

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE MILHO EM QUATRO SISTEMAS DE MANEJO

LUÍS SANGOI¹, PAULO REGIS FERREIRA DA SILVA², ADRIANO ALVES DA SILVA³, PAULO ROBERTO ERNANI⁴, DELSON HORN⁵, MÉRCIO LUÍS STRIEDER³, AMAURI SCHMITT⁶ e CLEBER SCHWEITZER⁶

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), C.P. 281, 88520-000, Lages, SC, Brasil. Bolsista do CNPq. E-mail: a2ls@cav.udesc.br. (Autor para correspondência).

²Eng^o Agr^o, Ph.D., Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), C.P. 15100, 90001-970, Porto Alegre, RS. Bolsista do CNPq. E-mail: paulo.silva@ufrgs.br.

³Alunos do Curso de Graduação em Agronomia da UFRGS. Bolsistas de Iniciação Científica do CNPq.

⁴Eng^o Agr^o, Ph.D., Professor da UDESC. Bolsista do CNPq. E-mail: a2pre@cav.udesc.br

⁵Aluno do Curso de Mestrado em Ciência do Solo da UDESC. Bolsista do CNPq.

⁶Alunos do Curso de Agronomia da UDESC. Bolsistas de Iniciação Científica do CNPq.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.2, p.218-231, 2006

RESUMO - A quantificação do rendimento de grãos de cultivares de milho em diferentes sistemas de cultivo é importante para a tomada de decisões no manejo da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico de genótipos de milho com bases genéticas distintas, em diferentes sistemas de manejo. O experimento foi conduzido em Eldorado do Sul-RS, nas estações de crescimento de 2001/2002 e 2002/2003, e em Lages, SC, nas safras de 2002/2003 e 2003/2004. Foram testadas três cultivares: o híbrido simples P32R21, o híbrido duplo Traktor e a variedade de polinização aberta BRS Planalto. As cultivares foram submetidas a quatro sistemas de manejo: baixo, médio, alto e muito alto. Os sistemas de manejo diferiram quanto à densidade de plantas, espaçamento entre linhas, adubação e suplementação hídrica. O rendimento de grãos oscilou entre 1,8 e 15,4 t ha⁻¹, aumentando com o incremento no nível de manejo para todas as cultivares. Os incrementos no rendimento deveram-se principalmente ao aumento no número de grãos produzidos por m². As diferenças de produtividade entre o híbrido simples e as demais cultivares acentuaram-se à medida que se incrementou o manejo da cultura. A variedade de polinização aberta BRS Planalto não apresentou maior rendimento de grãos do que os híbridos nos sistemas com baixo e médio investimento em manejo.

Palavras-chave: *Zea mays*, práticas culturais, híbridos, variedade, rendimento de grãos

AGRONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE CULTIVARS AT FOUR MANAGEMENT SYSTEMS

ABSTRACT - Grain yield determination of maize cultivars under different growing conditions is important to assure correct management decisions. This work was carried out aiming to evaluate the agronomic performance of maize genotypes with different genetic basis under contrasting management systems. The experiment was performed during the growing seasons of 2001/2002 and 2002/2003 in Eldorado do Sul-RS, 2002/

2003 and 2003/2004 in Lages-SC. The single-cross hybrid P32R21, the double-cross hybrid Traktor, and the open-pollinated variety BRS Planalto were assessed. Each genotype was grown at four management systems: low, medium, high and very high. The systems differ in relation to plant population, row spacing, fertilization, and irrigation. Grain yield ranged from 1.8 to 15.4 t ha⁻¹, increasing with the enhancement in management level, regardless of cultivar. Enhancements in grain yield were mostly due to the increase in kernel number per square meter. Differences in grain yield between the single-cross hybrid and the other genotypes were larger at the higher management levels. The open-pollinated variety BRS Planalto did not present higher grain yield than the hybrids in the systems with low and medium investments in management.

Key words: *Zea mays*, cultural practices, hybrids, synthetic variety, grain yield

Apesar de sua importância sócio-econômica, a produtividade média da cultura do milho, no Brasil, nas últimas quatro safras, foi de apenas 3,25 t ha⁻¹ (Conab, 2004). O rendimento de grãos do milho no país, é baixo, quando comparado às produtividades superiores a 15 t ha⁻¹, obtidas por Argenta *et al.* (2003), Sangoi *et al.* (2003) e por Forsthofer (2004), em trabalhos de pesquisa conduzidos em Eldorado do Sul (RS) e Lages (SC), objetivando alcançar o potencial produtivo da cultura, ou aos rendimentos de 10 a 12 t ha⁻¹ registrados em lavouras comerciais conduzidas sob alto nível de manejo, na região de Ponta Grossa (PR). Essas baixas produtividades de milho decorrem do uso de cultivares e práticas de manejo inadequadas, de condições desfavoráveis de clima e solo em áreas inaptas à cultura e da utilização insuficiente de insumos agrícolas.

