

# EFEITO DA DENSIDADE DE SEMEADURA E DOSES DE NITROGÊNIO SOBRE A PRODUTIVIDADE E BIOMETRIA DE AMARANTO, NO CERRADO DO PLANALTO CENTRAL

## EFFECT OF DIFFERENT SOWING DENSITIES AND NITROGEN DOSES IN GRAIN YIELD AND BIOMETRY OF AMANTH, AT SAVANNAH IN CENTRAL BRAZIL

Clarissa Campos FERREIRA<sup>1</sup>; Walter Quadros RIBEIRO JÚNIOR<sup>2</sup>;  
 Maria Lucrecia Gerosa RAMOS<sup>3</sup>; Carlos Roberto SPEHAR<sup>3</sup>;  
 Thiago Rodrigues Ramos FARIAS<sup>1</sup>

1. Estudante de Doutorado da Universidade de Brasília - UnB, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF, Brasil. clarissacafe@gmail.com; 2. Pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, Brasil; 3. Professor (a), Doutor(a), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UnB

**RESUMO:** O amaranto é uma granífera com características de crescimento, estabelecimento e produção promissoras e com grande potencial para um aumento do seu cultivo. Porém, devido à lacuna de informações acerca do manejo para sua produção comercial, observa-se a inexistência de um modelo de densidade de sementeira e dose de nitrogênio ótimo para o Brasil. O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de quatro densidades de sementeira, e quatro doses de nitrogênio, com quatro repetições, no plantio de safra no cerrado, na produtividade e em variáveis biométricas de amaranto. O experimento foi realizado em delineamento experimental de blocos ao acaso e esquema fatorial, 4x4 (quatro densidades de sementeira, 25, 12, 8 e 6 plantas m<sup>-1</sup> e quatro doses de N, 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições. Determinaram-se os pesos de matéria seca, de panícula e de grãos, altura de plantas, diâmetro de caule e comprimento e largura de panícula. Todos os parâmetros, com exceção da largura de panícula, apresentaram interação entre a densidade de plantio x doses de N significante. Níveis crescentes de N, até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>, no geral em todas as densidades, produzem resposta linear no rendimento de grãos de amaranto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adução nitrogenada. *Amaranthus cruentus*. Produtividade.

## INTRODUÇÃO

O uso de novas espécies é importante para compor a diversidade de sistemas produtivos. A escolha dessas espécies se deve a características como rapidez de crescimento, tolerância à deficiência hídrica, alta relação C/N e diversidade de utilização (RIVERO, 1994; SPEHAR, et al., 1997) e o amaranto apresenta características bastante promissoras nesses aspectos. O amaranto pode ser utilizado na proteção do solo e como forragem, no período de entressafra e os grãos destinam-se à alimentação humana e animal.

Além disso, a facilidade de crescimento em temperaturas elevadas e em condições de baixa pluviosidade, a presença de algumas variedades que expressam tolerância a sais e a toxicidade de alumínio em solo ácido, são fatores importantes para a introdução do amaranto no sistema de produção em solos sob cerrado (ERASMO et al., 2004), além disso, vários genótipos de *Amaranthus cruentus* também apresentam alta estabilidade de produção e adaptação a diferentes condições ambientais (GARCIA-PEREYNA et al., 2011).

O amaranto possui alto valor protéico nos grãos (14 a 16%), além de ser rico em lisina,

arginina e histidina, é rico em fibras e minerais (ERASMO et al., 2004; GIMPLINGER et al., 2008) e o *Amaranthus cruentus* pode ser suplementado à farinha de trigo, aumentando seu valor nutricional em Fe de até 2.3 vezes (SANZ-PENELA; LAPARRA, 2012)

A planta pode atingir cerca de 2 metros de altura em três meses e possui elevada capacidade de produção de biomassa, que pode ser utilizada como forragem (SPEHAR et al., 2003) de alta qualidade nutricional (AYNEHBAND, 2008). Talvez por causa dessa peculiaridade, o amaranto tem registrado rendimentos em massa seca de 4,5 t ha<sup>-1</sup>, em poucas semanas (TEUTÔNICO; KNORR, 1985) e rendimento de grãos de 5.0 t ha<sup>-1</sup> (BAMBRILLA et al., 2008).

No Brasil, a depender da cultivar e das condições ambientais, tem-se obtido produtividades entre 1000 e 2359 kg ha<sup>-1</sup> (DOMINGOS et al., 2005; SPEHAR et al., 2003), em condições de solo de cerrado. No sul do país, tem se obtido produtividades de até 4,5 t/ha (BRAMBILLA et al., 2008) e no Distrito Federal, em solos anteriormente cultivados com soja, obtiveram-se produtividades entre 1,0 a 3,0 t ha<sup>-1</sup> (SPEHAR, 1998).

Efeito da densidade...

O amaranto pode ser introduzido no sistema de produção, em solo de cerrado e, como está sendo introduzido em local diferente daquele onde foi domesticado, em geral, não possui ataque de pragas e doenças (SPEHAR et al., 2003).

Para a produção comercial, o melhor desempenho da safra deve ser desejável por meio de mudanças nas práticas culturais. A definição de densidade de plantio e aplicação de adubos orgânicos e fertilizantes deve contribuir para melhorar o desempenho agrônomico e produção da cultura, dentre eles o nitrogênio, que é um elemento requerido em grandes quantidades pela planta (ERASMO et al., 2004) e sua deficiência causa amarelecimento nas folhas e diminuição do crescimento das plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Há poucos trabalhos no Brasil (BAMBRILLA et al., 2008) e em outros locais do mundo (ERLEY et al., 2005) que estudam o efeito da adubação nitrogenada no desenvolvimento e na produtividade do amaranto e há trabalhos mostrando

pouco efeito (BAMBRILLA et al., 2008) ou até nenhum efeito (POSPSIL et al., 2006) dessa. Além disso, há ainda poucas informações sobre a densidade de plantas mais adequada para o desenvolvimento da cultura, bem como sua produtividade (GUILLEN-PORTAL et al., 1999) e tem-se obtido acréscimo da produtividade e desenvolvimento do amaranto com o aumento da densidade de plantas (PEIRETTI; GESUMANIA, 1998) e há outras pesquisas mostrando nenhum efeito (MYERS, 1996).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de N e densidades de plantio, na produtividade e na biometria do amaranto, em solo de cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Anteriormente à instalação do experimento, a área foi cultivada com quinoa, amaranto e soja. A análise química e a textura do solo estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise química e granulométrica do solo antes da instalação do experimento, no ano de 2010.

Ano	pH	Ca	Mg	K	Al	P	MO	Areia Grossa	Areia Fina	Silte Argila
	(H <sub>2</sub> O)	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		
2010	6,15	3,61	5,37	135,5	0,02	21,4	21,2	70	350	140 440

Em novembro de 2010, a área foi preparada com aração e gradagem. A adubação foi feita no dia do plantio com 500 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 0-20-20 de NPK.

