

# RENDIMENTO DE GRÃOS, PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE MASSA SECA DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DO AUMENTO DA DENSIDADE DE PLANTAS

## GRAIN YIELD, DRY MASS PRODUCTION AND PARTITION OF MAIZE HYBRIDS AS AFFECTED BY INCREASING PLANT POPULATION

SANGOI, Luís<sup>1</sup>; ALMEIDA, Milton L. de<sup>2</sup>; GRACIETTI, Marcos A.<sup>3</sup>; HORN, Delson<sup>4</sup>; SCHWEITZER, Cleber<sup>3</sup>; SCHMITT, Amauri<sup>3</sup>; BIANCHET, Paula<sup>3</sup>

### RESUMO

As cultivares de milho diferem na resposta ao aumento da densidade de plantas. Este trabalho foi conduzido para avaliar os efeitos do incremento da população sobre o rendimento de grãos, produção e alocação de massa seca da cultura, no período crítico à definição do número de grãos externado por área, de híbridos contrastantes quanto a tolerância ao adensamento. O experimento foi conduzido em Lages, SC, durante o ano agrícola de 2002/3, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, no esquema parcelas subdivididas. Na parcela principal foram avaliadas duas cultivares: Ag 303, híbrido duplo, liberado comercialmente para cultivo na década de 80, intolerante ao adensamento; e Speed, híbrido simples, liberado para cultivo na safra 2002/3, adaptado a altas densidades. Nas subparcelas foram avaliadas cinco populações: 25.000, 50.000, 75.000, 100.000 e 125.000 pl ha<sup>-1</sup>. Avaliou-se o rendimento de grãos, os componentes do rendimento e as taxas de produção e distribuição de massa seca da parte aérea no início do enchimento de grãos. O rendimento de grãos do híbrido Speed foi mais responsivo ao incremento na densidade de plantas de 25.000 até 100.000 pl ha<sup>-1</sup> devido a sua maior sincronia entre florescimento masculino e feminino, maior produção de grãos por espiga e por área do que o Ag 303. Não houve diferenças entre os híbridos quanto as taxas de acúmulo e a partição de massa seca na parte aérea e espiga. O híbrido simples Speed foi mais eficiente na mobilização da massa seca acumulada pela parte aérea desde o início do período reprodutivo à produção de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*, população, grãos por área, partição.

### INTRODUÇÃO

O rendimento de grãos da cultura do milho é mais afetado por variações na população de plantas do que em outras espécies da família *Poaceae*, devido a sua baixa capacidade de emissão de afilhos férteis, a sua organização floral monóica e ao curto período de florescimento (VEGA et al., 2001). Para cada sistema de produção existe uma população que otimiza o uso dos recursos disponíveis, ou seja, densidade ótima, maximizando a produtividade da lavoura naquele ambiente. O número ideal de plantas por área dependerá de diversos fatores, tais como disponibilidade hídrica, nível de fertilidade do solo, cultivar e espaçamento entre linhas (ARGENTA et al., 2001).

O aumento na densidade de plantas é uma estratégia

empregada para incrementar a interceptação da radiação incidente na cultura do milho. Por outro lado, altas densidades reduzem a eficiência de alocação de fotoassimilados à estrutura de interesse econômico, estimulando a dominância apical e o investimento na produção e dispersão de pólen, o que reduz o crescimento e desenvolvimento da espiga e dos estigmas (SANGOI & SALVADOR, 1998a; EDMEADES et al., 2000).

Os híbridos de milho diferem na sua resposta ao aumento da densidade de plantas (MADONNI et al., 2001). Incrementos na tolerância de genótipos contemporâneos à competição por água, luz e nutrientes foram observados por DUVICK (1999), SANGOI et al., (2002a) e TOLLENAAR & LEE (2002) em diferentes regiões produtoras. SANGOI et al. (2002b) observou que o melhor comportamento dos híbridos modernos em altas densidades populacionais foi decorrente do maior número de grãos produzidos por área.

O número de grãos produzidos por metro quadrado é o componente do rendimento que mais interfere no rendimento de grãos dos cereais (VEGA et al., 2001), sendo afetado pelo número de plantas por área, número de espigas por planta e pelo número de grãos por espiga (ANDRADE et al., 2002). O número de grãos que atingem a maturação fisiológica é modificado pela capacidade da planta de produzir e distribuir fotoassimilados para atender às diferentes demandas entre duas semanas antes e três semanas depois do espigamento (ANDRADE et al., 2002). Além disso, a produção de grãos por área de genótipos de milho sob condições de estresse está relacionada à taxa de crescimento da cultura, à partição da massa seca total produzida às espigas e ao número de grãos produzidos por unidade de biomassa alocada à inflorescência feminina (OTEGUI & ANDRADE, 2000).