Uma das variáveis importantes na definição do rendimento final do milho é o tipo de cultivar utilizada. A determinação do rendimento de grãos de diferentes tipos de cultivares de milho, em níveis tecnológicos distintos, é ferramenta necessária para a tomada de decisões no manejo e no melhoramento, por possibilitar a identificação dos fatores limitantes. Dimensionando-se a magnitude dos fatores restritivos ao

incremento no rendimento, poder-se-ão definir estratégias de como superá-los ou minimizá-los, por meio da manipulação das condições de ambiente e do manejo da cultura, ou mediante melhoramento genético (Barni *et al.*, 1995). A combinação desses fatores permitirá maximizar a exploração dos recursos ambientais, buscando otimizar a produtividade das espécies de importância agrícola de forma sustentável (Argenta *et al.*, 2003).

Na cultura do milho, são utilizados principalmente dois tipos de cultivares: variedades de polinização aberta e os híbridos, que podem ser simples, simples modificados, duplos e triplos. A escolha da cultivar está vinculada às práticas de manejo utilizadas, as quais dependem da capacidade de investimento do produtor. Segundo Bisognin *et al.* (1997), a utilização de variedades de polinização aberta é vantajosa economicamente para produtores que utilizam baixo investimento. Essa vantagem decorre do menor preço da semente, da possibilidade de utilizar as mesmas sementes por vários anos e da maior variabilidade genética das variedades em relação aos híbridos, característica que conferiria às mesmas maior tolerância a estresses bióticos e abióticos, comuns nas pequenas propriedades.

Por outro lado, trabalhos conduzidos nos Estados Unidos e no Canadá, por Duvick & Cassmann (1999), Tollenaar & Wu (1999) e Tollenaar & Lee (2002), demonstraram que os híbridos simples contemporâneos foram sempre mais produtivos do que as variedades de polinização aberta utilizadas na primeira metade do século 20, sendo as diferenças de produtividade entre híbridos e variedades mais acentuadas sob condições desfavoráveis de manejo. Segundo Tokatlides & Koutroubas (2004), a melhor performance agrônômica dos híbridos simples contemporâneos sobre as variedades de polinização aberta decorre da sistemática utilizada nos programas de melhoramento, em que as linhagens e os futuros híbridos são avaliados em densidades de plantas superiores às utilizadas nas lavouras, o que aumenta a tolerância desses genótipos a estresses.

O aumento da produtividade e do retorno econômico da cultura do milho, no Brasil, depende da compatibilização entre as características genéticas da cultivar e o sistema de manejo utilizado pelo produtor. O objetivo deste experimento foi avaliar o desempenho agrônômico de um híbrido simples, um híbrido duplo e uma variedade de polinização aberta de milho, em quatro níveis de manejo.

Material e Métodos

Foi conduzido um experimento em dois locais e em duas estações de crescimento, inicialmente no município de Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, cujas coordenadas geográficas são 30°05'27"S, 51°40'18"W e 46m de altitude, durante os anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/2003. O solo da área experimental é um Argissolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999), apresentando, em setembro de 2001, as seguintes características: argila = 290 g kg⁻¹; pH água =

5,0; pH SMP = 5,9; P = 23 mg dm⁻³; K = 153 mg dm⁻³; MO = 22 g kg⁻¹ e capacidade efetiva de troca de cátions = 13 cmol_c dm⁻³. O mesmo experimento foi implantado no município de Lages, Santa Catarina, cujas coordenadas geográficas são 27°52'30"S, 50°29'45"W e 930m de altitude, nos anos agrícolas 2002/2003 e 2003/2004. O solo da segunda área experimental é um Nitossolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999), que apresentava, em setembro de 2002, as seguintes características: argila: 560 g kg⁻¹; pH água = 5,6; pH SMP = 6,0; P = 3 mg dm⁻³; K = 130 mg dm⁻³; MO = 57 g kg⁻¹ e capacidade efetiva de troca de cátions = 15 cmol_c dm⁻³.

A cobertura de inverno utilizada no solo das duas áreas experimentais foi o consórcio de aveia preta (*Avena strigosa*) com ervilhaca comum (*Vicia sativa*). Essa cobertura vegetal foi dessecada quando a aveia estava em plena floração, aspergindo-se o herbicida glyphosate (720g de i.a. ha⁻¹), num volume de calda de 100 L ha⁻¹.

Os tratamentos constaram da combinação fatorial de quatro níveis de manejo (baixo, médio, alto e muito alto) com três tipos de cultivares (variedade de polinização aberta, híbrido duplo e híbrido simples). Nos níveis de manejo baixo, médio e alto, utilizaram-se as recomendações técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul, correspondendo, respectivamente, às expectativas de rendimento de grãos inferiores a 3, entre 3 e 6 e entre 6 e 9 t ha⁻¹ (Matzenauer, 2001). No nível muito alto, objetivou-se otimizar o rendimento de grãos. As cultivares utilizadas foram: BRS Planalto, variedade de polinização aberta de ciclo precoce; Traktor, híbrido duplo, de ciclo precoce; e Pioneer 32R21, híbrido simples de ciclo superprecoce.

