

O MANEJO DAS CULTURAS INTERFERE NO ERRO EXPERIMENTAL

ALESSANDRO DAL COLÚCIO, LINDOLFO STORCK

RESUMO - Com o objetivo de identificar algumas técnicas usuais de manejo que possam afetar o erro experimental, em ensaios de competição de cultivares de milho, soja, arroz, trigo, feijão e aveia, foram utilizados 1920 ensaios realizados no Estado do Rio Grande do Sul entre 1987 e 1995. Dentro de cada cultura, os ensaios foram agrupados segundo critério de manejos semelhantes. Para cada grupo foi calculado o valor do quadrado médio do erro médio, ponderado pelos graus de liberdade do erro e, com estes valores, foi aplicado o teste F para testar a homogeneidade das variâncias, tomando-se os manejos dois a dois. As avaliações dos efeitos dos manejos culturais sobre o erro experimental foram realizadas a partir de comparações entre grupos específicos. Pode-se concluir que o tratamento de sementes em soja e trigo, desbaste em milho, uso de sementes pré-germinadas em arroz, controle de insetos e de plantas daninhas, em soja, são procedimentos que, geralmente, reduzem o erro experimental, e que a adubação em cobertura em soja, e o controle de insetos em milho e trigo, aumentam, em geral, o erro experimental.

Palavras-chave: precisão experimental, prática cultural, competição de cultivares, milho, soja, arroz, trigo, feijão, aveia.

CULTURE MANAGEMENT INTERFERES IN THE EXPERIMENTAL ERROR

ABSTRACT - The present study aimed to identify some common techniques of management which may affect the experimental error of competition assays in corn, soybean, rice, wheat, bean and oat. A total of 1920 assays were developed in Rio Grande do Sul State, from 1987 to 1995. For each crop, the assays were grouped based on similarity of management. For each new group the value of the mean square of the average error was calculated, considering the error degrees of freedom. These values were used to apply F test to compare two variations. The effects of crop management on the experimental error were analyzed based on comparisons among specific groups. It can be concluded that seeds treatment in soybean and wheat, corn trimming, use of pre-germinated seeds in rice, insect and weed control in soybean reduce the experimental error, generally. On the other hand, cover fertilizer application in soybean, and insect control in corn and wheat usually increase the experimental error.

Key words: experimental precision, cultural practice, cultivar competition, maize, soybean, rice, wheat, bean, oat.

INTRODUÇÃO

A qualidade de um ensaio pode ser avaliada pela magnitude do erro experimental. Esse erro consiste numa variação não controlada pelo pesquisador e ocorre, de forma aleatória, entre as unidades experimentais que receberam os mesmos tratamentos (STEEL e TORRIE, 1960). Assim, a variância entre estas unidades experimentais é uma estimativa do erro experimental.

Pequenas variações, de toda natureza, existentes nas unidades experimentais antes de se aplicar os tratamentos, ou induzidas involuntariamente durante a execução do ensaio,

tornam as mesmas heterogêneas. Esta heterogeneidade é conhecida como variação ambiental ou erro. Em ensaios, principalmente os agrícolas, outro tipo de erro, o sistemático ou de condução, se faz presente. Este é o erro em que um determinado tratamento é favorecido ou desfavorecido em todas suas repetições, sendo então somado ao efeito dos tratamentos, alterando o quadrado médio dos tratamentos, a estatística F e as conclusões sobre os efeitos dos tratamentos (STORCK et al., 1994). A existência do erro experimental na análise dos experimentos nos faz utilizar a análise estatística para testar as hipóteses formuladas. Para testar a hipótese estatística

1. Eng. Agr., Dr. - Prof. Adjunto do Depto Fitotecnia/CCR/UFSM, 97105-900 Santa Maria, RS. E-mail: adlucio@ccr.ufsm.br (Autor para correspondência)
2. Eng. Agr., Dr., Prof. Titular do Departamento de Fitotecnia/CCR/UFSM. Bolsista do CNPq.
Recebido para publicação em 04/05/1999.

