

## PRODUTIVIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E DA POPULAÇÃO DE PLANTAS EM SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL

AMILTON FERREIRA DA SILVA<sup>1</sup>, EVANDRO LUIZ SCHONINGER<sup>2</sup>, GUSTAVO CAIONE<sup>3</sup>,  
CLEIDE KUFFEL<sup>3</sup>, MARCO ANTONIO CAMILLO DE CARVALHO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil, [amilton@agronomo.eng.br](mailto:amilton@agronomo.eng.br)

<sup>2</sup>Usp, Piracicaba, SP, Brasil, [schoningerel@usp.com.br](mailto:schoningerel@usp.com.br)

<sup>3</sup>Unemat, Alta Floresta, MT, Brasil, [gcaione@unemat.br](mailto:gcaione@unemat.br), [cleidekuffel@hotmail.com](mailto:cleidekuffel@hotmail.com), [marcocarvalho@unemat.br](mailto:marcocarvalho@unemat.br)

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.2, p. 162-173, 2014*

**RESUMO** - O espaçamento e a população de plantas afetam a produtividade do milho. Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o efeito da população de plantas e do espaçamento entrelinhas sobre o crescimento e a produtividade de dois híbridos de milho. O experimento foi realizado em sistema de cultivo convencional no município de Alta Floresta, MT, em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2x2, com três repetições, sendo três densidades de semeadura da cultura do milho (40.000, 60.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>), dois espaçamentos entrelinhas (0,45 m e 0,90 m) e dois híbridos de milho (AS 32 e AS 1540). Foram avaliadas as variáveis de crescimento (altura de plantas, altura de inserção de espiga, comprimento do entrenó e diâmetro de colmo) e os componentes de produção (comprimento da espiga, diâmetro da espiga, massa do sabugo, diâmetro do sabugo, número de grãos por fileira, fileiras por espiga e massa de 100 grãos), além da produtividade de grãos. Os híbridos estudados (AS 32 e AS 1540) apresentam respostas semelhantes para as variáveis de crescimento (altura de inserção de espiga, altura de plantas, comprimento do entrenó e diâmetro do colmo) e produtividade de grãos. O espaçamento de 0,45 m entrelinhas promove aumento de produtividade de grãos de 17,2% em relação ao espaçamento de 0,90 m, sendo o comprimento da espiga e o número de grãos por fileira os principais responsáveis por esse aumento. As densidades de 60.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> proporcionam incremento na produtividade de grãos de 12,5 e 13,6%, respectivamente, quando comparadas à população de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L.; densidade de semeadura; arranjo populacional; componentes de rendimento.

## PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS IN FUNCTION OF SPACING AND PLANT POPULATION UNDER CONVENTIONAL TILLAGE

**ABSTRACT** - Row spacing and plant population affect the productivity of maize. The objective of this study was to evaluate the effect of plant population and row spacing on growth and yield of two maize hybrids. The study was carried out in the conventional tillage in Alta Floresta, Mato Grosso State, Brazil, in a dystrophic oxisol. The experimental design was randomized blocks, in a factorial scheme 3 x 2 x 2, with three replications. The factors were three seeding rates of corn (40,000; 60,000 and 80,000 plants ha<sup>-1</sup>), two row spacings (0.45 m and 0.90 m) and two maize hybrids (AS 32 and AS 1540). The variables of growth (plant height, ear height, distance between nodes, stem diameter), yield components (ear length, ear diameter, cob mass, cob diameter, number of grains per rows, rows per ear, 100-grain weight) and grain productivity were evaluated. The hybrids studied showed similar responses for variables of growth (plant height, ear height, distance between nodes, and stem diameter) and grain productivity. The 0.45 m row spacing promoted an increase of 17.2% in grain yield compared to the 0.90 m row spacing, being ear length and number of grains per rows the main responsible for this increase. The densities of 60,000 and 80,000 plants ha<sup>-1</sup> increased grain productivity in 12.5 and 13.6%, respectively, compared to the population of 40,000 plants ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Zea mays* L.; sowing density; population arrangement; yield components.