O manejo dos diferentes níveis foi realizado considerando o investimento em insumos.

As características que variaram com o nível de manejo foram: densidade de plantas, espaçamento entre linhas, dose e época de aplicação de fertilizantes, realização ou não de irrigação e intensidade de controle de pragas e moléstias. Um resumo das principais práticas de manejo adotadas em cada sistema pode ser visualizado nas Tabelas 1 e 2.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas principais, foram alocados os sistemas de manejo e, nas subparcelas, as cultivares. Cada subparcela foi constituída por seis linhas de seis metros de comprimento, tendo como área útil as quatro linhas centrais, excetuando-se um metro na extremidade de cada linha.

Nos quatro níveis de manejo, aplicou-se todo o P e o K nos sulcos de semeadura, juntamente com 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A quantidade e a época de realização da adubação nitrogenada em cobertura variaram de acordo com o nível de manejo e o local de realização do experimento. Em Eldorado do Sul, não foi realizada aplicação de nitrogênio em cobertura no nível de manejo baixo; no nível médio, ela foi feita no estágio V6 (seis folhas expandidas com o colar visível), conforme escala proposta por Ritchie e Hanway (1993); nos níveis de manejo alto e muito alto, ela foi parcelada, respectivamente, em duas e três doses iguais, aplicadas em V3 e V6, no alto, e em V4, V8 e V15, no muito alto. No experimento realizado em Lages, a adubação de cobertura com N foi feita nas mesmas épocas realizadas em Eldorado do Sul, nos níveis de manejo baixo e médio; no nível alto, ela foi parcelada em duas doses, aplicadas nos estádios V4 e V8; no nível muito alto, ela foi parcelada em três doses, aplicadas em V4, V8 e V11. A aplicação de micronutrientes foi realizada ape-

nas no nível muito alto, nas doses de 1,25, 0,05 e 0,01g, respectivamente, de óxido de zinco, molibdênio e boro, para cada quilograma de sementes, no dia da semeadura, junto com o tratamento de sementes.

A semeadura foi realizada com uma semeadora manual (saraquá), no sistema de semeadura direta, no dia 16 de outubro, em Eldorado do Sul-RS, nas duas estações de crescimento, e nos dias 20 de novembro de 2002 e 22 de outubro de 2003, em Lages-SC. Quando as plantas estavam no estágio V3, foi realizado o desbaste, ajustando-se o número de plantas às densidades estabelecidas em cada nível de manejo.

O controle de pragas também variou com o nível de manejo. Nos níveis de manejo baixo e médio, não foi feito o controle de pragas, enquanto, nos níveis de manejo alto, e muito alto realizou-se a aplicação do inseticida lufenuron (15g i.a. ha⁻¹), quando as plantas se encontravam em V4 e V8, para o controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). O controle de plantas daninhas foi realizado no estágio V4 e foi uniforme para todos os níveis de manejo e ambientes, utilizando-se a mistura de atrazine (1.400 g i.a. ha⁻¹) com metolachlor (2.100 g i.a. ha⁻¹).

Os níveis de manejo baixo e médio foram conduzidos sob condições naturais de precipitação pluvial, enquanto, nos níveis de manejo alto e muito alto, a quantidade de água disponível no solo foi sempre mantida próxima da capacidade de campo, mediante suplementação hídrica. Entre os sistemas de manejo com e sem irrigação foi mantida uma área de bordadura, composta por seis linhas de milho, espaçadas 80 cm entre si, para evitar que a água aspergida atingisse as parcelas dos sistemas com baixo e médio nível de manejo. A irrigação foi realizada quando o potencial de água no solo atingia valor inferior a -0,04 Mpa. O sistema usado foi o de

TABELA 1. Caracterização dos sistemas de manejo na cultura do milho nas duas estações de crescimento, em Eldorado do Sul, RS.

Sistema de Manejo	Tipo de cultivar ¹	Densidade (pl m ⁻²)	Espaçamento entre linhas (cm)	Adubação (kg ha ⁻¹)			
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
				Semeadura	Cobertura ²		
Ano agrícola 2001/2002							
Baixo	Variedade	4	80	30	0	25	30
	Híbrido duplo	4	80	30	0	25	30
	Híbrido simples	4	80	30	0	25	30
Médio	Variedade	5	80	30	50	40	60
	Híbrido duplo	5	80	30	50	40	60
	Híbrido simples	5	80	30	50	40	60
Alto	Variedade	6	80	30	90	70	100
	Híbrido duplo	7	80	30	90	70	100
	Híbrido simples	7	80	30	90	70	100
Muito Alto	Variedade	6	40	30	135	105	150
	Híbrido duplo	8	40	30	135	105	150
	Híbrido simples	10	40	30	135	105	150
Ano agrícola 2002/2003							
Baixo	Variedade sintética	3	80	30	0	25	30
	Híbrido duplo	3	80	30	0	25	30
	Híbrido simples	3	80	30	0	25	30
Médio	Variedade sintética	5	80	30	40	40	60
	Híbrido duplo	5	80	30	40	40	60
	Híbrido simples	5	80	30	40	40	60
Alto	Variedade sintética	6	80	30	60	70	100
	Híbrido duplo	6	80	30	60	70	100
	Híbrido simples	7	80	30	60	70	100
Muito Alto	Variedade sintética	6	40	30	200	105	150
	Híbrido duplo	7	40	30	200	105	150
	Híbrido simples	10	40	30	200	105	150

¹Variedade de polinização aberta = BRS Planalto; híbrido duplo = Traktor; híbrido simples = Pioneer 32R21.

