

# Densidade de plantas em variedades de polinização aberta de milho

*Plant density in maize open-pollinated varieties*

Alvadi Antonio Balbinot Junior<sup>1</sup>, Antônio Carlos Alves<sup>2</sup>, José Alfredo da Fonseca<sup>1</sup>, Juliana Bernardi Ogliari<sup>2</sup>

Recebido em 09/04/2007; aprovado em 19/12/2007.

## RESUMO

Informações sobre densidades de plantas que maximizem a produtividade de grãos em variedades de polinização aberta (VPA) de milho, especialmente quando cultivadas em sistemas agroecológicos de produção, são escassas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de grãos em VPA de milho cultivadas em diferentes densidades de plantas sob sistema agroecológico. Foram conduzidos experimentos nas safras 2004/05 e 2005/06, no município de Papanduva, SC. Os tratamentos foram dispostos segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial (4x4), com três repetições. Quatro genótipos de milho foram avaliados, sendo três VPA (SCS 153-Esperança, MPA 01 e Pixurum 06); e um híbrido (AS-1544 na primeira safra e AS-3601 na segunda safra). Os genótipos foram cultivados em quatro densidades de plantas: 25.000, 40.000, 55.000 e 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Avaliaram-se a estatura de plantas, o diâmetro do colmo, as percentagens de acamamento e quebra do colmo, a produtividade de grãos e os componentes de rendimento (número de espigas por planta, número de grãos por espiga e massa do grão). Concluiu-se que a faixa de densidade de plantas que maximiza a produtividade de grãos em VPA varia de 45.000 a 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** competição intraespecífica, produtividade, componentes de rendimento.

## SUMMARY

Information about the plant density that optimizes grain yield of maize open-pollinated varieties (OPV), especially in agro-ecological systems, is reduced. The aim of this work was to evaluate the effect of plant density on maize OPV yield. Two experiments were conducted in Papanduva, SC, Brazil, during the growing seasons of 2004/05 and 2005/06. Treatments were arranged in a completely randomized design, using a factorial scheme (4x4), with three replicates. Four maize genotypes were evaluated, three OPV (SCS 153-Esperança, MPA 01 and Pixurum 06); and one hybrid (AS-1544 in the first season and AS-3601 in the second season). These genotypes were grown in four plant densities: 25,000; 40,000; 55,000; and 70,000 plants ha<sup>-1</sup>. Plant height, stalk diameter, plant lodging and stalk breakage, grain yield and its components (ears number per plant, grains number per ear and grain mass) were evaluated. The plant densities that optimized maize OPV grain yield ranged from 45,000 to 55,000 plants ha<sup>-1</sup>.

**KEY WORDS:** intraespecific competition, yield, yield components.

## INTRODUÇÃO

O agravamento da crise sócio-econômica dos estabelecimentos agrícolas catarinenses nas últimas décadas (TESTA et al., 1996) tem estimulado a

<sup>1</sup> Eng. Agr., MSc., Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Canoinhas, BR 280, km 219, bairro Campo da Água Verde, C.P. 216, 89.460-000, Canoinhas, SC. E-mail: balbinot@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Prof. da Universidade Federal de Santa Catarina/Centro de Ciências Agrárias/Departamento de Fitotecnia. E-mail: alves@cca.ufsc.br.

utilização de variedades de polinização aberta (VPA) de milho, principalmente devido ao menor custo de produção (ALVES et al., 2004).

Uma VPA é constituída por um grupo de indivíduos de polinização cruzada natural, que se distingue geneticamente de outros grupos de indivíduos pertencentes à mesma espécie (BORÉM, 1997). Por essa razão, variedades locais e variedades melhoradas de milho podem ser consideradas VPA.

As VPA são heterozigóticas, heterogêneas e constituem-se em alternativa ao uso de híbridos (BORÉM, 1997). Em decorrência de sua ampla reserva genética, atribui-se às VPA a capacidade de contornar dificuldades e alterações eco-climáticas inesperadas (KIYUNA, 1994). A possibilidade de fornecimento de sementes aos agricultores com baixo custo e mais adaptadas aos sistemas de produção que empregam baixo aporte de insumos, justifica o uso de VPA, principalmente em condições de cultivo de milho sob baixo investimento.

Em milho, a densidade de plantas possui elevada importância na definição da produtividade de grãos (ARGENTA et al., 2001). Isso ocorre porque o milho possui baixa plasticidade fenotípica, ou seja, em baixas densidades de plantas, as mesmas não apresentam mecanismos eficientes para ocupar o nicho disponível (SANGOI, 2001). Por outro lado, elevadas densidades podem limitar a produtividade de grãos em decorrência da excessiva competição intraespecífica.

Com o surgimento de genótipos híbridos de milho com ciclo curto, porte baixo, menor número de folhas e folhas eretas, verificou-se um aumento no potencial de resposta produtiva da comunidade de plantas frente ao aumento de densidade (DWER et al., 1991; RUSSEL, 1991). Todavia, a resposta de VPA à variação de densidade pode ser diferente da dos híbridos ‘modernos’, pois as VPA, em geral, apresentam elevada estatura, folhas decumbentes e maior número de folhas, o que pode ocasionar excessiva competição intraespecífica em densidades elevadas, comprometendo a produtividade de grãos.