A compreensão dos mecanismos que interferem na definição do número de grãos produzidos por área é importante para que se possa maximizar este componente do rendimento e, conseqüentemente, a produtividade de genótipos de milho em ambientes de grande competição intraespecífica. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar os efeitos do incremento na densidade de plantas sobre o rendimento de grãos, produção total de massa seca por planta e a alocação de fitomassa às espigas no período crítico à definição do número de grãos por área, de híbridos de milho contrastantes quanto à tolerância ao adensamento.

<sup>1</sup> Eng. Agr., Ph. D., Professor do Curso de Agronomia da UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, Lages, SC. CEP 88.520-000. Bolsista do CNPq. E-mail: a2ls@cav.udesc.br

<sup>2</sup> Eng. Agr., Doutor., Professor do Curso de Agronomia da UDESC

<sup>3</sup> Acadêmico (a) do Curso de Agronomia da UDESC. Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq ou PROBIC/UDESC)

<sup>4</sup> Eng. Agr., aluno do Curso de Mestrado em Ciência do Solo da UDESC. Bolsista do CNPq

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, durante o ano agrícola de 2002/2003, no município de Lages, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas do local experimental são 27° 50' 35" de latitude sul, 50° 29' 45" de longitude oeste e 849 metros de altitude. O clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações bem distribuídas, de acordo com a classificação de Köppen. O solo é classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 1999), apresentando, em agosto de 2002, as seguintes características: 560 g kg<sup>-1</sup> de argila, pH em H<sub>2</sub>O: 5,6, teor de fósforo: 6 mg L<sup>-1</sup> (Mehlich-I), potássio: 130 mg L<sup>-1</sup>, cálcio: 9,5 me dL<sup>-1</sup>; magnésio : 2,5 me dL<sup>-1</sup>; alumínio: 0 me dL<sup>-1</sup> e matéria orgânica: 57,5 g kg<sup>-1</sup>.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas. Na parcela principal foram avaliadas duas cultivares: Ag 303, híbrido duplo, porte alto, liberado comercialmente para cultivo em meados da década de 80, pouco adaptado a altas densidades de plantas (híbrido antigo); e Speed, híbrido simples, liberado comercialmente para cultivo na safra 2002/3, tolerante ao adensamento (híbrido contemporâneo). Nas subparcelas foram avaliadas cinco densidades de semeadura: 25.000, 50.000, 75.000, 100.000 e 125.000 pl ha<sup>-1</sup>. Cada subparcela foi composta por sete linhas com oito metros de comprimento, no espaçamento de 75 cm. As linhas dois e três foram utilizadas para coleta de plantas e as avaliações não destrutivas foram efetuadas nas linhas cinco e seis.

O ensaio foi semeado em 22/11/2002, no sistema de semeadura direta, em sucessão ao consórcio de aveia preta e ervilhaca. Aplicou-se 30 kg de N, 70 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg de K<sub>2</sub>O por hectare na semeadura, seguindo as recomendações da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC (1995). A cobertura nitrogenada foi feita em três etapas, aplicando-se em cada uma delas 50 kg de N quando as plantas se encontravam com três, sete e 11 folhas totalmente expandidas, estádios V3, V7 e V11, de acordo com a escala proposta por RITCHIE & HANWAY (1993). As plantas daninhas foram controladas através da aplicação de uma combinação de atrazine (1850 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e metolachlor (1450 g i.a. ha<sup>-1</sup>), aspergida sobre a superfície do solo logo após a semeadura. Foram feitas duas aplicações do inseticida lufenuron (15 g i. a. ha<sup>-1</sup>) para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), quando as plantas se encontravam nos estádios V4 e V8 da escala de RITCHIE & HANWAY (1993).

O subperíodo emergência-antese foi estimado computando-se o número de dias entre a exteriorização do coleóptilo e a presença de pendões com deiscência de pólen em 50% das plantas de cada subparcela. O subperíodo emergência-espigamento foi estimado computando-se o número de dias entre a exteriorização do coleóptilo e a extrusão dos estigmas em 85% das plantas. O intervalo antese-espigamento foi aferido pela soma do número de dias entre a presença de 50% das plantas em antese e 85% das mesmas em espigamento.

As determinações relativas à produção de folhas, área foliar por planta, índice de área foliar (IAF) foram feitas em cinco plantas escolhidas ao acaso, tão logo estas alcançaram o estádio R1 (espigamento) da escala de RITCHIE & HANWAY (1993). A área foliar e o IAF foram calculados com

base em metodologia descrita por TOLLENAAR (1992). Para tanto, mediu-se o comprimento (C) e a largura (L) de todas as folhas verdes intactas da planta. A área foliar de cada folha (A) foi obtida através da expressão :  $A = C \times L \times 0,75$ . O IAF foi calculado dividindo-se a área foliar média das cinco plantas pelo espaço teórico ocupado por uma planta em cada densidade de semeadura.