O experimento foi instalado em dezembro de 2010, na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, localizada na BR 020, Km 18 e delimitada pelas coordenadas geográficas 47°54'10"W e 15°43'52"S. A área se encontra a 1.040 m do nível do mar, possui clima do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, com inverno seco e verão quente, precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual de 21°C. O solo do local é classificado como Latossolo vermelho distoferrico típico argiloso.

A semeadura foi feita manualmente, nas linhas, em dezembro de 2010, utilizando-se o cultivar BRS Alegria. Cada parcela continha quatro linhas, com três metros cada e o seu tamanho foi de 4,8 m<sup>2</sup> (3m x 1,6m). A densidade de plantio foi elevada para permitir o desbaste. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,4 metros.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 4x4, com quatro doses de N, quatro densidades de plantio e quatro repetições,

totalizando 64 parcelas. As doses de N foram: 0, 50, 100, 150 kg ha<sup>-1</sup> na forma de sulfato de amônio (25% de N) na linha de plantio, aos 15 dias após a emergência da plântula. A aplicação foi feita no fim de tarde e logo após, a área foi irrigada por aspersão. As densidades de plantio foram: 6 (150 000 plantas ha<sup>-1</sup>), 8 (200 000 plantas ha<sup>-1</sup>), 12 (300 000 plantas ha<sup>-1</sup>) e 25 (625 000 plantas ha<sup>-1</sup>) plantas por metro linear.

As plantas floresceram aos 45 dias após o plantio. A colheita foi feita aos 90 dias após a semeadura, ao final do enchimento dos grãos. A colheita foi feita manualmente, com auxílio de facão e foice, nas duas linhas centrais de cada parcela, sendo que foi colhido um metro linear de cada uma das duas linhas.

O caule e as folhas foram separados das panículas colocados em sacos de papel e levados à estufa a 65°C, por 72 horas, até atingir peso constante.

Para a pesagem das panículas (inflorescência que se caracteriza por um cacho composto, em que os ramos crescem da base para o ápice) foi feita primeiramente a remoção dos grãos. As panículas foram levadas à estufa a 65°C e

pesadas e os grãos foram pesados a 13% de umidade.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: peso seco de caule e folhas, peso panícula altura de plantas, diâmetro de caule e comprimento e largura de panícula, além da produtividade de grãos.

Os dados foram analisados pelo programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003) e a comparação de médias foram feitas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Além disso, foi feita a correlação

de Pearson, utilizando-se os dados individuais de cada parâmetro analisado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o peso de matéria seca de caule e folhas (PMS), tanto as doses de N quanto as densidades de plantio mostraram efeito significativo. O mesmo nível de significância foi observado para o resultado da interação doses de N x densidade de plantio (Tabela 2).

**Tabela 2.** Fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrados médios e níveis de significância para as características avaliadas.

FV	GL	Quadrado Médio						
		PMS	PP	PG	AP	CP	LP	DC
Densidade (A)	3	1008834.77* *	532505.68 ns	805781.46**	0.088056**	225.34**	173.58**	0.30**
Dose de N (B)	3	719767.58**	1737904.03**	2069596.74* *	0.149722**	24.20 ns	37.47 ns	0.02 ns
AxB	9	956581.23**	1085975.91**	1112122.64* *	0.041389**	40.94**	28.30 ns	0.12**
CV(%)	-	12.25	13.15	9.75	1.99	7.12	17.99	7.21

\*PMS – peso de matéria seca; PP – peso de panícula; PG – peso de grãos; AP – altura da planta; CP – comprimento de panícula; LP – largura de panícula; DC – diâmetro do caule.

Quanto ao peso de panícula (PP), o resultado não foi significativo para a densidade, porém, verificou-se significância para doses de N e a interação doses de N x densidade de plantio. O peso de grãos (PG) e a altura de plantas (AP) responderam à densidade de plantio e às doses de N, assim como para a interação entre os dois fatores.

O comprimento de panícula (CP) e o diâmetro de caule (DC) mostraram não ser influenciados pelas doses de N, porém para a

densidade de plantas e a interação densidade x doses de N, houve efeito significativo. Para a largura de panícula (LP), apenas a densidade de plantas mostrou diferença significativa.

A interação entre doses de N e densidades de plantio (Tabela 3), para o peso seco de folhas e caule, mostrou que na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> obteve-se o maior peso seco de folhas e caule na densidade de 25 plantas m<sup>-1</sup>. Enquanto o menor valor foi obtido com a dose 100 kg ha<sup>-1</sup> na mesma densidade.

**Tabela 3.** Peso de Matéria Seca de folhas e caule (kg ha<sup>-1</sup>) em amaranto em diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	2468,79BCab	2916,75Ba	1893,42Cb	3673,33Aa
12	2045,00Bbc	2918,37Aa	2654,42Aba	2437,88ABbc
8	1749,42Bc	1887,33Bb	1832,87Bb	2861,00Ab
6	2932,71Aa	2020,92Bb	2148,92Bab	1873,33Bc

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Na densidade de 12 plantas m<sup>-1</sup> o peso de caule e folhas foi semelhante independente da dose de N. Na densidade de 8 plantas m<sup>-1</sup>, a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> apresentou o maior peso de folhas e caule, com diferença significativa entre os outros tratamentos. Já na densidade de 6 plantas por metro, todas as doses de N apresentaram menor peso de folhas e caule que o tratamento sem

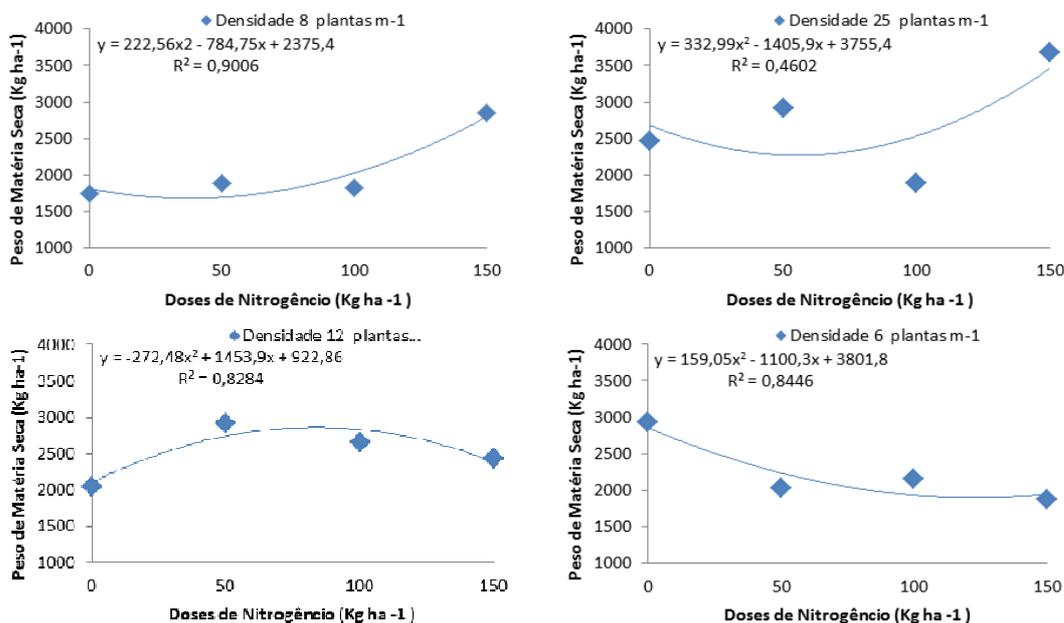
adubação nitrogenada, o que de que nesta densidade existe um menor número de plantas.