²A época e o número de aplicações de N em cobertura variaram com o nível de manejo.

TABELA 2. Caracterização dos sistemas de manejo na cultura do milho nas duas estações de crescimento, em Lages, SC.

Sistema de Manejo	Tipo de cultivar ¹	Densidade (pl m ⁻²)	Espaçamento entre linhas (cm)	Adubação (kg ha ⁻¹)			
				Semeadura	Cobertura ²		
				<u>N</u>	<u>P₂O₅</u>	<u>K₂O</u>	
Baixo	Variedade	3	80	30	0	25	30
	Híbrido duplo	3	80	30	0	25	30
	Híbrido simples	3	80	30	0	25	30
Médio	Variedade	5	80	30	40	40	60
	Híbrido duplo	5	80	30	40	40	60
	Híbrido simples	5	80	30	40	40	60
Alto	Variedade	6	80	30	60	70	100
	Híbrido duplo	6	80	30	60	70	100
Muito	Híbrido simples	7	80	30	60	70	100
Alto	Variedade	6	40	30	200	105	150
	Híbrido duplo	7	40	30	200	105	150
	Híbrido simples	10	40	30	200	105	150

¹Variedade de polinização aberta = BRS Planalto; híbrido duplo = Traktor; híbrido simples = Pioneer 32R21.

²A época e o número de aplicações de N em cobertura variaram com o nível de manejo.

aspersão, com vazão de 12mm h⁻¹, aplicando-se um total de 144 e 168 mm de água de irrigação no primeiro e no segundo ano, respectivamente, em Eldorado do Sul, e 142 e 120 mm, em Lages, na primeira e na segunda estação de crescimento, respectivamente.

Avaliou-se o rendimento de grãos, os componentes do rendimento e a margem bruta registrada em cada tratamento. A análise econômica foi baseada na metodologia descrita por Minetto (2003). Utilizou-se o termo margem bruta para avaliar o retorno econômico da cultura. A margem bruta foi obtida através da diferença entre a receita bruta e o dispêndio de um hectare para cada cultivar e sistema de manejo. Os valores dos insumos e do saco de 60 kg de milho foram tomados tendo como referência as datas de

1º de junho de 2002 (primeiro ano agrícola), 1 de junho de 2003 (segundo ano agrícola) e 15 de maio de 2004 (3º ano agrícola), sendo obtidos através de levantamentos feitos junto aos departamentos técnicos de cooperativas e de agropecuárias localizadas em zonas produtoras de milho do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Os valores para cálculo da receita bruta foram embasados no rendimento de grãos dos genótipos de milho cultivados dentro de cada sistema de manejo, ajustado para 13% de umidade.

O rendimento de grãos e seus componentes foram submetidos à análise de variância. Realizou-se a análise dos dados individualmente, por ano e local experimental. Quando alcançada significância estatística, efetuou-se a compara-

ção das médias por meio do teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

Em Eldorado do Sul, os rendimentos de grãos variaram de 4,4 a 13,5 t ha⁻¹, no primeiro ano, e de 3,5 a 15,4 t ha⁻¹, no segundo ano de realização do experimento. Em Lages, eles oscilaram de 4,0 a 13,5 t ha⁻¹, em 2002/2003, e de 1,8 a 13,8 t ha⁻¹, em 2003/2004, dependendo do tipo de cultivar e do nível de manejo utilizado (Tabelas 3 e 4). Em Lages, os valores do rendimento de grãos foram menores em 2003/2004 do que em 2002/2003, nos sistemas de manejo baixo e médio. Esse comportamento pode estar associado à seqüência de duas safras com a presença de aveia preta no outono/inverno e milho na primavera/verão. Segundo Casa & Reis (2003), a sucessão de cultivos com espécies da mesma família, como milho e aveia preta, favorece a incidência de doenças, principalmente em situações de estresse à planta, favorecidas pela baixa quantidade de fertilizante aplicada nos sistemas de manejo, com menor investimento em insumos (Tabela 2). Isto, provavelmente, ocorreu neste trabalho, pois a ocorrência de doenças foliares foi mais intensa no segundo ano agrícola (dados não mostrados). Patógenos foliares, associados a deficiências nutricionais, são fatores que estimulam a senescência foliar prematura, restringindo a atividade fotossintética das plantas e limitando o seu potencial produtivo (Nooden *et al.*, 1997). Em Eldorado do Sul, os rendimentos de grãos foram mais homogêneos entre os anos, provavelmente devido à rotação de culturas no período primavera/verão, onde o milho foi semeado após um ano de cultivo com soja. Esse sistema de rotação gramínea/leguminosa vem sendo adotado na área experimental do Rio Grande do Sul há dez anos.

