

# SUSTENTABILIDADE DO COLMO EM HÍBRIDOS DE MILHO DE DIFERENTES ÉPOCAS DE CULTIVO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAS

## MAIZE STALK SUSTAINABILITY IN MAIZE HYBRIDS FROM DIFFERENT ERAS AS AFFECTED BY PLANT DENSITY

Luís Sangoi<sup>1</sup>; Milton Luiz de Almeida<sup>2</sup>; Marcos Antônio Gracietti<sup>3</sup>; Paula Bianchet<sup>3</sup>, Delson Horn<sup>4</sup>

### RESUMO

O incremento na densidade de plantas aumenta a interceptação da radiação solar pela cultura do milho. Contudo, ele também estimula o estiolamento, favorecendo o acamamento e quebra de colmos. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar os efeitos da densidade populacional sobre a arquitetura de planta, sustentabilidade do colmo e rendimento de grãos de híbridos de milho cultivados em diferentes épocas. O experimento foi instalado no município de Lages, SC, em 20/10/2000. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas. Na parcela principal foram avaliados os híbridos duplos Agroceres 12 (Ag 12), Agroceres 303 (Ag 303) e o híbrido simples DeKalb 929 (DKB 929), liberados comercialmente para cultivo nas décadas de 70, 80 e 90, respectivamente. Nas subparcelas foram testadas quatro populações de planta: 25.000, 50.000, 75.000 e 100.000 pl ha<sup>-1</sup>.

Foram avaliadas características morfológicas, alométricas, percentagem de plantas acamadas e quebradas, bem como o rendimento de grãos das plantas eretas e prostradas de cada subparcela. A densidade de plantas não interferiu sobre a ocorrência do acamamento. O aumento do número de plantas de 25.000 para 100.000 pl ha<sup>-1</sup> estimulou maior quebra de colmos dos híbridos

Ag 12 e Ag 303, não interferindo sobre a sustentabilidade dos colmos do híbrido DKB 929.

Características como baixa altura relativa

de inserção de espiga e alta homogeneidade no diâmetro do colmo contribuíram para minimizar a quebra de colmos antes da colheita no híbrido DKB 929. A sustentabilidade do colmo é fundamental para que o rendimento potencial de híbridos de milho possa ser devidamente explorado através do aumento na densidade de plantas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, acamamento, quebra, rendimento de grãos.

### SUMMARY

The increment in plant density enhances the radiation interception period by maize. Nonetheless, it also stimulates etiolation, favoring root and stem lodging. This experiment was conducted aiming to evaluate the effects of population density on plant architecture, stalk sustainability and grain yield of maize hybrids from different eras. The experiment was installed in Lages, SC, on 10/20/2000. A split plot design was used. Hybrids Agroceres 12 (Ag 12), Agroceres 303 (Ag 303) and Dekalb 929 (DKB 929), commercially released in the 70's, 80's and 90's, respectively, were tested in the main plots. Plant populations equivalent to 25,000, 50,000, 75,000 and 100,000 pl ha<sup>-1</sup> were assessed in the split plots. Morphological and allometric traits, root and stem lodging, grain production of erect and prostrated plants were determined. Plant population density did not affect root lodging. The increase in plant number per hectare from 25,000 to 100,000 stimulated greater stalk lodging for hybrids Ag 12 and Ag 303, but did not interfere with DKB 929 stem sustainability. Traits such as low ear-to-plant height ratio and high stem diameter homogeneity were instrumental to mitigate DKB 929's stalk lodging before

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Ph.D. – Professor, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV. Av. Luiz de Camões, 2090, 88.520-000. Lages, SC. E-mail: a2ls@cav.udesc.br.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Doutor – Professor, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

<sup>3</sup> Acadêmicos do curso de Agronomia CAV/UDESC. - <sup>4</sup> Acadêmico do curso de Mestrado em Ciência do Solo CAV/UDESC.

harvesting. Maize stem sustainability is fundamental to properly explore commercial hybrids yield potential through the use of high plant populations.

