

ESPAÇAMENTO E DENSIDADE DE SEMEADURA PARA A CULTURA DO MILHO, EM PLANTIO TARDIO, NO ESTADO DO TOCANTINS¹

Flávio Sérgio Afférr², Edgar Pereira Martins², Joenes Mucci Peluzio²,
Rodrigo Ribeiro Fidelis², Hugo Valério Moreira Rodrigues²

ABSTRACT

ROW SPACING AND SOWING DENSITIES FOR LATE CROPPING MAIZE IN THE TOCANTINS STATE, BRAZIL

The levels of maize productivity currently reached in the State of Tocantins, Brazil, are placed below the potential of this crop, due to, among other factors, the lack of knowledge on the best sowing density and row spacing. The present study was carried out with the objective of evaluating the effect of plant distribution on the grain yield, in kg.ha⁻¹. Two maize genotypes (AGN2012 and BRS2020), in two sowing densities (50,000 and 60,000 plants.ha⁻¹), were used, in row spacing of 50 cm, 65 cm, and 80 cm, in Alvorada (TO), in the 2004/2005 growing season. Considering the results, it was possible to observe that the AGN2012 cultivar was more productive than the BRS2020, with significant difference, according to the F test (5% probability), for grain yield. The stalk diameter and plant height increased significantly ($p < 0.05$), as row spacing decreased. The ear height, diameter, length, and weight of one hundred seeds were not influenced by the evaluated row spacing and density.

KEY-WORDS: Density; hybrids; agronomic features.

RESUMO

Os níveis de produtividade do milho, atualmente atingidos no Estado do Tocantins, colocam-se abaixo do potencial da cultura, devido, entre outros fatores, à ausência de conhecimento sobre a melhor densidade e espaçamento de semeadura. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da distribuição de plantas sobre a produtividade de grão, em kg.ha⁻¹. Foram utilizados dois genótipos de milho (AGN2012 e BRS2020), em duas densidades de semeadura (50.000 e 60.000 plantas.ha⁻¹), nos espaçamentos de 50 cm, 65 cm e 80 cm, no município de Alvorada (TO), na safra agrícola 2004/2005. Através dos resultados obtidos, pôde-se observar que a cultivar AGN2012 foi mais produtiva que a cultivar BRS2020, ocorrendo diferença significativa, pelo teste F, a 5% de probabilidade, para a produtividade de grãos. As variáveis diâmetro de colmo e altura de plantas aumentaram, significativamente ($p < 0,05$), à medida que se diminuiu o espaçamento entre linhas. Os componentes altura, diâmetro e comprimento de espiga e peso de cem sementes não foram influenciados pelos espaçamentos e densidades em estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Densidade; híbridos; caracteres agrônômicos.

INTRODUÇÃO

A densidade e o espaçamento entre linhas, ideais para a semeadura na cultura do milho, são fatores de grande importância, principalmente para a característica produtividade de grãos, sendo que, para cada ambiente, há uma combinação entre cultivar, espaçamento e densidade de plantas, que resulta em maior produtividade. O conhecimento e a adoção da melhor combinação entre cultivar, espaçamento e densidade, entretanto, não implica em acréscimo no custo de produção e pode ser rapidamente implementado pelo produtor. Os níveis de produtividade atualmente atingidos no Estado do Tocantins, 3.278 kg.ha⁻¹, na safra 2006/2007 (Conab

2008), mostram-se muito inferiores ao potencial da cultura e um dos fatores limitantes é a ausência de conhecimentos acerca da melhor densidade e espaçamento de semeadura.

