

## **População de Plantas de Milho em Espaçamento Reduzido entre Linhas e a Produtividade**

Marcelo Romero Ramos da Silva<sup>1</sup>; Gisele Herbst Vazquez<sup>2</sup> e Jean Fernando dos Santos Sousa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UNICASTELO, Fernandópolis, SP, [marcelo.romero@unicastelo.br](mailto:marcelo.romero@unicastelo.br), <sup>2</sup>UNESP, Ilha Solteira, SP e UNICASTELO, Fernandópolis, SP, [gisele@agr.feis.unesp.br](mailto:gisele@agr.feis.unesp.br) e <sup>3</sup>UNICASTELO, Fernandópolis, SP, [jeandt@bol.com.br](mailto:jeandt@bol.com.br)

**RESUMO** - A distribuição espacial de plantas por área é um recurso para aumentar a produtividade. Assim, atualmente, nos programas de melhoramento de milho, têm-se buscado genótipos com elevada resposta produtiva em elevadas densidades populacionais, de 80.000 a 100.000 plantas por hectare, e sob espaçamentos entre linhas mais reduzidos. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes densidades populacionais em espaçamento reduzido entre linhas sobre a produtividade de dois híbridos modernos de milho (SYN 7B28 e SYN 8A98). O experimento foi conduzido em Fernandópolis (SP), no período de 18/11/2011 a 24/03/2012. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos avaliados foram: populações de 55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> para o híbrido SYN 7B28 e populações de 40.000, 55.000, 70.000 e 85.000 plantas ha<sup>-1</sup> para o híbrido SYN 8A98, cultivados em espaçamento de 0,5 m entre linhas. Os resultados obtidos permitiam concluir que os híbridos SYN 7B28 e SYN 8A98 apresentam maiores produtividades em populações ao redor de 85.000 plantas ha<sup>-1</sup> em espaçamento entre linhas de 0,5 m, confirmando a tendência atual dos genótipos modernos possuírem elevada resposta produtiva em altas densidades populacionais.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, densidade populacional, arranjo populacional.

### **Introdução**

Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produtividade de milho (*Zea mays* L.), a escolha do arranjo espacial de plantas na área é uma das mais importantes (ALMEIDA et al., 2000). Entre as formas de manipulação do arranjo de plantas, a população é a que tem maior efeito no rendimento de grãos de milho, já que pequenas alterações implicam em grandes modificações no rendimento final (SILVA et al., 2006).

A arquitetura de planta dos híbridos modernos de milho contribui para a manutenção de taxas fotossintéticas mais altas quando se incrementa a densidade de semeadura (ALMEIDA et al., 2000). Nesse sentido, a presença de plantas com menor número de folhas, folhas mais eretas e menor produção de fitomassa reduz o nível de interferência de uma planta sobre a outra. Com isso, pode-se utilizar maior número de indivíduos por área, aumentando a eficiência de interceptação da radiação solar (TOLLENAAR et al., 1997) e possibilitando taxas fotossintéticas mais altas (SANGOI et al., 2002). Assim, atualmente, nos programas de melhoramento de milho, têm-se buscado genótipos com elevada resposta produtiva em elevadas densidades populacionais, de 80 a 100 mil plantas ha<sup>-1</sup>, e sob espaçamentos entre

linhas mais reduzidos (DOURADO NETO et al., 2003). Tradicionalmente, o espaçamento entre linhas adotado pela maioria dos produtores brasileiros concentra-se entre 0,80 e 0,90m, devido, principalmente, à inadequação das colhedoras em sistemas que adotam espaçamentos inferiores a 0,80m. Entretanto, já há disponibilidade no mercado de semeadoras e colhedoras que permitem a adoção de espaçamentos de até 0,45m (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). A redução do espaçamento entre linhas, tem como vantagens o incremento na distância entre as plantas na linha, proporcionando um arranjo mais equidistante dos indivíduos na área, o que possibilita redução na competição entre as plantas por água, luz e nutrientes (ALVAREZ et al., 2006), além de limitar o desenvolvimento de plantas daninhas (BALBINOT e FLECK, 2005).