**KEY WORDS:** *Zea mays*, lodging, breakage, grain yield

## INTRODUÇÃO

O milho é uma das espécies de importância agrícola que apresenta maior potencial de utilização da radiação solar para a conversão de carbono mineral em carbono orgânico e o seu posterior acúmulo nos grãos (SLAFFER & OTEGUI, 2000). Para viabilizar este potencial, há necessidade de maximizar a duração do período de interceptação da radiação incidente (WESTGATE et al., 1997). A eficiência de interceptação desta radiação e sua conversão em fitomassa dependem de fatores climáticos, edáficos e de manejo, destacando-se as práticas culturais que interferem sobre a densidade e o arranjo de plantas (SANGOI, 2001).

O incremento na densidade de plantas e a redução no espaçamento entre-linhas são duas estratégias de manejo que auxiliam a cultura a fechar os espaços disponíveis mais rapidamente, aumentando a eficiência de interceptação da radiação incidente (ARGENTA et al., 2001). Por outro lado, altas densidades de plantas interferem na quantidade e qualidade da radiação que atinge o interior do dossel, aumentando a susceptibilidade da lavoura ao acamamento e quebra de colmos (RAJCAN & SWANTON, 2001).

O incremento da densidade de plantas reduz a disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento dos grãos e manutenção das demais estruturas do vegetal (SANGOI et al., 2000). Após a floração, o fluxo de fotoassimilados dentro da planta é direcionado prioritariamente aos grãos. Quando o aparato fotossintético não produz carboidratos em quantidade suficiente para a manutenção de todos os drenos, a maior demanda exercida pelos grãos por estes produtos leva os tecidos da raiz e da base do colmo a senescerem precocemente, fragilizando estas regiões (TOLLENAAR et al., 1994).

Altas densidades de plantas também interferem na qualidade da luz que atinge o interior da comunidade, incrementando a

quantidade de vermelho extremo (VE) e diminuindo a quantidade de vermelho (V) (RAJCAN & SWANTON, 2001). O aumento da relação VE/V altera diversas características morfológicas que interferem na arquitetura de planta, estimulando a dominância apical e a alongação de entre-nós, diminuindo o diâmetro de colmo e suprimindo a produção de afilhos (BALLARÉ & CASSAL, 2000). Estas alterações aumentam a percentagem de plantas acamadas e quebradas.

Os híbridos de milho diferem consideravelmente em diversas características morfológicas, tais como altura de planta, altura de inserção de espiga, número de folhas, comprimento de folha, área e ângulo de inserção foliar (STEWART & DWYER, 1997). Estas diferenças tem efeito pronunciado sobre a interceptação e a atenuação da radiação incidente, afetando a resposta da cultura a variações na população de plantas.

Grande ênfase tem sido dada pelos programas de melhoramento de milho do sul do Brasil ao desenvolvimento de híbridos com baixa exigência calórica para florescer, caracterizados pelo porte baixo, menor número de folhas e pela presença de folhas eretas (ALMEIDA et al., 2000, SANGOI et al., 2002a). Este ideotipo compacto pode contribuir para melhorar a sustentabilidade das plantas ao final do ciclo, em relação aos híbridos cultivados no passado, principalmente quando semeados em alta densidade de planta. Contudo, são escassos os estudos avaliando os efeitos do arranjo de plantas sobre a percentagem de plantas acamadas e quebradas de híbridos representativos de diferentes épocas de cultivo, sob condições edafo-climáticas e de manejo semelhantes (SANGOI et al., 2002b). Tais trabalhos são relevantes, pois genótipos com alto potencial produtivo são freqüentemente rejeitados durante o processo de seleção devido a problemas com sustentabilidade da planta na colheita (HONDROYIANNI et al., 2000).