Nos quatro ambientes, as três cultivares aumentaram o rendimento de grãos com o maior investimento em práticas de manejo (Tabelas 3 e 4). Esses incrementos foram maiores no híbrido simples (P32R21) do que na variedade de polinização aberta (BRS Planalto). No híbrido simples, a produtividade no nível de manejo muito alto foi 162% e 284% mais alta do que a registrada no nível baixo, na média dos dois anos agrícolas, em Eldorado do Sul e Lages, respectivamente. Para a variedade de polinização aberta e o híbrido duplo (Traktor), os ganhos médios em produtividade foram 153% e 184%, quando se passou do nível baixo para o muito alto, em Eldorado do Sul, RS. Em Lages-SC, esses ganhos médios foram de 209% e 221%, respectivamente.

Não houve diferenças de produtividade entre as cultivares no nível de manejo baixo, nas duas safras, em Eldorado do Sul, RS, e em 2002/2003, em Lages, SC (Tabelas 3 e 4). No segundo ano, o rendimento de grãos do híbrido simples foi superior ao da variedade de polinização aberta no nível de manejo baixo, em Lages. No nível de manejo médio, o rendimento de grãos não diferiu entre as cultivares em Eldorado do Sul, nos dois anos agrícolas. Em Lages, no entanto, o rendimento dos híbridos (simples e duplo) superou o da variedade de polinização aberta, nos dois anos agrícolas. Esses dados demonstram que a menor variabilidade genética dos híbridos em relação à variedade não aumentou a sua vulnerabilidade a condições desfavoráveis de manejo. O mesmo tipo de comportamento foi observado por Duvick & Cassman (1999), nos Estados Unidos, e Tollenaar & Lee (2002) no Canadá, comparando cultivares com diferentes bases genéticas.

As plantas das variedades de polinização aberta apresentam maior variabilidade

TABELA 3. Rendimento de grãos e componentes do rendimento de milho em função de sistemas de manejo e tipos de cultivares, em duas estações de crescimento. Eldorado do Sul, RS¹.

Tipo de cultivar	Sistemas de manejo			
	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Ano agrícola 2001/2002				
<u>Rendimento de grãos (t ha⁻¹)</u>				
Variedade	4,4	5,3	9,1	11,0
Híbrido duplo	5,0	5,4	9,1	10,9
Híbrido simples	6,6	6,8	11,3	13,5
Média	5,3 C	5,8 C	9,9 B	11,8 A
<u>Espigas m⁻² (n^o)</u>				
Variedade	4,8 B a	5,0 B a	5,5 B a	7,3 A b
Híbrido duplo	4,4 C a	5,1 C a	6,9 B a	8,0 A b
Híbrido simples	4,5 C a	5,0 C a	6,8 B a	10,2 A a
<u>Grãos m⁻² (n^o)</u>				
Variedade	1455	1391	2298	2613
Híbrido duplo	1347	1469	2372	2822
Híbrido simples	1652	1927	1989	3724
Média	1484 C	1596 C	2553 B	3053 A
<u>Peso do grão (mg)</u>				
Variedade	391	414	391	414
Híbrido duplo	407	385	407	389
Híbrido simples	392	379	392	379
Média	396 ^{ns}	394	396	394
Ano agrícola 2002/2003				
<u>Rendimento de grãos (t ha⁻¹)</u>				
Variedade	4,1	4,9	10,8	10,9
Híbrido duplo	3,5	4,9	12,1	13,6
Híbrido simples	4,3	5,6	13,6	15,4
Média	4,0 B	5,2 B	12,2 A	13,3 A
<u>Espigas m⁻² (n^o)</u>				
Variedade	2,9 B a	4,1 B a	6,2 A a	6,6 A b
Híbrido duplo	2,7 B a	4,4 B a	6,6 A a	7,8 A b
Híbrido simples	2,9 C a	4,8 C a	6,1 B a	11,3 A a
<u>Grãos m⁻² (n^o)</u>				
Variedade	1679	1638	3140	3544
Híbrido duplo	1593	2101	3570	4097
Híbrido simples	1682	2170	3307	4503
Média	1651 C	1970 C	3339 B	4048 A
<u>Peso do grão (mg)</u>				
Variedade	249	238	299	307
Híbrido duplo	212	227	284	281
Híbrido simples	222	200	269	271
Média	228 B	222 B	284 A	286 A

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

^{ns}Não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

TABELA 4. Rendimento de grãos e componentes do rendimento de milho em função dos sistemas de manejo e tipos de cultivares em duas estações de crescimento. Lages, SC¹.