O milho é uma cultura muito estudada e melhorada em todo o mundo, alcançando produtividades próximas ao seu potencial máximo, sendo o aumento do número de plantas por área uma das formas de se aumentar a produção. Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes densidades populacionais em espaçamento reduzido entre linhas sobre a produtividade de dois híbridos modernos de milho.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Universidade Camilo Castelo Branco - UNICASTELO, Campus de Fernandópolis, SP, localizada entre as coordenadas 20°16'50" LS e 50°17'43" LO, a uma altitude de 520 m.

O solo onde foi instalado o experimento é um ARGISSOLO Vermelho-Amarelo eutrófico, abrupico, A moderado, textura arenosa/média (OLIVEIRA et al., 1999), cujas características químicas, na profundidade de 0-20 cm, encontram-se na Tabela 1. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical úmido, Aw, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

Foram utilizadas sementes dos milhos híbridos SYN 7B28 e SYN 8A98, já tratadas com fungicida pela própria empresa produtora, que após homogeneização em laboratório, também receberam o tratamento com o inseticida tiametoxan na dose de 120 mL p.c. por 60.000 sementes.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos (populações de plantas por área) e três repetições. Os tratamentos avaliados foram: populações de 55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas por ha para o híbrido SYN 7B28 e populações de 40.000, 55.000, 70.000 e 85.000 plantas por ha para o híbrido SYN 8A98,

cultivados em espaçamento de 0,5 m entre linhas. Cada unidade experimental (parcela) foi composta por 6 linhas de 10 m de comprimento e espaçadas de 0,50 m entre linhas.

A área estava em pousio e foi dessecada com glifosato (2,0 L p.c. ha<sup>-1</sup>) e após sete dias, adubada com 350 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 8-28-16, utilizando-se uma semeadora de “plantio direto” sem as rodas compactadoras. A semeadura foi realizada no dia 18 de novembro de 2011, colocando-se, manualmente, duas sementes por cova com o uso de matracas, a uma profundidade de 4 cm, nas linhas previamente adubadas. A quantidade de covas por metro foi calculada de acordo com a população estudada e feita no solo de forma equidistante por metro. Onze dias após a semeadura (DAS), estando as plantas no estágio V2, foi realizado o desbaste, obtendo-se as populações de plantas a serem avaliadas para cada híbrido.

O controle de plantas daninhas, principalmente *Cenchrus echinatus* L., foi feito com os herbicidas nicosulfuron (1,3 L p.c. ha<sup>-1</sup>) aos 15 DAS e tembotriona (240 mL p.c. ha<sup>-1</sup>) aos 38 DAS e o de pragas com o inseticida metomil (0,5 L p.c. ha<sup>-1</sup>) aos 25 DAS.

A área foi adubada em cobertura com 60 kg de nitrogênio por ha aos 28 DAS e a colheita realizada manualmente aos 127 dias após a semeadura (24/03/2012) no estágio R8, estando os grãos com 13-15% de umidade. Neste momento, nas três linhas centrais de cada parcela, foi avaliada a porcentagem de acamamento de raiz e quebraimento de colmo (através de indicação de notas de 1 a 9 para plantas acamadas e com colmo quebrado, sendo nota 1 para a parcela sem problema e 9 para a parcela acima de 50% de plantas acamadas e quebradas, respectivamente), senescência de plantas (porcentual de plantas com senescência de colmo), além da porcentagem de murchamento dos colmos (porcentual de plantas com sintomas de murchamento na base do colmo).

Foram colhidas as 6 linhas de 10 m e procedeu-se a contagem de todas as plantas. As seguintes determinações foram realizadas: população de plantas na colheita; massa de 1000 grãos (g) e produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) ambas corrigidas para 13% de teor de água (b.u.).

Como o fator população de plantas a ser analisado era quantitativo, a análise estatística consistiu na análise de regressão, com aplicação da análise de variância para os modelos lineares e quadráticos ao nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa SISVAR (FERREIRA, 2003) para análise dos dados.

## **Resultados e Discussão**

Os dois híbridos foram colhidos após 127 dias da semeadura, indicando precocidade, característica muito desejável nos genótipos modernos de milho.

