

Número mínimo de repetições em experimentos de competição de híbridos de milho

Minimum number of replications in maize hybrid competition experiments

Cristiano Nunes Nesi¹, Helton Corrêa Dal Bó², Antônio Lourenço Guidoni³, Cleber Bringhenti⁴

Recebido em 20/05/2009; aprovado em 19/02/2010.

RESUMO

Um dos problemas enfrentados no planejamento de um experimento é determinar o número de repetições dos tratamentos ensaiados. O número de repetições está diretamente relacionado à precisão dos resultados de um experimento. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do número de repetições em experimentos de competição de híbridos de milho. O ensaio foi conduzido no delineamento experimental em blocos completos casualizados com 12 repetições. A variável analisada foi o rendimento de grãos. Tomando-se por base o experimento com 12 repetições como a população referência, 4083 novos experimentos foram obtidos pela combinação dos 12 blocos em r repetições. Cada um dos experimentos gerados foi submetido a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Observou-se que a proporção de experimentos com diferenças significativas detectadas com nível mínimo de significância abaixo de 5% aumentou diretamente com o número de repetições, indicando no mínimo 11 repetições para que esse valor não seja inferior a 95%, para o rendimento de grãos. Para os valores da diferença mínima significativa (DMS) observa-se convergência entre os valores, estabilizando em torno de uma DMS de 10%. A estabilização da DMS média para maiores números de repetições indica que é inviável obter ensaios altamente precisos considerando somente o aumento no número de repetições.

PALAVRAS-CHAVE: precisão, nível mínimo de significância, diferença mínima significativa.

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestre, Unoesc, Campus de Xanxerê. Rua Dirceu Giordani, 696, Bairro Jardim Universitário. CEP. 89820-000, Xanxerê, SC. E-mail: cristiano.nesi@unoesc.edu.br.

² Acadêmico do Curso de Zootecnia, Unoesc, Campus de Xanxerê.

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Embrapa Suínos e Aves.

⁴ Acadêmico do Curso de Agronomia, Unoesc, Campus de Xanxerê.

SUMMARY

One of the problems faced when an experiment is planned is to determine the number of replications for each treatment. The number of replications is directly related to the results accuracy. The aim of this study was to evaluate the effect of the number of replications on maize hybrid competition experiments. The test was carried out in complete blocks with 12 replications. Grain yield was the variable analyzed. Based on those 12 replications, 4,083 new experiments were simulated. Each one of them was submitted to an analysis of variability and the average was compared by the use of the Tukey test. The proportion of experiments with significant differences and a minimum significant level under 5% increased directly with the enhancement in the number of replications, indicating at least 11 replications for this value not to be under 95% for grain yield. There was a convergence among the values of minimum meaningful difference (DMS) stabilizing around 10%. The stabilization of the DMS average for a larger number of replications indicates that it is not viable to get highly accurate tests considering only the increase in the number of replications.

KEY WORDS: accuracy, minimum level of significance, MSD.

INTRODUÇÃO

Na safra de 2006/2007 foram cultivados em Santa Catarina 698.214ha com milho o que conferiu uma produção de 3.793.551 toneladas (SÍNTESE..., 2007), que coloca o milho em posição de relevante importância no Estado e evidencia a necessidade do trabalho da pesquisa pública ou privada com esta cultura. Anualmente são conduzidos vários experimentos com a cultura do milho, investigando diversos aspectos entre os quais a quantificação do rendimento de grãos. Assim, os pesquisadores responsáveis por estes experimentos devem se preocupar com a qualidade dos seus ensaios para que o agricultor possa obter informações confiáveis.

