

QUALIDADE DOS ENSAIOS DE COMPETIÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL¹

QUALITY OF CULTIVAR COMPETITION EXPERIMENTS WITH CORN IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL - BRAZIL

Daniela Giffoni Marques² Lindolfo Storck³ Sidinei José Lopes⁴
Thomas Newton Martin⁵

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar a proporção de ensaios com significância para efeito de blocos, cultivares e do atendimento às pressuposições de normalidade e aleatoriedade do erro, homogeneidade das variâncias do erro entre cultivares e a aditividade do modelo necessárias para os testes de hipótese. Também foi objetivo a quantificação do efeito do não atendimento das pressuposições sobre a diferença mínima significativa (DMS), obtida pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Foram analisados 307 ensaios da rede estadual de competição de cultivares de milho do Estado do Rio Grande do Sul no período de 1993 e 1996. Dos ensaios de competição de cultivares de milho, 85,67% apresentaram efeito significativo para cultivares e, nestes, a média da DMS era igual a 30,28%. O não atendimento às pressuposições para os testes de hipótese ocorreu em baixa frequência e aumentou a DMS. A falta de aditividade no modelo ocorreu em 8,75% dos ensaios e não modificou a DMS, sendo a transformação indicada ineficiente para a redução da DMS. A causa da falta de aleatoriedade dos erros em 9,88% dos ensaios foi a variabilidade entre as unidades experimentais e/ou o bloqueamento em posição inadequada à variabilidade espacial da fertilidade no local do ensaio.

Palavras-chave: precisão, pressuposições, análise de resíduos.

SUMMARY

This study aimed to quantify the proportion of experiments with statistical difference for blocks, cultivar and the F test assumption (additivity, normal distribution, random error, and error variance homogeneity among cultivars) observance.

Also, the effects on the least significant difference (LSD) based on Tukey test ($P=0.05$) were quantified when some assumption was not observed. The statistical analysis was based upon 307 sets of experimental cultivar competition data carried out from 1993 to 1996 in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. Among the experiments with significant differences in treatments (cultivars), 85.67% had an average LSD equal to 30.28%. Low frequency of non assumption observance was verified and increased the LSD. Lack of additivity on the model occurred in 8.75% the trials and not modify LSD of data transformation. No random error effect was verified in 9.88% of the experiments due to variability among plots at the same block caused by inadequate block placement in the experimental area.

Key words: precision, assumptions, residual analysis.

INTRODUÇÃO

Os ensaios para a recomendação de cultivares de milho no Estado do Rio Grande do Sul (RS) resultam em diferenças mínimas significativas (DMS) muito altas, freqüentemente maiores do que a média de produtividade obtida pelos produtores. Esse fato pode induzir a uma escolha de cultivares pouco criteriosa, levando a recomendações de cultivares não necessariamente superiores. Isso resulta em prejuízo aos produtores e à economia do Estado, já que o milho é uma das principais culturas anuais recomendadas para a grande maioria dos municípios.

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Participação de bolsista da FAPERGS.

²Engenheiro Agrônomo, Bolsista da CAPES.

³Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, UFSM, 97105-900 Santa Maria, RS, Bolsista do CNPq. E-mail: storck@ccr.ufsm.br. Autor para correspondência.

⁴Engenheiro Agrônomo, MSc., Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia, UFSM.

⁵Acadêmico do Curso de Agronomia, UFSM.

A experimentação tem por objetivo delinear e executar experimentos, de modo a permitir inferências precisas sobre as variáveis avaliadas. Para isso, o experimentador necessita utilizar técnicas refinadas, com o objetivo de minimizar a variação causada por fatores não controláveis (MIRANDA FILHO, 1987). LÚCIO (1997) ressalta que a aplicação de inseticidas, realizada após a presença dos insetos nos ensaios de milho, reduz a precisão. Por outro lado, o desbaste é uma técnica cultural capaz de aumentar a precisão do ensaio. LÚCIO (1997) também acrescenta que a cultura do milho apresenta maior DMS, em percentagem da média, do que as culturas do arroz, trigo e soja.

Segundo STORCK & LOPES (1997), a análise dos resultados de um experimento é de boa qualidade quando as pressuposições do modelo matemático são atendidas. Essas pressuposições para o delineamento blocos ao acaso são: aditividade dos parâmetros do modelo; os erros conjuntamente independentes, aleatórios, idêntica e normalmente distribuídos de média zero e variância comum σ^2 . Quando as pressuposições enumeradas não são satisfeitas, a análise paramétrica via teste de F, as comparações de médias pelos testes de Tukey, Duncan e outros, ficam prejudicadas e podem levar a falsas conclusões. Quando as pressuposições não forem atendidas, deve-se preferir a análise não-paramétrica ou proceder a uma transformação nos dados.

