.

## REFERÊNCIAS

AIRES, R. F.; ANJOS E SILVA, D. dos.; EICHOLZ, E. D. Análise de crescimento de mamona semeada em diferentes épocas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1347-1353, 2011.

BELTRÃO, N. E. M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2002. 4 p. (Comunicado técnico,146).

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA J. G. Estresse hídrico (deficiência e excesso) e seus efeitos no crescimento inicial da mamoneira, cultivar BRS 188 Paraguaçu.

*Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, Campina Grande, v. 7, n. 2/3, p. 735-741, 2003.

BIZINOTO, T. K. M. C. et al. Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 2 p. 367-370, 2010.

CARVALHO, E. V. et al. Densidade de plantio em duas cultivares de mamona no Sul do Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 387-392, 2010.

CENTENO, C. R. M. et al. Determinação do coeficiente de cultivo da mamona BRS energia irrigada com água salina. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 147-153, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/12 – Oitavo Levantamento – Maio/2012**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso: 04 jul. 2011.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding Rate. *Agronomy Journal*, Madison, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.) **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa



CNPS, 1997. 212 p.

FAVARIN, J. L. et al. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002.

GALVANI, E. et al. Estimativa do índice de área foliar e da produtividade de pepino em meio protegido - cultivos de inverno e de verão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 8-13, 2000.

GONDIM, T. M. DE S. **Arranjos espaciais e sua influência no consórcio mamoneira precoce e feijão caupi**. 2011. 203 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Área de Concentração em Agricultura Tropical) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

HEIFFIG, L. S. et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.

LIMA, J. F.; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. das. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.

LI, G. et al. Canopy reflectance in two castor bean varieties (*Ricinus communis* L.) for growth assessment and yield prediction on coastal saline land of Yancheng District, China. **Industrial Crops and Products**, v. 33, n. 2, p. 395-402, 2011.

LÓPEZ-BELLIDO, F. J.; LÓPEZ-BELLIDO, L. L.; LÓPEZ-BELLIDO, R. J. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). **European Journal of Agronomy**, v. 23, n. 4, p. 359-378, 2005.

SANGOI, L. et al. Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 609-616, 2011.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SEVERINO, L. S. et al. Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 753-762, 2004.

SEVERINO, L. S. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira influenciada por plantio em diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 37, n. 1, p. 50-54, 2006.

SEVERINO, L. S. et al. Sequential defoliations influencing the development and yield components of castor plants (*Ricinus communis* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 32, n. 3, p. 400-404, 2010.

SILVA, C. L.; BELTRÃO, N. E. DE M.; AMORIM NETO, M. DA S. **Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Campina Grande, 2000. p. 1-18. (EMBRAPA - ISSN 0100-6460; 34. Circular Técnica, 34).

SILVA, S. M. S. E et al. **Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia**. 2008. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola: Área de concentração em Engenharia de Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

SILVA, S. M. S. E et al. Dotações hídricas em densidades de plantas na cultura da mamoneira cv. BRS Energia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 338-348, 2009.

SILVA, P. I. B. E et al. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 132-139, 2010.

SORATTO, R. P et al. Narrow row spacing and high plant population to short height castor genotypes in two cropping seasons. **Industrial Crops and Products**, v. 35, n. 1, p. 244-249, 2012.

SOUZA-SCHLICK, G. D. DE et al. Crescimento e produtividade da mamona de porte baixo em diferentes espaçamentos e populações de plantas. **Interciência**, Caracas, v.37, n.1, p. 49-54, 2012.