O manejo do arranjo espacial de plantas, pela alteração no espaçamento e na densidade de plantas na linha, tem sido apontado como uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar o rendimento de grãos de milho pela otimização do uso de fatores de produção, como água, luz e nutrientes (Argenta et al., 2001a, Demétrio et al., 2008).

A radiação fotossinteticamente ativa e a disponibilidade de água e nutrientes são fatores sensivelmente influenciados pela população e pelo arranjo de plantas no campo (Calonego et al., 2011). Em razão disso e do surgimento de novos genótipos e técnicas de manejo para a cultura de milho, diversos estudos têm sido realizados para a determinação do melhor arranjo espacial de plantas de milho em diferentes regiões, pois em ambientes favoráveis (solos de textura média, com teores de argila em torno de 30-35%, ou mesmo argilosos, com boa estrutura, como os latossolos, que possibilitam drenagem adequada, apresentam boa capacidade de retenção de água e de nutrientes disponíveis, com profundidade desejável de 1 m, declividade de até 12%, precipitação de pelo menos 500 a 800 mm durante o ciclo, temperatura entre 25 e 30°C e alta intensidade luminosa (Cruz, 2012), o potencial dos genótipos atuais de milho pode estar sendo subutilizado (Horn et al., 2006; Lopes et al., 2007; Kappes et al., 2011a).

Avaliar as novas cultivares de milho em diferentes espaçamentos entrelinhas e diferentes densidades de plantas se faz necessário, uma vez que alguns dos novos genótipos disponíveis no mercado possuem porte mais baixo e arquitetura foliar mais ereta e são mais produtivos em relação aos materiais mais antigos. Essa prática favorece a adoção de um arranjo de plantas que permite distribuir mais equidistantemente as plantas na área, proporcionando o aumento de produtividade (Alvarez et al., 2006).

Os resultados encontrados variam em razão de diversos fatores, como o tipo e a fertilidade do solo, a disponibilidade hídrica, a luminosidade, os híbridos, as adubações e o manejo empregado (Penariol et al., 2003). Para Argenta et al. (2001a), justifica-se reavaliar as recomendações de espaçamento entrelinhas e a densidade de semeadura de milho em virtude das modificações introduzidas nos genótipos mais recentes.

O efeito positivo da redução do espaçamento entrelinhas sobre o rendimento de grãos se manifesta mais claramente quando são utilizadas altas densidades (cerca de 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>), pois até há pouco tempo a cultura do milho era tradicionalmente semeada com espaçamentos entrelinhas de 0,80 a 0,90 m e população ao redor de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>. No entanto, os resultados ainda não são consensuais, já que as condições ambientais e os genótipos variam entre os locais (Sangoi et al., 2006), conforme observado por Kappes et al. (2011a), em que os autores verificaram que o comportamento dos híbridos foi diferente em relação ao arranjo populacional.

Alguns autores verificaram que a redução no espaçamento entrelinhas de 90 para 45 cm e de 80 para 40 cm promoveu aumento na produtividade de grãos da cultura do milho de 14% e 12%, respectivamente (Demétrio et al., 2008; Modolo et al., 2010), com densidades acima de 70.000 plantas por hectare (Marchão et al., 2005); enquanto outros não obtiveram respostas significativas em relação ao espaçamento entrelinhas (Gilo et al., 2011).

Diante disso, é importante a condução de pesquisas que busquem a melhor população de plantas e espaçamentos que tragam maiores produtividades para a cultura do milho, bem como conhecer o comportamento de materiais genéticos em diferentes regiões.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito da população de plantas e do espaçamento entrelinhas sobre o crescimento e a produtividade de dois híbridos de milho.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra 2007/2008 na área experimental do Campus Universitário de Alta Floresta, MT (09° 52' 32" S e 56° 05' 10" O e altitude de 283 m). O clima é tropical chuvoso tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, sendo caracterizado por duas estações bem definidas, pela estiagem rigorosa e pelo período chuvoso intenso, com a temperatura variando de 18 a 40 °C, sendo a média de 26 °C. A precipitação pluviométrica pode atingir média alta, ultrapassando 2.800 mm anuais.