O aumento do número de plantas por área demonstrou limitar o peso seco de caule e folhas por planta, em amaranto, conforme também observado por Weber (1989). Porém, as parcelas com 25 plantas m<sup>-1</sup>, ainda assim, apresentaram maiores valores para peso total de matéria seca por parcela.

Dentro de cada dose de N, em geral, o maior peso de caule e folhas por ha, foi obtido entre 12 e 25 plantas  $m^{-1}$  e os menores valores nas densidades de 6 e 8 plantas  $m^{-1}$ . Por planta, certamente o resultado seria o contrário.

A cultura do amaranto, pela biomassa produzida de folhas e caules, poderia ser utilizada em sistema de plantio direto na região dos cerrados, por sua estabilidade na produção de grãos e biomassa, principalmente na safrinha (ERASMO et al., 2004). Além disso, as folhas podem ser usadas na alimentação animal, mas recomenda-se que sejam utilizadas aquelas mais jovens e que possuem menor concentração de substâncias fitotóxicas (MUSA et al., 2011).

Na Figura 1 (A a D), estão apresentadas as respostas da produção de caule e folhas em função das doses de N para cada densidade de plantio. A densidade de 25 plantas por metro apresentou o menor coeficiente de determinação. Na densidade de 12 plantas por metro, houve diminuição do peso de folhas e caule, a partir da dose de  $100\text{ kg ha}^{-1}$ , por outro lado na densidade de 8 plantas por metro, houve aumento do peso de caule e folhas a partir desta dose, observou-se um comportamento de aumento de peso seco com o aumento da dosagem de N. Na densidade de 6 plantas  $m^{-1}$ , houve diminuição dos pesos, a partir de  $50\text{ kg ha}^{-1}$ .



**Figura 1.** Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de caule e folhas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro

Para o peso de panícula (Tabela 4), entre as doses de N e na densidade de 12 plantas  $m^{-1}$ , em geral, o tratamento sem adubação nitrogenada apresentou menor peso que aqueles com 50, 100 e  $150\text{ kg ha}^{-1}$ . Para a densidade de 6 plantas por metro, o peso de panícula da dose zero de N foi semelhante ao peso das doses 100 e 150 e maior que

na dose de  $50\text{ kg ha}^{-1}$ . Na densidade de 8 plantas por metro linear, o peso de panícula foi semelhante entre as doses 0, 50 e  $100\text{ kg ha}^{-1}$  e superior na dose de  $150\text{ kg ha}^{-1}$ . Nas densidades de 25, 12 e 8 plantas por metro, os maiores resultados foram obtidos na dose de  $150\text{ kg ha}^{-1}$ .

**Tabela 4.** Peso de panícula ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em amaranto em diferentes doses de N e densidades de plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	2837,91BCb	3502,91ABa	2111,66Cb	3920,00Aab
12	2746,25Bb	3746,25Aa	3645,41ABa	4297,91Aa
8	2600,41Bb	3260,00ABa	3363,33ABa	4166,25Aa
6	3895,41Aa	2815,41Ba	3491,66ABa	3156,66ABb

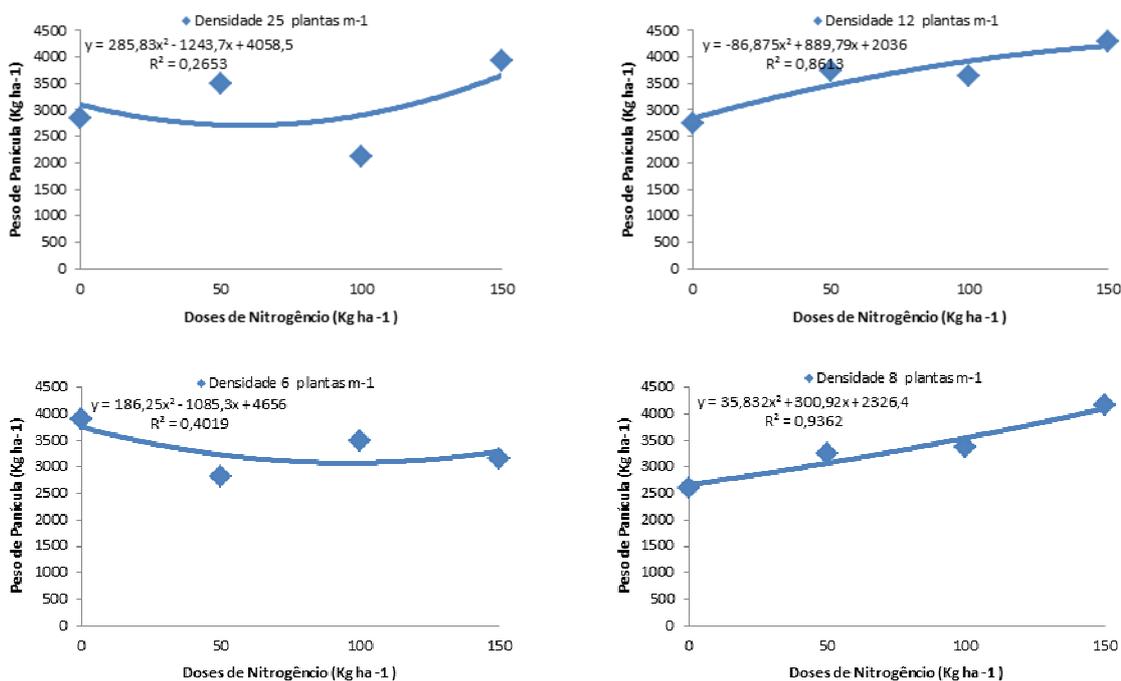
\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Com relação ao peso de panícula, dentro da dose de 50 kg ha<sup>-1</sup>, não houve diferença significativa entre as diferentes densidades de plantas. Para a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>, a densidade de 25 plantas por metro apresentou menor peso de panícula que as outras densidades de plantas. Para a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>, a densidade de 6 plantas por metro apresentou menor peso de panícula que as densidades de 8 e 12 plantas por metro.