Através do aumento na eficiência da interceptação de luz e do melhor aproveitamento da água e nutrientes disponíveis, acréscimos nas produtividades podem ser obtidos, pelo aumento da densidade de semeadura, associado à redução do espaçamento entre linhas de semeadura (Johnson et al. 1998). A determinação da densidade ideal de semeadura é uma das práticas agrônômicas mais importantes, em busca de maiores produtividades na cultura do milho (Almeida et al. 2000). Portanto, o conhecimento de arranjos populacionais, que resultem

1. Trabalho recebido em dez./2006 e aceito para publicação em jun./2008 (nº registro: PAT 727).

2. Faculdade de Agronomia, Campus de Gurupi, Universidade Federal do Tocantins. Cx. postal 66, CEP 77.402-970, Gurupi, TO.
E-mails: flavio@uft.edu.br; edgar@jdemito.com.br; joenesp@uft.edu.br; fidelisrr@uft.edu.br.

em maiores rendimentos de grãos, é de fundamental importância.

A redução da competição inter e intra-específica, por esses fatores de produtividade, obtidos pelo melhor arranjo espacial entre as plantas, dá-se pelo aumento da área foliar por unidade de área, a partir dos estágios fenológicos iniciais, traduzindo-se pelo aumento na produção de biomassa total (Johnson et al. 1998). Menores espaçamentos entre linhas permitem melhor distribuição espacial das plantas de milho, aumentando a eficiência na interceptação da luz (Flénet et al. 1996). Muitas vezes, isto se reflete em incrementos de rendimento de grãos (Karlen & Camp 1985, Parvez et al. 1989, Murphy et al. 1996), decorrentes do aumento da produção fotossintética líquida (Bullock et al. 1988).

A redução do espaçamento entre linhas implica no decréscimo de competição entre plantas de milho por luz, água e nutrientes, em virtude da distribuição mais equidistante das plantas (Johnson et al. 1998). Para a cultura do milho, uma maior eficiência na interceptação da radiação solar, através da adoção de um adequado arranjo de plantas, constitui-se numa das práticas de manejo mais importantes para potencializar o rendimento de grãos.

O rendimento de grãos é afetado pela interação entre híbridos e densidades de plantas (Marchão et al. 2005) e isso demonstra a influência diferencial das densidades populacionais sobre os híbridos. Esses autores observaram aumento da produtividade de grãos, com o incremento da densidade de plantas por área, sob espaçamento reduzido (45 cm), dependendo do híbrido. Resende et al. (2002) ainda acrescentam que o comportamento das cultivares, em diferentes densidades e espaçamentos, não é coincidente, em diferentes condições climáticas. Portanto, destaca-se a importância de avaliações de espaçamentos e densidades de semeadura para a cultura do milho, em diferentes condições climáticas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento de grãos de duas cultivares de milho, em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura, no município de Alvorada, Estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na safra agrícola 2004/2005, na Fazenda São Jorge, município de Alvorada, TO (12°28'48"S, 49°07'29"W e altitude de 289 m).

Na área experimental ocorre um Latossolo vermelho-amarelo distrófico, típico da região. As cultivares utilizadas foram AGN2012 e BRS2020, escolhidas entre aquelas adaptadas à região.

O delineamento foi de blocos casualizados, com três repetições, sendo os tratamentos estruturados em esquema fatorial 3x2. Utilizaram-se três espaçamentos entre linhas, 50 cm, 65 cm e 80 cm, e as densidades de 50.000 e 60.000 plantas.ha⁻¹. As parcelas foram de quatro fileiras de plantas, com 5,0 m de comprimento, sendo a área útil constituída pelas duas fileiras centrais.

O preparo do solo foi efetuado de maneira convencional, isto é, através de aração, seguida de gradagem. A adubação utilizada foi de 450 kg.ha⁻¹, da fórmula 05-25-15 + 0,4 % de zinco. A adubação de cobertura foi realizada com sulfato de amônio, aos vinte dias após a emergência, utilizando-se 80 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. A semeadura foi realizada manualmente, em 28 de janeiro de 2005, e o desbaste foi efetuado aos dezessete dias após a emergência. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, em uma única etapa, aos 32 dias após a emergência.