No Brasil foram realizados estudos para determinar densidades de plantas em milho que maximizam a produtividade em diferentes genótipos e ambientes. Contudo, essas informações são frequentes para genótipos híbridos e escassas para

VPA, especialmente quando cultivadas em sistema agroecológico de produção, onde realizam-se práticas de manejo distintas às utilizadas em plantios convencionais. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de densidades de plantas em VPA de milho cultivadas em sistema agroecológico de produção.

## MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se dois experimentos no Campo Experimental Salto do Canoinhas, Papanduva, Região do Planalto Norte de Santa Catarina, durante as safras 2004/05 e 2005/06. A região possui longitude de 50°23’ oeste, latitude 26°10’ sul e altitude média de 840 m. De acordo com Koppen, o clima da região é classificado como Cfb – úmido com verões amenos (IDE et al., 1980).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema fatorial (4x4). Foram avaliados quatro genótipos de milho, SCS 153-Esperança, MPA01 e Pixurum 06, que são variedades de polinização aberta (VPA) de porte alto e folhas decumbentes e o híbrido AS-1544 na primeira safra e o híbrido AS-3601 na segunda safra. Os dois híbridos utilizados, que representavam tratamentos testemunhas, apresentam porte baixo e folhas eretas, pouco decumbentes, portanto, possuem arquitetura “moderna” de planta.

A variedade SCS 153-Esperança foi gerada pelo programa de melhoramento de milho da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). As variedades MPA01 e Pixurum 06 foram geradas pelos agricultores vinculados à Associação dos Pequenos Agricultores produtores de Milho Crioulo Orgânico e Derivados (ASSO) e ao Sindicato dos Trabalhadores na Agricultura Familiar de Anchieta (SINTRAF/Anchieta). As sementes das variedades MPA01 e Pixurum 06 foram fornecidas pelo SINTRAF/Anchieta.

Os genótipos foram semeados em quatro densidades de plantas: 25.000, 40.000, 55.000 e 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com espaçamento entre fileiras de 0,8 m. Cada unidade experimental possuía área total de 16 m<sup>2</sup> (3,2x5 m) e área útil de 6,4 m<sup>2</sup> (1,6x4 m). No momento de implantação do experimento, referente à safra 2004/05, as

propriedades físicas e químicas do solo eram as seguintes: 320 g kg<sup>-1</sup> de argila; pH<sub>água</sub> = 4,5; pH<sub>SMP</sub> = 4,9; P (fósforo) = 4,7 mg dm<sup>-3</sup>; K (potássio) = 160 mg dm<sup>-3</sup>; M.O. (matéria orgânica) = 4,7 %; Al (alumínio) = 1,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca (cálcio) = 3,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg (magnésio) = 2,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Na safra 2004/05, o experimento foi implantado no dia 08/10/04 em sistema de plantio direto sobre palha de ervilhaca comum (2,5 t ha<sup>-1</sup> de massa seca). Na safra 2005/06, o experimento foi implantado no dia 20/10/05 em sistema de plantio direto sobre palha de nabo forrageiro + aveia preta (5,0 t ha<sup>-1</sup> de massa seca). Os dois experimentos foram implantados na mesma área.

Não foram realizadas adubações de base e de cobertura. As densidades foram estabelecidas quando as plantas apresentavam duas folhas expandidas, por meio de retirada do excesso de plantas – raleio manual. Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas uma capina e duas aplicações de óleo de Nim para controle da lagarta do cartucho.

Na primeira safra, 2004/05, avaliaram-se as seguintes variáveis:

- estatura de plantas (cm): medida aos 60 dias após a semeadura (DAS), a qual correspondeu à distância entre a superfície do solo até o ápice da última folha distendida. A estatura também foi medida no momento da colheita, a qual correspondeu à distância entre a superfície do solo ao ápice do pendão. Esta medida foi realizada em dez plantas por parcela;
- diâmetro do colmo (mm): medido aos 60 DAS e no momento da colheita. Esta medida foi realizada no segundo entre nó da planta com auxílio de um paquímetro de precisão em dez plantas por parcela;
- acamamento e quebra do colmo (%): determinada no momento da colheita por meio da contagem das plantas acamadas e quebradas.

Nas duas safras, 2004/05 e 2005/06, avaliaram-se as seguintes variáveis:

- número de espigas por planta: obtido pelo número de espigas colhidas por parcela, dividido pelo número de plantas colhidas;
- número de grãos por espiga: determinado pela contagem de grãos em dez espigas por parcela;
- massa do grão: determinada por meio da pesagem de 200 grãos por parcela. Os dados são expressos

em gramas de 100 grãos;

- produtividade: determinada pela colheita das plantas contidas na área útil das parcelas (6,4 m<sup>2</sup>), as quais foram trilhadas e os grãos pesados. Os dados foram corrigidos para 13% de umidade e expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância. Para comparar efeitos de genótipos, aplicou-se o teste de Tukey e para analisar o efeito de densidades de plantas, utilizou-se regressão polinomial. Selecionaram-se os modelos que apresentaram o melhor ajuste aos dados e ao fenômeno avaliado. Nas análises, adotou-se o nível de probabilidade de erro em 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatura de plantas variou somente entre os genótipos (Tabela 1). Aos 60 DAS, a VPA SCS 153-Esperança apresentou a maior estatura de plantas, porém não diferindo significativamente de MPA01 e de AS-1544. No momento da colheita, o híbrido AS-1544 apresentou menor estatura, comparativamente às VPA, o que comprova que as VPA avaliadas apresentam maior porte em relação ao genótipo híbrido avaliado.