O aumento da população de plantas entre 12 e 25 plantas por metro, no geral, resultou em diminuição do peso das inflorescências (panículas), esse resultado corrobora com o já encontrado por Fitterrer (1996). Este fato pode ter ocorrido pela

maior competição por nutrientes pelas plantas.

Na Figura 2 (A a D), o comportamento do peso de panícula em função das doses de N para cada densidade de plantas foi diferente. A regressão entre as doses de N e o peso de panícula para cada densidade de plantas, mostrou que as melhores relações foram entre as densidades de 8 e 12 plantas por metro linear e apresentaram altos valores de r<sup>2</sup>, de 0,82 e 0,94, respectivamente, e observou-se aumento do peso de panículas com o aumento das doses de N; já para as outras densidades de plantas, o coeficiente de determinação foi extremamente baixo.



**Figura 2.** Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de panículas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro

Na produtividade de grãos (Tabela 5), para as densidades de 12 e 8 plantas por metro, as doses de 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram produtividade semelhante à dose zero de N e, somente a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>, apresentou maiores valores. Para a

densidade de 25 plantas por metro linear as doses de 50 e 150 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram as maiores produtividades. Dentro de cada dose de N, em geral, as maiores produtividades foram obtidas nas densidades de 25 e 12 plantas por metro linear.

**Tabela 5.** Peso de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	2382,50Ba	3006,66Aa	1396,25Cc	3572,91Aa
12	2508,75Ba	2930,00Ba	2860,00Ba	3692,50Aa
8	2120,00Ba	2608,33Ba	2096,66Bb	3323,75Aa
6	2635,41ABa	1584,16Cb	2982,50Aa	2372,08Bb

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

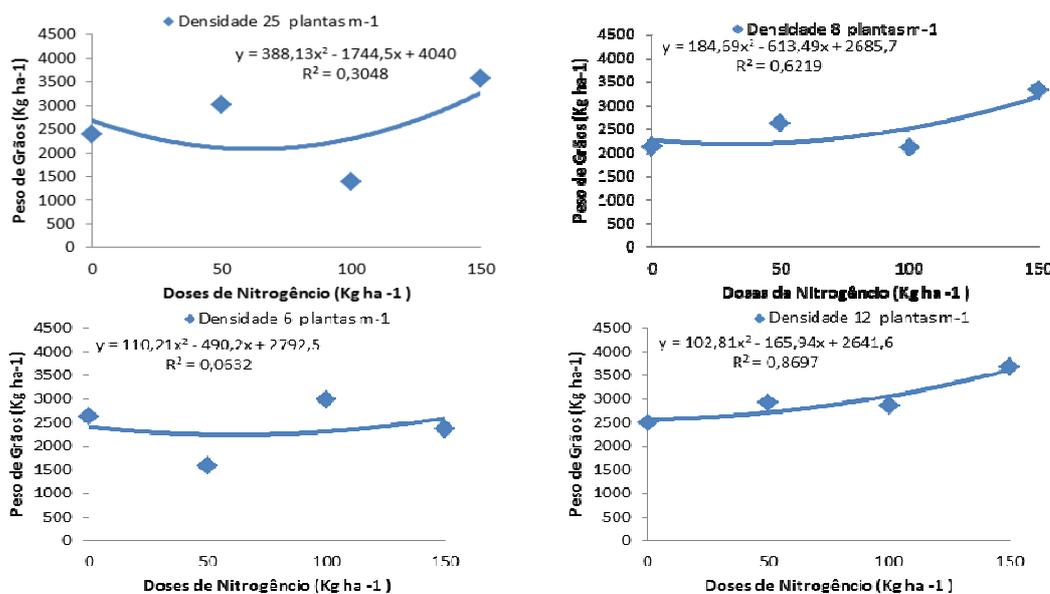
Vários autores têm obtido um aumento do rendimento dos grãos com o aumento da densidade de plantas (PEIRETTI; GESUMARIA, 1998) e este fato, normalmente, é afetado pelas condições ambientais (HENDERSON et al., 2000). Por outro lado, há trabalhos mostrando pouca alteração de produtividade em diferentes faixas de população de plantas, ou até nenhuma resposta para rendimento de grãos relacionado à densidade de plantas (MYERS, 1996). Guillen-Portal et al. (1999) sugerem que a planta compensa as variações ambientais, com a alocação de mais energia aos órgãos reprodutivos da planta, restringindo o diâmetro do caule e minimizando o efeito da competição por água e radiação solar. Em trabalho desenvolvido na Bolívia com *A. caudatus*, Apaza-Gutierrez et al. (2002) observaram que, com o aumento da densidade de plantas, foi obtido um acréscimo no rendimento dos grãos/ha. Porém, o rendimento dos grãos/planta diminuiu a partir do aumento da densidade de plantio. Esse decréscimo está relacionado à competição entre plantas. Weber (1990) afirma que em populações excessivamente elevadas, a competição por umidade e os nutrientes reduz o rendimento de grãos.

Resultados de pesquisas que determinem o espaçamento ideal da cultura para se obter a máxima produtividade tem sido inconclusivos (ROBINSON, 1986). A resposta do rendimento de grãos à densidade de plantas mostrou ser influenciada pelo ambiente, pelas espécies e cultivares (PUTNAM, 1990; EDWARDS; VOLAK 1980; HAAS 1983). Robinson (1986) relatou uma diminuição na

produção em uma população superior a 210.000 plantas ha<sup>-1</sup>. No entanto, Haas (1983) identificou uma densidade de plantas ideal muito superior, entre 323.000 e 360.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Quanto ao efeito da dose de N na produtividade de amaranto, POSPISIL et al. (2006) avaliaram a produtividade por dois anos e obtiveram resposta à adubação nitrogenada, apenas no ano de 2003, quando o clima estava seco e com condições desfavoráveis à mineralização de N. Em anos cujas variáveis climáticas se apresentaram favoráveis e em solos bem supridos de N, o amaranto pode ser cultivado sem adubação nitrogenada ou com aplicação de 50 kg ha<sup>-1</sup>. Olaniyi et al. (2008) obtiveram incremento no rendimento dos grãos com o aumento das doses de N de 0 até 45 kg ha<sup>-1</sup> e diminuição em 60 kg ha<sup>-1</sup> para as duas variedades testadas. Em outros trabalhos desenvolvidos no Brasil e no mundo, o *Amaranthus cruentus* respondeu pouco à adubação nitrogenada (BAMBRILLA et al., 2008; POSPISIL et al, 2006) e sugere-se que esta planta pode ser utilizada, inclusive em sistema orgânico de produção (POSPISIL et al., 2006).