O solo do local é o Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa (Santos et al., 2006), apresentando as seguintes características químicas e granulométricas, segundo metodologia de Claessen (1997) (camada 0-0,2 m): pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,2; P (Mehlich 1) = 6,9 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,26 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 1,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,69 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 3,63 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica = 1,4 g dm<sup>-3</sup>; CTC(pH 7,0) = 6,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; saturação por bases (V%) = 40,3; areia = 476 g kg<sup>-1</sup>; silte = 116 g kg<sup>-1</sup> e argila = 408 g kg<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x2x2, com três repetições. Os tratamentos foram três densidades de semeadura da cultura do milho (40.000, 60.000 e 80.000 plantas por hectare), dois espaçamentos entrelinhas (0,45 m e 0,90 m) e dois híbridos de milho Agroeste (AS 32 e AS 1540).

As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas com 4 m de comprimento,

sendo consideradas como área útil duas linhas centrais, desconsiderando 1 m em cada extremidade. Os híbridos utilizados possuem características adequadas para a região de estudo, apresentando boa tolerância a doenças de importância econômica. As principais características do híbrido AS 32 são: híbrido duplo; ciclo precoce; porte médio; e população final de 50 - 55 mil plantas por hectare. O híbrido AS 1540 apresenta como características: híbrido simples; arquitetura moderna; ciclo precoce; porte médio; e população final de 55 - 60 mil plantas ha<sup>-1</sup> (Agroeste, 2013).

A área experimental já havia sido cultivada com a cultura do milho em plantio convencional no ano anterior (2006/2007). Para a instalação do experimento, realizou-se o preparo do solo, de modo convencional, através de duas gradagens com grade aradora e uma gradagem niveladora. Para a correção da acidez do solo, foram aplicadas 1,35 t ha<sup>-1</sup> de calcário (PRNT = 96%) 30 dias antes da instalação do experimento, objetivando elevar a saturação por bases a 60% (Souza & Lobato, 2004) e, em seguida, foi realizada uma incorporação com auxílio de grade niveladora. A semeadura foi realizada manualmente na segunda quinzena de novembro, com a respectiva quantidade de semente para obtenção da população de plantas desejada em cada espaçamento.

Na adubação de semeadura, utilizaram-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (nitrato de cálcio, 15% de N), 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato simples, 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio, 60% de K<sub>2</sub>O). A adubação foi realizada de acordo com a recomendação de Sousa & Lobato (2004), objetivando obter produtividade de 6 t ha<sup>-1</sup>. A adubação nitrogenada em cobertura foi de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia, 45% de N), quando as plantas estavam com 8-9 folhas completamente desenvolvidas (estádio V8-V9).

Ao atingir a maturidade fisiológica (R6), foram determinadas as características de crescimento: altura média de plantas (superfície do solo até a base da inflorescência masculina); altura média de inserção de espiga (superfície do solo até o ponto de inserção da espiga); comprimento do entrenó (primeiro entrenó abaixo da inserção da espiga); e diâmetro do colmo (primeiro entrenó abaixo da inserção da espiga).

A colheita foi realizada manualmente, ao atingir umidade de grãos em torno de 18%, colhendo-se as espigas localizadas nos 2 m de cada linha central da parcela, determinando-se o comprimento médio da espiga (região basal até a extremidade apical de cada espiga), diâmetro médio da espiga (centro da espiga), massa média de sabugo (pesagem dos sabugos secos), diâmetro do sabugo (centro do sabugo), número de grãos por fileira e de fileiras por espiga (determinados em 10 espigas por parcela coletadas aleatoriamente dentro da parcela considerada útil), massa de 100 grãos e produtividade de grãos, que foram corrigidos para peso com 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SAS (SAS, 1996).

### Resultados e Discussão

Não houve efeito de interação, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para as variáveis de crescimento altura de inserção da espiga (AIE), altura de plantas (AP), comprimento do entrenó (CEN) e diâmetro do colmo (DC) (Tabela 1). A altura de inserção da espiga e a altura de plantas foram influenciadas pelo espaçamento e pela população de plantas (Tabela 1), sendo que, com a população de 40.000

plantas ha<sup>-1</sup>, houve redução na altura de inserção da espiga em relação às maiores populações.