Este experimento foi conduzido objetivando avaliar o efeito do incremento da população de plantas

sobre o rendimento de grãos e características morfo-fisiológicas ligadas ao acamamento e quebra de colmos, em híbridos de milho cultivados expressivamente no sul do Brasil nas últimas décadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na cidade de Lages durante o ano agrícola de 2000/2001. O local experimental está situado a 27°52' de latitude sul e 50°18' de longitude oeste. O clima da região é classificado por Köppen como Cfb, apresentando verões amenos, invernos rigorosos e precipitação pluvial adequada durante o ano todo. O solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com três repetições por tratamento. Na parcela principal foram avaliados os híbridos duplos Agrocere 12 (Ag 12), Agrocere 303 (Ag 303), e o híbrido simples Dekalb 929 (DKB 929), liberados comercialmente para cultivo nas décadas de 70, 80 e 90, respectivamente. Os três híbridos testados foram (Ag 12 e Ag 303) ou ainda são (DKB 929) cultivados expressivamente por pelo menos três anos após o seu lançamento no sul do Brasil, apresentando uma exigência calórica para florescimento de 920, 840 e 835 UC, respectivamente. Nas subparcelas foram testadas quatro populações de planta: 25.000, 50.000, 75.000 e 100.000 pl ha<sup>-1</sup>. Cada subparcela foi composta por seis linhas, com sete metros de comprimento, espaçadas de 75 cm entre si.

O experimento foi instalado manualmente em 20/10/2000, no sistema de semeadura direta, sobre uma cobertura de inverno de aveia preta. As sementes de cada híbrido foram tratadas antes da semeadura com o inseticida thiametoxan, na dose de 40 g de i.a. do produto para cada 100 kg de sementes, visando prevenir o ataque de pragas de solo na fase de semeadura-emergência. Utilizou-se barbantes marcados com as distâncias pertinentes a cada densidade de plantas para posicionar as sementes adequadamente no sulco de semeadura. Aplicou-se à superfície do solo, sobre os sulcos de semeadura, quantidades equivalentes a 30 kg de N, 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg de K<sub>2</sub>O por hectare durante a semeadura. As quantidades aplicadas de nitrogênio, fósforo e potássio foram definidas em função dos valores de reposição sugeridos pela COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS-SC (1995) em lavouras de milho com expectativa de rendimento superior a 6.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Uma mistura de atrasina (1.400 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e metolachlor (2.100 g i.a. ha<sup>-1</sup>) foi aplicada logo após a semeadura para controle de plantas daninhas em pré-emergência. Efetuou-se desbaste para ajustar a densidade aos valores pré-estabelecidos em cada tratamento quando o milho se encontrava com três folhas expandidas. Aplicou-

se 80 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio em cobertura quando as plantas se encontravam com cinco folhas expandidas. Utilizou-se a uréia como fonte de fertilizante nitrogenado.

Após o desbaste, escolheu-se cinco plantas ao acaso na linha dois de cada subparcela, nas quais marcou-se com tinta não lavável a quarta e a oitava folha totalmente expandidas. Estas plantas foram utilizadas na floração para determinação do número total de folhas por planta, do comprimento de folha, do ponto de inflexão da folha e da área foliar. O comprimento foliar foi avaliado medindo-se a distância do colar até a extremidade da folha índice e de duas folhas acima e abaixo desta. As mesmas folhas foram utilizadas na estimativa do ponto de inflexão da folha (distância entre o colar e o ponto em que a folha iniciou a vergar). A área foliar foi estimada através da expressão  $A = C \times L \times 0,75$ , em que C e L representam o comprimento e a largura máxima da folha, respectivamente, de acordo com procedimento descrito por TOLLENAAR (1992).