Na Figura 3 (A, B, C e D), são apresentadas as regressões entre as doses de N e a produtividade da cultura. A produtividade de grãos respondeu de forma diferente, de acordo com as densidades de plantas. A densidade de 6 plantas m<sup>-1</sup>, apresentou um r<sup>2</sup> = 0,06 (ns). As densidades de 12 e 8 plantas por metro apresentaram os maiores coeficientes de determinação.



**Figura 3.** Regressão entre as doses de nitrogênio e o peso de grãos para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.

Efeito da densidade...

Possivelmente, a baixa densidade de plantas pode ter provocado a lixiviação de nitrato ou a volatilização de amônia, pois as alterações do nitrogênio no solo são bastante rápidas e complexas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Nas densidades de 12 e 8 plantas por metro, houve resposta quadrática à adubação nitrogenada, com aumento de até 100 kg/ha entre as doses de 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>. Já para a densidade de 25 plantas/metro, o coeficiente de determinação foi muito baixo ( $r^2 = 0,30$ ). Um baixo coeficiente de determinação também foi obtido para a produção de matéria seca e caule, nesta mesma densidade de plantas (Figura 1A).

Com relação à altura de plantas, em geral, houve efeito da adubação nitrogenada neste

parâmetro e as doses de 50 e 150 kg ha<sup>-1</sup> promoveram maior altura de plantas.

Dentro de cada dose de N, dependendo da interação densidade de plantas x dose, a altura foi bastante diferenciada. Na dose zero, destacaram-se as densidades de 12 e 6 plantas por metro, na de 50 kg ha<sup>-1</sup>, destacou-se a densidade de 8 plantas por metro, na de 100 kg ha<sup>-1</sup>, a melhor densidade foi a de 12 plantas por metro linear e na de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, destacou-se a densidade de 6 plantas por metro.

A altura de plantas (Tabela 6), em geral, variou entre 1,20 a 1,73 m e estes valores são considerados valores médios para essa cultivar, de acordo com Spehar (2003). No Sul do Brasil, Bambrilla et al. (2008) encontraram valores maiores, portanto, a diferença pode estar ligada às condições ambientais e/ou à fertilidade do solo.

**Tabela 6.** Altura de planta (m) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	1,20Db*	1,50Ab	1,30Cd	1,40Bd
12	1,40Ca	1,46Bb	1,73Aa	1,50Bc
8	1,20Cb	1,60Aa	1,40Bc	1,56Ab
6	1,40Ca	1,50Bb	1,50Bb	1,73Aa

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em média, para todas as dosagens de N, a densidade de 25 plantas por metro linear apresentou menores alturas de planta e a densidade de 6 plantas por metro linear as maiores. Percebe-se, também, que para todas as densidades, em média, os menores valores foram observados na dosagem de zero kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que os maiores valores encontram-se na dosagem de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

A maior altura de plantas (1,73m) foi obtida na densidade com o menor número de plantas (6 plantas por metro linear) e do menor resultado (1,35m) na densidade com o maior número de plantas (25 plantas por metro linear). Resultados semelhantes também foram observados por Maluf (1999) para *A. cruentus*. A morfologia das plantas reflete o grau de competição entre elas, conforme já descrito por outros autores (GUILLEN-PORTAL, 1999). Por outro lado, Popsil et al. (2006) avaliaram a altura de plantas por três anos consecutivos e sob três doses de N (0, 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup>) e não obtiveram efeito da doses de N na altura de plantas em dois dos três anos de estudo e a altura máxima obtida foi de 2,07 m.

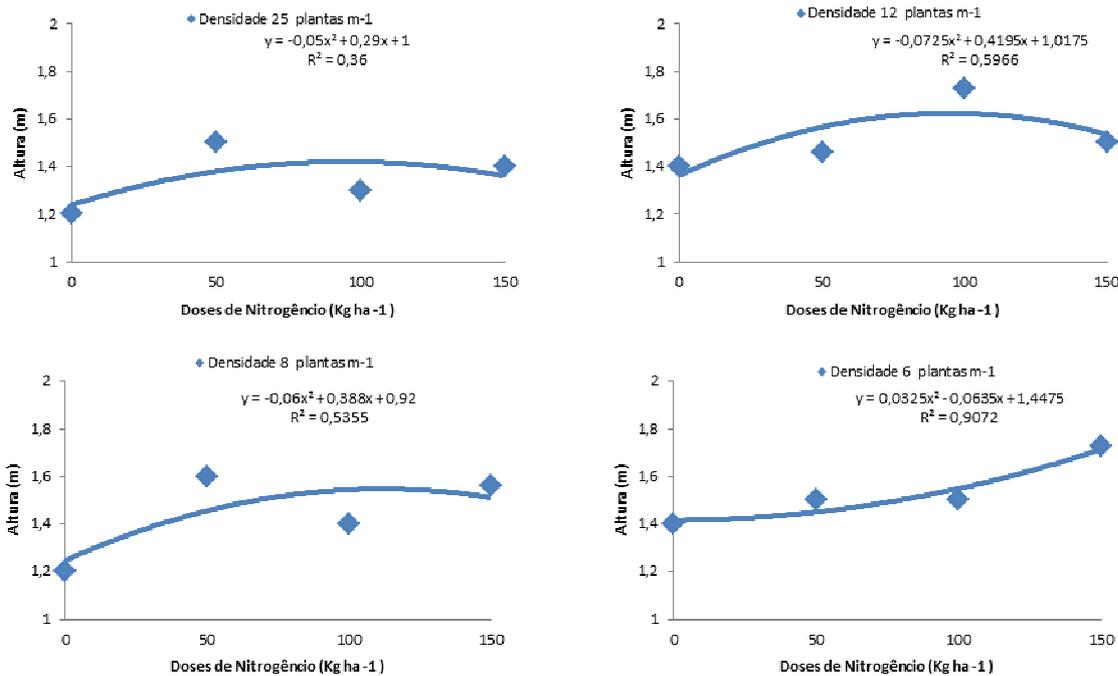
O comportamento observado da altura de plantas difere-se daquele obtido por Brambilla et al. (2008), pois no presente trabalho a resposta à adubação nitrogenada foi linear, enquanto naquele, a

resposta foi quadrática. No trabalho citado, o nitrogênio foi aplicado até a dose de 200 kg N ha<sup>-1</sup> e, esta não promoveu aumento da altura de plantas. Para a cultivar BRS Alegria, Domingos et al., (2005) obtiveram altura máxima das plantas aos 60 dias após a emergência das plantas, entre 1,0 e 1,3 m, dependendo da formulação de NPK.

A altura de plantas é um importante parâmetro para a colheita mecanizada (ERASMO et al., 2004), além da estabilidade da produção de grãos, sob diferentes condições ambientais.

A regressão entre as doses de N e as diferentes densidades de plantas mostrou, novamente, um baixo coeficiente de determinação para a densidade de 25 plantas /metro linear (Figura 4- A, B, C e D).