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias de população de plantas na colheita, produtividade de grãos, massa de 1000 grãos, acamamento, quebramento, senescência e murchamento de plantas de milho em função da população de plantas no momento da semeadura para os híbridos SYN 7B28 e SYN 8A98. Apenas as variáveis população de plantas na colheita e produtividade de grãos apresentaram diferenças significativas decorrentes das diversas populações de plantas estudadas para os dois híbridos avaliados. Não houve interferência significativa da população de plantas sobre a massa de 1000 grãos, acamamento, quebramento, senescência e murchamento de colmos. Porém, de maneira geral, houve uma tendência de aumento na porcentagem de quebramento e murchamento de colmo com o aumento na população de plantas por área. De acordo com Sangoi et al. (2010) uma das limitações do uso de altas densidades de plantas de milho por área, é o aumento da suscetibilidade do colmo à quebra e ao acamamento, já que o incremento na densidade reduz a disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento de grãos e manutenção das estruturas da planta, levando a uma senescência precoce dos tecidos da raiz e do colmo. Além disso, segundo os mesmos autores, populações mais altas implicam em menor penetração da radiação solar no dossel e menor circulação de ar, prolongando o período de deposição de orvalho nas folhas estimulando a germinação de esporos de fungos causadores de doenças foliares e podridões.

A população na colheita apresentou um aumento linear crescente para os dois híbridos, o que já era esperado (Figura 1). Para todas as populações estudadas houve uma discrepância de menos de 10%, para mais ou para menos, entre o número de plantas inicial e o final.

A aplicação de uma curva de resposta da produtividade do híbrido SYN 7B28 em relação às populações de plantas apresentou melhor ajuste aos dados com a regressão polinomial de segundo grau expressa pela equação  $Y = -7E-07x^2 + 0,1182x - 1013,8$ , em que Y representa a produtividade de grãos e x, a população de plantas na semeadura (Figura 2A), sendo a produtividade máxima atingida com a população de 84.429 plantas por hectare. Além disso, para esse híbrido, o aumento da população de 85.000 para 100.000 plantas ha<sup>-1</sup> provocou uma redução na produtividade. Recentes estudos têm mostrado respostas quadráticas ao aumento da produtividade do milho pelo aumento da população de plantas, com produtividades atingindo um platô e declinando em populações mais altas (THOMISON e JORDAN, 1995; COX, 1996). Segundo Sangoi (2000), o uso de baixas densidades de semeadura diminui a eficiência de interceptação da radiação solar numa determinada área, aumentando a produção de grãos por indivíduo, havendo redução da produtividade por área. Por outro lado, o adensamento excessivo incrementa a competição intra-específica por

fotoassimilados, principalmente no estágio de florescimento da cultura. Tal fato estimula a dominância apical, aumentando a esterilidade feminina e limitando a produção de grãos por área. Para o autor, em termos de competição intra-específica por água e nutrientes, a melhor distribuição teórica de plantas de milho numa determinada área é obtida quando o volume de solo por unidade de planta é maximizado, potencializando assim os recursos naturais disponíveis, o que propicia à cultura um menor estresse ambiental, resultando numa maior produtividade com menor custo.

Da mesma forma, para o híbrido SYN 8A98, a máxima produtividade obtida foi com a população de 85.000 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 2B). Em um estudo Sangoi et al. (2002) testaram densidades crescentes de três híbridos de milho (25, 50, 75 e 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>) e constataram que em baixas densidades os materiais mais antigos foram mais produtivos, enquanto que o híbrido mais moderno exigiu maior população de plantas (85.000 plantas ha<sup>-1</sup>) para alcançar a produtividade máxima. De maneira geral, híbridos mais precoces, com menor exigência em soma térmica para florescer, apresentam menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura; portanto, requerem maior densidade de plantas em relação aos de ciclo normal, para atingir seu potencial de rendimento (SANGOI, 2000).

### **Conclusões**

Os híbridos SYN 7B28 e SYN 8A98 apresentam maiores produtividades em populações ao redor de 85.000 plantas por ha em espaçamento entre linhas de 0,5 m, confirmando a tendência atual dos genótipos modernos possuírem elevada resposta produtiva em altas densidades populacionais.

### **Literatura Citada**

ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; ENDER, M. 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**, 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**, v.30, p.402-408, 2006.