Para verificar se as pressuposições do modelo matemático estão sendo satisfeitas, pode-se usar os seguintes testes: (a) teste de aditividade de Tukey: verifica se os efeitos do modelo matemático são aditivos (SNEDECOR & COCHRAN, 1967); (b) teste de seqüência: verifica a aleatoriedade dos erros, ou seja, a sua independência (BEAVER *et al.*, 1974); (c) teste de Lilliefors: verifica a normalidade da distribuição dos erros (CAMPOS, 1983) e, (d) teste de Bartlett: verifica a homogeneidade das variâncias residuais entre os tratamentos (STEEL & TORRIE, 1960).

Os objetivos deste estudo foram: quantificar a proporção de ensaios com significância para efeito de blocos, cultivares e do atendimento às pressuposições (normalidade, aleatoriedade, aditividade do modelo matemático e homogeneidade de variâncias do erro entre os cultivares); quantificar o efeito do não-atendimento das pressuposições sobre a DMS; e, verificar se há variação da DMS para os diferentes tipos de ensaios (preliminares, estaduais e recomendados) e ciclo dos cultivares (normal, precoce e superprecoce).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para a execução deste trabalho foram provenientes dos ensaios de competi-

ção de cultivares de milho no Rio Grande do Sul, conduzidos sob a coordenação dos pesquisadores da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) do Estado do RS, nos anos agrícolas de 93/94, 94/95 e 95/96, abrangendo toda a área produtora de milho no Estado. Os ensaios de milho são classificados em três grandes grupos, quanto ao nível de desenvolvimento genético dos cultivares: grupo de ensaios preliminares, grupo de ensaios estaduais e grupo de ensaios recomendados. Os ensaios também são classificados quanto ao ciclo dos cultivares, isto é, número de unidades calóricas necessárias para o pendoamento, em cultivares de ciclo normal, ciclo precoce e ciclo superprecoce. Cada classe (três ciclos x três grupos) de ensaio foi executada em diferentes locais do Estado, segundo o delineamento blocos ao acaso, com número de repetições variando entre duas e quatro. As unidades experimentais foram constituídas por duas fileiras de cinco metros, com espaçamento de 80cm entre fileiras e densidades iniciais variando conforme o ciclo dos cultivares. Para cada um dos ensaios, foram recuperados os dados originais do rendimento de grãos com 13% de umidade por unidade experimental, para as análises estatísticas.

Inicialmente, cada ensaio foi submetido a uma análise da variância com teste de hipótese para blocos e para cultivares. Nos casos em que a hipótese de igualdade entre os cultivares foi rejeitada, procedeu-se ao cálculo da estatística diferença mínima significativa (DMS), em percentagem da média do ensaio, usando o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

O efeito do erro, referente a cada unidade experimental, foi estimado pela diferença entre o valor observado e as estimativas dos respectivos efeitos da média geral, bloco e cultivar. Foram, então, aplicados os testes de Lilliefors, aleatoriedade, Bartlett e aditividade. O teste de Lilliefors (CAMPOS, 1983) foi aplicado para verificar a normalidade da distribuição dos erros. Para o teste da aleatoriedade dos erros ou teste de seqüência (BEAVER *et al.*, 1974), os erros foram ordenados segundo a distribuição dos cultivares em cada ensaio, começando pelo bloco 01, com numeração das unidades experimentais da esquerda para a direita, seguindo a numeração das unidades experimentais do bloco 02, da esquerda para a direita, e assim por diante até o último bloco e a última unidade experimental. Os erros foram registrados sobre as respectivas unidades experimentais e marcados com sinal de “+” quando positivo e com sinal de “-” quando negativo. A estatística do teste é igual ao número de vezes em que é trocado um sinal por outro ao percorrer a seqüência de erros estabelecidos, e foi testado pela aproximação da distribuição normal padrão.