O diâmetro do colmo foi influenciado somente pelo fator densidade de plantas quando avaliado aos 60 DAS (Figura 1 A). Com o aumento da densidade de plantas, houve tendência de redução do diâmetro do colmo. Isso ocorreu porque com o incremento da densidade, houve aumento da competição entre plantas de milho e conseqüente redução da estrutura de sustentação da planta. Esse comportamento também foi verificado para o diâmetro do colmo medido na colheita da cultura de milho (Figura 1 B). O diâmetro final do colmo também foi influenciado pelo genótipo. A VPA SCS 153-Esperança apresentou elevado diâmetro do colmo, no entanto não diferiu significativamente de MPA01 e do híbrido AS-1544 (Tabela 1).

A variável acamamento e quebra do colmo, avaliada somente na safra 2004/05, foi afetada pelo genótipo e pela densidade de plantas, sendo que a interação entre estes fatores não apresentou efeito significativo. O híbrido AS-1544 apresentou baixa porcentagem de acamamento e quebra do colmo,

porém não diferindo significativamente de MPA01 e Pixurum 06 (Tabela 1). Provavelmente, esse comportamento tenha ocorrido porque o híbrido AS-1544 apresentou baixa estatura de plantas (Tabela 1). Menor estatura de plantas e, principalmente, menor altura de inserção de espigas são benéficas à manutenção do colmo ereto até a colheita (SANGOI et al., 2003). A sustentabilidade do colmo até o momento da maturação de colheita é uma característica importante a ser considerada pelos produtores no momento da escolha da variedade de milho, além de ser avaliada pelos programas de melhoramento genético da cultura (HONDROYIANNI et al., 2000).

Além do genótipo, outro fator importante na definição de níveis de acamamento e quebra do colmo é a densidade de plantas (SANGOI et al., 2000). Com o aumento da densidade, houve aumento no nível de acamamento e quebra do colmo (Figura 2), devido principalmente, ao menor diâmetro do colmo observado em elevadas densidades de plantas (Figura 1 B).

Os componentes de rendimento avaliados (número de espigas por planta, número de grãos por espiga e massa do grão) e a produtividade de grãos foram afetados pela densidade de plantas nos quatro genótipos e nas duas safras. Isso demonstra a importância da densidade sobre o desempenho da cultura de milho. A interação entre os fatores genótipo e densidade apresentou efeito significativo sobre o número de espigas por planta. Com o aumento da

densidade de plantas, houve redução do número de espigas por planta nos quatro genótipos (Figura 3 A e B). No experimento da safra 2004/05, observa-se que, em baixa densidade, o híbrido AS-1544 apresentou maior prolificidade.

Com o aumento da densidade, houve redução do número de grãos por espiga (Figura 4 A e B). No entanto, não houve efeito significativo da interação entre genótipos e densidades. Esse comportamento já era esperado devido à menor disponibilidade de recursos ambientais por planta observada em elevadas densidades, o que limita a produção de fotoassimilados a serem translocados para a espiga.

A massa do grão apresentou decréscimo com o aumento da densidade para todos os genótipos nas duas safras (Figura 5 A e B). Constatou-se que, em todas as densidades de plantas e nas duas safras, os genótipos híbridos, AS-1544 e AS-3601, apresentaram menor massa do grão em relação às VPA.

Esse comportamento de redução do número de espigas por planta, número de grãos por espiga e massa do grão com o aumento da densidade de plantas também foi observado por Almeida et al. (2000) e Flesh e Vieira (2004). Isso ocorre em elevadas densidades de plantas porque há alta competição entre plantas de milho pelos recursos do ambiente (água, luz e nutrientes); por conseguinte, há menos recursos ambientais disponíveis ao crescimento das plantas e à produção de grãos.

Nas duas safras, verificou-se um

Tabela 1- Estatura de plantas aos 60 dias após a semeadura (DAS), estatura de plantas na colheita, diâmetro de colmos na colheita e porcentagem de acamamento e quebra do colmo em diferentes cultivares (médias de quatro densidades de plantas). Canoinhas, SC, 2004/05.

Genótipos	Estatura de plantas aos 60 DAS (cm)	Estatura de plantas na colheita (cm)	Diâmetro do colmo na colheita (mm)	Acamamento e quebra do colmo (%)
SCS 153- Esperança	133 a <sup>1</sup>	275 a	20,9 a	7,9 a
AS-1544	130 ab	212 b	19,7 ab	1,3 b
MPA 01	128 ab	264 a	19,9 ab	4,5 ab
Pixurum 06	112 b	261 a	18,6 b	5,9 ab
Médias	126	253	19,8	4,9
C.V. (%)	13,2	6,6	6,7	106

<sup>1</sup> Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade do erro.