A estatura da planta (EP) e a altura de inserção de espiga (AIE) foram determinadas amostrando-se cinco plantas da área útil quando as mesmas se encontravam no estágio R3 (grão leitoso) da escala de RITCHIE & HANWAY (1993). Com base nestes dois parâmetros, foi calculada a altura relativa da espiga (ARE), através da expressão  $ARE = AIE/EP$ . As plantas foram mantidas sob condição natural de precipitação durante todo o ciclo da cultura. No dia da colheita do ensaio, amostrou-se, com o auxílio de um paquímetro, cinco plantas para a determinação do diâmetro do colmo no segundo entre-nó expandido acima do nível do solo (DCS) e na zona de inserção da espiga superior (DCE). Considerando-se estes dois valores, determinou-se a homogeneidade no diâmetro do colmo (HDC), através da expressão  $HDC = DCE/DCS$ . Posteriormente efetuou-se a contagem de todas as plantas das linhas quatro e cinco das subparcelas, excetuando-se meio metro na extremidade de cada linha. Com base nestes indivíduos, que compuseram a área útil, estimou-se a porcentagem de acamamento e quebra de colmos. As plantas foram consideradas acamadas quando o ângulo entre a base do colmo e o nível do solo foi inferior a 45°. Foram considerados quebrados os colmos que apresentavam ruptura significativa no seu tecido de sustentação abaixo do ponto de inserção da espiga superior.

A colheita da área útil foi realizada quando todas as folhas da planta estavam senescidas e a umidade do grão situava-se entre 18 e 22°. Na operação de colheita foram separadas, em embalagens distintas, as espigas coletadas nas plantas tombadas e nas eretas. As espigas foram despalhadas, trilhadas, secas e os grãos pesados separadamente. Com base nos valores obtidos, foram obtidos dois valores para o rendimento de grão em cada tratamento: o

primeiro considerou a produtividade de todas as plantas colhidas na área útil (rendimento total); o segundo considerou apenas a produção das plantas eretas (rendimento hipotético para lavouras com colheita mecanizada, considerando-se que as plantas quebradas não seriam colhidas).

Os dados foram analisados estatisticamente através de análise de variância. Os valores referentes a acamamento e quebra de plantas foram transformados previamente a análise, utilizando-se a expressão  $(x + 1)^{1/2}$ . Os valores de F foram considerados significativos ao nível de significância de 5%. As diferenças entre médias dos híbridos foram confrontadas através do teste de Duncan, ao nível de significância de 5%. Quando o efeito de densidade foi significativo, efetuou-se análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático e selecionando-se o que apresentou melhor ajuste aos dados obtidos.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Observou-se diferenças significativas entre os híbridos quanto aos parâmetros ligados à arquitetura de planta. Independentemente da densidade de plantas, o híbrido liberado para cultivo na década de 90 DKB 929 externou menor número e comprimento de folha, menor área foliar, menor estatura de planta e maior ponto de inflexão das folhas do que os híbridos cultivados nas décadas de 70 e 80 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características agronômicas de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo nas décadas de 70 (Ag 12), 80 (Ag 303) e 90 (DKB 929), em quatro populações de planta. Lages, SC, 2000/2001.