$H_0: t_i = 0; \forall_i$, por exemplo, com tratamentos de efeito fixo, calcula-se a estatística F pela razão entre o quadrado médio de tratamentos e o quadrado médio do erro, o qual deverá ser maior que o valor de F tabelado em nível α de significância, para se rejeitar H_0 e concluir que, pelo menos, um contraste de tratamentos é diferente de zero. O valor de F calculado determina quantas vezes a estimativa da variância do "erro mais o efeito dos tratamentos" é maior que a estimativa da variância do erro. Em certos casos, mesmo havendo diferenças entre tratamentos, estas poderão não ser detectadas pela análise, ao nível α de significância adotado, se a variância do erro for grande. Para uma dada diferença entre tratamentos, que sempre existirá, mesmo sendo pequena, o valor de F estimado poderá assumir qualquer valor entre zero e infinito, dependendo do valor do erro experimental. Assim, a rejeição de H_0 depende, principalmente, da magnitude do erro experimental.

Uma outra forma de visualizar a importância do erro experimental, é a variância da média estimada ($V(\hat{m})$), que é empregada nos procedimentos para comparações múltiplas (teste F, teste t, Tukey, Duncan, Bonferroni, Scheffé, Dunnett, etc.). No teste Tukey, por exemplo, toda diferença entre duas médias maior que o valor de Δ (diferença mínima significativa) é considerada significativa em nível α de significância. Por essa razão, quando o valor de Δ for elevado, somente grandes diferenças entre médias serão consideradas significativas. STORCK et al. (1994) sugerem que, para se reduzir o valor de Δ e se discriminar melhor as diferenças entre as médias dos tratamentos avaliados, tem-se duas alternativas: aumentar o número de repetições e/ou reduzir o quadrado médio do erro através de um maior cuidado no planejamento e na execução do ensaio, uso de unidades experimentais mais homogêneas e de práticas culturais mais adequadas para a cultura.

FEDERER (1977) mostra que existem outros fatores que aumentam o erro experimental, além da não utilização dos princípios básicos da experimentação (casualização, repetição e controle local) e o planejamento experimental inadequado, tais como: heterogeneidade das unidades experimentais e do material experimental, competição inter e intraparcels. A heterogeneidade das unidades experimentais, em experimentos de campo, é devida a uma soma de fatores como: variação na fertilidade do solo, drenagem, nivelamento, decomposição de culturas de anos anteriores,

textura e estrutura do solo, etc., além de variações induzidas durante o processo de preparo ou manejo do solo. Para se evitar o erro devido a esta heterogeneidade, deve-se conhecer a variabilidade das unidades experimentais da área em questão, usando resultados de pesquisas anteriores na mesma área ou executando um ensaio em branco e adequar a área ao delineamento experimental, tamanho e forma da parcela, número de repetições e de tratamentos com a precisão requerida para o ensaio (STORCK, 1979; OLIVEIRA, 1994).

Outros fatores, como: desuniformidade na realização dos tratamentos culturais, presença de pragas, doenças e plantas daninhas, provocam um aumento do erro experimental, devido ao fato de um tratamento ser ora favorecido e ora prejudicado por influências desses fatores (STORCK et al., 1994). Para se evitar estes problemas, deve-se realizar, se possível, os tratamentos culturais de modo uniforme em todas as unidades experimentais do ensaio, seguindo a ordem do controle local, no caso de delineamentos em blocos ao acaso ou quadrado latino. No caso da presença de plantas daninhas, ataque de pragas e doenças, e como estes fatores ocorrem nas unidades experimentais de forma aleatória, deve-se manter os ensaios livres dos mesmos fatores, executando os devidos tratamentos culturais de maneira mais uniforme possível dentro do ensaio.