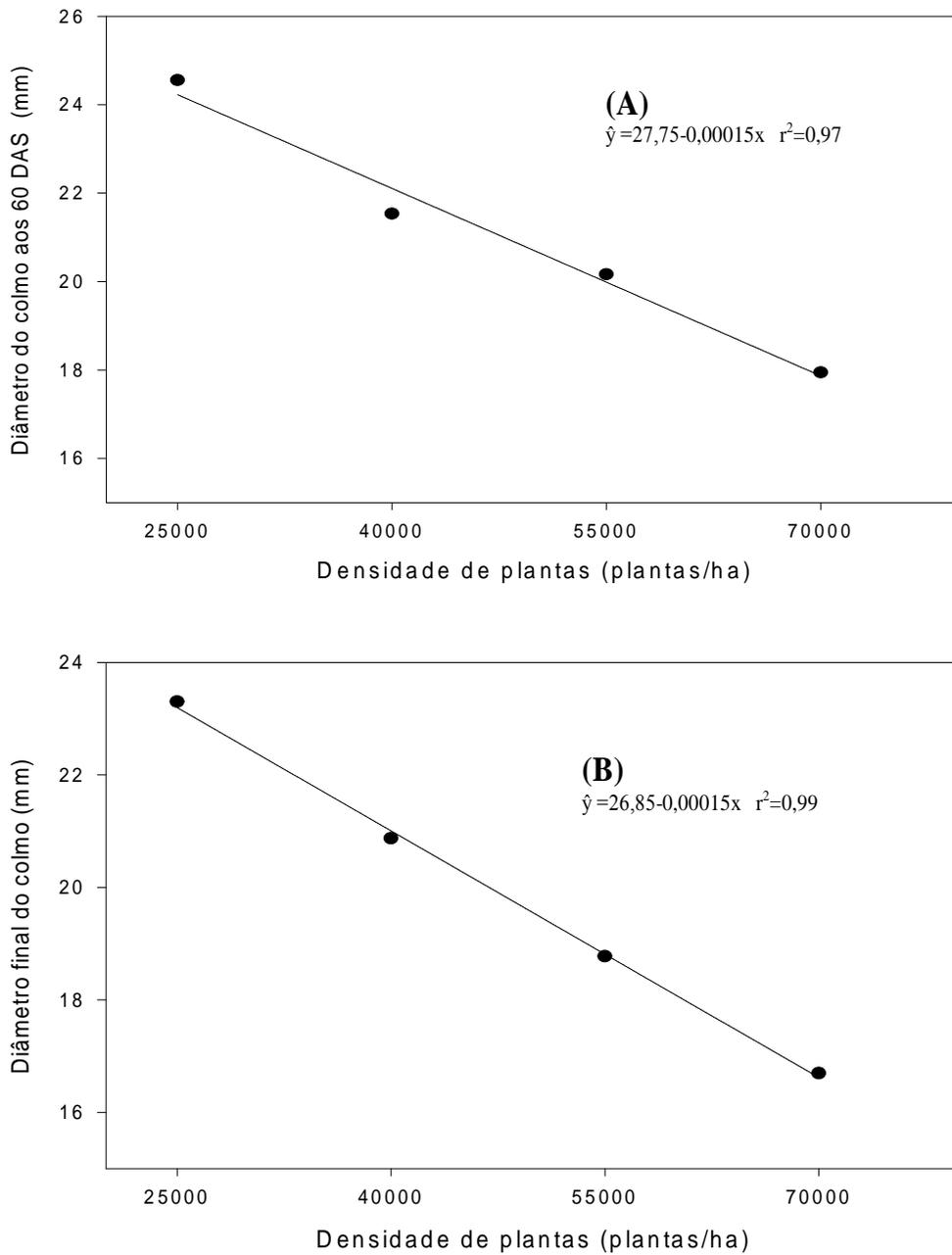


Figura 1- Diâmetro do colmo em função da densidade de plantas, sob sistema de produção com base agroecológica (média de quatro genótipos). Avaliação aos 60 Dias Após a Semeadura (DAS) (A) e no momento da colheita (B). Canoinhas, SC, 2004/05.