O teste de Bartlett (STEEL & TORRIE, 1960) foi aplicado para verificar a homogeneidade das variâncias dos erros entre os cultivares. Nos ensaios em que a hipótese foi rejeitada, foi aplicada a transformação logarítmica aos dados originais. Nos ensaios em que houve transformação dos dados, a DMS foi estimada para a comparação com a DMS obtida com os dados originais. A aditividade do modelo matemático foi verificada pelo teste de aditividade de Tukey (SNEDECOR & COCHRAN, 1967), em nível de 5% de probabilidade de erro. Nos casos em que a hipótese de aditividade do modelo foi rejeitada, estimou-se o expoente p da expressão $Y=X^p$, sendo: Y = dados transformados, X = dados na escala original, p = valor que tenha causado aditividade ao modelo. Nos ensaios em que houve transformação dos dados, a DMS foi estimada para a comparação com a DMS obtida com os dados originais.

Os resultados das DMS, que expressam a qualidade dos ensaios, foram agrupados em função da adequação ou não às pressuposições analisadas e dos tipos de transformação de dados aplicados. Para os níveis de cada classe, foi estimada a frequência, a média e o coeficiente de variação das DMS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 307 ensaios analisados, 85,67% apresentaram efeito significativo para cultivar e tiveram uma média da DMS, obtida pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro e expresso em percentagem da média, igual a 30,28% (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatísticas dos ensaios de competição de cultivares de milho no RS durante os anos de 1993 a 1996, classificados por tipo de ensaio. Santa Maria, 1998.

Estatísticas	Tipos de ensaios			
	Preliminar	Estadual	Recomendado	Geral
Número de ensaios	57	172	78	307
Percentagem de ensaios	18,57	56,03	25,40	100
Blocos heterogêneos (%)	57,89	43,02	50,00	47,56
Cultivares diferentes (%*)	82,45	87,79	83,33	85,67
Modelo aditivo (%*)	94,73	91,86	91,02	92,18
Variâncias heterogêneas (%*)	96,49	98,83	98,71	98,37
Distribuição normal (%*)	94,73	95,34	96,15	95,40
Erros aleatórios (%*)	87,71	89,53	84,61	87,95
DMS*	38,10	28,04	29,84	30,28
CV* (%)	50,31	41,70	40,85	45,87

DMS* Média da diferença mínima significativa obtida pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro, expresso em percentagem da média;

* = coeficiente de variação das DMS;

%* = percentagem dos ensaios analisados.

Assim, a probabilidade de um ensaio possuir uma DMS menor que 30,28% é igual a 50% e, uma DMS neste patamar, é considerada alta porque reflete o percentual de diferença entre dois cultivares para se obter significância. Esse valor, possivelmente, está muito acima da margem de lucro de um produtor de milho. No geral, quanto menor a DMS maior será o número de cultivares beneficiados na competição, ou seja, mais cultivares serão considerados distintos entre si. Por outro lado, quanto maior a DMS, maior será o valor que fará a diferença entre os cultivares e menor será o número de cultivares que constarão na avaliação dos ensaios, resultando em prejuízo às cultivares superiores, ou então, em benefício a cultivares inferiores. O atendimento às pressuposições analisadas apresenta uma frequência possivelmente alta, não havendo dados na literatura sobre outros estudos nesse sentido. Observa-se que, mesmo sendo atendidas a maioria das pressuposições, a média da DMS apresentou valores muito altos, caracterizando, portanto, a presença de ensaios de baixa precisão. Os coeficientes de variação das DMS foram igualmente altos, demonstrando que não há homogeneidade na precisão das diferentes classes dos ensaios. Considerando que, praticamente, a metade dos ensaios teve blocos heterogêneos, pode-se afirmar que a utilização de blocos não pode ser descartada e deve continuar a fazer parte do planejamento.

Quantificando as estatísticas, classificadas em função do tipo de ensaio (preliminares, estaduais e recomendados), observa-se (Tabela 1) que esse fator não é determinante da qualidade dos ensaios. No entanto, os ensaios preliminares apresentaram a menor porcentagem para efeito cultivar e uma DMS de 38,10%. São desconhecidos os critérios que cada empresa produtora de sementes usa para descartar ou não cultivares em função dos resultados dos ensaios preliminares. Possivelmente, por se tratar de cultivares, em média, mais sensíveis à variação ambiental e de menor média de produtividade de grãos, comparada com os ensaios estaduais e recomendados. O coeficiente de variação nessa classe é o mais alto, indicando que foi a mais heterogênea quanto à precisão. Classificando-se os ensaios em função do ciclo dos cultivares (normal, precoce e superprecoce), do número de blocos e de cultivares (dados não apresentados), também não se verificaram diferenças marcantes nas estimativas das estatísticas apresentadas na tabela 1.