Para o comprimento de panícula (Tabela 7), em geral, os melhores resultados obtidos foram aqueles com adubação nitrogenada. Nas doses de 0 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, as densidades que promoveram maior comprimento de panícula foram as de 8 e 6 plantas por metro linear e na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup>, não houve diferença significativa entre as densidades de plantio. Plantas com maior espaçamento entre si tendem a terem menor competição por água, luz e nutrientes, e conseqüentemente, apresentarem panículas com maior desenvolvimento.



**Figura 4.** Regressão entre as doses de nitrogênio e a altura de plantas para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.

**Tabela 7.** Comprimento de panícula (cm) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	33,66Bb	40,66Aa	37,00ABb	37,00ABb
12	38,66Bb	46,33Aa	47,16Aa	41,33ABb
8	46,66Aa	46,66Aa	43,00Aab	49,33Aa
6	48,16ABa	43,33Ba	42,00Bab	51,00Aa

\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O tamanho da panícula reflete o ambiente onde se desenvolve a planta: população, fertilidade do solo, estresse hídrico, época de semeadura.

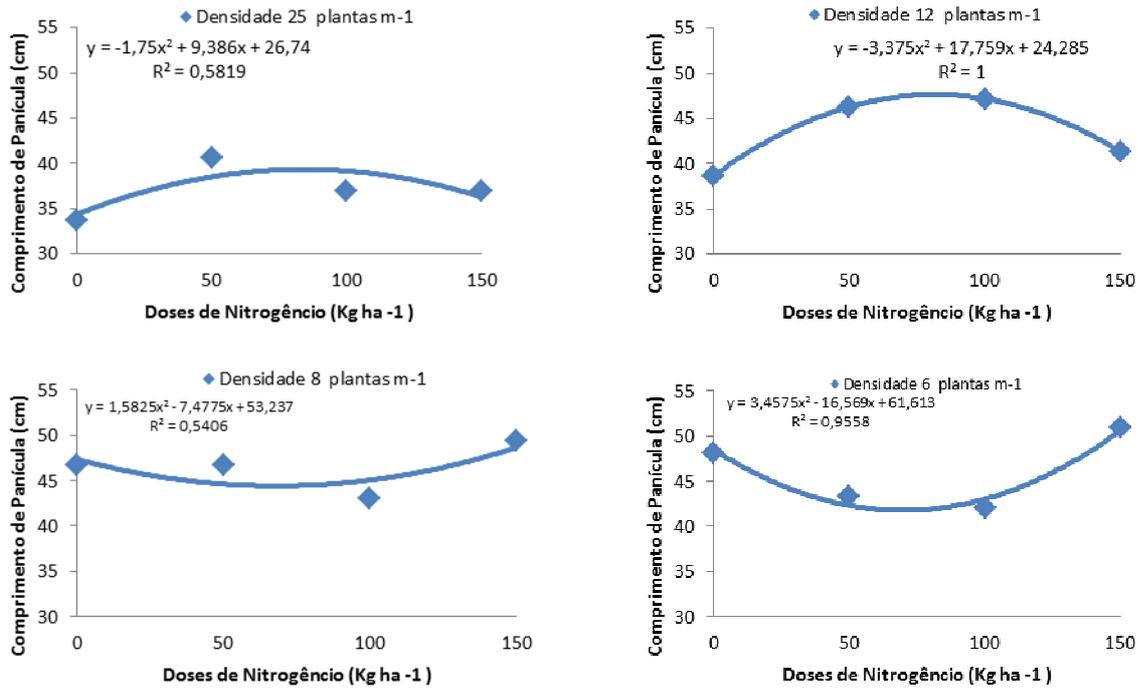
Na Figura 5 (A a D), são apresentadas as regressões entre as doses de nitrogênio e o comprimento de panículas para cada densidade de plantas. As densidades de 6 e 12 plantas por metro apresentaram os maiores coeficientes de determinação, mas com tendências opostas; na de 12 plantas, após a dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  houve diminuição do comprimento das panículas, por outro lado, para a densidade de 6 plantas por metro, houve um aumento do comprimento, a partir da dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ .

A Figura 6 apresenta a regressão entre a largura de panícula e a densidades de plantio. Pode-se observar um comportamento de diminuição de largura com o aumento da densidade de plantas. A

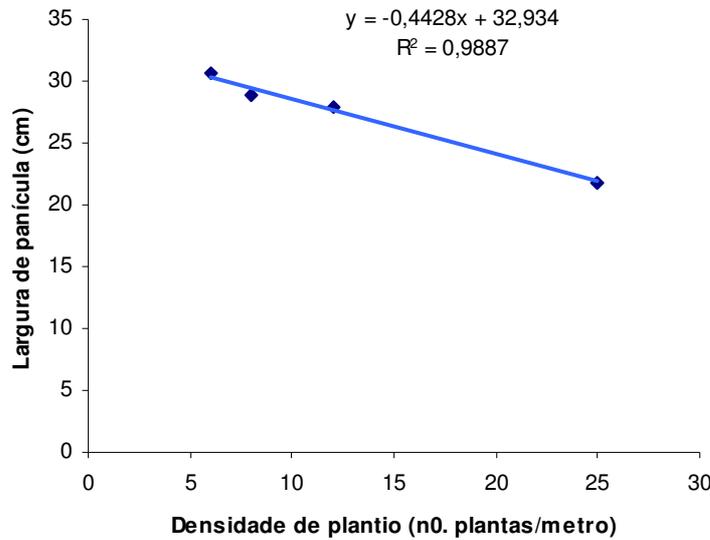
competição entre plantas pode ser um fator contribuinte para esse comportamento.

Deve-se observar que assim como a altura de plantas (Figura 4), o comprimento de panícula (Figura 5) e o diâmetro do caule (Figura 7), quanto maior a densidade de plantas, menores os valores de largura de panícula. Essa diminuição é relacionada, possivelmente, à maior competição entre plantas por água e nutrientes. É provável, que o resultado de rendimento de grãos por planta, caso fosse medido, também apresentasse um decréscimo em seu valor.

Com relação ao diâmetro de caule (Tabela 8), na densidade de 6 plantas  $\text{m}^{-1}$ , em geral, este parâmetro foi aumentando, proporcionalmente às doses de N. Na densidade de 12 plantas  $\text{m}^{-1}$ , os maiores diâmetros de caule ocorreram nas doses de 50 e  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ . Assim como para o peso de panícula, o diâmetro de caule variou bastante entre as outras doses de N e densidades de plantas.



**Figura 5.** Regressão entre as doses de nitrogênio e o comprimento de panícula para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro (d) 6 plantas por metro.