Para a altura de plantas, os maiores valores foram obtidos com a população de 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>. No espaçamento de 0,90 m, houve maior altura em relação ao espaçamento de 0,45 m. Resultado semelhante para altura de plantas foi encontrado por Gross et al. (2006), utilizando os mesmos espaçamentos (0,45 e 0,90 m). Calonego et al. (2011) também observaram que o crescimento das plantas de milho foi afetado pela população de plantas, sendo que o maior número de plantas por hectare (75 mil plantas ha<sup>-1</sup>) promoveu maior crescimento de plantas em altura, aumentando, conseqüentemente, a altura de inserção de espigas. Penariol et al. (2003) constataram aumento linear na altura de inserção da espiga quando foram utilizadas populações de 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Em espaçamentos mais adensados, é possível que ocorram maiores competições por água e por nutrientes, sendo importante associar o espaçamento e a densidade que promovam a melhor distribuição das plantas, resultando em melhores respostas em produtividades. Almeida et al. (2000) citam ainda que há ocorrência de dominância apical em condições de altas densidades populacionais. Em alta densidade, as plantas estão mais próximas entre si nas linhas de cultivo, fazendo com que menor quantidade de radiação solar atinja o ponto de crescimento da planta (Gardner et al., 1985). No entanto, deve-se atentar também para as diferenças associadas à genética dos híbridos. Dourado Neto et al. (2003) observaram que a altura do genótipo DKB 911 foi superior à do genótipo AG 7575 sob todos os arranjos espaciais estudados.

Os híbridos e os espaçamentos não apresentaram efeito sobre o comprimento do entrenó e o diâmetro do colmo (Tabela 1). A população de plantas apresentou

**TABELA 1.** Altura de inserção da espiga (AIE), altura de plantas (AP), comprimento do entrenó (CEN) e diâmetro do colmo (DC) de dois híbridos de milho, cultivados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidade populacional.

Tratamentos	AIE	AP	CEN	DC
Híbridos (H)	----- m -----		(cm)	(mm)
AS 32	1,22 a	2,12 a	16,13 a	14,77 a
AS 1540	1,21 a	2,16 a	16,59 a	14,16 a
Teste F	0,14 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	3,08 <sup>ns</sup>	3,90 <sup>ns</sup>
DMS	0,04	0,06	0,53	0,64
<b>Espaçamentos (E)</b>				
0,45 m	1,19 b	2,10 b	16,15 a	14,50 a
0,90 m	1,25 a	2,18 a	16,57 a	14,44 a
Teste F	7,48*	7,87*	2,65 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
DMS	0,04	0,06	0,53	0,64
<b>População (P)</b>				
40.000	1,15 b	2,07 b	15,87 b	16,00 a
60.000	1,24 a	2,16 ab	16,24 ab	14,08 b
80.000	1,26 a	2,19 a	16,98 a	13,33 b
Teste F	8,34**	5,57*	6,31**	26,35**
DMS	0,07	0,09	0,79	0,95
<b>Teste F (interações)</b>				
H x E	1,12 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
H x P	1,51 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>
E x P	0,72 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
H x E x P	0,33 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	2,94 <sup>ns</sup>
CV (%)	5,54	4,04	4,76	6,41

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \*\*, \* e <sup>ns</sup>Significativo a 1%; 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

efeito sobre ambas variáveis, sendo que comprimento do entrenó foi superior na população de 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Este fato pode ser explicado devido aos maiores adensamentos de plantas favorecerem o crescimento vertical, induzindo a competição por luminosidade, o que refletiu em menor diâmetro do colmo na população de 60.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Calonego et al. (2011) verificaram que o maior número de plantas ha<sup>-1</sup> (75.000

plantas ha<sup>-1</sup>) promoveu maior crescimento de plantas em altura, aumentando conseqüentemente a altura de inserção de espigas e diminuindo o diâmetro do colmo, estando de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, em que a população de 60.000 plantas ha<sup>-1</sup> demonstrou estes efeitos.