Um dos problemas enfrentados no planejamento de um experimento é determinar o número de repetições dos tratamentos ensaiados. O número de repetições está diretamente relacionado à precisão dos resultados de um experimento. Isso ocorre pois o erro padrão da média de um tratamento é dado por σ/\sqrt{r} , em que σ é o desvio padrão residual, estimado a partir do quadrado médio do resíduo da análise de variância e r o número de repetições (STEEL e TORRIE, 1960) o que proporciona médias mais precisas com elevado número de repetições (RESENDE e SOUZA JÚNIOR, 1997). O número adequado de repetições aliado a outros fatores pode levar ao aumento da precisão (BANZATTO e KRONKA, 1995), ou seja, melhoram a capacidade de um teste estatístico detectar diferenças menores entre as estimativas das médias dos tratamentos (VELINI et al., 2006). Uma solução proposta por Pimentel-Gomes (2000) sugere o uso do método de Tukey, e considera diversos fatores, entre os quais o desvio padrão obtido em experimentos anteriores ou semelhantes e a definição da magnitude da diferença mínima significativa que se quer comprovar entre duas médias. Entretanto, esta solução não tem sido utilizada na prática, sendo que o número de repetições é definido considerando-se, principalmente, os custos do experimento, a estrutura e a mão-de-obra disponível para executá-lo. Aliado a isso, muitos experimentos são dimensionados baseando-se em Banzatto e Kronka (1995) que sugerem de quatro a oito repetições em experimentos de campo com culturas para se obter razoável

precisão. Outros autores sugerem que o número de repetições de um experimento deve ser dimensionado de forma que proporcione no mínimo dez graus de liberdade para o resíduo.

Em Santa Catarina, os experimentos de competição de cultivares de feijão e milho são realizados com três a quatro repetições, o que em geral confere boa precisão considerando o coeficiente de variação, mas tem-se obtido grandes magnitudes para a diferença mínima significativa entre dois tratamentos (NESI et al., 2007), comportamento não desejável na atualidade, pois deve-se considerar que nos ensaios de avaliação de cultivares a maioria das espécies cultivadas já atingiu um elevado nível de produtividade e as diferenças entre genótipos são cada vez menores (RAMALHO et al., 2005).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do número de repetições em experimentos de competição de híbridos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi planejado um experimento de competição de híbridos de milho, conduzido em uma propriedade rural no município de Xanxerê, SC. Foram avaliados os híbridos AG 9020, Dow 2A120, Pioneer 32R48 e DKB 234, adubados em função das necessidades da cultura, da análise de solo e das recomendações para a região (SOCIEDADE..., 2004). Os tratamentos culturais foram os recomendados para a cultura e sempre realizados em todas as parcelas. A semeadura do milho ocorreu em 30/09/2006, utilizando-se uma população de 62000 plantas por hectare. Cada unidade experimental era composta por três linhas de cinco metros, com espaçamento de 0,8m entre elas. O ensaio foi conduzido no delineamento experimental em blocos completos casualizados com 12 repetições. A colheita da linha central (área útil) desprezando-se 0,5 m de cada extremidade (área útil) foi realizada no dia 24/03/2007, momento em que foram avaliadas a produtividade de grãos (kg/parcela) e a umidade dos grãos (%). O peso de grãos foi corrigido para 13% de umidade e os valores convertidos para kg/ha.

Tomando-se por base o experimento com 12 repetições (blocos) como a população referência, 4083 novos experimentos foram obtidos pela combinação dos 12 blocos em r repetições⁵ (${}^5C_{12}^p$

em que C é a combinação das repetições do experimento referência e do número de repetições no experimento simulado ($p = 2, 3, \dots, 12$).

1 experimento com 12 repetições = C_{12}^{12} (a própria população referência);

12 experimentos com 11 repetições = C_{12}^{11} ;

66 experimentos com 10 repetições = C_{12}^{10} ;

220 experimentos com 9 repetições = C_{12}^9 ;

495 experimentos com 8 repetições = C_{12}^8 ;

792 experimentos com 7 repetições = C_{12}^7 ;

924 experimentos com 6 repetições = C_{12}^6 ;

792 experimentos com 5 repetições = C_{12}^5 ;

495 experimentos com 4 repetições = C_{12}^4 ;

220 experimentos com 3 repetições = C_{12}^3 ;

66 experimentos com 2 repetições = C_{12}^2 .

Cada um dos experimentos obtidos para um dado número de repetições, foi submetido à análise de variância e para comparar os híbridos adotou-se o modelo linear para o delineamento em blocos casualizados, conforme Pimentel-Gomes (2000), dado por:

$$y_{ji} = \mu + b_j + t_i + e_{ji}$$

em que y_{ji} é o valor da resposta observada na parcela ji ; μ é o parâmetro que estima a média geral da resposta no experimento; b_j é o efeito do bloco ($j = 1, 2, \dots, 12$); t_i é o efeito do híbrido de milho ($i = 1, 2, 3, 4$); e_{ji} é o erro aleatório não observado suposto seguir a distribuição normal de probabilidade, de média zero e variância constante σ^2 .