Tipo de cultivar	Sistemas de manejo			
	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Ano agrícola 2002/2003				
Rendimento de grãos (t ha ⁻¹)				
Variedade	4,1 C a	4,3 C b	8,7 A b	9,7 A c
Híbrido duplo	4,0 C a	5,4 B a	9,1 A b	10,1 A b
Híbrido simples	4,3 D a	5,5 C a	10,4 B a	13,5 A a
Espigas m ⁻² (nº)				
Variedade	2,9 D a	4,7 C a	5,5 B b	6,0 A c
Híbrido duplo	3,0 D a	5,0 C a	6,0 B b	6,7 A b
Híbrido simples	3,0 D a	4,8 C a	6,9 B a	9,6 A a
Grãos m ⁻² (nº)				
Variedade	1216 B a	1348 B b	2462 A b	2711 A b
Híbrido duplo	1232 C a	1751 B a	2734 A b	2936 A b
Híbrido simples	1492 D a	1974 C a	3221 B a	4154 A a
Peso do grão (mg)				
Variedade	336	319	353	359
Híbrido duplo	322	310	335	345
Híbrido simples	286	278	322	325
Média	315 C	302 B	337 A	343 A
Ano agrícola 2003/2004				
Rendimento de grãos (t ha ⁻¹)				
Variedade	1,8 D b	2,9 C b	6,2 B c	8,6 A c
Híbrido duplo	2,3 D ab	3,9 C ab	7,2 B b	10,2 A b
Híbrido simples	2,8 D a	4,5 C a	9,1 B a	13,8 A a
Espigas m ⁻² (nº)				
Variedade	2,5 D a	4,2 C b	5,2 B c	6,4 A c
Híbrido duplo	2,9 D a	5,0 C a	6,0 B b	8,3 A b
Híbrido simples	3,0 D a	5,0 C a	7,0 B a	9,9 A a
Grãos m ⁻² (nº)				
Variedade	705 D b	1114 C b	1912 B c	2670 A c
Híbrido duplo	978 D ab	1612 C a	2486 B b	3384 A b
Híbrido simples	1215 D a	1866 C a	3234 B a	4715 A a
Peso do grão (mg)				
Variedade	254	252	299	327
Híbrido duplo	249	244	282	307
Híbrido simples	229	243	277	289
Média	244 C	247 C	286 B	308 A

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

morfológica e fenológica do que as dos híbridos simples, em função da sua base genética mais ampla (Borém, 1999). Segundo Tokatlides & Koutroubas (2004) e Liu *et al.* (2004a), estas características são negativas à obtenção de altas produtividades porque diminuem a eficiência de uso dos recursos do ambiente. Lavouras com desenvolvimento desuniforme apresentam plantas dominantes e dominadas, principalmente sob condições de estresse (Maddoni & Otegui, 2004). As plantas dominadas não alocam a quantidade de fotoassimilados necessária ao desenvolvimento da espiga, resultando num maior número de plantas estéreis e no aumento do intervalo entre a antese e o espigamento (Merotto *et al.*, 1999; Liu *et al.*, 2004b). Assim, provavelmente a maior heterogeneidade do crescimento das plantas da cultivar BRS Planalto tenha aumentado a competição intra-específica no dossel, mitigando as vantagens preconizadas por Bisognin *et al.* (1997), de que a maior variabilidade genética é característica associada à maior rusticidade e à melhor adaptação a sistemas de manejo com baixo investimento em tecnologia.

Por outro lado, quando os tratamentos foram analisados do ponto de vista econômico, verificou-se que, em Lages, durante o ano agrícola de 2002/2003, a variabilidade de polinização aberta propiciou a obtenção de maior margem bruta do que os híbridos, no sistema de manejo com baixo investimento em insumos (Tabela 5). Isto se deveu ao fato de as sementes da cultivar BRS Planalto serem mais baratas, às pequenas diferenças de rendimento de grãos entre as cultivares (Tabela 4) e ao baixo valor pago pelo sacco de 60 kg de milho, em junho de 2003 (R\$ 17,00), características que tornaram vantajosa a utilização da VPA. Nesses casos, mesmo que não existam diferenças significativas de rendimento entre os genótipos, as variedades de polinização

aberta podem ser economicamente vantajosas aos agricultores de baixa renda, com pequena capacidade de investimento em manejo.

Nos quatro ambientes, à medida que as condições edafoclimáticas e de manejo da cultura foram aprimoradas, aumentou a diferença de produtividade entre o híbrido simples e as demais cultivares. Nesse sentido, o rendimento de grãos do P 32R21 superou em 18% e 26%, respectivamente, a produtividade do híbrido duplo e da variedade de polinização aberta, no nível de manejo alto, e em 18% e 32%, no nível de manejo muito alto, na média das duas estações de crescimento, em Eldorado do Sul. Em Lages, o rendimento de grãos do híbrido simples foi 18% e 29% superior ao da variedade de polinização aberta e ao do híbrido duplo, respectivamente, na média dos dois anos agrícolas, no nível de manejo alto, e 34% e 50% superior no nível de manejo muito alto. Esse comportamento ressalta o alto potencial produtivo dos híbridos simples, quando submetidos a condições edafoclimáticas favoráveis, devido ao maior aproveitamento da heterose (Borém, 1999) e à maior uniformidade morfológica e fenológica, características que otimizam o aproveitamento de água, luz e nutrientes, principalmente quando se utilizam altas densidades de plantas na lavoura (Maddoni & Otegui, 2004; Liu *et al.*, 2004 a).