Para o comprimento de espigas, o espaçamento de 0,45 m promoveu maiores valores em relação ao

espaçamento de 0,90 m. Os demais fatores estudados, híbridos e população de plantas, apresentaram interação significativa (Tabela 2).

O diâmetro de espigas (Tabela 2) não foi influenciado pelo espaçamento, conforme também observado por Gilo et al. (2011), que estudaram os mesmos espaçamentos do presente trabalho. Não houve interação significativa entre os fatores para

essa característica. No entanto, foi maior para o híbrido AS 32 e, na menor população de plantas utilizada, resultou em maiores valores, concordando com os resultados obtidos por outros pesquisadores (Marchão et al., 2005).

Para o número de grãos por fileira, houve interação significativa entre híbridos e população. Para o fator isolado espaçamento, houve aumento de 2,34

**TABELA 2.** Comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), grãos por fileira (GF) e fileiras de grãos por espiga (FE) de dois híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidade populacional.

Tratamentos	CE	DE	GF	FE
Híbridos (H)				
	----- cm -----			
AS 32	13,40	5,00 a	31,76	14,74
AS 1540	14,31	4,90 b	31,06	14,17
Teste F	13,78**	18,65**	1,22 ns	19,49**
DMS	0,50	0,05	1,32	0,26
Espaçamentos (E)				
0,45 m	14,35 a	4,95 a	32,58 a	14,58
0,90 m	13,37 b	4,96 a	30,24 b	14,33
Teste F	15,87**	0,19 ns	13,42**	3,87 ns
DMS	0,51	0,05	1,32	0,26
População (P)				
40.000	15,70	5,10 a	35,90	14,95 a
60.000	13,70	4,93 b	31,26	14,40 a
80.000	12,18	4,82 c	27,06	14,01 b
Teste F	68,84**	49,16**	63,96**	18,51**
DMS	0,75	0,07	1,96	0,39
Teste F (interações)				
H x E	0,10 ns	2,56 ns	0,21 ns	6,65*
H x P	7,51**	0,67 ns	5,78**	3,04 ns
E x P	0,92 ns	0,09 ns	1,07 ns	1,08 ns
H x E x P	0,22 ns	2,45 ns	2,03 ns	0,84 ns
CV (%)	5,31	1,38	6,09	2,63

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \*\*, \* e ns Significativo a 1%; 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

grãos por fileira ao se utilizar o espaçamento mais adensado (0,45 m) (Tabela 2).

O número de fileiras de grãos por espiga apresentou efeito da interação entre híbridos e espaçamentos (Tabela 2) e, para o fator isolado população de plantas, houve redução dos valores médios, decrescendo em 6,7% na densidade de 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> em relação à densidade de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Kappes et al. (2011a) verificaram que a densidade de 90.000 plantas ha<sup>-1</sup> (híbrido AG 9010) propiciou a intensificação da competição intraespecífica por luz, no referido genótipo, fato que pode explicar o menor número de fileiras de grãos por espiga, estando de acordo com os presentes resultados.

O efeito da interação entre híbridos e população para comprimento da espiga (Tabela 3) evidencia que, na população de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>, o híbrido AS 1540 apresentou maior comprimento de espigas,

atributo não influenciado nas demais populações de plantas. Para o efeito de população dentro de híbridos, houve redução dos seus valores médios com o incremento da densidade de plantas, fato também observado por Marchão et al. (2005). Isso se deve ao fato da maior competição intraespecífica por água, luz e nutrientes em altas populações de plantas. Com isso, há a diminuição em tamanho de determinadas estruturas das plantas de milho, como as espigas (Kappes et al., 2011b).

Para o efeito de população dentro de híbrido em relação ao número de grãos por fileira (Tabela 3), nota-se que o aumento da densidade de 40.000 para 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> resultou em redução de grãos por fileira em 20% e 29% nos híbridos AS 32 e AS 1540, respectivamente. Este comportamento também foi verificado por Marchão et al. (2005) para diferentes híbridos estudados (A 2555, A 2288, AG 9010, AG 6690, P 30F88 e Valent).