Para avaliação da produção e distribuição de massa seca da parte aérea na fase crítica à definição do número de grãos produzidos por área foram feitas duas amostragens: a primeira aproximadamente sete dias antes do início da antese de cada híbrido, quando os mesmos se encontravam em fase de emborrachamento; e a segunda 28 dias após a primeira. Em cada amostragem coletou-se cinco plantas por subparcela, as quais foram dissecadas, separando-se pendões, folhas + bainhas, colmos, espigas e grãos em embalagens distintas. Cada fração da planta foi seca em estufa a 60°C até a obtenção de peso constante e posteriormente pesada. Quando mais de 50% das plantas se encontravam em antese (11 dias após a primeira amostragem), efetuou-se a coleta de cinco pendões para estimativa do acúmulo máximo de fitomassa na inflorescência masculina.

As taxas diárias de crescimento da parte aérea da planta e espiga foram estimadas através da seguinte expressão: (massa seca registrada na segunda amostragem – massa seca obtida na primeira amostragem)/28. A taxa diária de crescimento do pendão foi estimada através da expressão: (massa seca da amostragem feita na antese – massa seca registrada na primeira amostragem)/11. As partições de massa seca à espiga e pendão foram calculadas dividindo-se a taxa de crescimento de cada inflorescência pela taxa de crescimento da parte aérea da planta. Os valores obtidos foram multiplicados por 100 e expressos em percentagem.

Para determinação do rendimento de grãos e componentes foram coletadas todas as plantas das fileiras cinco e seis, excetuando-se meio metro na extremidade de cada fileira. As espigas foram despalhadas e os grãos separados dos sabugos com auxílio de uma trilhadeira estacionária. O número de espigas por planta foi calculado dividindo-se o número de espigas colhidas pelo número de plantas existentes no dia da colheita. O número de grãos por espiga foi estimado indiretamente, através da relação do peso de 200 grãos, peso total de grãos e do número de espigas colhidas em cada subparcela. O número de grãos produzidos por m<sup>2</sup> foi estimado com base no número de espigas produzidas por planta, no número de grãos por espiga e na densidade de plantas do tratamento. O rendimento de grãos foi expresso na umidade padrão de 13%.

Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância, utilizando-se o teste F. Os valores de F foram considerados significativos em nível de probabilidade de erro de 5% (Tabela 1). Quando atingida significância estatística, efetuou-se a comparação de médias utilizando o teste t para fatores qualitativos e a análise de regressão polinomial para os quantitativos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de grãos dos híbridos testados aumentou quadraticamente com o incremento da população de 25.000 para 125.000 pl ha<sup>-1</sup> (Figura 1A). Em ambos os genótipos, a população na qual se registrou maior rendimento foi de 100.000 pl ha<sup>-1</sup>. As densidades ótimas calculadas a partir da primeira derivada das equações ajustadas aos dados obtidos

foram de 103.132 e 110.362 pl ha<sup>-1</sup>, para os híbridos Ag 303 e Speed, respectivamente. Tanto os valores observados quanto os calculados para otimizar a produtividade da cultura foram superiores às populações recomendadas por ARGENTA et al. (2001) e SILVA et al. (2003) para a cultura do milho, as quais oscilam entre 30.000 e 70.000 pl ha<sup>-1</sup>, principalmente para o híbrido Ag 303, considerado intolerante ao adensamento.

O bom nível de fertilidade do solo em que se conduziu o trabalho, associado à distribuição pluviométrica regular na fase reprodutiva da cultura, contribuíram para a alta resposta do rendimento de grãos ao incremento da população, tendência também reportada por SILVA et al. (1999), ALMEIDA et al. (2000) e SANGOI (2001).

Por outro lado, uma chuva de granizo ocorrida no dia 9 de janeiro de 2003, quando as plantas se encontravam com 11 folhas expandidas, reduziu substancialmente a área foliar intacta externada pela cultura na floração. Isto fez com que não houvesse efeito significativo de população sobre a área foliar por planta, que foi de 4.512 cm<sup>2</sup> para o Speed e de 4.317 cm<sup>2</sup> para o Ag 303, na média das cinco densidades utilizadas no trabalho. Os valores de IAF obtidos até 75.000 pl ha<sup>-1</sup> foram inferiores a 3,5 (Figura 2). Segundo GARDNER et al. (1985), a

cultura do milho necessita de índices de área foliar oscilando entre 4 e 5 para otimizar o aproveitamento da radiação solar sob condições hídricas e edáficas favoráveis. Assim, pode-se afirmar que o sombreamento intraespecífico que seria propiciado pela maior proximidade das plantas nas altas densidades foi atenuado, elevando o número de indivíduos necessário para otimizar o rendimento de grãos por hectare, principalmente para o Ag 303, híbrido de maior estatura, maior número de folhas e menor tolerância ao adensamento do que o Speed (Tabela 2).