As estatísticas univariadas geradas em decorrência do modelo de análise de variância adotado para cada variável foram: média geral do experimento (\bar{x}), nível mínimo de significância (%) do teste F para testar efeito de híbridos de milho; variância do erro experimental ou quadrado médio do resíduo

($QMRes$); média geral das variáveis; coeficiente de variação (CV, %) do experimento; média dos híbridos para cada variável e diferença mínima significativa para o teste de Tukey a 5%, em porcentagem da média geral do experimento:

$$DMS (\%) = \frac{q_{\alpha(n;GLres)} \cdot \sqrt{\frac{QMres}{r}}}{\bar{x}} \cdot 100$$

em que $q_{\alpha(n;GLres)}$ é a amplitude total estudentizada proposta por Tukey para o uso no procedimento para comparações múltiplas de médias, considerando a probabilidade de erro $\alpha = 5\%$, o número de híbridos (n) e de graus de liberdade do resíduo, $QMRes$ é o quadrado médio do resíduo, r é o número de repetições e \bar{x} é a média geral do experimento. Neste trabalho serão apresentados apenas os resultados referentes à variável rendimento de grãos, em kg/ha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para a variável rendimento de grãos no experimento referência (Tabela 1) indicou efeito significativo para híbridos, com coeficiente de variação experimental considerado baixo ($CV < 10\%$), conforme classificação de Scapim et al. (1995) e Lúcio et al. (1999).

Observando-se os valores médios, mínimo e máximo do nível mínimo de significância, para híbridos, obtidos para os experimentos (Figura 1) em função do número de repetições, verifica-se uma amplitude de quase 100% entre os valores mínimo e máximo até seis repetições. Os valores médios reduzem com maior número de repetições, com convergência assumida somente a partir de 11 repetições quando os valores mínimo, médio e máximo não ultrapassam 5%. Com um baixo número de repetições há valores do nível mínimo de significância menores que 5%, indicando efeitos significativos para híbridos. Entretanto, essa ocorrência de significância pode não indicar maior precisão e sim, maior incerteza quanto a essa precisão (VELINI et al., 2006). Nestes casos, o efeito de híbrido pode ser significativo, com confiança maior que 90%, mas a ordenação das médias pode não estar de acordo com o experimento referência, com 12 repetições. Essa inconsistência é

Tabela 1 - Análise de variância para rendimento de grãos (kg/ha) no experimento referência (12 repetições).

Causas de Variação	G.L.	Q.M.	F	NMS (%) ¹
Blocos	11	4610342	5,24	1,00
Híbrido	3	3916367	4,45	1,03
Resíduo*	31	879941		
$R^2 = 69,26 \%$		C.V. = 9,42 %		Média = 9955 kg/ha

¹Nível mínimo de significância.

*Houve perda de duas parcelas.