**TABELA 3.** Comprimento de espiga e grãos por fileira de dois híbridos de milho em diferentes densidades populacionais e número de fileiras por espiga em diferentes espaçamentos.<sup>1</sup>

Híbridos	População (plantas por hectare)		
	40.000	60.000	80.000
----- Comprimento de espiga (cm) -----			
AS 32	14,58 Ba	13,46 Aab	12,16 Ab
AS 1540	16,81 Aa	13,93 Ab	12,20 Ac
----- Grãos por fileira -----			
AS 32	34,78 Aa	32,71 Aab	27,80 Ab
AS 1540	37,03 Aa	29,81 Ab	26,33Ac
Espaçamentos (m)			
0,45		0,90	
----- Fileiras por espiga -----			
AS 32	14,70 Aa	14,77 Aa	
AS 1540	14,46 Aa	13,88 Bb	

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Analisando o desdobramento da interação entre híbridos e espaçamentos para o número de fileiras de grãos por espigas (Tabela 3), nota-se que, no espaçamento de 0,45 m, os híbridos não apresentaram diferenças ao nível de 5% de probabilidade e, no espaçamento de 0,90 m, houve redução nos valores para o híbrido AS 1540, demonstrando este ser um híbrido mais indicado para menores espaçamentos.

Não houve efeito da interação para as variáveis de produção (diâmetro do sabugo, massa do sabugo, massa de 100 grãos e produtividade de grãos). No entanto, o efeito independente dos fatores ocorreu para todas (Tabela 4). Com relação ao diâmetro do sabugo (Tabela 4), nota-se que apenas a população de plantas influenciou esta característica, sendo que a população de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup> proporcionou as maiores médias (2,89 cm), resultando, também, em maior massa do sabugo (24,95 g). Ainda para esta variável, o híbrido AS 1540 apresentou maior massa em relação ao AS 32. Outros autores também verificaram que o incremento na população de plantas provocou redução linear do diâmetro de sabugo, a exemplo de Brachtvogel et al. (2009), que trabalharam com população variando de 30.000 a 105.000 plantas ha<sup>-1</sup> em espaçamento de 0,80m, com arranjo espacial de forma convencional e com plantas equidistantes. Marchão et al. (2005) também observaram redução linear no diâmetro do sabugo em seis híbridos cultivados em dois locais em Goiás, com populações variando de 40.000 a 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Isso confirma que o aumento do número de plantas por unidade de área promove maior competição intraespecífica pelos recursos do ambiente (Argenta et al. 2001b), prejudicando a manutenção das demais estruturas do vegetal, dentre elas o desenvolvimento da espiga (Kappes et al., 2011a).

Houve maior massa de 100 grãos para o híbrido AS 1540 em relação ao AS 32 (Tabela 4). No

espaçamento de 0,90 m, houve maior massa de 100 grãos (31,53 g) em relação ao espaçamento de 0,45 m (30,37g); porém, vale ressaltar que, neste espaçamento, o comprimento de espiga e o número de grãos por fileira foram menores (Tabela 2), sendo características diretamente relacionadas com a produtividade de grãos. Outros autores não verificaram efeito do espaçamento sobre a massa de 100 grãos (Demétrio et al., 2008; Modolo et al., 2010; Gilo et al., 2011; Calonego et al., 2011).

A densidade de 80.000 de plantas ha<sup>-1</sup> provocou redução de 4,7% na massa de 100 grãos em relação à densidade de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram obtidos por Demétrio et al. (2008), que verificaram que populações de plantas de 50.000 a 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> possibilitaram grãos mais pesados que os obtidos na população de 90.000 plantas. Marchão et al. (2005) também verificaram redução de até 17,7% nesta variável, com o aumento da densidade de plantas (40.000 a 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

Em relação à produtividade de grãos, os híbridos não apresentaram diferença entre si (Tabela 4), com valores médios de 7.790 e 7987 kg ha<sup>-1</sup> para o AS 32 e o AS 1540, respectivamente. O espaçamento entrelinhas de 0,45 m proporcionou maior produtividade que o espaçamento de 0,90 m, perfazendo incremento de 17%, sendo semelhante ao resultado obtido por Kappes et al. (2011a), os quais relatam superioridade de 15% a favor do espaçamento reduzido. Portanto, como ressaltado anteriormente, nota-se que o componente de produção massa de 100 grãos não apresentou relação proporcional com a produtividade, ao passo que o comprimento de espiga e o número de grãos por fileira apresentaram resultados que correlacionam-se com a produtividade.