Os dois híbridos incrementaram linearmente o número de grãos produzidos por área com o aumento da população de 25.000 para 125.000 pl ha<sup>-1</sup> (Figura 1B). Contudo, este aumento no número de grãos foi mais pronunciado para o Speed, cuja declividade da reta estimada superou em 87% àquela calculada para o Ag 303. Isto contribuiu para a maior diferença observada entre o rendimento de grãos obtido a 25.000 e 100.000 pl ha<sup>-1</sup> do primeiro (4.856 kg ha<sup>-1</sup>), em relação ao segundo (2.419 kg ha<sup>-1</sup>). Desta forma, as diferenças de produtividade entre o híbrido antigo e o híbrido contemporâneo foram acentuadas à medida em que se aumentou a população (Figura 1A).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das principais variáveis avaliadas no trabalho.

Causa de variação	G.L	Rendim. Grãos		Grãos espiga <sup>1</sup>		Grãos área <sup>1</sup>		I.A.F.		Antese/espigam.	
		Q.M.	P > F	Q.M.	P > F	Q.M.	P > F	Q.M.	P > F	Q.M.	P > F
Repet.	2	1.098.024	-	5.991	-	321.490	-	1.391	-	5,7	-
Híbrido	1	30.002.00	0,027*	36.192	0,025*	3.925.746	0,012*	0,155	0,57	38,5	0,06
Erro (a)	2	968.245	-	1.099	-	64.731	-	0,157	-	2,23	-
Densidade	4	10.347.29	0,00035*	30.326	0,0006*	2.451.242	0,0002*	15,98	0,0001*	34,88	0,0002*
Hib x Den	4	4.134.381	0,049*	6.460	0,043*	480.042	0,045*	480.042	0,045*	5,45	0,03*
Erro (b)	16	1.135.563	-	1.842	-	117.362	-	117.362	-	1,59	-
Total	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V. a (%)	-	5,09		4,03		4,19		5,41		8,6	
C.V. b (%)	-	12,33		11,67		12,63		15,7		7,7	
Causa de variação	G.L	AMSPL <sup>1/</sup>		AMSESP <sup>2/</sup>		AMSPLPG		AMSESPG		PMSESP	
		Q.M.	P > F	Q.M.	P > F	Q.M.	P > F	Q.M.	P > F	Q.M.	P > F
Repet.	2	0,208	-	0,024	-	0,000037	-	0,00000	-	0,022	-
Híbrido	1	0,0033	0,82	0,0097	0,50	0,000207	0,006*	0,00007	0,048*	0,028	0,36
Erro (a)	2	0,0058	-	0,014	-	0,000002	-	0,00001	-	0,020	-
Densidade	4	15,72	0,0001*	0,521	0,0001*	0,000012	0,25	0,00000	0,46	0,021	0,36
Hib x Dens	4	0,689	0,296	0,0058	0,57	0,000060	0,61	0,00000	0,46	0,019	0,41
Erro (b)	16	0,512	-	0,0078	-	0,000088	-	0,00000	-	0,018	-
Total	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V. a (%)	-	3,83		11,0		3,03		7,45		33,07	
C.V. b (%)	-	25,38		18,1		47,6		27,13		69,43	

\* Efeito significativo (P<0,05);

<sup>1/</sup> Acúmulo diário de massa seca da planta na fase crítica à definição do número de grãos;

<sup>2/</sup> Acúmulo de massa seca da espiga na fase crítica à definição do número de grãos;

<sup>3/</sup> Acúmulo de massa seca da cultura necessário à produção de grãos;

<sup>4/</sup> Acúmulo de massa seca da espiga necessário à produção de grãos;

<sup>5/</sup> Partição de massa seca à espiga;