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas: altura da planta (distância em cm, medida a partir da superfície do solo até a folha bandeira, na época de maturação, em dez plantas por parcela); altura de espiga (distância, em cm, medida a partir da superfície do solo à inserção da primeira espiga, obtida na época de maturação, em dez plantas por parcela); diâmetro de colmo e de espiga (medido em dez plantas por parcela, com o uso de paquímetro); comprimento de espiga (medido com régua graduada em milímetros); peso de cem sementes (peso em gramas, obtido após a secagem dos grãos, a 13% de umidade); produtividade de grãos (determinada por parcela e expressa em kg.ha⁻¹, após correção para 13% de umidade). Com base nos dados de repetições, foram estimadas e comparadas, entre si, as médias dos tratamentos, através da análise de variância e teste Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes espaçamentos aplicados promoveram influências significativas sobre as características de produtividade de grãos, diâmetro de colmo e altura de planta (Tabela 1). Já entre

Tabela 1. Significância do teste F na análise de variância para as fontes de variação cultivares, espaçamentos, densidades e interações “cultivares x espaçamentos” e “cultivares x densidades”¹, em sete características agrônômicas analisadas.

Variável	Cultivar	Espaçamento	Densidade	Cultivar x Espaçamento	Cultivar x Densidade
Produtividade de grãos	*	*	ns	*	ns
Diâmetro de colmo	ns	*	*	ns	ns
Altura de planta	ns	*	ns	ns	ns
Altura de espiga	ns	ns	ns	ns	ns
Diâmetro de espiga	*	ns	ns	ns	ns
Comprimento de espiga	ns	ns	ns	ns	ns
Peso de cem sementes	ns	ns	ns	ns	ns

¹- As interações “espaçamento x densidade” e “cultivar x espaçamento x densidade” não são aqui apresentadas, pois tiveram efeitos não significativos.

* e ns: valores significativos e não significativos, respectivamente, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

cultivares, o efeito foi observado sobre produtividade de grãos e diâmetro de espiga. O efeito da densidade de semeadura foi verificado apenas em uma variável: o diâmetro de colmo. Destaca-se, ainda, que a variável diâmetro de colmo foi a única a apresentar efeitos significativos, sob fatores relacionados aos arranjos de plantas, espaçamentos entre linhas e densidades de plantas. Resende et al. (2003) apresentaram resultados semelhantes ao desta pesquisa, com efeitos significativos da variação de espaçamentos e cultivares sobre a produtividade de grãos.

A produtividade de grãos, com medidas apresentadas na Tabela 2 e coeficiente de variação de 12,5%, revelou que a cultivar Agromen AGN2012

Tabela 2. Produtividade, em kg.ha⁻¹, das cultivares de milho AGN2012 e BRS2020, nos espaçamentos de 50 cm, 65 cm e 80 cm e nas densidades de 50.000 e 60.000 plantas por hectare.

Tratamentos	Cultivares						Média ¹ kg.ha ⁻¹
	AGN2012 ¹		BRS2020 ¹				
Espaçamento em centímetros	50	6311 a1 a7	4375 b1 a8				5343 a4
	65	5010 a2 b7	4909 a2 a8				4959 a4
	80	4227 a3 c7	4222 a3 a8				4224 b4
Densidade de plantas.ha ⁻¹	50 mil	5170 a9	4660 a10				4915 a5
	60 mil	5504 a9	4311 a10				4907 a5
Média		5244 a6	4495 b6				4869

¹- Médias com mesma letra, seguida pelo mesmo número, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey (C.V. = 12,5 %).

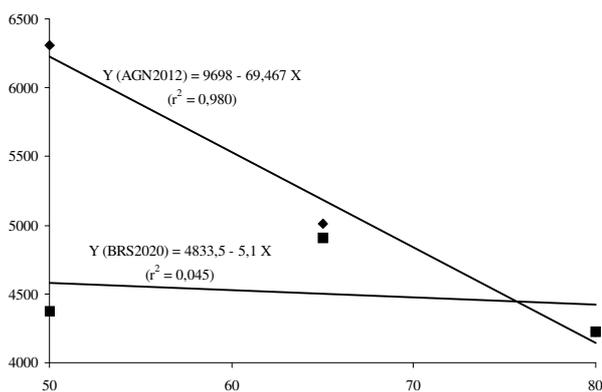


Figura 1. Produtividade média de grãos (P), em kg.ha⁻¹, de duas cultivares de milho (BRS2020 e AGN2012), em função de três espaçamentos entre linhas, no município de Alvorada (TO).

