

**Características Agronômicas do milho sob diferentes arranjos espaciais e densidades de plantas em região de cerrado**

João Paulo Ferreira<sup>1</sup>, Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues<sup>2</sup>, Flavio Hiroshi Kaneko<sup>3</sup>, Marcelo Valentini Arf<sup>4</sup>, Claudinei Kappes<sup>5</sup>

<sup>1,3,4</sup>Doutorando em Sistema de produção – Unesp Ilha Solteira, SP. [jpferreira@aluno.feis.unesp.br](mailto:jpferreira@aluno.feis.unesp.br), <sup>2</sup>Docente do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos – Unesp Ilha Solteira. <sup>5</sup>Doutor-Pesquisador Fundação MT, Rondonópolis - MT

**RESUMO** - A redução no espaçamento entre linhas e a adoção de maiores densidades de plantas de milho, tem sido alvo de estudo por muitos pesquisadores, tendo em vista que os novos genótipos introduzidos no mercado são mais produtivos, com arquitetura de plantas de porte mais baixo e folhas eretas, apresentando melhor aproveitamento dos fatores ambientais como luz, água e nutrientes, proporcionando um possível aumento de rendimento da cultura. O trabalho foi desenvolvido na fazenda de ensino e pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp, situado no município de Selvíria – MS, em Latossolo Vermelho Distrófico álico e textura argilosa. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial (5x2x2), sendo cinco populações (40.000; 55.000; 70.000; 85.000 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>) e dois espaçamentos entre linhas (0,45 e 0,90 metros) e dois preparo de solo (sistema plantio direto e convencional), sendo utilizado milho híbrido. Não houve efeito significativo para a maioria das características agronômicas avaliadas em relação ao espaçamento de 0,45 e 0,90 metros entre linha. Em relação ao rendimento de grãos, não foi verificada diferença significativa pelo fator espaçamento entre linhas de 0,45 e 0,90 metro. Contudo, houve efeito de regressão linear para o incremento da população, havendo maior rendimento na população de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com produtividade 10.410 kg ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., espaçamento entre linha, população de plantas, rendimento de grãos.

### Introdução

Entre os cereais de importância econômica, o milho (*Zea mays* L.) é o de menor capacidade de perfilhamento. Essa característica pode ser atribuída ao processo de seleção genética, já que, durante a evolução do teosinto, houve priorização da dominância apical, com redução do número de ramificações laterais e concentração de toda a energia da planta no colmo principal (Doebley, 2004). Recentemente, diferentes arranjos espaciais resultantes da combinação do espaçamento entre linhas de semeadura

e o número de plantas por metro (na linha de semeadura) têm sido estudado com maior frequência pela maior ou menor adaptação das culturas ao ambiente. A conclusão foi de que a melhor distribuição de plantas na linha possibilitaria melhor aproveitamento de luz, água e nutrientes, acarretando maior rendimento da cultura. Um dos objetivos da modificação do arranjo de plantas, pela redução da distância entre linhas, é encurtar o tempo necessário para que a cultura intercepte o máximo da radiação solar incidente e, com isso, incrementar a quantidade de energia captada por unidade de área e de tempo. Assim, o melhor arranjo de plantas, teoricamente, é aquele que proporciona distribuição mais uniforme das plantas na linha de semeadura, devido, principalmente, ao melhor aproveitamento do ambiente (KASPERBAUER & KARLEN, 1994; JOHNSON et al., 1998; ARGENTA et al., 2001).

Outro fator importante, é a hipótese de que o sistema plantio direto, modifica a arquitetura foliar do milho em relação ao preparo convencional, alterando a eficiência da radiação solar fotossinteticamente ativa e que modificações no arranjo de plantas pela redução do espaçamento da entre linha, podem compensar a alteração na arquitetura foliar do milho em plantio direto, melhorando sua eficiência de interceptação da radiação solar (KUNZ, 2006).

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2010/2011, sendo que a parcela experimental para análise, constituiu-se de 2 linhas centrais de 5 metros de comprimento no espaçamento de 0,90 metros, com área útil de 9 m<sup>2</sup>, e 4 linhas centrais de 5 metros de comprimento no espaçamento de 0,45 m, sendo também de 9 m<sup>2</sup> de área útil.

O híbrido simples de milho utilizado foi o DKB 390, sendo este com tecnologia Bt Yieldgard<sup>®</sup> e foi semeado manualmente em 18/11/2010 para alocar as populações pré-definidas pelos respectivos tratamentos, utilizando matracas e respeitando as distâncias entre as sementes na linha de semeadura nos respectivos espaçamentos, sendo feito apenas o sulco mecanicamente para marcar as linhas de semeadura e para efetuar a adubação química de base estabelecida pela análise de solo no local. A adubação química básica no sulco de semeadura foi constituída de 400 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-28-16 (1% Ca; 2% S; 0,3% Zn). Em cobertura foram aplicados 90 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de ureia (27 dias após a emergência), sendo realizado no dia 23/12/2010. Foram

avaliados as características agronômicas da planta, tais como: acamamento e quebraimento de plantas, altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, diâmetro de espiga, diâmetro de sabugo, comprimento de espiga, comprimento de grãos, fileiras de grãos, massa de cem grãos, prolificidade de espiga e rendimento de grãos. Foi utilizado o software SISVAR para as análises estatísticas do experimento.