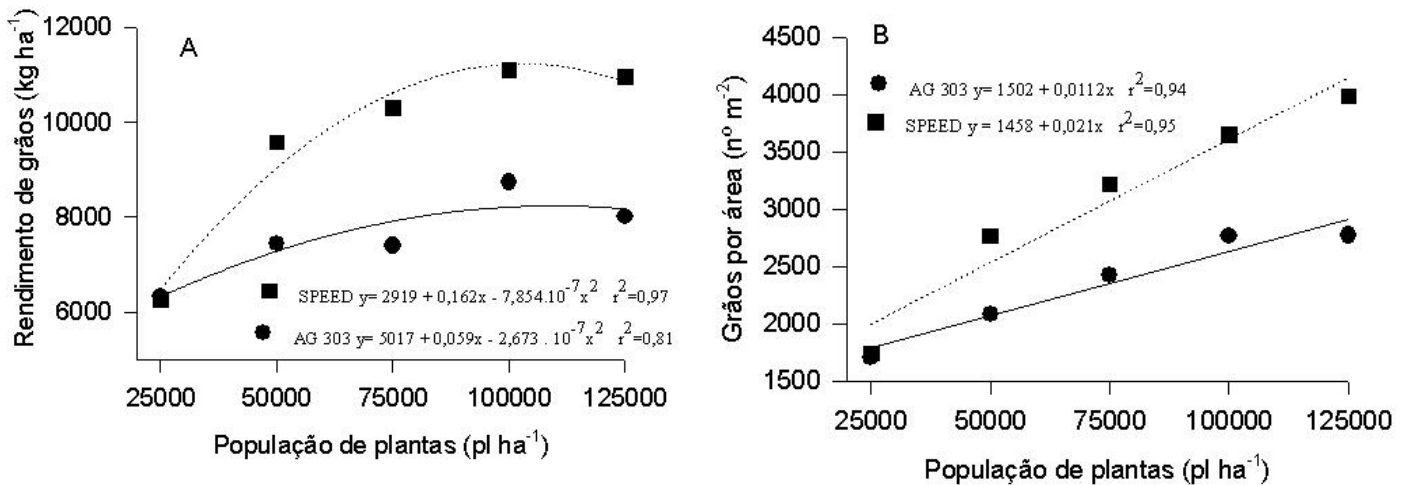


Figura 1. Efeito da densidade de plantas sobre o rendimento de grãos (A) e número de grãos produzidos por área (B) de dois híbridos de milho contrastantes quanto a tolerância ao adensamento. Lages, SC, 2002/3.

Não houve diferenças significativas entre os genótipos para número de espigas por planta e peso de 1.000 grãos. Por outro lado, a interação híbrido x densidade interferiu significativamente no número de grãos produzidos por espiga. Este componente foi reduzido linearmente com o incremento na população em ambos os híbridos (Figura 3A). Todavia, a taxa de redução com o adensamento no Speed equívaleu a 68,7% daquela observada no Ag 303, o que contribuiu para a maior produção de grãos por área do híbrido contemporâneo nas densidades mais altas (Figura 1B).

A pequena extensão do período antese-espigamento é importante para a eficiência da fertilização na cultura do milho, tendo em vista a curta duração do período de antese e a baixa longevidade dos grãos de pólen (SANGOI, 2001; LIZASO et al., 2003). A natureza protândrica da planta de milho estimula o incremento no intervalo entre o florescimento masculino e o feminino sob condições de estresse, tais como deficiência hídrica, nutricional ou alta densidade populacional (SANGOI & SALVADOR 1998b; EDMEADES et al., 2000;). Este comportamento foi evidenciado nos dois materiais, que aumentaram a defasagem entre antese e espigamento proporcionalmente ao adensamento (Figura 3B). O intervalo entre a liberação dos grãos de pólen e a exteriorização dos estigmas foi sempre maior para o Ag 303 do que no Speed. Além disto, para cada 10.000 plantas adicionadas, houve um incremento na duração deste subperíodo de 0,78 dias para o Ag 303 e de 0,41 dias para o Speed. Assim, as diferenças entre genótipos se acentuaram nas populações mais altas, o que contribuiu para a menor produção de grãos por espiga, por área e menor resposta do rendimento de grãos do híbrido antigo ao incremento da população (Figuras 1A, 1B e 3A).

O incremento na população diminuiu a massa seca acumulada pela parte aérea da planta e pelas espigas na fase crítica à definição do número de grãos produzidos por área, independente da cultivar (Figuras 4A e 4B). Neste sentido, o ganho diário de massa seca dos genótipos com 125.000 pl ha<sup>-1</sup> equívaleu a 26,7% dos valores observados na menor densidade utilizada no trabalho.

Por outro lado, corroborando com as observações feitas por EDMEADES et al. (2000) e SANGOI et al. (2002a), o

adensamento incrementou a protândria, estimulando a maior partição da massa seca total à inflorescência masculina (Figura 5). Nas densidades mais altas, os ganhos diários de massa seca no pendão, da fase de emborrachamento até a antese, equívaleu a 30% do incremento de massa seca total da planta no período crítico à definição do número de grãos dos dois híbridos. Não houve efeito significativo da população de plantas sobre a partição de massa seca à espiga, a qual oscilou entre 15 a 19%, dependendo da densidade (Figura 5). Comparando-se a partição de massa seca às duas inflorescências, verifica-se que até 75.000 pl ha<sup>-1</sup> houve percentualmente maior alocação de massa seca às espigas, situação que se inverteu nas densidades de 100.000 e 125.000 pl ha<sup>-1</sup>.