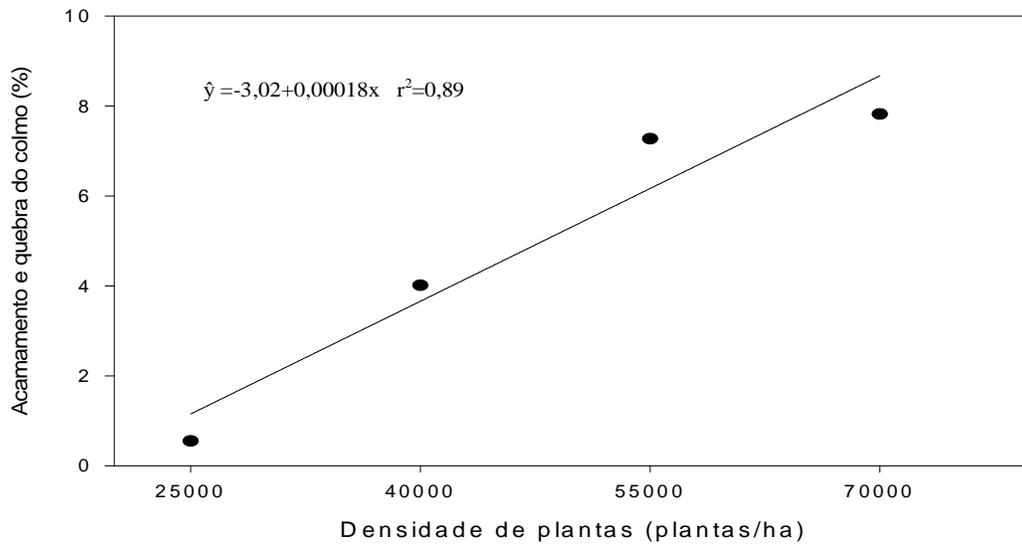


Figura 2- Acamamento e quebra de colmo em função da densidade de plantas, sob sistema de produção com base agroecológica (média de quatro genótipos). Canoinhas, SC, 2004/05.

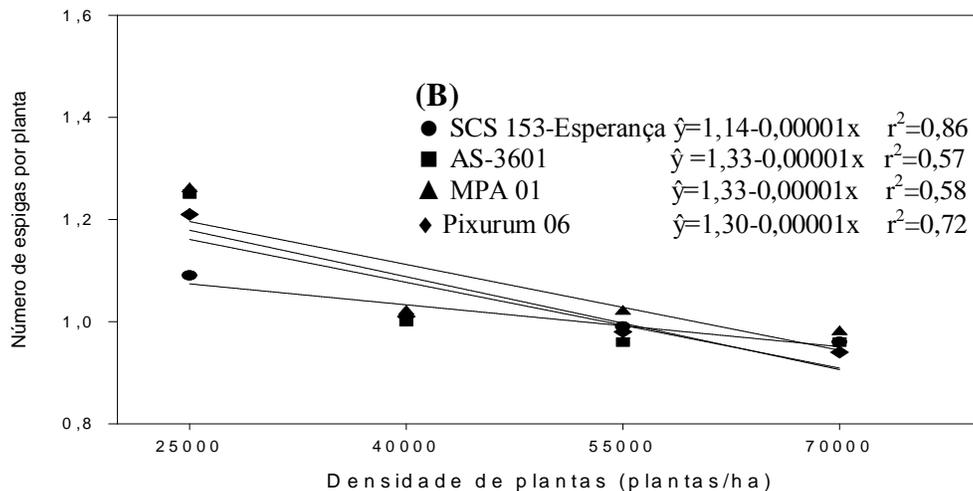
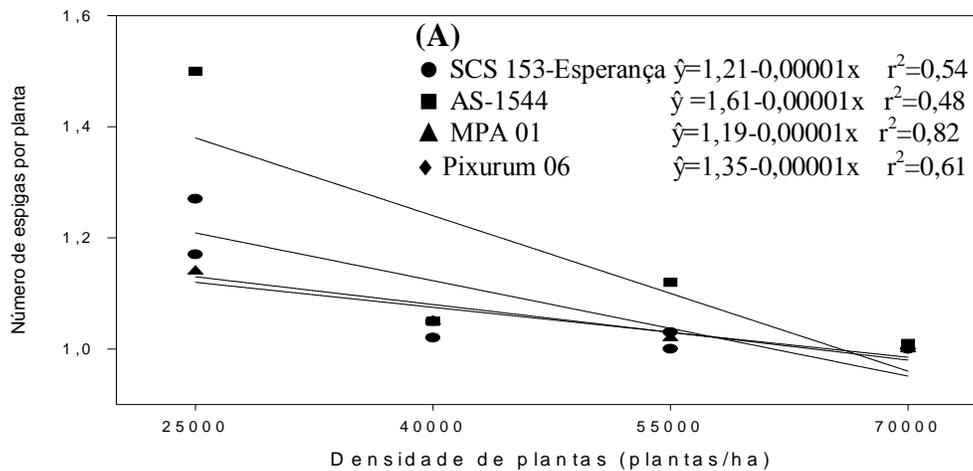


Figura 3- Número de espigas por planta em quatro genótipos de milho em função da densidade de plantas, sob sistema de produção com base agroecológica. Experimento safra 2004/05 (A) e experimento safra 2005/06 (B). Canoinhas, SC.