STEEL e TORRIE (1960) citam três maneiras de controlar o erro experimental, evitando assim conclusões errôneas sobre o efeito dos tratamentos. A primeira, pelo delineamento experimental, consiste no planejamento do ensaio visando o controle da variação natural, que ocorre na área experimental. A segunda maneira está baseada no uso de observações concomitantes. Com elas é realizada a análise de covariância em ensaios com tratamentos de efeito fixo em que a variável dependente (Y) é afetada por uma ou mais variáveis independentes (X_1, X_2, \dots). A terceira, está relacionada com o tamanho e forma das parcelas. Em geral, deve-se ter o menor tamanho de parcela compatível com os tratamentos e, o maior número de repetições possível, em áreas restritas (STORCK, 1979).

O objetivo deste trabalho foi identificar algumas técnicas usuais de manejo que possam estar afetando o erro experimental em ensaios de competição de cultivares de milho, soja, trigo, arroz, feijão e aveia, realizados no Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos dos relatórios e/ou anais publicados, referentes aos ensaios de competição de cultivares realizados no Estado do Rio Grande do Sul, nas culturas de milho, soja, trigo, arroz, feijão e aveia, nos anos de 1987 a 1995.

As informações utilizadas, para cada ensaio, foram: média geral do rendimento de grãos (\bar{X}), em t (ha); quadrado médio do erro (QME); grau de liberdade do erro (GLE); coeficiente de variação para rendimento de grãos (CV); tratos culturais realizados no decorrer do ensaio.

Foi realizado um agrupamento da totalidade dos ensaios, de cada cultura, pelo critério: manejos iguais realizados no decorrer do ensaio, sendo apenas escolhido como grupo de manejo, aquele que foi utilizado em cinco ou mais ensaios. Para cada grupo de ensaios com manejos iguais, foi calculado o valor do quadrado médio do erro médio (QMEm) ponderado pelos graus de liberdade do erro (GLE) de cada ensaio. Com os valores dos QMEm dos grupos de manejo, foi aplicado o teste F , ao nível de 5% de probabilidade, para testar a homogeneidade das variâncias, tomadas duas a duas, tendo sempre como numerador aquele grupo que possuir o maior valor do QMEm e, tomando como graus de liberdade, para obtenção do valor de F tabelado, os graus de liberdade do erro total (GLEt) obtido pela soma dos GLE individuais de cada ensaio.

Para cada grupo de ensaios com manejos culturais iguais, foi calculada a média dos coeficientes de variação, pela razão entre o somatório dos CV, dos ensaios do grupo pelo número de ensaios do grupo de manejo. As avaliações dos efeitos dos manejos culturais sobre o erro experimental foram realizadas a partir de comparações entre grupo de manejo semelhante, diferindo apenas em relação ao manejo a ser avaliado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados um total de 1920 ensaios de

competição de cultivares, realizados no Estado do Rio Grande do Sul, no período compreendido entre os anos de 1987 e 1995. Destes, 549 foram com a cultura do milho, 480 com a cultura da soja, 522 com a cultura do trigo, 104 com a cultura do arroz, 90 com a cultura do feijão, e 117 com a cultura da aveia. O agrupamento dos ensaios, em função dos manejos culturais realizados na sua execução e o resultado do teste F para homogeneidade das variâncias, tomadas duas a duas, são apresentados na Tabelas 1 e 2.

O efeito do controle de plantas daninhas sobre o erro experimental é avaliado pelas comparações dos manejos M_1 x M_2 (milho, soja, arroz e aveia), M_7 x M_8 (soja) e M_9 x M_{11} (trigo) observando-se que, com este controle, em ensaios com as culturas do arroz e da aveia, há um aumento no valor do erro experimental. Este controle deve afetar, de alguma forma, a estrutura da planta, devido ao efeito fitotóxico do herbicida, prejudicando ou favorecendo a produção de grãos de uma unidade experimental. As culturas do milho e trigo não tiveram o QMEm alterado em função do controle de plantas daninhas. Na soja, possivelmente devido ao controle mecânico ser o mais freqüente, houve uma redução no erro experimental com o controle das plantas daninhas. Nos grupos de ensaios onde este controle não foi realizado, entende-se que a área era livre da presença de plantas daninhas.