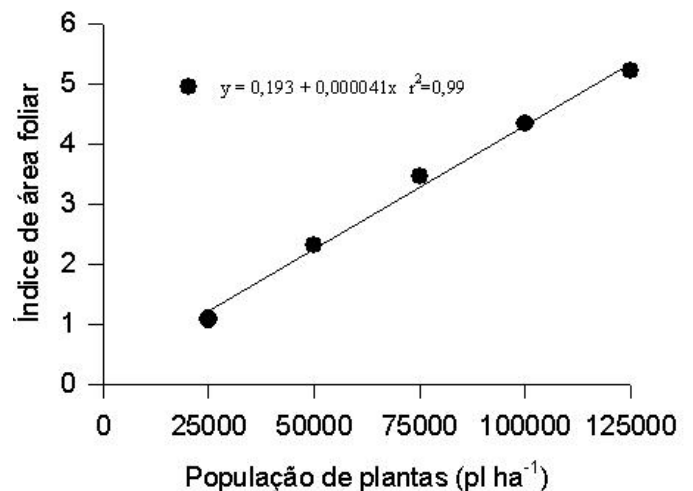


Figura 2 - Efeito da população de plantas sobre o índice de área foliar médio de dois híbridos contrastantes quanto a tolerância ao adensamento. Lages, SC, 2002/3.

Tabela 2 - Características morfológicas, produção e distribuição de massa seca na fase crítica à definição do número de grãos produzidos por área de dois híbridos de milho, na média de cinco densidades de semeadura. Lages, SC, 2002/3.

Parâmetro	Ag 303	Speed
Estatura de planta (cm)	256*	247
Folhas totais produzidas (n°)	22,2*	21,0
Folhas intactas na antese <sup>1/</sup> (n°)	8,4	8,1
Acúmulo de massa seca na espiga <sup>2/</sup> (mg pl <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	505	470
Acúmulo de massa seca no pendão <sup>2/</sup> (mg pl <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	182	171
Acúmulo de massa seca na planta <sup>2/</sup> (mg pl <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	2830	2809
Partição de massa seca à espiga <sup>3/</sup> (%)	18	17
Partição de massa seca ao pendão <sup>3/</sup> (%)	20	16
Acúmulo de massa seca da cultura à produção de grãos <sup>4/</sup> (mg dia <sup>-1</sup> grão <sup>-1</sup> )	7,1*	5,3
Acúmulo de massa seca nas espigas à produção de grãos <sup>4/</sup> (mg dia <sup>-1</sup> grão <sup>-1</sup> )	1,5*	1,1

\* Diferenças entre médias significativas pelo teste t (P<0,05) na linha;

<sup>1/</sup> Folhas com mais de 80% da lâmina não dilacerada pelo granizo;

<sup>2/</sup> (Massa seca da espiga, pendão ou planta no enchimento de grãos – massa seca da espiga, pendão ou planta na pré-floração)/28

<sup>3/</sup> Acúmulo de massa seca na espiga ou pendão/acúmulo de massa seca na planta;

<sup>4/</sup> [(Massa seca acumulada pela cultura ou pelas espigas por m<sup>2</sup> no enchimento de grãos – massa seca acumulada por m<sup>2</sup> na pré-floração)/28]/número de grãos produzidos;

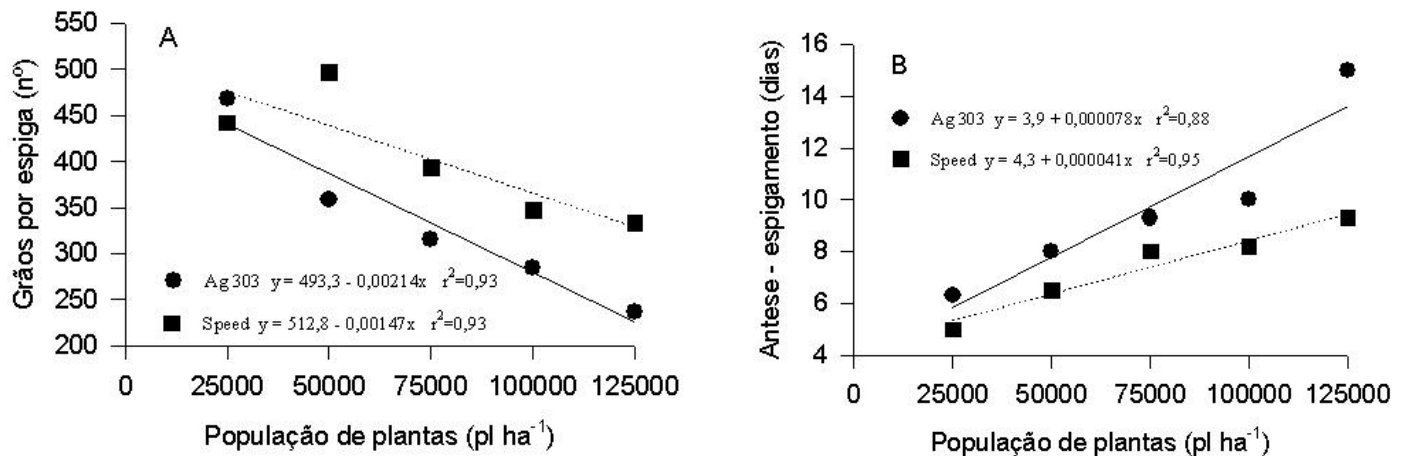


Figura 3 - Efeito da população de plantas sobre o número de grãos por espiga (A) e intervalo antese-espigamento (B) de dois híbridos de milho contrastantes quanto a tolerância ao adensamento. Lages, SC, 2002/3.