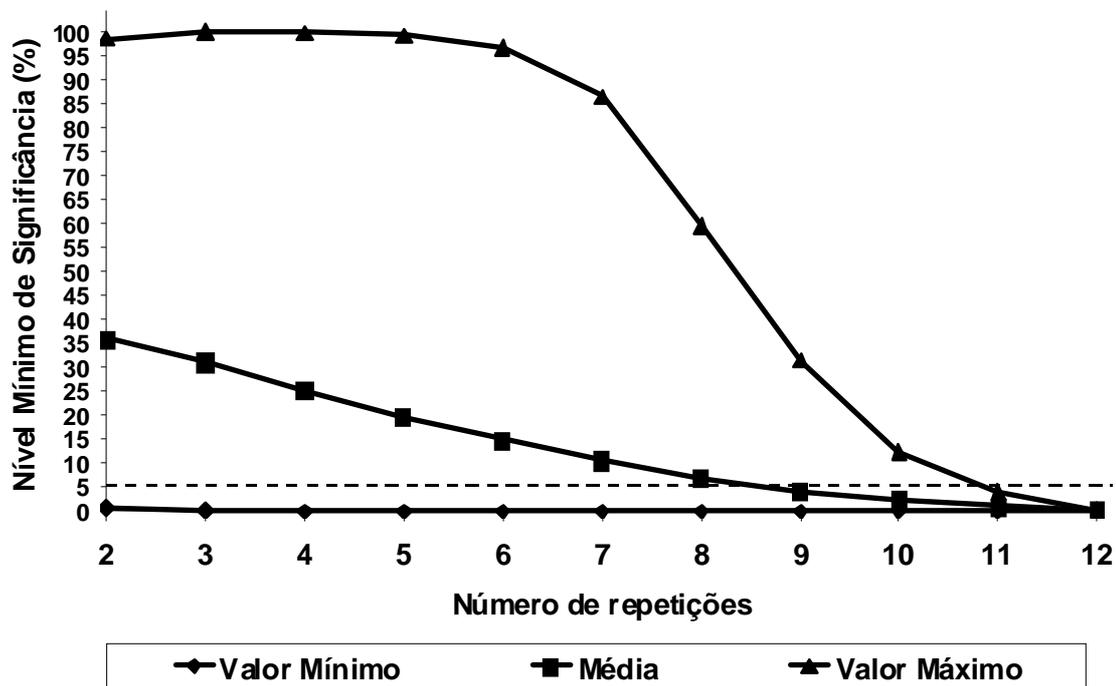


Figura 1 - Valores mínimos, médios e máximos do nível mínimo de significância, para híbridos, das 4083 possibilidades de combinações das repetições nos experimentos simulados.

denominada erro Tipo III, em que a hipótese da nulidade é corretamente rejeitada, mas a conclusão sobre a direção do efeito é incorreta (KIMBALL, 1957; BOFINGER, 1985; MENDES, 2007).

Na Tabela 2 apresenta-se a distribuição da proporção dos experimentos que provaram diferenças significativas com os níveis de 5, 10 e maior que 10%, classificados neste trabalho como desejável, tolerável e indesejável, respectivamente. Ressalta-se que o experimento referência (12 repetições) provou diferenças a 1% (Tabela 1). Observa-se que a proporção de experimentos com diferenças significativas detectadas com nível mínimo de

significância abaixo de 5% aumentam com o número de repetições, indicando no mínimo 11 repetições para que esse valor não seja inferior a 95%.

Admitindo-se que os experimentos em julgamento serão concordantes com o experimento referência (12 repetições) quando provarem diferenças para significância inferior a 5%, e também, que a decisão será aceita se acertam em pelo menos 95% das realizações, tem-se uma indicação mínima de 11 repetições para futuros experimentos (Figura 2). Experimentos com quatro repetições acertariam em apenas 20% dos experimentos.

Observa-se que os valores do coeficiente de

Tabela 2 - Distribuição dos 4083 experimentos obtidos, classificados por nível mínimo de significância, para híbridos, e do número de repetições.

Repetições	Desejável	Tolerável	Indesejável
	$p \leq 5\%$	$5\% < p \leq 10\%$	$p > 10\%$
	----- % -----		
2	13,6	12,2	74,2
3	25,0	6,4	68,6
4	28,7	11,5	59,8
5	36,5	13,6	49,9
6	44,4	15,6	40,0
7	54,9	13,3	31,8
8	63,0	14,4	22,6
9	74,1	13,2	12,7
10	87,8	6,1	6,1
11	100	-	-
12	100	-	-