### **Resultados e Discussão**

Na tabela 1, estão apresentados os dados de porcentagem de acamamento e quebraimento de plantas, altura de plantas, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmos. Em relação à altura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo, houve efeito significativo na regressão polinomial com aumento linear na altura de plantas e espiga com a elevação da densidade populacional na linha de semeadura e diminuição do diâmetro de colmo. Neste experimento, pelos dados obtidos, confirma-se o mesmo resultado encontrado por Kunz (2005) que obteve diferenças para a altura de inserção de espiga entre híbridos, sendo independentemente do espaço adotado e da população de plantas adotadas, atribuindo isto, o caráter do fator genético. Da mesma forma, Brachtvogel (2008), verificou que o fator arranjo não influenciou a altura de inserção de espiga, ao contrário do fator população, que foi maior à medida que aumentou a população de plantas  $ha^{-1}$ , obtendo-se assim como para altura de plantas, um padrão de crescimento quadrático.

Em relação ao diâmetro de espiga, diâmetro de sabugo, comprimento de espiga, comprimento de grãos e número de fileiras de grãos, os resultados evidenciaram que o diâmetro de espiga, diâmetro de sabugo foi verificada diferença significativa para o sistema de preparo (Tabela 2). O componente de comprimento de grãos, não foi verificada diferença significativa em relação ao preparo do solo adotado. Contudo não houve significância nestes componentes em relação ao espaçamento de 0,45 e 0,90 metros entre linhas. Houve efeito significativo de regressão linear decrescente em menor diâmetro de espigas, conseqüentemente menor diâmetro de sabugo, menor comprimento de espiga e menor comprimento de grãos. Em relação à prolificidade, rendimento de grãos e massa de 100 grãos (Tabela 3), observou-se que não houve efeito significativo, para massa de 100 grãos em relação ao sistema de preparo, espaçamento e população de plantas. Também não houve efeito de sistema de preparo e espaçamento para prolificidade de espiga. Entretanto, foi verificada significância para rendimento de grãos para sistema de preparo. Para o efeito de regressão polinomial de populações,

houve efeito linear crescente significativo, indicando que quanto maior a densidade populacional, maior foi o rendimento de grãos, havendo um aumento linear em produtividade para o híbrido testado.

### Literatura Citada

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, n. 1, p. 71-78, 2001.

BRACHTVOGEL, E.L. Densidade e arranjos populacionais em milho e componentes agronômicos. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

DOEBLEY, J. The genetics of maize evolution. **Annual Review of Genetics**, Madson, Wiscosin, v. 38, p. 37 59, 2004.

JOHNSON, G.A.; HOVERSTAD, T.R.; GREENWALD, R.E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. *Agronomy Journal*, v.90, p.40-46, 1998.

KASPERBAUER, M. J.; KARLEN, D. L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v. 34, n.6, p. 1564-1569, 1994.

KUNZ, J. H. **Distribuição da radiação dólár na cultura do milho em função de manejo do solo, arranjo de plantas e condições hídricas**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia – área de concentração agrometeorologia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

KUNZ, R. P. **Influência do arranjo de plantas e da população em características agronômicas e produtividade do milho**. 2005. 115 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

**Tabela 1.** Porcentagem de acamamento e quebramento (AEQ) de plantas, altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE) e diâmetro de colmo (DC), em função de sistema de preparo, espaçamento e população de plantas. Selvíria-MS, Brasil (2010/2011).

		AEQ <sup>1</sup>	AP	AIE	DC
		(%)	(m)	(m)	(mm)
<b>Sistema de preparo</b>	Convencional.	1,79a	2,79 a	1,40a	25,16a
	S.P.D.	1,95a	2,81 a	1,36b	24,43b
D.M.S (5%)		0,25	3,02	3,16	0,68
Teste F		1,65	0,17	7,90**	4,47**
<b>Espaçamento (m)</b>	0,45	1,60b	2,79 a	1,39a	25,54a
	0,90	2,14a	2,80 a	1,37a	24,04b
D.M.S (5%)		0,25	3,02	3,16	0,69
Teste F		17,37**	0,67ns	1,82ns	19,24**
<b>População de planta (ha<sup>-1</sup>)</b>	40.000	1,16 <sup>1,2</sup>	2,69 <sup>3</sup>	1,27 <sup>4</sup>	28,30 <sup>5</sup>
	55.000	1,07	2,77	1,36	26,33
	70.000	1,88	2,81	1,39	24,39
	85.000	2,56	2,85	1,44	23,17
	100.000	2,67	2,86	1,46	21,55
Teste F		28,97**	17,36**	16,40**	45,32**
Teste F (interação)	M x E	0,57	0,19	0,55	1,31
	M x P	0,26	0,33	0,43	1,61
	E x P	3,98**	0,34	0,75	1,41
	M x E x P	0,046	1,38	1,60	0,36
<b>Media geral</b>		1,86	2,80	1,38	24,79