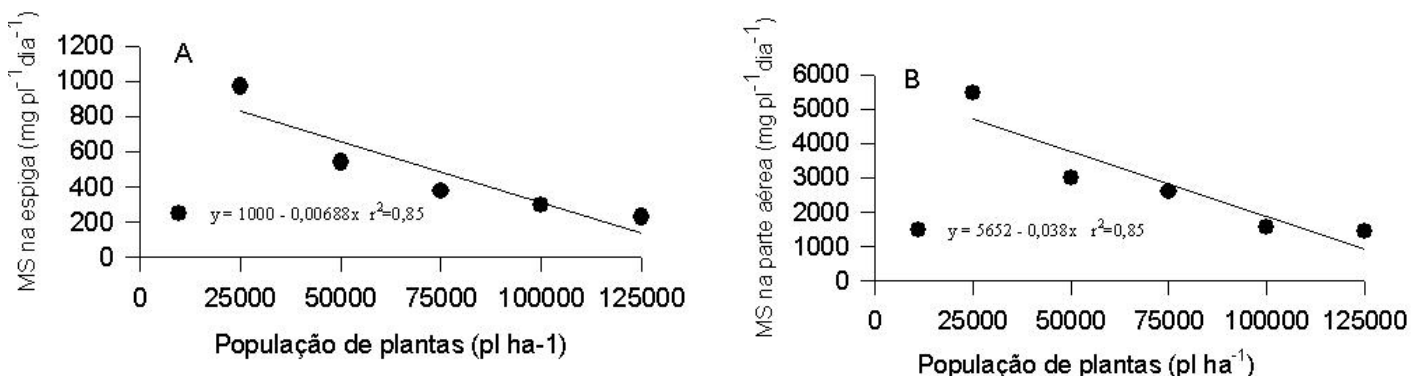


Figura 4 - Efeito da população de plantas sobre o acúmulo médio de massa seca (MS) na espiga (A) e parte aérea da planta (B) de dois híbridos de milho na fase crítica à definição do número de grãos. Lages, SC, 2002/3.

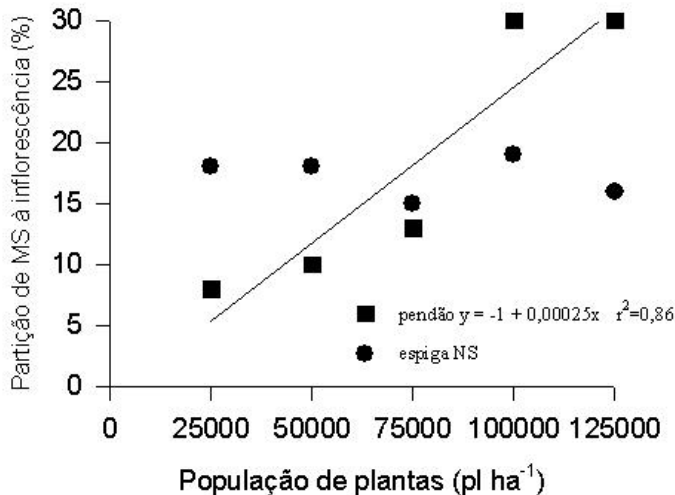


Figura 5 - Partição de massa seca (MS) às inflorescências na fase crítica a formação do número de grãos por área, de híbridos de milho contrastantes quanto a tolerância ao adensamento. Lages, SC, 2002/3.

Segundo ANDRADE et al. (1999) e VEGA et al. (2001), a planta de milho necessita externar taxas de crescimento superiores a 1 g dia<sup>-1</sup> durante o período crítico para a produção de grãos. No presente estudo, as taxas diárias de acúmulo superaram em pelo menos 50% este valor, mesmo nas densidades mais altas (Figura 4B). Estas taxas de crescimento indicam uma condição fisiológica satisfatória de ambos os híbridos no período crítico à formação dos grãos, justificando os altos valores de densidade ótima estimados para o rendimento (Figura 1A).

Não houve diferenças significativas entre os híbridos quanto ao acúmulo e partição de massa seca na parte aérea da planta e espigas (Tabelas 1 e 2). Isto demonstra que a resposta diferencial do rendimento de grãos das cultivares à elevação da densidade não esteve relacionada à capacidade da planta de acumular massa seca na parte aérea no início do enchimento de grãos. Por outro lado, o híbrido Speed necessitou acumular menor quantidade de massa seca na planta e espiga para cada grão colhido. Portanto, o maior número de grãos por área denotado pelo Speed (Figura 1B) nas densidades mais altas esteve associado a sua maior eficiência em converter em grãos a massa seca acumulada pela planta na fase crítica à definição deste componente do rendimento.