Para se verificar o efeito da aplicação de inseticidas sobre o erro experimental, pode-se comparar os manejos M_4 x M_5 (milho), M_2 x M_9 (soja) e M_1 x M_{11} (trigo), observando-se que, em ensaios com milho e trigo, com o uso deste manejo, ocorre um aumento no valor do QMEm, sendo que o inverso ocorre em ensaios com soja, nos quais, provavelmente, o combate aos insetos foi realizado em estágios onde estes não haviam afetado de forma significativa a produção de grãos, mantendo assim um controle preventivo para novos ataques. Com isto, tem-se a homogeneidade nas unidades experimentais quanto a este aspecto, fato não observado em ensaios com as culturas do milho e do trigo onde os danos devem ser irreversíveis.

TABELA 1 - Manejos culturais, número de ensaios (N), graus de liberdade do erro total (GLEt), quadrado médio do erro médio (QMEm) e média dos coeficientes de variação (CV), em ensaios de competição de cultivares de milho, soja e trigo, realizados no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 1987 e 1995. Santa Maria, RS, 1999

Manejos ¹	N	GLEt	QMEm ²	(%)
-----Milho-----				
M ₁	86	4873	0,6335 a	12,21
M ₂	46	2951	0,6282 a	12,41
M ₃	281	21761	0,5351 b	13,93
M ₄	62	1923	0,5258 c	13,97
M ₅	56	4174	0,4708 d	13,93
NE	5	---	0,1718	8,87
Total	549	---	0,4942	12,55
-----Soja-----				
M ₁	24	1371	0,2785 a	16,03
M ₂	17	692	0,1344 b	11,33
M ₆	141	4529	0,1294 c	11,63
M ₇	7	243	0,1103 d	13,30
M ₈	34	835	0,1040 e	10,37
M ₉	17	617	0,1034 e	8,97
M ₁₀	6	144	0,0704 f	8,56
NE	228	---	0,1308	12,20
Total	480	---	0,1326	11,55
-----Trigo-----				
M ₉	59	4155	0,1150 a	15,23
M ₁₁	5	75	0,1177 ab	12,21
M ₁₂	6	189	0,1101 b	16,03
M ₁₃	16	1104	0,1089 c	10,16
M ₁	36	3285	0,0734 d	15,50
NE	392	---	0,0838	12,72
Total	522	---	0,1015	13,64

1 Manejo: NE= não especificado na publicação; M₁= adubação no plantio e em cobertura; M₂= adubação no plantio, em cobertura e controle de plantas daninhas; M₃= adubação no plantio, em cobertura e desbaste; M₄= adubação no plantio, em cobertura, desbaste, aplicação de inseticida e controle de plantas daninhas; M₅= adubação no plantio, em cobertura, desbaste e controle de plantas daninhas; M₆= adubação no plantio, aplicação de inseticida e controle de plantas daninhas; M₇= adubação no plantio; M₈= adubação no plantio e controle de plantas daninhas; M₉= adubação no plantio, em cobertura, aplicação de inseticida e controle de plantas daninhas; M₁₀= adubação no plantio e tratamento de sementes; M₁₁= adubação no plantio, em cobertura e aplicação de inseticida; M₁₂= aplicação de inseticida e controle de plantas daninhas; M₁₃= adubação no plantio, em cobertura, aplicação de inseticida, controle de plantas daninhas e tratamento de sementes.