**Figura 6.** Relação densidade de plantio (nº plantas/metro) e largura de panícula (cm)

**Tabela 8.** Diâmetro de caule (cm) de amaranto sob diferentes doses de N e densidades de plantas.

Densidades de plantio	Doses de N			
	0	50	100	150
25	1,40Aab	1,46Aa	1,10Bc	1,26ABb
12	1,26Bb	1,63Aa	1,53Ab	1,16Bb
8	1,60Aba	1,60ABa	1,43Bb	1,73Aa
6	1,46Cab	1,50BCa	1,90Aa	1,73ABa

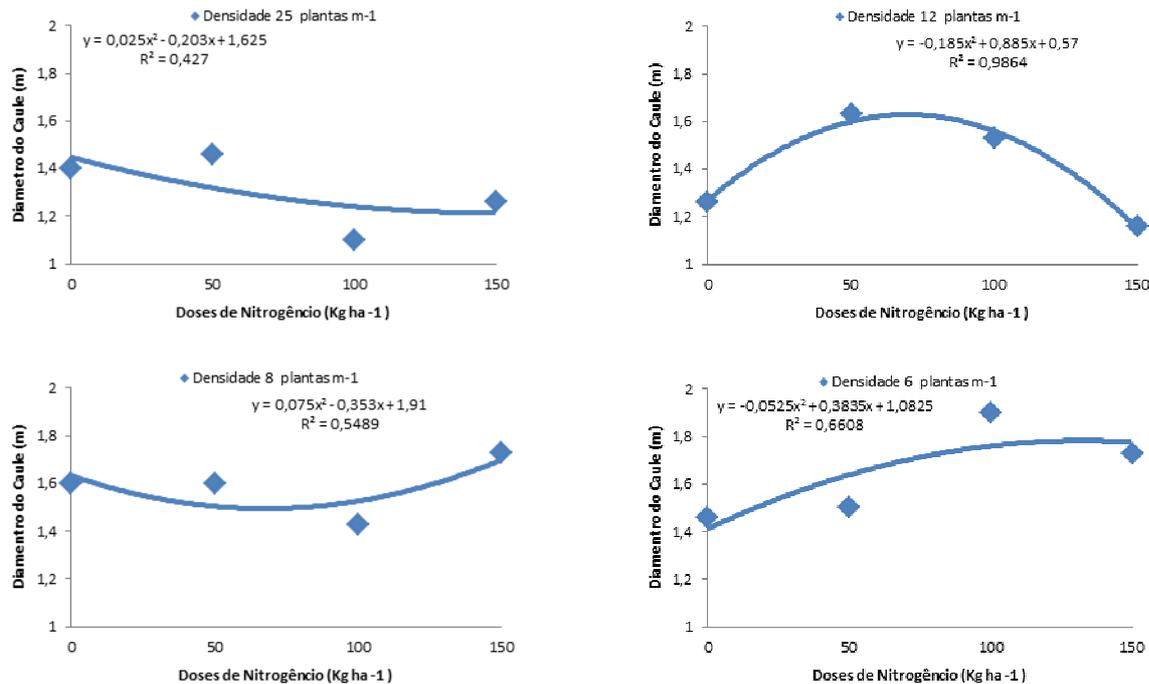
\* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

O aumento da população de plantas resultou em diminuição do diâmetro do caule, como já foi observado anteriormente por Fitterer (1996). Essa alteração pode ser devido à competitividade entre plantas, o que pode ter provocado um maior diâmetro de caule (1,65 cm) nas parcelas com menor número de plantas por metro linear.

O diâmetro do caule é importante por relacionar-se com o tombamento das plantas, que, no presente experimento, não ocorreu. É provável

que, no amaranto, a densidade de plantas seja mais importante na determinação do diâmetro do caule do que a adubação (HENDERSON et al., 2000; APAZA-GUTIERREZ et al., 2002).

A regressão entre as doses de N e o diâmetro do caule é apresentada na Figura 7 (A a D) e o maior coeficiente de determinação foi obtido na densidade de 12 plantas por metro, mostrando um aumento entre as doses de 50 e 100 kg ha<sup>-1</sup> e diminuição a partir destas doses.



**Figura 7.** Regressão entre as doses de nitrogênio e o diâmetro do caule para as densidades (a) 25 plantas por metro (b) 12 plantas por metro (c) 8 plantas por metro.

Os dados de correlação de Pearson (Tabela 9) mostraram que a altura de plantas correlacionou-se positivamente com comprimento de panícula

(0,532), largura de panícula (0,528), diâmetro do colmo (0,416) e peso de panícula (0,353).

**Tabela 9.** Correlação de Pearson entre os parâmetros estudados, agrupando-se as doses de N e as densidades de plantio.

	Altura de Planta	Comprimento de Panícula	Largura de Panícula	Diâmetro de Colmo	Peso de Matéria Seca	Peso de Panícula	Peso de Grãos
Altura de Planta	1	,532(**)	,528(**)	,416(**)	,067	,353(*)	,256
Comprimento de Panícula		1	,598(**)	,500(**)	-,082	,189	,065
Largura de Panícula			1	,537(**)	-,217	,161	,021
Diâmetro de Colmo				1	-,111	,226	,088
Peso de Matéria Seca					1	,540(**)	,599(**)
Peso de Panícula						1	,769(**)
Peso de Grãos							1

\*\*Correlações significativas a 1% ; \*Correlações significativas a 5%

Efeito da densidade...

O comprimento de panícula correlacionou-se com a largura de panícula e o diâmetro do colmo. A largura de panícula correlacionou-se com o comprimento de panícula e diâmetro do colmo. O peso de matéria seca (folhas e caule) correlacionou-se com o peso seco de panícula e o peso de grãos.

Há poucos trabalhos correlacionando características agrônômicas em amaranto, mas Teixeira et al. (2002) também observaram correlação entre a altura de plantas e diâmetro do caule, porém não obtiveram correlação entre os parâmetros de biometria com a produtividade do amaranto. Por outro lado, Apaza-Gutierrez et al. (2002), consideram que o diâmetro do caule tem

grande efeito na produtividade de grãos. No presente trabalho, a produtividade correlacionou-se positivamente com o peso de matéria seca de folhas e grãos e o peso de panículas.

## CONCLUSÕES

Para os pesos de matéria seca, panícula, grãos e altura de planta, o amaranto responde linearmente à N até a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

Todos os parâmetros avaliados, à exceção da largura de panícula, responderam à densidade de plantio em função das doses de N.

---

**ABSTRACT:** The Amaranth is a gratifier with growth characteristics, establishment and production with great promise and potential for an increase in its cultivation. However, due to the lack of information about management for commercial production, there is the lack of a standard planting density and optimum dose of nitrogen to Brazil. The objective of this study was to determine the effect of planting density and nitrogen doses at productivity and biometric variables Amaranth. The experiment had the experimental design was randomized block s with factorial design 4x4 (four seeding, 25, 12, 8 and 6 plants per meter and four doses of N, 0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup>), with four replicates. For the analysis were determined: dry weights, and grain panicle, plant height, stem diameter and panicle length and width. All parameters, except the width of the panicle showed interaction between planting density x N rates significantly. Increasing levels of N up to a dose of 150 kg ha<sup>-1</sup>, in general, for all densities, produced a linear response in yield of amaranth.