Híbrido	Plantas Acamadas (%)					Folhas totais (n°)					Comprimento de folha (cm)				
	25000	50000	75000	100000	Média	25000	50000	75000	100000	Média	25000	50000	75000	100000	Média
Ag 12	0,0	0,0	1,8	4,4	1,2	23,7	23,7	23,7	22,0	23,2 a	85	82	79	77	81 a
Ag 303	1,7	2,3	2,2	2,2	2,1	23,0	22,0	21,7	22,3	22,2 a	89	88	85	83	86 a
DKB 929	0,0	0,0	1,0	0,0	0,2	20,3	20,0	20,0	19,3	18,4 b	80	76	72	67	73 b
Média	0,5	0,8	1,2	1,9	1,1n.s.	22,3	21,8	19,8	21,2	21,3	86 A	83 B	78 C	75 D	80
	Ponto de inflexão da folha (cm)					Área foliar (cm <sup>2</sup> )					Estatura de planta (cm)				
	25000	50000	75000	100000	Média	25000	50000	75000	100000	Média	25000	50000	75000	100000	Média
Ag 12	28	28	28	28	28 b	10375	8085	7437	6558	8114 a	302	309	303	295	302 a
Ag 303	28	26	29	28	27 b	10620	9310	7997	6720	8661 a	281	288	297	288	288 b
DKB 929	38	39	42	40	40 a	8641	7826	6633	6167	7316 b	246	248	258	256	252 c
Média	31	32	31	30	31	9879 A	8407 B	7355 C	6482 D	8031	276 B	282 AB	286 A	280 AB	281
	Altura de inserção de espiga (cm)					Altura relativa da espiga <sup>1/</sup>					Homogeneidade do diâmetro de colmo <sup>2/</sup>				
	25000	50000	75000	100000	Média	25000	50000	75000	100000	Média	25000	50000	75000	100000	Média
Ag 12	157	163	165	161	161 a	0,52	0,53	0,54	0,54	0,53 a	0,66	0,69	0,68	0,71	0,69 b
Ag 303	125	139	147	142	138 b	0,44	0,48	0,49	0,49	0,48 b	0,72	0,73	0,69	0,76	0,72 b
DKB 929	90	95	101	107	98.1	0,37	0,38	0,39	0,41	0,39 c	0,78	0,76	0,78	0,79	0,78 a
Média	123 C	132 B	137 A	137 A	132	0,44	0,46	0,48	0,48	0,47	0,72	0,72	0,72	0,76	0,73

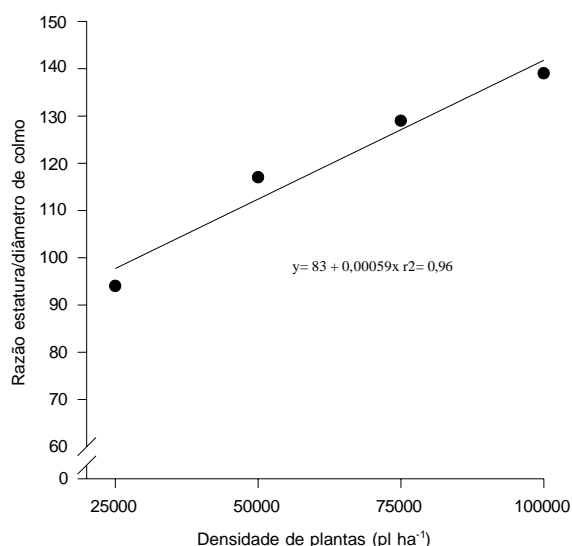
\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%; n.s. diferenças entre médias não significativas;

<sup>1/</sup> Altura relativa de espiga= altura de inserção de espiga/estatura de planta;

<sup>2/</sup> Homogeneidade do diâmetro de colmo= diâmetro de colmo no entre-nó de inserção da espiga/diâmetro de colmo ao nível do solo.

O incremento na densidade de plantas de 25.000 para 100.000 pl ha<sup>-1</sup> aumentou linearmente a relação entre estatura de planta e diâmetro de colmo dos híbridos analisados (Figura 1). Para cada 10.000 plantas adicionadas à lavoura, esta relação foi incrementada em 5,9 unidades. Este comportamento confirmou o efeito de estiolamento reportado por BALLARÉ & CASSAL (2000) e por RAJCAN & SWANTON (2001), decorrente das alterações na quantidade e qualidade da radiação incidente verificada em ambientes de alta competição intraespecífica.