Melhores respostas em produtividade de plantas de milho em espaçamentos mais adensados

já foram constatadas por outros autores em relação ao espaçamento de 0,90 m, que comumente foi utilizado por longos anos. Dentre estes, Penariol et al. (2003) verificaram que o menor espaçamento (0,40 m) proporcionou resultados mais satisfatórios. Resende et al. (2003) verificaram que o espaçamento de 0,70 m (intermediário) proporcionou a maior produtividade de grãos. Modolo et al. (2010) observaram que os espaçamentos de 0,45 e 0,70 m

proporcionaram resultados semelhantes, havendo queda no rendimento ao se utilizar o espaçamento de 0,90 m. Kappes et al. (2011a) ressaltaram que, para algumas cultivares (XB 6010, XB 6012, XB 7253 e XB 9003), a redução do espaçamento de 0,90 m para 0,45 m entrelinhas não foi eficiente no aumento do rendimento de grãos. Porém, o híbrido AG 9010 apresentou maior rendimento de grãos no espaçamento de 0,45 m, indicando claramente que, para

**TABELA 4.** Diâmetro do sabugo (DS), massa do sabugo (MSAB), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD) de dois híbridos de milho cultivados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidade populacional.<sup>1</sup>

Tratamentos	DS	MSAB	MCG	PROD
Híbridos (H)	(cm)	----- g -----		kg ha <sup>-1</sup>
AS 32	2,78 a	20,67 b	29,66 b	7.790 a
AS 1540	2,77 a	22,02 a	32,25 a	7.987 a
Teste F	0,00 <sup>ns</sup>	4,98*	47,15**	0,48 <sup>ns</sup>
DMS	0,05	1,25	0,78	589
<b>Espaçamentos (E)</b>				
0,45 m	2,80 a	21,83 a	30,37 b	8.514 a
0,90 m	2,76 a	20,86 a	31,53 a	7.263 b
Teste F	2,94 <sup>ns</sup>	2,58 <sup>ns</sup>	9,58**	19,38**
DMS	0,05	1,25	0,72	589
<b>População (P)</b>				
40.000	2,89 a	24,95 a	31,62 a	7.256 b
60.000	2,75 b	21,40 b	31,12 ab	8.163 a
80.000	2,71 b	17,68 c	30,11 b	8.246 a
Teste F	21,49**	48,18**	5,54*	4,98*
DMS	0,07	1,86	1,16	874
<b>Teste F (interações)</b>				
H x E	0,72 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
H x P	2,10 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
E x P	1,74 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
H x E x P	0,19 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>
CV (%)	2,42	8,50	3,65	10,80

<sup>1</sup>Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. \*\*, \* e <sup>ns</sup>Significativo a 1%; 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

este genótipo de arquitetura diferenciada, a redução do espaçamento foi vantajosa.

As populações de plantas de 60.000 e 80.000 plantas por hectare apresentaram resultados superiores, representando incrementos de 12,5% e 13,6%, respectivamente, em relação à população de 40.000 plantas por hectare (Tabela 4). Este resultado evidencia que os híbridos testados toleram aumento na densidade populacional sem queda na produtividade. Porém, nota-se que a densidade de 60.000 plantas por hectare seria mais viável, já que não diferiu da população de 80.000 plantas por hectare, não justificando o aumento da densidade de plantas até 80.000 plantas por hectare.