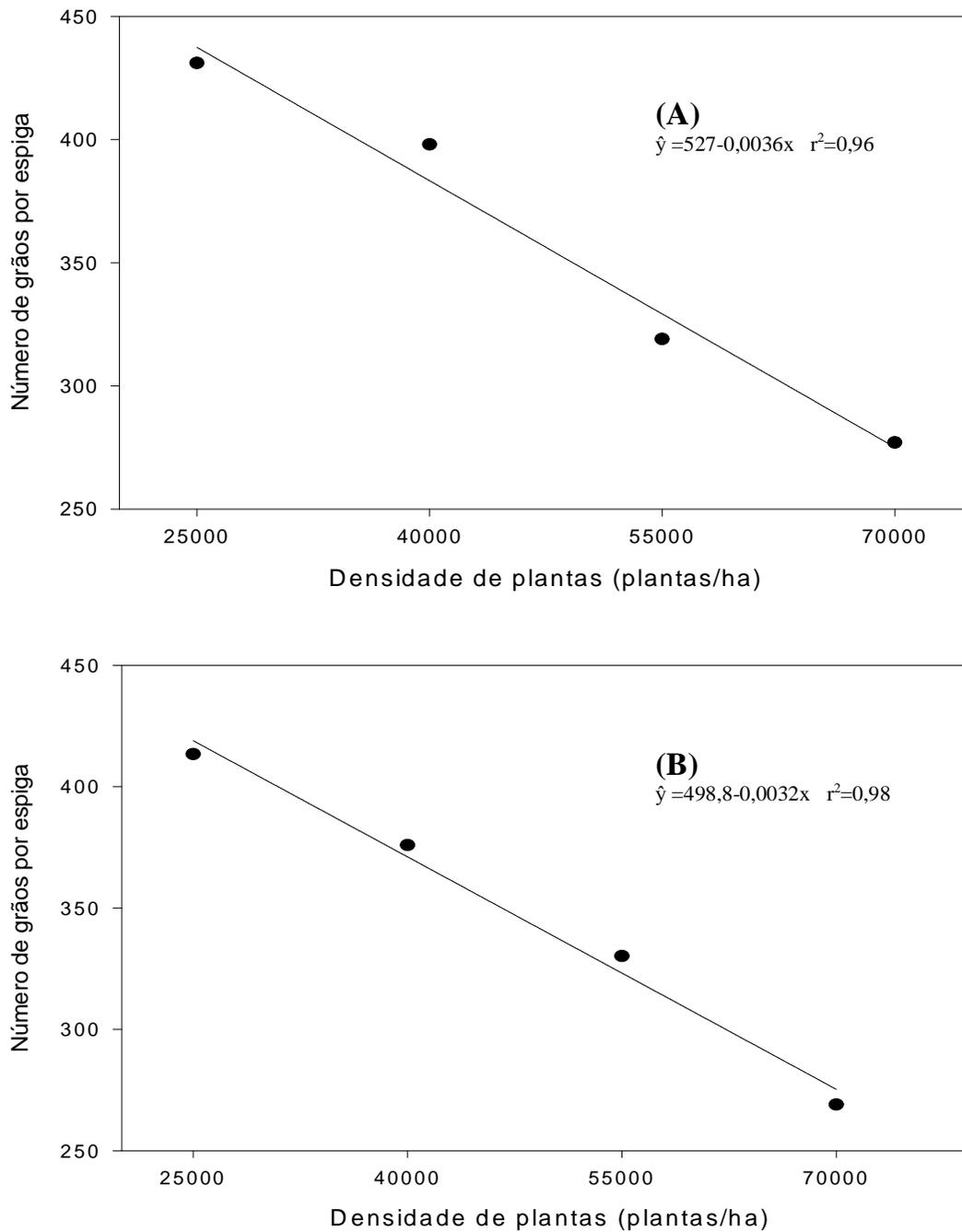


Figura 4- Número de grãos por espiga em função da densidade de plantas, sob sistema de produção com base agroecológica (média de quatro genótipos). Experimento safra 2004/05 (A) e experimento safra 2005/06 (B). Canoinhas, SC.