**KEYWORDS:** Nitrogen fertilization. *Amaranthus cruentus*. Yield.

---

## REFERÊNCIAS

- APAZA-GUTIERREZ, V. A.; ROMERO-SARAVIA, F. R.; GUILLEN-PORTAL, D. D. BALTENSPERGER, F. 2002. **Response of grain amaranth production to density and fertilization in Tarija**, Bolivia. p. 107 - 109. In: J. Janick and A. Whipkey (Eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.
- AYNEBAND, A. Cultivar and nitrogen splitting effects on amaranth forage yield and weed community. **Pakistan Journal of Biological Science**, v. 11, p. 80-85, 2008.
- BRAMBILLA, T. R.; CONSTANTINO, A. P.; OLIVEIRA, P. S. Efeito da adubação nitrogenada na produção de amaranto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 4, p. 761- 768, 2008
- DOMINGOS, V. D.; ERASMO, E. A. L.; SILVA, J. I. C.; CAVALCANTE, G. D.; SPEHAR, C. R. Crescimento, produção de grãos e biomassa de cultivares de amaranto (*Amaranthus cruentus*) em função de adubação com NPK. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 29-39, 2005.
- EDWARDS, A. D; VOLAK, B. **Grain amaranth: optimization of field population density**, p. 91-94. In: Proc. 2nd Amaranth Conference. Rodale Press, Emmaus, PA, 1980.
- ERASMO, E. A. L.; DOMINGOS, V. D.; SPEHAR, C. R.; DIDONET, J.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, A. M. Avaliação de cultivares de amaranto (*Amaranthus spp.*) em sistema plantio direto no sul de Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 171-176, 2004.
- ERLEY, G. S.; KAUL, H. P.; KRUSE, M.; AUFHAMMER, W. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. **European Journal of Agronomy**, v. 22, p. 95-100, 2003.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 4.3**. Lavras: DEX-UFLA, 2003.

FITTERER, S. A., Johnson, B. L., Schneiter, A. A., 1996. **Grain amaranth harvest timeliness in eastern North Dakota**. In: Janick, J. (Ed.), Progress in New Crops. ASHS Press, Alexandria, VA, p. 220–223.

GARCIA-PEREYRA, J.; VALDÉS-LOZANO, C. G. S.; ALEJANDRE-ITURBIDSE, G.; FIERRO, I. V.; GÓMEZ, O. G. A. Interaction genótipo x ambiente y análisis de estabilidad em genótipos de amaranto (*Amaranthus* spp.). **Oyton**, v. 60, p. 167-173, 2011.

GIMPLINGER, D. M.; DOBOS, G.; SCHONLECHNER, R.; KAUL, H. P. Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* spp.) in Eastern Austria. **Plant Soil Environment**, v. 53, p. 105-112, 2007.

GUILLEN-PORTAL, F. R., BALTENSPERGER D. D.; NELSON L. A. (1999): **Plant population influence on yield and agronomic traits in Plainsman grain amaranth**. In: Janick J. (Ed.): Perspectives on New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria: 190 – 193.

HAAS, P. W. **Amaranth density report**. Rodale Research Center Report No. RRC/NC-83-8. Rodale Press, Emmaus, PA, 1983.

HENDERSON, T.; JOHNSON, B; SCHNEITER, A. Row spacing, plant population and cultivar effects on grain amaranth in the Northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 329 – 336, 2000.

MOREIRA, F. M. DE S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: editora UFLA, 2006. 729p.

MUSA, A.; OLADIRAN, J. A.; EZENWA, M. I. S.; AKANYA, H. O.; OGBADOYL, E. O. The effects of applied nitrogen fertilizer and leaf positions on levels of micronutrients, anti-nutrients and toxic substances in *Amaranthus cruentus*. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 9857-9863, 2011.

MYERS, R. L. Amaranth: New crop opportunity. In: JANICK, J., ed. Progress in new crops. Alexandria, ASHS Press, 1996. p. 207-220.

OLANIYI, J. O; ADELASOYE, K. A; JEGEDE, C. O. Influence of Nitrogen Fertilizer on the Growth, Yield and Quality of Grain Amaranth Varieties. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 4 , p. 506-513, 2008.

PEIRETTI, E. G., GESUMARIA, J. J., Influencia de la distancia entre líneas sobre el crecimiento y rendimiento de amaranto granífero (*Amaranthus* spp.) **Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales**, v. 13, p. 139–151, 1998.

POSPISIL, A.; POSPISIL, M.; VARGA, M.; SVECNIJAK, Z. Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization. **European Journal Agronomy**, v. 25, p. 250-253, 2006.

PUTNAM, D. H. Agronomic practices for amaranth, p. 151-162. In: Proc. 4th National Amaranth Symposium. Rodale Press, Emmaus, PA, 1990.

RIVERO, J. L. L. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos. La Paz: **Instituto Nacional del Desarrollo Experimental**, 1994. 457 p.

ROBINSON, R. G. **Amaranth, quinoa, ragi, tef and niger: tiny seeds of ancient history and modern interest**. **Station Bul.** AD-SB-2949. Agr. Expt. Sta., Univ. of Minn., St. Paul, 1986.

SANS-PENELLA, J. M.; LAPARRA, J. M. Bread supplement with amaranth (*Amaranthus cruentus*): Effect of phytates on *in vitro* iron absorption. **Plant Foods Human Nutrition**, v. 67, p. 50-56, 2012.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B.; SOUZA, P. I. M. Novas plantas de cobertura para o sistema de produção de grãos. In: Seminário Internacional Sobre o Sistema de Plantio Direto, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1997. p. 169-172, 1997.

SPEHAR, C. R. **Production systems in the savannas of Brazil: key factors to sustainability**. In: LAL, R. (Ed.). Soil quality and agricultural sustainability. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998. p. 301-318.

SPEHAR, C. R. Amarantho BRS Alegria – Alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 85-91, 2003.

TEIXEIRA, D. L.; SPEHAR, C. R. **Diferenças entre o pseudocereal amarantho e espécies de planta daninha, Amaranthaceae**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. (Comunicado Técnico, 69).

TEUTONICO, R. A.; KNOOR, D. Amaranth; compositions, properties and applications of a rediscovered crop. **Food Technology**, Chicago, v. 39, n. 4, p. 49-59, 1985.

WEBER, L. E., APPLGATE, W. W., JOHNSON, D. L., NELSON, L. A., PUTNAM, D. H., LEHMAN, J. W., 1989. **Amaranth Grain Production Guide**. Rodale Press, Emmaus, PA.

WEBER, L. E. **Amaranth grain production guide**. Rodale Press, Emmaus, PA, 1990.