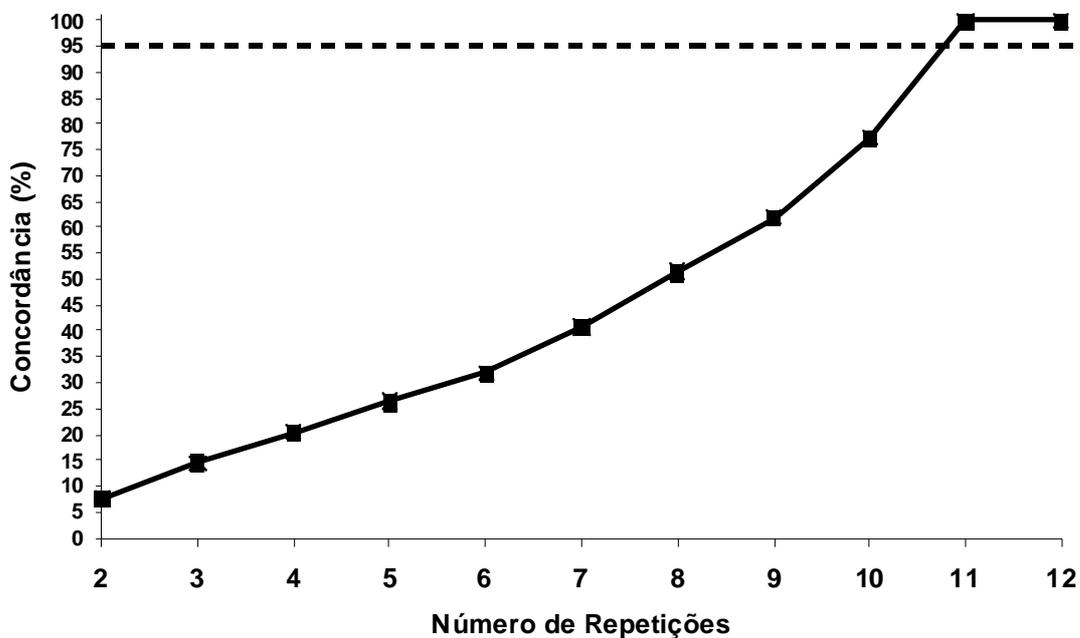


Figura 2 - Percentagem de concordância dos experimentos simulados em relação ao experimento referência, com 12 repetições.

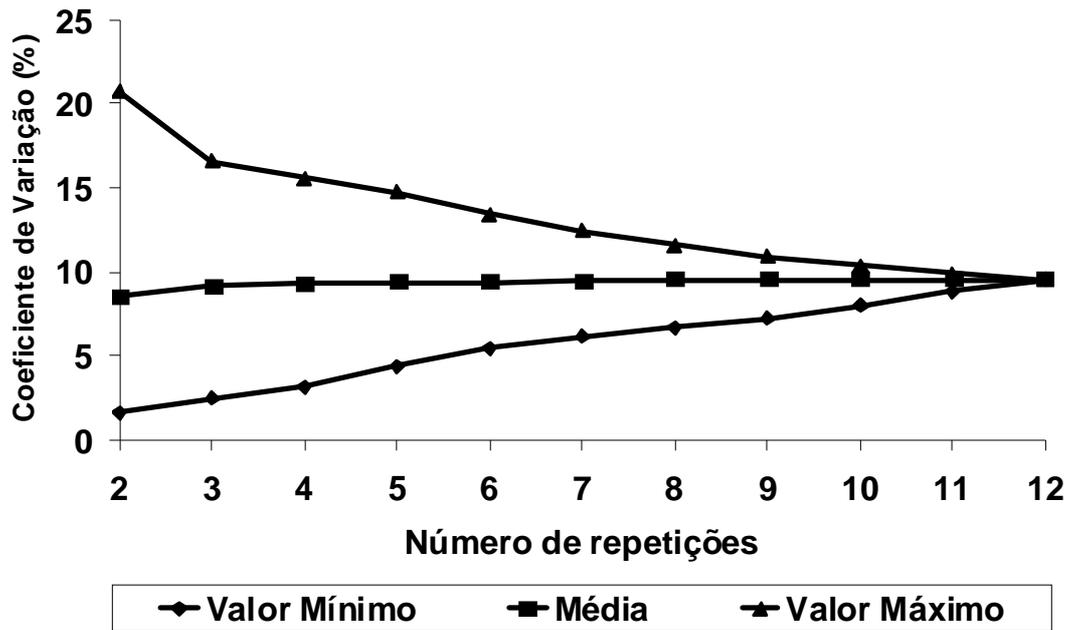


Figura 3 - Valores mínimos, médios e máximos do coeficiente de variação das 4083 possibilidades de combinações das repetições nos experimentos simulados.