**Figura 1.** Relação entre estatura de planta e diâmetro de colmo ao nível do solo de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo nas décadas de 70 (Ag 12), 80 (Ag 303) e 90 (DKB 929) em função da densidade de plantas. Lages,



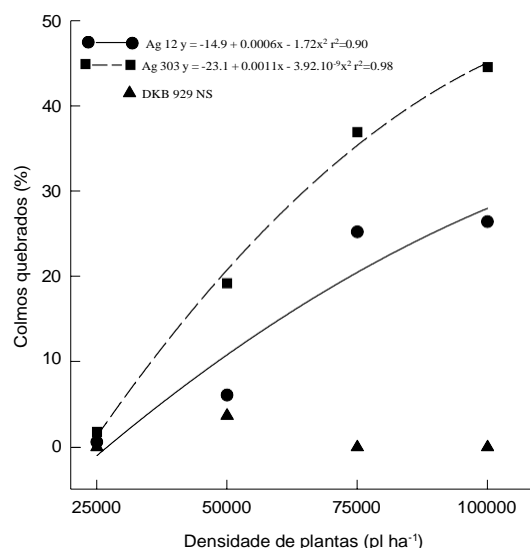
SC, 2000/2001.

A percentagem de plantas acamadas foi inferior a 5% em todas as subparcelas, não sendo afetada significativamente pelos tratamentos avaliados (Tabela 1). O efeito do incremento na população de plantas sobre a quantidade de plantas quebradas variou de acordo com o híbrido (Figura 2). O aumento do número de plantas por hectare estimulou maior quebra de colmos dos híbridos antigos Ag 12 e Ag 303. Por outro lado, o híbrido moderno DKB 929 manteve todas as plantas com colmos eretos até a maturação de colheita, mesmo quando cultivado com 100.000 pl ha<sup>-1</sup>. Assim, em ambiente com baixa competição intraespecífica (25.000 pl ha<sup>-1</sup>), não houve diferenças significativas entre genótipos. Já nas populações mais altas, a incidência de plantas quebradas foi significativamente menor no híbrido cultivado na década de 90 do que nos

híbridos cultivados nas décadas de 70 e 80.

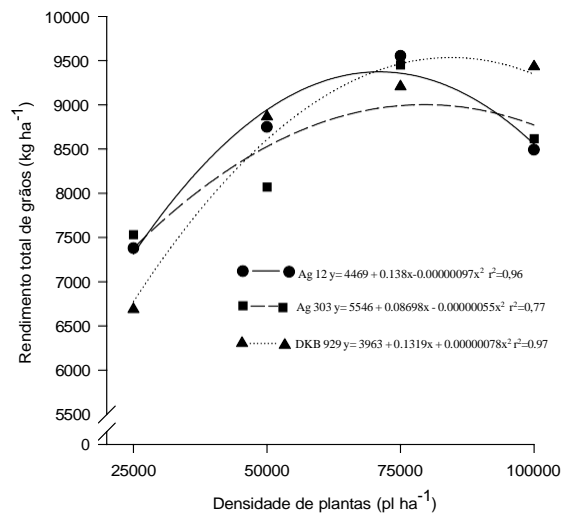
**Figura 2.** Quebra de colmos de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo nas décadas de 70, 80 e 90 em função da densidade de plantas. Lages, SC, 2000/2001.

A relação alométrica entre a altura de inserção da espiga superior no colmo e estatura de planta foi menor no híbrido contemporâneo do que nos híbridos antigos, em todas as densidades de planta (Tabela 1). Por outro lado, a relação entre diâmetro de colmo no entre-nó de inserção



da espiga e diâmetro do colmo no segundo entre-nó acima do nível do solo foi significativamente maior no híbrido moderno do que nos híbridos antigos, independentemente da população de plantas (Tabela 1).