Nos quatro ambientes, o maior incremento no rendimento de grãos ocorreu quando se passou do nível médio de manejo para o alto. Um dos principais fatores relacionados a esse fato foi a irrigação, feita apenas nos níveis alto e potencial. Períodos de deficiência hídrica são comuns no sul do Brasil, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, devido à alta demanda evaporativa da atmosfera e à irregularidade na distribuição das precipitações pluviométricas (Bergamaschi, 2003). Essa tendência foi confirmada no presen-

TABELA 5. Margem bruta de milho em função de sistemas de manejo e tipos de cultivares, em dois locais e duas estações de crescimento.

Tipo de cultivar	Sistemas de manejo				
	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Média
Eldorado do Sul - Ano agrícola 2001/2002					
<u>Margem Bruta (R\$ ha⁻¹)^{1/}</u>					
Variedade	609,00	630,00	1.038,00	1.262,00	885,00
Híbrido duplo	756,00	650,00	1.045,00	1.232,00	921,00
Híbrido simples	1.152,00	1.100,00	1.604,00	1.840,00	1.424,00
Eldorado do Sul - Ano agrícola 2002/2003					
<u>Margem Bruta (R\$ ha⁻¹)</u>					
Variedade	534,00	548,00	1.517,00	1.120,00	930,00
Híbrido duplo	381,00	543,00	1.849,00	1.790,00	1.141,00
Híbrido simples	597,00	725,00	2.199,00	2.199,00	1.430,00
Lages – Ano agrícola 2002/2003					
<u>Margem Bruta (R\$ ha⁻¹)</u>					
Variedade	690,00	590,00	1.056,00	965,00	825,00
Híbrido duplo	644,00	883,00	1.139,00	1.020,00	921,00
Híbrido simples	668,00	807,00	1.344,00	1.722,00	1.135,00
Lages – Ano agrícola 2003/2004					
<u>Margem Bruta (R\$ ha⁻¹)</u>					
Variedade	206,00	415,00	1.031,00	1.440,00	773,00
Híbrido duplo	385,00	758,00	1.330,00	1.891,00	1.091,00
Híbrido simples	508,00	890,00	1.840,00	2.937,00	1.544,00

^{1/} Margem Bruta = Receita bruta – dispêndio, de acordo com metodologia proposta por Minetto (2003).

te trabalho, pois, em todos os ambientes avaliados, ocorreram períodos de estiagem durante o ciclo da cultura, cuja intensidade e duração dependeram do local e do ano agrícola.

O primeiro componente do rendimento a ser definido é o número de espigas por metro quadrado (espigas m^{-2}), o qual está diretamente relacionado à densidade de plantas. O número de espigas m^{-2} aumentou à medida que se passou do nível de manejo baixo para o muito alto (Tabelas 3 e 4). Isso ocorreu devido aos incrementos na densidade de plantas, na dose e no manejo da adubação, na disponibilidade hídrica e no uso de cultivares com maior potencial produtivo.

O segundo componente a ser definido é o número de grãos m^{-2} . Segundo Andrade *et al.* (1999), Otegui & Andrade (2000) e Didonet *et al.* (2002), esse componente está associado à taxa de crescimento da planta no período entre o pré e o pós-pendoamento, que depende das condições climáticas vigentes. Independente do ano agrícola, o rendimento de grãos aumentou com o maior investimento em práticas de manejo, na média das três cultivares, em Eldorado do Sul, e em todas as cultivares em Lages (Tabelas 3 e 4). O híbrido simples apresentou maiores valores para grãos m^{-2} , na média dos dois anos, independente do local, em todos os níveis de manejo. Esse fato pode explicar o maior rendimento de grãos na média dos quatro ambientes, independente do nível de manejo utilizado, pois o número de grãos produzidos por área é o componente do rendimento que mais interfere na performance final da cultura do milho (Vega *et al.*, 2001; Andrade *et al.*, 2002).

O último componente do rendimento a ser definido é a massa do grão, a qual é determinada pela taxa e pela duração do período de enchimento de grãos (Wang, 1999). A variedade de polinização aberta apresentou maior massa de

grãos, na média dos quatro níveis de manejo, nos quatro ambientes, não diferindo estatisticamente apenas do híbrido duplo em Eldorado do Sul-RS, no ano agrícola de 2001/2002. A massa do grão aumentou com o incremento do nível de manejo, nos dois anos agrícolas, em Lages-SC, e no ano agrícola 2002/2003, em Eldorado do Sul-RS. No ano agrícola de 2001/2002, não foi observado aumento na massa do grão com o aumento do nível de manejo utilizado, em Eldorado do Sul. A massa do grão variou menos do que os demais componentes do rendimento, em função do nível de manejo adotado, corroborando as observações feitas por Andrade *et al.* (2000), Borrás *et al.* (2003) e por Sangoi *et al.* (2002) de que esse é o componente menos afetado por variações nas práticas de manejo e no ambiente e o que menos interfere no rendimento de grãos da cultura do milho.