BALBINOT, A.A.; FLECK, N.G. Benefício e limitações da redução do espaçamento entre linhas. **Revista Plantio Direto**, v.5, p.37-41, 2005.

COX, W.J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**, v.88, p.489-496, 1996.

DOURADO NETO, D.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**, v.2, p.63-77, 2003.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FERREIRA, D. F. **SisVar – programa estatístico**. Versão 4.2 (Build 39). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas, Instituto Agrônômico/EMBRAPA-Solos. Campinas. 1999. 64p.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v.31, n.1, p.159-168. 2000.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. de; SILVA, P. R. F. da, ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, v.61, n.2, p. 101-110. 2002.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grãos do milho**. Lages: Graphel, 2010. 67 p.

SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 63p.

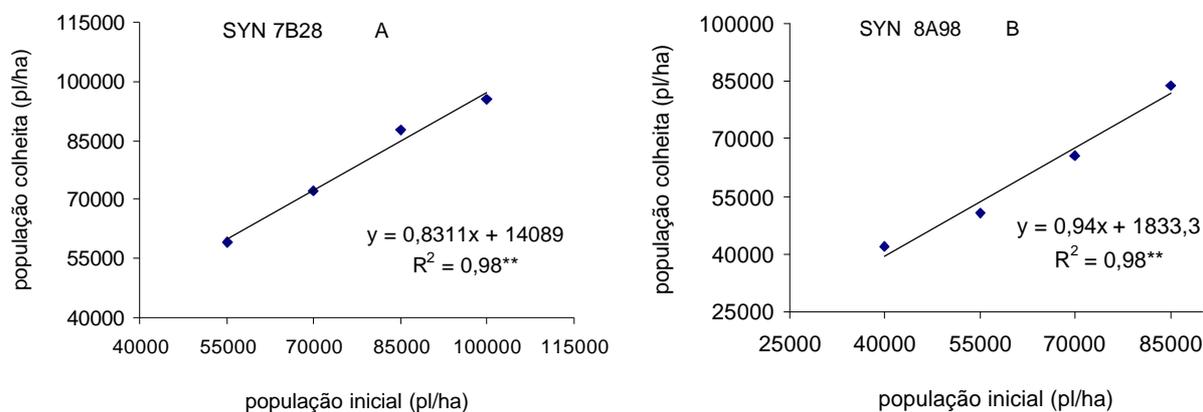
THOMISON, P.R.; JORDAN, D.M. Plant population effects on corn hybrids differing in ear growth habit and prolificacy. **Journal of Production Agriculture**, v.8, p.394- 400, 1995.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A.; NISSANKA, S.P. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. **Agronomy Journal**, v.89, n.2, p.239-246, 1997.

**Tabela 1.** Resultado da análise química do solo da área do experimento, Fernandópolis/SP, 2011.

Prof. cm	P res. mg dm <sup>-3</sup>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K -----	Ca -----	Mg -----	Al -----	H+Al -----	SB -----	CTC -----	V %
0-20	7	13	5,0	1,4	15	6	--	23	22,4	45,5	49,3

Fonte: Laboratório de Análise de Solos, Unicastelo/Fernandópolis, 2011.