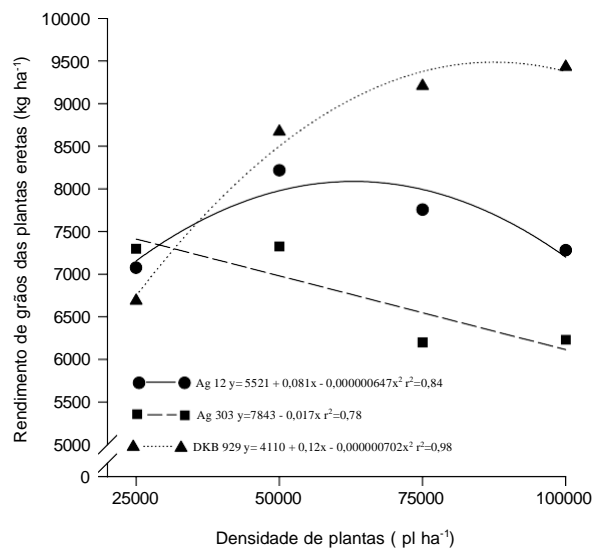
A resposta do rendimento total de grãos dos três híbridos testados foi quadrática (Figura 3). As densidades ótimas para maximizar os rendimentos totais de Ag 12, Ag 28 e DKB 929 foram 71.000, 79.000 e 85.000 pl ha<sup>-1</sup>, respectivamente. O nível de produtividade total alcançado pelo híbrido mais antigo (Ag 12) e o mais recente (DKB 929) foi semelhante, situando-se em torno de 9.500 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Rendimento total de grãos considerando plantas eretas e quebradas de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo nas décadas de 70, 80 e 90 em função da densidade de plantas. Lages, SC, 2000/2001

Da mesma forma, a diferença entre híbridos quanto ao número de plantas necessário para otimizar o aproveitamento dos recursos ambientais foi de apenas 16,5%. Este resultado é totalmente diferente do obtido quando apenas a produção das plantas que se mantiveram eretas até a colheita foi considerada (Figura 4). Neste caso, quanto maior a densidade de plantas, mais acentuada foi a superioridade produtiva do híbrido DKB 929 sobre os híbridos antigos Ag 12 e Ag 303. Enquanto a densidade ótima do híbrido moderno se manteve em 85.000 pl ha<sup>-1</sup>, a dos híbridos antigos diminuiu substancialmente em relação aos valores estimados para o rendimento total de grãos. Estes dados reforçam as ponderações feitas por DUVICK & CASSMAN (1999), TOLLENAAR & WU (1999) e por TOLLENAAR & LEE (2002) de que os maiores progressos com o melhoramento de milho foram obtidos através do aumento da tolerância dos híbridos modernos a estresses bióticos e abióticos

e não através do incremento do potencial de rendimento da espécie.



**Figura 4.** Rendimento de grãos considerando apenas a produção das plantas eretas de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo nas décadas de 70, 80 e 90 em função da densidade de plantas. Lages, SC, 2000/2001.

A arquitetura de planta contrastante entre os híbridos analisados interferiu nos efeitos diferenciados do incremento na densidade de plantas sobre a percentagem de colmos quebrados. A menor altura relativa de espiga do híbrido moderno (Tabela 1) foi benéfica para a manutenção das plantas eretas até a colheita (Figura 2). Quanto maior a relação entre altura de inserção de espiga e estatura de planta, mais deslocado está o centro de gravidade de planta, o que favorece a quebra de colmos. Este fato é particularmente relevante para espécies como o milho, que aloca cerca de 50% da fitomassa total nos grãos ao final do seu ciclo (SANGOI et al., 2002c). Assim, a menor distância entre o ponto de inserção da espiga e o solo do DKB 929 contribuiu para o melhor equilíbrio da planta, minimizando a quebra de colmos, principalmente nas densidades mais altas, nas quais o diâmetro desta estrutura é menor.

O diâmetro de colmo do milho reduz-se da base para o ápice (RITCHIE & HANWAY, 1993). A maior relação alométrica entre os diâmetros do colmo na zona de inserção da espiga e próximo do nível do solo do DKB 929

indicam que houve maior homogeneidade na espessura dos entre-nós nos terços inferior e médio das plantas do híbrido moderno, o que também pode ter propiciado melhor condição de sustentabilidade às plantas, em relação aos híbridos antigos.