O aumento na produtividade de grãos com a maior densidade populacional também foi registrado por outros autores. Calonego et al. (2011) obtiveram maior produtividade com a população de 60.000 e 75.000 plantas por hectare. Demétrio et al. (2008) observaram incremento na produtividade de grãos na população entre 75.000 a 80.000 plantas por hectare, havendo diminuição da produtividade a partir desta densidade.

Porém, é importante destacar que alguns autores verificaram que o arranjo populacional é dependente do material genético. Kappes et al. (2011a) relatam que os melhores arranjos foram AG 9010 (90.000 plantas por hectare) no espaçamento de 0,45 m entrelinhas; XB 7253 (70.000 plantas por hectare) nos dois espaçamentos (0,45 m e 0,90 m); e XB 6010, XB 6012 e XB 9003, sem resposta significativa aos arranjos espaciais, podendo ser recomendado o de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> em ambos os espaçamentos. Marchão et al. (2005) obtiveram maiores produtividades dos híbridos avaliados (A 2555, A 2288, AG 9010, AG 6690, P 30F88 e Valent) com densidades acima de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Assim, dependendo do híbrido, o uso de espaçamento reduzido entrelinhas

(0,45 m) é uma prática que garante aumentos de produtividade via incremento na densidade de plantas.

De forma geral, o aumento na produtividade de grãos, com redução do espaçamento e aumento da densidade populacional, é atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação entre as plantas, devido à distribuição mais equidistante (Argenta et al. 2001b). Isto demonstra que, em ambientes favoráveis para cada híbrido, o potencial dos genótipos atuais de milho pode estar sendo subutilizado (Kappes et al., 2011a).

### Conclusões

Os híbridos estudados (AS 32 e AS 1540) apresentam respostas semelhantes para as variáveis de crescimento (altura de inserção de espiga, altura de plantas, comprimento do entrenó e diâmetro do colmo) e a produtividade de grãos.

O espaçamento de 0,45 m entrelinhas promove aumento de produtividade de grãos de 17,2% em relação ao espaçamento de 0,90 m, sendo o comprimento da espiga e o número de grãos por fileira os principais responsáveis por esse aumento.

As densidades de 60.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> proporcionam incrementos na produtividade de grãos de 12,5 e 13,6%, respectivamente, quando comparadas à população de 40.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

### Referências

- AGROESTE. Híbridos de milho. **Agroeste**. Disponível em: <<http://www.agroeste.com.br/milho.php>> Acesso em: 3 maio 2013.
- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIGDOLIN, A. F. 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, p. 23-29, 2000.
- ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 402-408, 2006.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, p. 71-78, 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 1075-1084, 2001b.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 2334-2339, 2009.
- CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 4, p. 84-90, 2011.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 1).
- CRUZ, J. C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 8. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 1). Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_8\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/index.htm) Acesso em: 2 maio 2013.
- DEMÉTRIO, C. S.; FERNANDES FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, p. 1691-1697, 2008.
- DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 63-77, 2003.
- GARDNER, F. P.; PEARCE, R. B.; MITCHELL, R. L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University, 1985. 327 p.
- GILO, E. G.; SILVA JUNIOR, C. A.; TORRES, F. E.; NASCIMENTO, E. S.; LOURENÇÃO, A. S. Comportamento de híbridos de milho no cerrado Sul-Mato-Grossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, p. 908-914, 2011.
- GROSS, M. R.; PINHO, R. G. V.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento de fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 387-393, 2006.
- HORN, D.; ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; CASSOL, P. C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, p. 77-85, 2006.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.;

- OLIVEIRA, Â. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 348-359, 2011a.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, Â. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 334-343, 2011b.
- LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D. C.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p. 1536-1542, 2007.
- MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, p. 93-101, 2005.
- MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 435-441, 2010.
- PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, p. 52-60, 2003.
- 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, p. 34-42, 2003.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; SILVA, A. A.; ERNANI, P. R.; HORN, D.; STRIEDER, M. L.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Desempenho agrônomico de cultivares de milho em quatro sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, p. 218-231, 2006.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Eds.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SAS Institute. **SAS/STAT Guide for personal computers**, version 6.03. Cary, 1996.,
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.(Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.