foi mais produtiva que a cultivar BRS2020, ocorrendo diferenças significativas de produtividade, independentemente do espaçamento e densidade adotados. Nas densidades de 50.000 e 60.000 plantas.ha⁻¹, não houve diferença significativa para a produtividade de grãos. Os espaçamentos 50 cm e 65 cm mostraram-se superiores ao espaçamento de 80 cm. A cultivar AGN2012 respondeu favoravelmente à redução do espaçamento, o que não ocorreu com a BRS2020.

A cultivar AGN2012 apresentou incremento de 69,4 kg.ha⁻¹, em função de cada centímetro reduzido no espaçamento entre linhas, entre 50 cm e 80 cm (Figura 1), demonstrando maior aptidão para tal redução. Porém, a cultivar BRS2020 obteve apenas 5,1 kg.ha⁻¹ de ganho, na produtividade por centímetro reduzido no espaçamento. Além da resposta vantajosa da cultivar AGN2012, em produtividade, o ajuste linear dessa variável ao espaçamento para o efeito ($r^2 = 0,98^*$), demonstra a capacidade da cultivar em responder favoravelmente à redução do espaçamento, em até 50 cm entre linhas. Contudo, a cultivar BRS2020, com tendência de comportamento quadrático (dispersão dos pontos na Figura 1), revelou um limite máximo de produtividade no espaçamento de 65 cm, havendo decréscimo na produtividade, tanto para 50 cm, como para 80 cm.

A avaliação de diâmetro de colmo, com coeficiente de variação de 8,2%, é apresentada na Tabela 3. Esta variável apresentou efeito significativo para espaçamento e densidade de plantas, aumentando seus valores, com a redução do espaçamento. Isso, provavelmente, esteve associado à melhor distribuição de plantas citada por Flénet et al. (1996),

Tabela 3. Diâmetro de colmo, em milímetros (mm), das cultivares de milho AGN2012 e BRS2020, nos espaçamentos de 50 cm, 65 cm e 80 cm, nas densidades de 50.000 e 60.000 plantas por hectare.

Tratamentos		Cultivares			Média ¹	
		AGN2012		BRS2020		
Espaçamento em centímetros	50	14,2 a1	a7	13,3 a1	ab8	13,7 a4
	65	12,3 a2	b7	13,5 a2	a8	12,9 ab4
	80	12,2 a3	b7	11,8 a3	b8	12,0 b4
Densidade de plantas.ha ⁻¹	50 mil	13,2 a9	a11	13,5 a9	a12	13,4 a5
	60 mil	12,5 a10	a11	12,2 a10	b12	12,4 b5
Média		12,9 a6		12,9 a6		12,9

¹- Médias com mesma letra, seguida pelo mesmo número, não diferem entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste Tukey (C.V. = 8,2 %).

sendo que, sob menores espaçamentos entre linhas, permite-se melhor distribuição espacial das plantas de milho, aumentando-se a eficiência na interceptação de luz. O aumento da densidade de plantas também resultou em redução no diâmetro de colmo. Este comportamento está de acordo com as observações de Palhares (2003), para as densidades 50 mil, 60 mil e 70 mil plantas por hectare. Houve respostas diferentes para cada cultivar, em relação ao diâmetro de colmo, com a variação da densidade, sendo que apenas a cultivar BRS2020 apresentou diminuição desse diâmetro, com o aumento da densidade.

Os resultados de altura de planta (Tabela 4), com coeficiente de variação 6,8%, indicam que não houve efeito significativo das cultivares estudadas (AGN2012 e BRS2020) sobre esta variável. A

Tabela 4. Altura de planta, em centímetros (cm), das cultivares de milho AGN2012 e BRS2020, nos espaçamentos de 50 cm, 65 cm e 80 cm, nas densidades de 50.000 e 60.000 plantas por hectare.