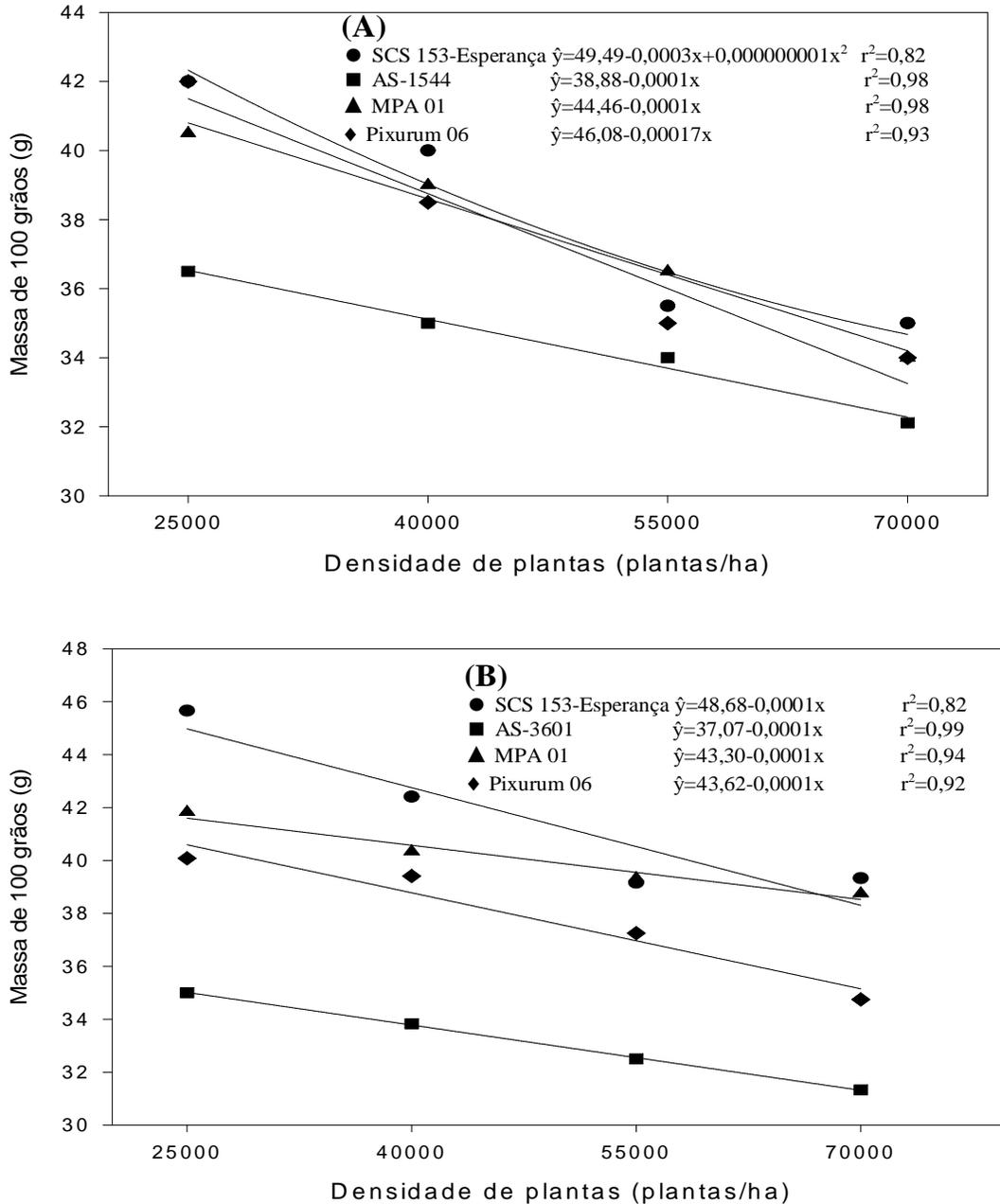


Figura 5 - Massa de 100 grãos em quatro genótipos de milho em função da densidade de plantas, sob sistema de produção com base agroecológica. Experimento safra 2004/05 (A) e experimento safra 2005/06 (B). Canoinhas, SC.