Conclusões

O rendimento de grãos do híbrido simples P32R21 é mais responsivo do que o da variedade de polinização aberta BRS Planalto e do híbrido duplo Traktor à utilização de práticas de manejo destinadas a otimizar a performance da cultura.

A variedade de polinização aberta BRS Planalto não apresenta maior rendimento de grãos do que os híbridos P32R21 e Traktor em sistemas de produção com baixo e médio investimento em manejo. Contudo, sua utilização pode ser economicamente vantajosa para produtores de baixa renda, quando as diferenças de produtividade entre ela e os híbridos são pequenas e dependendo, também, do preço do milho.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelas bolsas de produtividade de pesquisa, aos professores de pós-graduação,

aos estudantes de mestrado e de iniciação científica e aos acadêmicos de graduação.

Literatura Citada

ANDRADE, F. H.; VEGA, C.; UHART, S. O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 453-459, 1999.

ANDRADE, F. H.; OTEGUI, M. E.; VEGA, C. R. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 92-97, 2000.

ANDRADE, F. H.; ECHARTE, L.; RIZZALLI, R.; DELLA MAGGIORA, A.; CASANOVAS, M. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 1173-1179, 2002.

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C.; STRIEDER, M.; FORSTHOFER, E. L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v. 4, n. 1-2, p. 27-34, 2003.

BARNI, N. A.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H.; RIBOLDI, J. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: II. Produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, p. 201-216, 1995.

BISONGIN, D. A.; CIPRANDI, O.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Potencial de variedades de polinização aberta de milho em diferentes condições adversas de ambiente. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 3, p. 29-34, 1997.

BERGAMASCHI, H. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 125 p.

BORRÁS, L.; MADDONI, G.; OTEGUI, M. E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, n. 1, p. 13-26, 2003.

BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. 817 p.

CASA, R. T., REIS, E. M. Doenças na cultura do milho In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003. p. 1-18.

CONAB (Brasília, DF). **Safra 2003/2004: quinto levantamento Junho/2004**, Disponível em: < www.conab.gov.br > Acesso em : 30 jul. 2004.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 933-938, 2002.

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 (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1999. 412 p.

FORSTHOFER, E. L. **Potencial de rendimento de grãos e desempenho econômico do milho em cinco níveis de manejo, em três épocas de semeadura**. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Within-row plant spacing variability

- does not affect corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, p. 275-280, 2004a.
- LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 847-857, 2004b.
- MADDONI, G. A.; OTEGUI, M. E. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 85, p. 1-13, 2004.
- MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; VIOLA, E. A.; BISOTTO, V. (Org.). **Indicações técnicas para a cultura de milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro: Emater-RS: FecoAgro-RS; Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 195 p. (FEPAGRO. Boletim Técnico,7).
- MEROTO JR., A.; SANGOI, L.; GUIDOLIN, A. F.; ENDER, M. A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos do milho, principalmente em alta população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, p. 595-601, 1999.
- MINETTO, T. J. **Custos de produção: lavouras em plantio direto**. Porto Alegre: FECAAGRO/RS, 2000. 98 p.
- NOODEN, L. D.; GUIAMET, J. J.; JOHN, I. Senescence mechanisms. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 101, p. 746-753, 1997.
- OTEGUI, M.; ANDRADE, F. H. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. In: WESTATE, M. E.; BOOTE, K. J.(Eds.). **Physiology and modeling kernel set in maize**. Madison: Crop Science Society of America, 2000. p. 89-102.
- RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. How a Corn Plant Develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology/Cooperative Extension Service, 1993. Special Report No. 48. Disponível em: < http://www.extension.iastate.edu/pages/hancock/agriculture/corn/corn_develop/CornPlantGrows1.html > Acesso em: 19/01/2005.
- 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, v. 79, p. 39-51, 2002.
- SANGOI, L.; ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da.; MINETTO, T. J.; BISOTO, V. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 1021-1029, 2003.
- TOLLENAAR, M.; LEE, E. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 75, p. 161-169, 2002.
- TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1597-1604, 1999.
- TOKATLIDIS, I. S.; KOUTROUBAS, S. D. A review of maize hybrids dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 88, p. 103-114, 2004.
- WANG, G. Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 6, p. 211-222, 1999.
- VEGA, C. R. C.; ANDRADE, F. H.; SADRAS, V. O. Reproductive partitioning and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize. **Field Crops Research**, Amsterdam v. 72, p. 165-173, 2001.