Tratamentos		Cultivares			Média ¹	
		AGN2012		BRS2020		
Espaçamento em centímetros	50	212,5 a1	ab7	215,6 a1	a8	214 a4
	65	216,1 a2	b7	210 a2	a8	213 b4
	80	192,1 a3	a7	204,5 a3	a8	198,3 b4
Densidade de Plantas.ha ⁻¹	50 mil	201,2 a9	a11	207,5 a9	a12	204,4 a5
	60 mil	212,6 a10	a11	212,5 a10	a12	212,6 a5
Média		206,9 a6		210 a6		208,5

¹- Médias com mesma letra, seguida pelo mesmo número, não diferem entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste Tukey (C.V. = 6,8 %).

variação nos espaçamentos, entretanto, promoveu efeitos significativos sobre a altura das plantas, ocorrendo maiores alturas, em menores espaçamentos entre linhas. Conseqüentemente, pode haver uma maior acumulação de biomassa por área, de acordo com Flénet et al. (1996). Os autores ainda sustentam que menores espaçamentos entre linhas permitem melhor distribuição espacial das plantas de milho, aumentando a sua eficiência na interceptação de luz.

A análise da variável altura de espiga (Tabela 5), com coeficiente de variação de 9,8%, revelou não haver diferenças significativas entre os espaçamentos, as densidades de semeaduras e as cultivares avaliadas. Logo, a variável mostrou-se independente destes fatores.

Na Tabela 6, apresentam-se os resultados de diâmetro de espiga, com coeficiente de variação 5,4%. Em relação aos espaçamentos e densidades de plantas, não houve efeito significativo. Porém, a cultivar AGN2012 superou a BRS2020, apresentando maior diâmetro de espiga, em todos os espaçamentos, e na densidade de 50.000 plantas por hectare.

Valores relacionados ao comprimento de espiga (Tabela 7), com coeficiente de variação de 7,9%, mostraram que não houve efeito significativo sobre esta variável, para as fontes de variação cultivares, espaçamentos, densidades e suas interações. Para a variável peso de cem sementes, com coeficiente de variação de 12,8%, também não foi verificado efeito significativo, mostrando que o peso médio de sementes é independente das cultivares, dos espaçamentos e das densidades de plantio. Este resultado difere, em

Tabela 5. Altura de espiga, em centímetros (cm), das cultivares de milho AGN2012 e BRS2020, nos espaçamentos de 50 cm, 65 cm e 80 cm, nas densidades de 50.000 e 60.000 plantas por hectare.

Tratamentos		Cultivares			Média ¹	
		AGN2012		BRS2020		
Espaçamento em centímetros	50	83,1 a1	a7	86,5 a1	a8	84,8 a4
	65	87,5 a2	a7	78,3 a2	a8	82,9 a4
	80	78,6 a3	a7	76,3 a3	a8	77,5 a4
Densidade de Plantas.ha ⁻¹	50 mil	80,9 a9	a11	80,3 a9	a12	80,6 a5
	60 mil	85,3 a10	a11	80,4 a10	a12	82,9 a5
Média		83,1 a6		80,4 a6		81,7

¹- Médias com mesma letra, seguida pelo mesmo número, não diferem entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste Tukey (C.V. = 9,8 %).

Tabela 6. Diâmetro de espiga, em milímetros (mm), das cultivares de milho AGN2012 e BRS2020, nos espaçamentos de 50 cm, 65 cm e 80 cm, nas densidades de 50.000 e 60.000 plantas por hectare.