A falta de aleatoriedade dos erros nos ensaios, com efeito significativo para cultivar, aumentou a DMS de 29,10 para 41,06% (Tabela 2), equivalendo a um acréscimo de 41% na DMS. Além disso, as DMS dos ensaios com

Tabela 2 - Números e percentagem de ensaios com efeito significativo para cultivar, média da diferença mínima significativa obtida pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro expresso em percentagem da média (\overline{DMS}) e coeficiente de variação (CV) das DMS dos ensaios de competição de cultivares de milho no RS durante os anos de 1993 a 1996, classificados em função da aleatoriedade e normalidade dos erros. Santa Maria, 1998.

	Número	Percentagem	\overline{DMS}	CV
Aleatoriedade				
Sim	237	90,12	29,10	42,26
Não	26	9,88	41,06	25,27
Normalidade				
Sim	253	96,19	30,04	45,03
Não	10	3,81	36,33	58,41
Geral	263	100	30,28	45,87

erros não aleatórios são muito mais homogêneas, pois têm menor coeficiente de variação se comparado com os ensaios com erros aleatórios. A falta de aleatoriedade em 9,88% dos ensaios é uma das causas do aumento da DMS.

Verificando os mapas que contêm as estimativas dos erros de cada unidade experimental, posicionados conforme a casualização de cada um dos 37 ensaios com erros não aleatórios, constatou-se que: (a) os erros positivos e/ou negativos estão, em muitos casos, agrupados nas pontas dos blocos ou em posições intermediárias; (b) em determinados blocos, a maioria dos erros são negativos e poucos são positivos (ou vice-versa), mas com valores muito altos, caracterizando manchas muito fortes de fertilidade e/ou erros na leitura dos dados; (c) em pelo menos um dos blocos do ensaio, ocorreu uma concentração dos erros positivos e/ou negativos numa das pontas ou em posição intermediária. Com isso, pode-se deduzir que as áreas experimentais foram muito heterogêneas, e/ou o bloqueamento foi realizado no sentido oposto ao adequado à área experimental. A causa da falta de aleatoriedade, nesses casos, foi a locação equivocada dos blocos na área experimental, e não a falta de casualização dos cultivares em cada bloco.

Os 10 ensaios, com efeito significativo para cultivar em que os erros não aderiram à distribuição normal (Tabela 2), tiveram uma DMS superior (36,33%) àqueles que tiveram seus erros aderidos à distribuição normal (30,04%) e, também, apresentaram uma maior heterogeneidade na precisão dos ensaios.

A falta de homogeneidade das variâncias do erro entre os cultivares aumentou a DMS (Tabela 3). Nos quatro ensaios em que as variâncias dos erros entre os cultivares foram heterogêneas, a transformação logarítmica foi efetiva, pois reduziu a DMS de 45,30% para 30,00%, e aumentou a homogeneidade das DMS dos ensaios. Dada a baixa frequência de ensaios em que ocorreu a falta de homogeneidade dos erros, pode-se inferir que esse é um fato imprevisível. Tal fato deveria acontecer nos ensaios nos quais existem testemunhas, onde há grandes diferenças entre a média da testemunha e as médias dos demais tratamentos. Nesses casos, a falta de homogeneidade das variâncias dos erros é um fato previsível, sendo recomendada a transformação logarítmica dos dados (STORCK & LOPES, 1997).

A aditividade do modelo matemático foi constatada em 91,25% dos ensaios com efeito significativo para cultivar (Tabela 3). Contudo, os ensaios que não apresentaram aditividade do modelo obtiveram uma DMS semelhante. Nos ensaios em que essa pressuposição não foi atendida, a transformação sugerida pelo teste de aditividade de Tukey foi pouco efetiva e não garantiu uma redução na DMS, resultando somente numa melhor homogeneidade da precisão desses ensaios. Assim, a verificação da pressuposição da aditividade do modelo pode ser desconsiderada na análise dos dados dos ensaios de competição de cultivares de milho.

Na tabela 4, verifica-se o número de ensaios com o atendimento ou não das pressuposições

Tabela 3 - Números e percentagem de ensaios com efeito significativo para cultivar, média da diferença mínima significativa obtida pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro expresso em percentagem da média (\overline{DMS}) e coeficiente de variação (CV) das DMS dos ensaios de competição de cultivares de milho no RS durante os anos de 1993 a 1996, classificados em função da homogeneidade dos erros e da aditividade do modelo. Santa Maria, 1998.