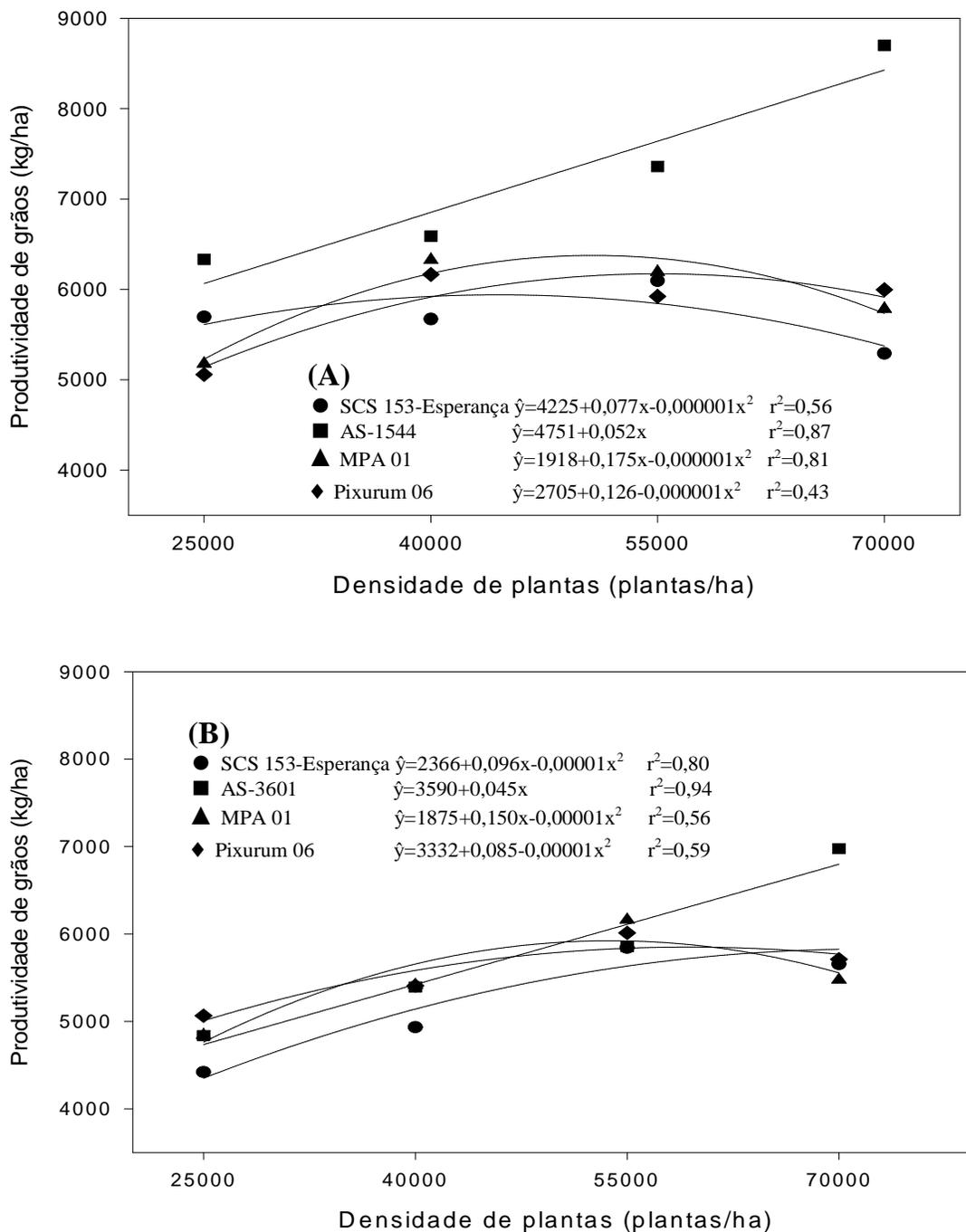


Figura 6- Produtividade de grãos em quatro genótipos de milho em função da densidade de plantas, sob sistema de produção com base agroecológica. Experimento safra 2004/05 (A) e experimento safra 2005/06 (B). Canoinhas, SC.

comportamento quadrático para produtividade de grãos para as três VPA em decorrência da variação de densidade de plantas (Figura 6 A e B). De modo geral, para essas três variedades, a faixa de densidade que maximizou a produtividade é de 45.000 a 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Em situações em que o ambiente é favorável, ou seja, quando há adequada disponibilidade de água, nutrientes e luz, a utilização de densidades próximas a 55.000 plantas ha<sup>-1</sup> seria recomendada. Por outro lado, em ambientes cuja disponibilidade hídrica, nutricional e luminosa é limitada, seria adequada a utilização de densidades próximas a 45.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

No caso dos híbridos AS-1544 e AS-3601, o comportamento é distinto das VPA, já que houve aumento linear da produtividade de grãos com o aumento da densidade de plantas (Figura 6 A e B). Esse comportamento diferenciado, provavelmente ocorreu porque os híbridos estudados apresentam arquitetura ‘moderna’ de planta, com baixa estatura, folhas estreitas e eretas, enquanto as VPA investigadas apresentam elevada estatura de plantas e folhas decumbentes. Genótipos de milho que apresentam porte baixo e folhas eretas suportam maiores densidade de plantas em relação a genótipos que possuem porte alto e folhas decumbentes (ALMEIDA et al., 2000; SANGOI et al., 2001).

Observa-se que mesmo sem realizar adubações de base e de cobertura, as produtividades ficaram acima de 5 t ha<sup>-1</sup> na primeira safra e acima de 4 t ha<sup>-1</sup> na segunda safra (Figura 6 A e B). Outro fator importante é que as precipitações pluviais ficaram abaixo da média nas duas safras em que foram conduzidos os experimentos. Na safra 2004/05, o híbrido obteve produtividades superiores às VPA em todas as densidades de plantas, com produtividade máxima acima de 8 t ha<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos neste trabalho e nas condições em que foi realizado, a faixa de densidade de plantas que maximiza a produtividade de variedades de polinização aberta de milho em sistema agroecológico de produção é de 45.000 a 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M.L. de 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.
- ALVES, A.C. et al. Variedades locais de milho e a agricultura familiar do Extremo Oeste Catarinense. In: CANCI, A. et al. **A diversidade das espécies crioulas em Anchieta-SC**. São Miguel do Oeste: Mc Lee, 2004. p.67-85.
- ARGENTA, G. et al. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547p.
- DWYER, L.M. et al. Changes in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays* L.) hybrids, 1959 to 1988. **Canadian Journal Plant Science**, Quebec, v. 71, p. 1-11, 1991.
- FLESCH, R.D.; VIEIRA, L.C. Espaçamentos e densidades de milho com diferentes ciclos no Oeste de Santa Catarina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.25-31, 2004.
- HONDROYIANNI, E. et al. Corn stalk traits related to lodging resistance in two soil of differing salinity. **Maydica**, Bergamo, v.45, p.125-133, 2000.
- IDE, B.Y. et al. **Zoneamento agroclimático do Estado de Santa Catarina – 2ª Etapa**. Florianópolis: Empasc, 1980. 160p.
- KIYUNA, I. É possível obter milho variedade tão produtivo quanto o milho híbrido? **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n.8, p.9-13, 1994.
- RUSSEL, W.A. Genetic improvement of maize yields. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 46, p. 245-298, 1991.
- SANGOI, L. et al. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados em diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.17-21, 2000.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.159-168, 2001.
- SANGOI, L. et al. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da

população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.271-276, 2001.

SANGOI, L. et al. Bases morfo-fisiológicas para aumentar a tolerância de cultivares de milho a altas densidades de plantas. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages. **Resumos...** Lages: Udesc/Epagri, 2003. p.19-24.

TESTA, V.M. et al. **O desenvolvimento sustentável do Oeste Catarinense (proposta para discussão)**. Florianópolis: Epagri, 1996. 247p.