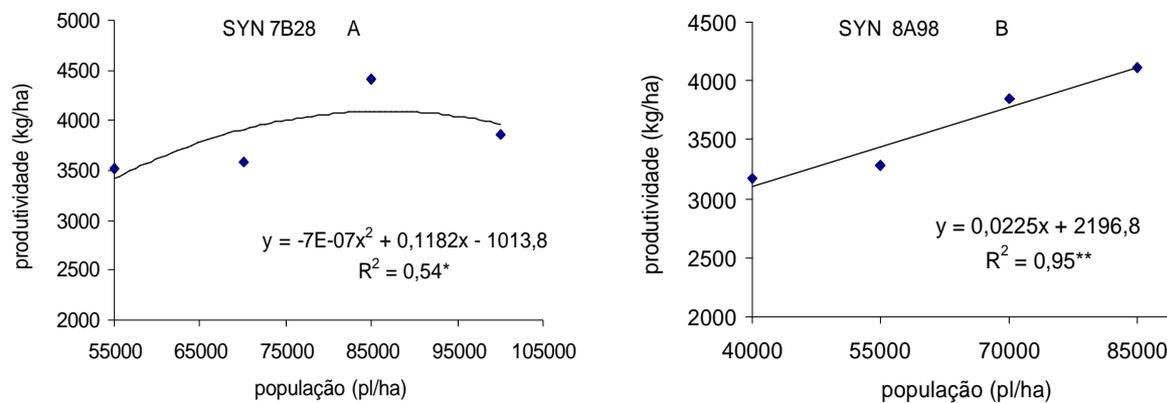


**Figura 1.** População de plantas de milho no momento da colheita para os híbridos SYN 7B28 (A) e SYN 8A98 (B).

**Tabela 2.** Valores de F e médias de população de plantas na colheita, produtividade, massa de 1000 grãos, acamamento, quebramento, senescência e murchamento de plantas de milho em função da população de plantas no momento da semeadura para os híbridos SYN 7B28 e SYN 8A98.

Tratamento População (pl/ha)	Pop. colheita (pl/ha)	Produt. (kg/ha)	M1000 grãos (g)	Acamamento	Quebramento	Senescência	Murchamento
<b>Híbrido SYN 7B28</b>							
55000	59000	3523	241,4	0,0	6,3	3,0	1,3
70000	72000	3588	227,8	0,3	7,3	2,7	1,7
85000	87667	4408	237,0	0,3	5,0	1,7	1,0
100000	95333	3858	220,0	0,0	8,7	5,0	2,3
<b>Teste F</b>	10,041**	4,098*	0,287 <sup>ns</sup>	0,667 <sup>ns</sup>	0,095 <sup>ns</sup>	0,268 <sup>ns</sup>	3,966 <sup>ns</sup>
<b>Amostragem</b>							
R. linear	29,63**	4,196 <sup>ns</sup>	0,474 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	0,088 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	3,145 <sup>ns</sup>
R. quadrática	0,271 <sup>ns</sup>	2,69*	0,010 <sup>ns</sup>	2,0 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,484 <sup>ns</sup>	2,982 <sup>ns</sup>
Desvio	0,217 <sup>ns</sup>	5,707*	0,377 <sup>ns</sup>	-0,0 <sup>ns</sup>	0,189 <sup>ns</sup>	0,304 <sup>ns</sup>	5,770 <sup>ns</sup>
<b>Média</b>	78500	3844	231,5	0,17	6,8	3,1	1,6
<b>CV %</b>	11,30	8,97	13,35	15,82	57,11	44,82	9,47
<b>Híbrido SYN 8A98</b>							
40000	42000	3169	205,5	0,0	0,3	3,7	0,3
55000	50667	3291	247,1	4,0	1,3	6,7	0,7
70000	65667	3856	241,5	3,0	1,0	6,7	2,0
85000	84000	4108	251,6	0,7	3,7	1,3	2,3
<b>Teste F</b>	16,917**	4,992*	1,123 <sup>ns</sup>	1,159 <sup>ns</sup>	2,623 <sup>ns</sup>	1,613 <sup>ns</sup>	2,181 <sup>ns</sup>
<b>Amostragem</b>							
R. linear	49,567**	14,167**	2,237 <sup>ns</sup>	0,080 <sup>ns</sup>	5,945*	0,612 <sup>ns</sup>	6,185*
R. quadrática	1,165 <sup>ns</sup>	0,103 <sup>ns</sup>	0,629 <sup>ns</sup>	3,266 <sup>ns</sup>	0,412 <sup>ns</sup>	4,081 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>
Desvio	0,022 <sup>ns</sup>	0,705 <sup>ns</sup>	0,505 <sup>ns</sup>	0,133 <sup>ns</sup>	1,512 <sup>ns</sup>	0,147 <sup>ns</sup>	0,346 <sup>ns</sup>
<b>Média</b>	60583	3606	236,4	1,9	1,6	4,6	1,3
<b>CV %</b>	12,80	9,65	14,55	50,97	27,93	35,89	26,24

<sup>ns</sup> não significativo; \*significativo a 5% e \*\* significativo a 1%.



**Figura 2.** Produtividade de grãos de milho em função da população de plantas por área para os híbridos SYN 7B28 (A) e SYN 8A98 (B).