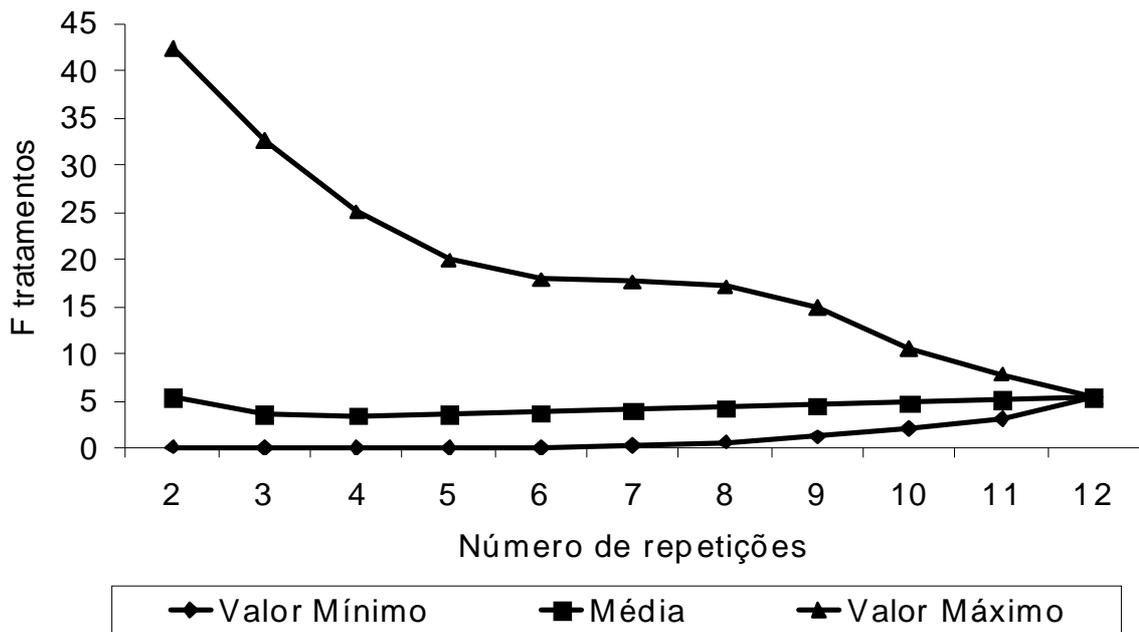


Figura 4 - Valores mínimos, médios e máximos para F dos híbridos das 4083 possibilidades de combinações das repetições nos experimentos simulados.

variação e de F para híbridos (Figuras 3 e 4) tem um comportamento semelhante, com valores médios estáveis independente do número de repetições. Para estas características, o aumento do número de repetições teve como único efeito a convergência entre os valores mínimo, médio e máximo. Este comportamento também foi observado por Velini et al. (2006), estudando a precisão de experimentos de

milho sob matointerferência.

Para os valores da DMS (Figura 5), observa-se convergência entre os valores, estabilizando em torno de uma DMS de 10%, o que corresponde a um rendimento de grãos de 9955kg/ha nas condições do experimento. A estabilização da DMS média para maiores números de repetições indica que é inviável obter ensaios altamente precisos considerando

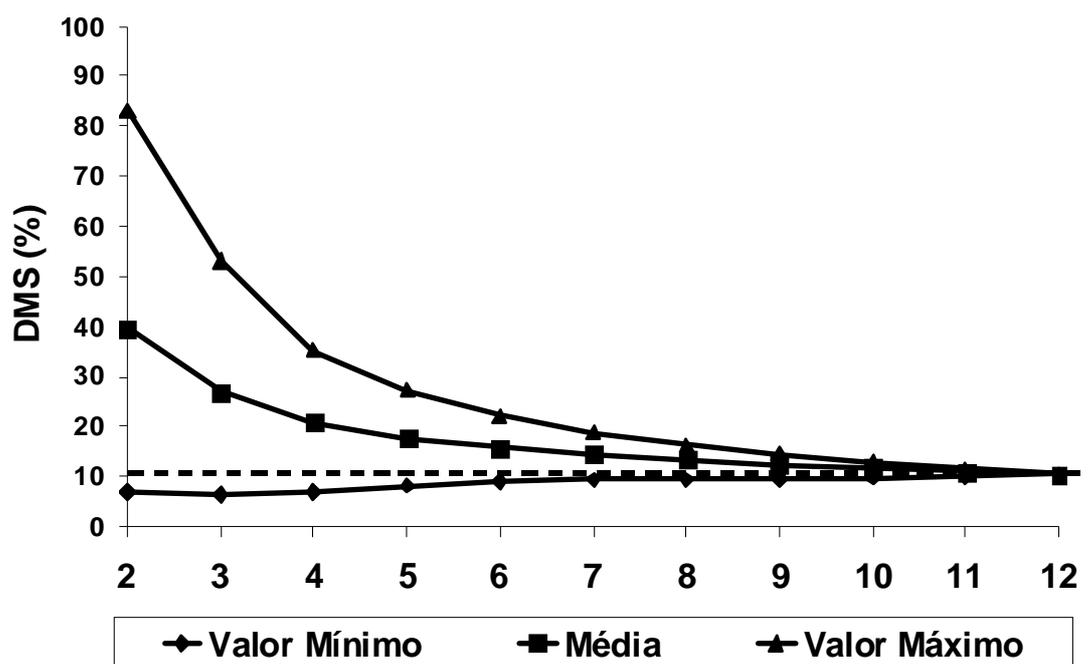


Figura 5 - Valor mínimo, média e valor máximo da diferença mínima significativa pelo teste de Tukey, em porcentagem da média, em função do número de repetições para os experimentos simulados.

somente o aumento no número de repetições.