## CONCLUSÕES

O rendimento de grãos do híbrido Speed apresentou maiores incrementos do que o do Ag 303 com o aumento da população de plantas, devido a maior sincronia entre a antese-espigamento, maior produção de grãos por espiga e por área.

Não houve diferenças entre os genótipos nas taxas de produção e alocação de massa seca da parte aérea da planta e inflorescências na fase crítica à definição do número de grãos;

O híbrido Speed produziu maior número de grãos por unidade de biomassa alocada à inflorescência feminina na fase crítica à definição deste componente do rendimento, o

que contribuiu para a sua melhor performance agrônômica em estandes adensados.

## ABSTRACT

Maize cultivars differ on their response to the increment in plant density. This work was performed to evaluate the effect of increasing plant population on grain yield, dry mass production and partition during the critical period to define kernel number per area of hybrids with contrasting tolerance to crowding. The experiment was conducted in Lages, SC, during the 2002/3 growing season in a split plot design. Two genotypes were assessed in the main plot: Ag 303, a double-cross hybrid, commercially released in the middle 80's, intolerant to crowding; and Speed, a single-cross hybrid, commercially released in 2002/3, adapted to high plant densities. Five plant populations were evaluated in the split plots: 25,000, 50,000, 75,000, 100,000 and 125,000 pl ha<sup>-1</sup>. Grain yield, yield components, shoot dry mass production and partition at the beginning of grain filling were estimated. Grain yield of Speed was more responsive to the increment in plant population from 25,000 to 100,000 pl ha<sup>-1</sup> due to its better synchrony between pollen shed and silking, higher kernel production per ear and area, in comparison to Ag 303. There was no difference between hybrids regarding to shoot and ear dry mass accumulation rates. The single-cross hybrid Speed was more efficient to convert its accumulated shoot dry mass at flowering to grain production.

Key words: *Zea mays*, population, grains per area, partition.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M.L. de; MEROTTO Jr., A.; SANGOI, L.; et al. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.23-29, 2000.
- ANDRADE, F.H.; VEGA, C.; UHART, S.; et al. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v. 39, n.2, p. 453-459, 1999.
- ANDRADE, F.H.; ECHARTE, L.; RIZZALLI, R. A.; et al. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water Stress. **Crop Science**, Madison, v. 42, n.6, p. 1173-1179, 2002.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p.1075-1084, 2001.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1995. 223p.
- DUVICK, D.N.; CASSMAN, K.G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. **Crop Science**, Madison, v.39, n.6, p.1622-1630, 1999.
- EDMEADES, G.O.; BOLAÑOS, J.; ELINGS, A.; et al. The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize. In: WESTGATE, M.E.; BOOTE, K.J. **Physiology and modeling kernel set in maize**. Madison: CSSA, 2000, cap.3, p. 43-73.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.
- GARDNER, F.P.; PEARCE, R.G.; MITCHELL, R.L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University, 1985. 327p.
- LIZASO, J.I.; WESTGATE, M.E.; BATCHELOR, W.D.; et al. Predicting potential kernel set in maize from simple flowering

- characteristics. **Crop Science**, Madison, v.43, n.3, p.892-903, 2003.
- MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E.; CIRILO, A.G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.71, n.1, p.183-193, 2001.
- OTEGUI, M.; ANDRADE, F.H. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. In: WESTGATE, M.E.; BOOTE, K.J. **Physiology and modeling kernel set in maize**. Madison:CSSA, 2000, cap.5, p. 89-102.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).
- 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.; SALVADOR, R.J. Influence of plant height and leaf number on maize production at high plant densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.2, p. 297-306, 1998a.
- SANGOI, L.; SALVADOR, R.J. Effect of maize plant detasseling on grain yield tolerance at high plant density an drought stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, p. 677-684, 1998b.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; et al. Bases morfo-fisiológicas para a maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.2, p.101-110, 2002a.
- SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.76, n.1, p.39-51, 2002b.
- SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; REZERA, F.; et al. Resposta de híbridos de milho à densidade de plantas, em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.585-595, 1999.
- SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Fatores determinantes da escolha da densidade de plantas em milho. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages, **Resumos expandidos...** Lages:UDESC, 2003. v.4. p.25-29.
- TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, v.37, n.2, p. 305-311, 1992.
- TOLLENAAR, M.; LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.75, n.1, p.161-169, 2002.
- VEGA, C.R.C.; ANDRADE, F.H.; SADRAS; et al. Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize. **Crop Science**, Madison, v.41, n.3, p.748-754, 2001.