	Número	Percent.	\overline{DMS}	CV	\overline{DMS}^*	CV*
Homogeneidade						
Sim	259	98,48	30,05	45,59	---	---
Não	4	1,52	45,30	44,57	30,00	36,76
Aditividade						
Sim	240	91,25	30,17	46,11	---	---
Não	23	8,75	31,47	44,29	30,02	31,07
Geral	263	100	30,28	45,87	---	---

* DMS e CV para as transformações indicadas pelos respectivos testes.

Tabela 4 - Número total e com significância para cultivares de ensaios, média da diferença mínima significativa obtida pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade de erro expresso em percentagem da média (\overline{DMS}) dos ensaios de competição de cultivares de milho realizados no RS durante os anos de 1993 a 1996, classificados em função da aleatoriedade, da aditividade do modelo, da normalidade dos erros e da homogeneidade das variâncias dos erros. Santa Maria, 1998.

Aleatório	Aditivo	Normal	Homogêneo	Total	Significância	\overline{DMS}
Sim	Sim	Sim	Sim	241	210	28,87
Sim	Sim	Não	Sim	9	7	30,28
Sim	Não	Sim	Sim	16	16	27,50
Sim	Não	Sim	Não	2	2	29,85
Sim	Não	Não	Não	2	2	60,75
Não	Sim	Sim	Sim	30	22	42,51
Não	Sim	Não	Sim	3	1	29,80
Não	Não	Sim	Sim	3	3	34,20
Não	Não	Sim	Não	1	0	---
Geral	---	---	---	307	263	30,28

e as respectivas médias das DMS. Três classes, num total de 55 ensaios, tiveram uma das pressuposições não atendida: nove ensaios com falta de normalidade; 16 ensaios com modelo não aditivo; e 30 ensaios com falta de aleatoriedade dos erros. Destes, apenas 45 tiveram efeito significativo para cultivares, resultando numa DMS maior (35,27%) se comparado com o grupo de 210 ensaios com todas as pressuposições atendidas (DMS = 28,87%). Dos 263 ensaios realizados, com efeito significativo para cultivar, apenas 3,05% dos ensaios tiveram duas ou mais pressuposições não atendidas; 17,11% tiveram uma das quatro pressuposições analisadas não atendida, e os demais, 79,84% dos ensaios, apresentaram-se com todas as pressuposições atendidas. Assim, o não atendimento de certas pressuposições influenciou expressivamente sobre a DMS.

CONCLUSÕES

Os 85,67% dos ensaios de competição de cultivares de milho, executados no Estado do Rio Grande do Sul, que apresentam efeito significativo de cultivares, têm uma média da diferença mínima significativa (DMS), efetuada pelo teste de Tukey, em percentagem da média do ensaio, igual a 30,28%.

O ciclo dos cultivares, o número de blocos e tratamentos não influencia o valor da DMS.

Em 1,5% dos ensaios com variâncias dos erros entre os cultivares heterogêneas, a transformação logarítmica reduziu a DMS.

A falta de aditividade no modelo ocorre em 8,75% dos ensaios e não modifica a DMS, sendo a transformação indicada pelo teste de aditividade de Tukey ineficiente para a redução da DMS.

A causa da falta de aleatoriedade dos erros em 9,88% dos ensaios é a variabilidade entre as unidades experimentais e/ou o bloqueamento em posição inadequada à variabilidade espacial da fertilidade no local do ensaio.

AGRADECIMENTOS

Aos Engenheiros Agrônomos Miguel Bresolin, Ronaldo Matzenauer e Orlando de O. Correa, e aos demais técnicos da FEPAGRO/RS e a todos os executores dos ensaios da rede estadual de ensaios de competição de cultivares de milho, pela cedência dos dados analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAVER, R., MENDENHALL, W., REINNHMUTH, J. *Statistics for management and economics*. 2 ed. North Scituate : Duxbury, 1974. p.366-368.
- CAMPOS, H. *Estatística experimental não-paramétrica*. 4 ed. Piracicaba : Departamento de Matemática e Estatística - ESALQ, 1983. 349p.
- LÚCIO, A.D. *Parâmetros da precisão experimental das principais culturas anuais do Estado do Rio Grande do Sul*. Santa Maria - RS, 1997. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1997.
- MIRANDA FILHO, J.B. *Melhoramento e produção do milho*. Campinas : Fundação Cargill, 1987. V.2: Princípios de experimentação e análise estatística: p.765-794.
- SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. *Statistical methods*. 6 ed. Ames : Iowa State University, 1967. 593p.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics*. Nova York : McGraw Hill Book, 1960. 481p.
- STORCK, L., LOPES, S.J. *Experimentação II*. Santa Maria : UFSM/Departamento de Fitotecnia, 1997. 197p.