O aumento do número de repetições é o método geral e eficiente de aumentar a precisão dos experimentos (PIMENTEL-GOMES, 1994). Entretanto, para não elevar os custos ou aumentar demasiadamente a exigência em área experimental, deve-se combinar o número de repetições, o tamanho da parcela e a escolha dos genótipos (MARTIN et al., 2004).

À medida que as diferenças reais entre os tratamentos decrescem em magnitude, o poder discriminativo dos testes estatísticos diferem entre si e são sempre inferiores em experimentos com poucas repetições (CONAGIN e PIMENTEL-GOMES, 2004; CONAGIN e BARBIN, 2006). Este fato é de grande importância em programas de melhoramento ou outros tipos de pesquisas em que incrementos são difíceis de ser obtidos e progressos são pequenos. Nestes casos, o poder e a eficiência de vários testes foram sempre maiores em experimentos com oito repetições em relação aqueles com quatro repetições no trabalho de Conagin et al. (2008).

CONCLUSÕES

Considerando apenas a variável rendimento de grãos, há um indicativo de no mínimo 11 repetições para provar diferenças significativas entre híbridos nos experimentos de competição de cultivares de milho.

Somente o aumento do número de repetições, é ineficiente para diminuir a diferença mínima significativa entre os híbridos.

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro agrônomo Selito Bordin pelo empréstimo da área e de equipamentos para a realização do experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: Editora Funep, 1995. 245p.
- BOFINGER, E. Multiple comparisons and Type III errors. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v.80, n.390, p.433-438, 1985.

- CONAGIN, A.; PIMENTEL-GOMES, F. Escolha adequada dos testes estatísticos para comparações múltiplas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.79, p.288-295, 2004.
- CONAGIN, A.; BARBIN, D. Poder e eficiência dos diferentes testes estatísticos para comparações múltiplas. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.81, p.118-137, 2006.
- CONAGIN, A.; BARBIN, D.; DEMÉTRIO, C.G. Modifications for the Tukey test procedure and evaluation of the power and efficiency of multiple comparison procedures. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.4, p.428-432, 2008.
- KIMBALL, A.W. Erros of the third kind in statistical consulting. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v.52, n.278, p.133-142, 1957.
- MENDES, M. The effects of non-normality on type III error for comparing independent means, **Journal of Applied Quantitative Methods**, Romênia, v.4, n.2, p. 444-454, 2007.
- LÚCIO, A.D.C.; STORCK, L.; BANZATTO, D.A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.5, n.1, p.99-103, 1999.
- MARTIN, T.N. et al. Definição de plano experimental para comparação de cultivares de milho em áreas limitadas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 325-332, 2004.
- NESE, C.N.; HEMP, S.; VIEIRA, L.C. Precisão nos ensaios de competição de cultivares de feijão e milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.20, n.1, p.44-48, 2007.
- PIMENTEL-GOMES, F. A importância do número de repetições nos experimentos. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.69, n.3, p.243-245, 1994.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 477p.
- RAMALHO, M.A.P.; FERREIRA, D.F.; OLIVEIRA, A.C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 322p.
- RESENDE, M. D. V. ; SOUZA JÚNIOR, C. L. . Número de repetições e tamanho de parcela para seleção de progênies de milho em solos sob cerrado e fértil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 8, p. 781-788, 1997.
- SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.683-686, 1995.
- SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA: 2006/2007. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2007. 282p.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - SBCS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, 2004. 400p.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: Mc Graw Hill Book, 1960. 481p.
- VELINI, E.D. et al. Interferência de plantas daninhas na cultura do milho. I - Efeito do número de repetições sobre a precisão dos resultados obtidos. **Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.3, p.435-442, 2006.