Tratamentos	Cultivares						Média ¹		
	AGN2012			BRS2020					
Espaçamento	50	47,0	a1	a7	43,3	b1	a8	45,1	a4
em	65	46,3	a2	a7	43,3	b2	a8	44,8	a4
centímetros	80	46,0	a3	a7	42,1	b3	a8	44,0	a4
Densidade de	50 mil	46,1	a9	a11	43,6	b9	a12	44,9	a5
Plantas.ha ⁻¹	60 mil	46,7	a10	a11	42,2	a10	a12	44,5	a5
Média ¹		46,4	a6		42,9	b6		44,7	

¹- Médias com mesma letra, seguida pelo mesmo número, não diferem entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste Tukey (C.V. = 5,4 %).

parte, daqueles encontrados por Marchão et al. (2005), que apresentaram efeitos significativos da densidade de plantas sobre o peso de cem sementes, o comprimento e a altura de espiga.

Enfim, há a necessidade de novos estudos, incluindo diferentes safras e épocas de semeadura, para que se possa produzir inferências mais definitivas sobre o assunto.

CONCLUSÕES

1. Nas condições do presente trabalho, os efeitos de espaçamentos promoveram variações mais significativas sobre as características agronômicas da cultura do milho, do que os efeitos de cultivares e de densidades de plantas.
2. A produtividade de grãos e o diâmetro de colmo foram as variáveis mais influenciadas pelos fatores aplicados (cultivares, espaçamento e densidades de plantas).
3. O diâmetro de colmo foi a única variável influenciada simultaneamente pelos dois fatores relacionados ao arranjo espacial de plantas, isto é, espaçamento e densidade de plantas.
4. A redução no espaçamento promove aumento na produtividade de grãos, com ênfase para a cultivar de maior potencial produtivo.

Tabela 7. Comprimento de espiga, em centímetros (cm), das cultivares de milho AGN2012 e BRS2020, nos espaçamentos de 50 cm, 65 cm e 80 cm, nas densidades de 50.000 e 60.000 plantas por hectare.

Tratamentos	Cultivares						Média ¹		
	AGN2012			BRS2020					
Espaçamento	50	15,1	a1	a7	15,3	a1	a8	15,2	a4
em	65	15,5	a2	a7	15,6	a2	a8	15,6	a4
centímetros	80	15,5	a3	a7	15,6	a3	a8	15,6	a4
Densidade de	50 mil	15,3	a9	a11	15,7	a9	a12	15,5	a5
Plantas.ha ⁻¹	60 mil	15,4	a10	a11	15,3	a10	a12	15,4	a5
Média		15,4	a6		15,5	a6		15,5	

¹- Médias com mesma letra, seguida pelo mesmo número, não diferem entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste Tukey (C.V. = 7,9 %).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. L. et al. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.
- BULLOCK, D. G.; NIELSEN, R. L.; NYQUIST, W. E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science*, Madison, v. 28, n. 2, p. 254-258, 1988.
- COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO (Conab). *Comparativo de área, produtividade, e produção de grãos*. 6. aval. fev. 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/sureg/TO/COMPARATIVO>>. Acesso em: 22 abr. 2008.
- FLÉNET, F. et al. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean and sunflower. *Agronomy Journal*, Madison, v. 88, n. 2, p. 185-190, 1996.
- JOHNSON, G. A.; HOVERSTAD, T. R.; GREENWALDR. E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 90, n. 1, p. 40-46, 1998.
- KARLEN, D. L.; CAMP C. R. Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic coastal plain. *Agronomy Journal*, Madison, v. 77 n. 3, p. 393-398, 1985.
- MARCHÃO, R. L. et al. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MURPHY, S. D. et al. Effect of planting patterns on intrarow cultivation and competition between corn and late emerging weeds. *Weed Science*, Champaign, v. 44, n. 6, p. 856-870, 1996.

PALHARES, M. *Distribuição e densidade de plantas e produtividade de grãos de milho*. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PARVEZ, A. Q.; GARDNER, F. P.; BOOTE, K. J. Determinate and indeterminate type soybean cultivar responses to pattern, density, and planting date. *Crop Science*, Madison, v. 29, n. 1, p. 150-157, 1989.

RESENDE, S. G.; PINHO, R. G. V.; VASCONCELOS, R. C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 34-42, 2003.