As características foliares dos genótipos testados possivelmente interagiram com as variações na densidade de plantas, modificando quantitativa e qualitativamente a radiação incidente no interior da comunidade. Tais alterações também devem ter contribuído para as diferenças observadas na percentagem de plantas quebradas. O menor número de folhas e a presença de folhas mais curtas e eretas do híbrido contemporâneo (Tabela 1) provavelmente reduziram a absorção seletiva de radiação na faixa do vermelho pelos estratos superiores do dossel, diminuindo a relação vermelho extremo/vermelho e, conseqüentemente, o estiolamento. Diferenças entre híbridos de milho na interceptação e atenuação da radiação solar incidente foram reportadas por MADDONI & OTEGUI (1996). O ideotipo compacto de planta do híbrido moderno também pode ter minimizado o sombreamento intraespecífico em estandes adensados, aumentando a eficiência de interceptação da radiação solar por todos os estratos da comunidade. Com isto, incrementa-se a capacidade fotossintética da planta e a disponibilidade de fotoassimilados para formação de compostos estruturais que minimizem a fragilidade do colmo ao final do enchimento de grãos.

## CONCLUSÃO

1. O híbrido DKB 929 apresentou menor percentagem de plantas quebradas na colheita do que os híbridos antigos Ag 12 e Ag 303 quando cultivado em ambientes de alta competição intraespecífica.
2. A menor altura relativa de espiga e a maior homogeneidade no diâmetro de colmo contribuíram para prevenir a quebra de colmos do híbrido DKB 929 antes da maturação de colheita.
3. A resistência do colmo a quebra antes da colheita é fundamental para que o potencial produtivo de híbridos de milho possa ser devidamente explorado através do aumento na densidade de plantas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.
- ARGENTA, G., SILVA, P.R.F., SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p. 1075-1084, 2001.
- BALLARÉ, C.L., CASAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 67, n.1, p. 149-160, 2000.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995, 146p.
- 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, p. 1622-1630, 1999.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.
- HONDROYIANNI, E., PAPAKOSTA, D.K., GAGIANAS, A. A., TSATSARELIS, K.A. Corn stalk traits related to lodging resistance in two soils of differing salinity. **Maydica**, Bergamo, v. 45, p. 125-133, 2000.
- MADDONNI, G.A., OTEGUI, M.E. Leaf area, light interception, and crop development in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 48, p. 81-87, 1996.
- RAJCAN, I., SWANTON, C.J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.71, n. 1, p. 139-150, 2001.
- 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**, v. 31, n.1, p. 159-168, 2001.
- SANGOI, L., ENDER, M., GUIDOLIN, A.F., BOGO, A.; KOTHE, D. M. Evolução da tolerância a doenças de híbridos de milho de diferentes épocas em três populações



de planta **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.

SANGOI, L., ALMEIDA, M. L., SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfo-fisiológicas para a maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, 2002b, prelo.

SANGOI, L., GRACIETTI, M.A., RAMPAZZO, C., BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, prelo, 2002c

SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C. Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 259-267, 2002a.

STEWART, D.W., DWYER, L.M. Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 422-427, 1997.

SLAFFER, G.A.; OTEGUI, M. Is there a niche for physiology in future genetic improvement of maize yields? In: SLAFFER, G.A.; OTEGUI (Ed.). **Physiological bases for maize improvement**. New York: Haworth Press, 2000. cap.1, p.1-14.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, v.37, p. 305-311, 1992.

TOLLENAAR, M., LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 75, p. 161-169. 2002.

TOLLENAAR, M., MCCULLOUGH, D.E., DWYER, L.M. Physiological basis of the genetic improvement of corn. In: SLAFFER, G.A. **Genetic improvement of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1994. Cap.4, p.183-236.

TOLLENAAR, M., WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1597-1604, 1999.

WESTGATE, M.E., FORCELLA, F., REICOSKY, D.D., SOMSEN, J. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: Radiation-use efficiency and grain yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.49, n.2, p. 249-258, 1997.