Médias seguidas de mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* e\*\* Significativo a 5 e 1%. <sup>1</sup> dados transformados em  $\bullet(x + 0,5)$ .

$$^1y = 0,318 + 0,606x, R^2 = 0,88 \text{ (45 cm)}$$

$$^2y = 0,714 + 0,30x, R^2 = 0,93 \text{ (90 cm)}$$

$$^3y = 2,60 + 0,000031x, R^2 = 0,92$$

$$^4y = 1,16 + 0,000029x, R^2 = 0,95$$

$$^5y = 32,52 + 0,00012x, R^2 = 0,99$$

**Tabela 2.** Diâmetro de colmo (DE), diâmetro de sabugo (DS), comprimento de espiga (CE) e comprimento de grãos (CG) e número de fileira de grãos (NFG) em função de sistema de preparo, espaçamento e população de plantas. Selvíria-MS, Brasil (2010/2011).

DE	DS	CE	CG	NFG
(mm)	(mm)	(cm)	(mm)	(por espiga)

<b>Sistema de Preparo</b>	Conv.	52,21 a	31,77 a	19,05 a	10,51 a	16,00 a
	S.P.D	50,92 b	30,18 b	18,72 a	10,05 a	16,20 a
D.M.S (5%)		0,82	0,36	0,37	0,59	0,34
Teste F		9,90**	5,06**	3,20	1,28	2,11
<b>Espaçamento (m)</b>	0,45	51,58 a	30,81 a	18,92 a	10,40 a	16,10 a
	0,90	51,55 a	31,14 a	18,85 a	10,16 a	16,12 a
D.M.S (5%)		0,81	0,36	0,37	0,59	0,34
Teste F		0,006	3,37	0,16	1,49	0,03
<b>População de planta (ha<sup>-1</sup>)</b>	40.000	53,52 <sup>1</sup>	32,24 <sup>2</sup>	20,56 <sup>3</sup>	10,64 <sup>4</sup>	16,22
	55.000	53,11	31,79	19,91	10,68	16,35
	70.000	51,05	30,82	18,69	9,97	16,32
	85.000	50,81	30,21	18,07	10,28	15,82
	100.000	49,36	29,81	17,19	9,83	15,85
Teste F		14,28**	25,78**	42,22**	2,98*	1,83
Teste F (interação)	M x E	1,41	1,49	2,32	0,44	0,12
	M x P	0,57	0,37	2,41	1,38	2,18
	E x P	0,27	1,56	2,30	0,16	0,38
	M x E x P	1,87	2,52	2,61	0,77	1,36
<b>Media geral</b>		51,57	30,97	18,88	10,28	16,12
CV (%)		3,54	2,62	4,44	8,61	4,71

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* e \*\* significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F.

$$^1y = 56,52 + 0,000071x, R^2 = 0,94$$

$$^2y = 33,76 + 0,000038x, R^2 = 0,87$$

$$^3y = 22,43 + 0,000051x, R^2 = 0,91$$

$$^4y = 11,22 + 0,000013x, R^2 = 0,70$$

**Tabela 3.** Massa de 100 grãos (M100G), Prolificidade de espiga (PROLIF) e rendimento de grãos (REND.GR.), em função de sistema de preparo, espaçamento e população de plantas. Selvíria-MS, Brasil (2010/2011).

	<b>M100G</b>	<b>PROLIF</b>	<b>REND.GR</b>
	(g)	(Espiga. Planta)	(kg ha <sup>-1</sup> )

<b>Sistema de preparo</b>	Conv.	34,46a	1,04a	9761,81a
	S.P.D	35,73a	1,06a	8180,95b
D.M.S (5%)		1,38	0,02	657,60
Teste F		3,40ns	2,75ns	23,17**
<b>Espaçamento (cm)</b>	0,45	34,55a	1,04a	8945,34a
	0,90	35,65a	1,05a	8997,43a
D.M.S (5%)		1,38	0,02	657,60
Teste F		2,51	0,67	0,02
<b>População de planta (ha<sup>-1</sup>)</b>	40.000	35,76 <sup>1</sup>	1,13 <sup>2</sup>	6885,03 <sup>3</sup>
	55.000	36,37	1,07	8014,74
	70.000	35,29	1,02	9640,23
	85.000	34,44	1,01	9906,81
	100.000	33,63	1,01	10410,05
Teste F		2,96ns*	17,95**	16,06**
Teste F ( interação)	M x E	2,86	1,08	3,95
	M x P	0,87	0,08	0,99
	E x P	1,80	1,37	0,65
	M x E x P	0,85	0,19	0,915
<b>Media geral</b>		35,01	1,05	8971,38
CV (%)		8,02	4,79	1637

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. \* e \*\* significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

$$^1y = 37,98 - 0,000041x, R^2 = 0,92$$

$$^2y = 1,195 - 0,000026x, R^2 = 0,85$$

$$^3y = 4798,47 + 0,000051x, R^2 = 0,91$$