2 QMEm seguidos por letras diferentes, dentro de cada cultura, são heterogêneos entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

O efeito da aplicação de fungicida, avaliado pela comparação do manejo M₁ x M₁₆ (aveia), mostra que há um aumento no valor do QMEm, com a realização deste manejo. É importante salientar que os ataques de insetos e de patógenos são, por si só, uma fonte de heterogeneidade entre unidades experimentais, pois ocorrem em forma de manchas aleatórias e que o combate a estes ataques também é uma fonte de heterogeneidade, podendo alterar o

valor da estimativa do erro experimental pelo favorecimento ou desfavorecimento de unidades experimentais.

Pelas comparações dos manejos M₇ x M₁₀ (soja) e M₉ x M₁₃ (trigo), avalia-se o efeito de tratamento de sementes sobre o erro experimental, mostrando que há uma redução no valor do QMEm, com a utilização deste manejo. Esta é uma prática capaz de reduzir o erro experimental por condição mais

favorável e homogênea para a germinação e desenvolvimento das plantas.

O efeito da adubação em cobertura sobre o erro experimental pode ser avaliado com as comparações dos manejos $M_1 \times M_7$ ou $M_2 \times M_8$ (soja) e $M_1 \times M_7$ (feijão), observando-se que, em ensaios com soja ocorre um acréscimo no valor do QMEm e, em ensaios com feijão, ocorre o inverso, quando se realiza esta adubação. A aplicação irregular dos adubos, no caso da soja, pode ter sido a causa do aumento do erro, como também foi observado em estudo de LOPES (1993).

Com a comparação entre os grupos de manejos $M_1 \times M_3$ e $M_2 \times M_3$, avalia-se o efeito do desbaste sobre o erro experimental. Verifica-se que, com o uso deste manejo em ensaios com milho, há uma redução do erro experimental, que deverá ser realizado com cuidado, devido ao não conhecimento prévio da potencialidade de produção e vigor que a planta a ser retirada possui, podendo assim serem retiradas plantas mais vigorosas e produtivas e deixar na população que fará parte do ensaio,

plantas menos vigorosas e produtivas, não expressando assim a realidade do material avaliado.

Na cultura do arroz, a adubação realizada somente em cobertura tem aumentado o erro experimental, observação feita pela comparação do manejo $M_1 \times M_{14}$. Já a comparação do manejo $M_1 \times M_{15}$ (arroz), mostra que, com a realização de pré-germinação, resulta em redução no erro experimental, devido a esta prática homogeneizar o estande da cultura nas unidades experimentais. As plântulas emergem mais rápido e ficam menos vulneráveis ao ataque de insetos e fungos do solo e condições adversas do clima.

A influência de alguns manejos sobre o erro experimental, pode ser explicada pelo simples fato de sua realização, pois, segundo LOPES (1993), LOPES et al. (1994) e LOPES e STORCK (1995), a diversidade de procedimentos na aplicação de manejos, aumenta o erro experimental por interferência do pesquisador, introduzindo assim uma nova fonte de erro no ensaio.

TABELA 2- Manejos culturais, número de ensaios (N), graus de liberdade do erro total (GLEt), quadrado médio do erro médio (QMEm) e média dos coeficientes de variação (CV), em ensaios de competição de cultivares de arroz, feijão e aveia, realizados no estado do Rio Grande do Sul entre os anos de 1987 e 1995. Santa Maria, RS, 1999

Manejos ¹	N	GLEt	QMEm ²	(%)
-----Arroz-----				
M_2	23	1263	0,6842 a	13,98
M_{14}	22	762	0,6364 b	11,44
M_1	26	1632	0,5735 c	12,25
M_{15}	5	309	0,3420 d	10,50
NE	21	---	0,5252	12,65
Total	104	---	0,5523	12,16
-----Feijão-----				
M_7	6	540	0,1314 a	15,56
M_1	32	2379	0,1220 b	21,60
NE	36	---	0,1208	19,85
Total	90	---	0,1247	19,00
-----Aveia-----				
M_2	20	804	0,2051 a	14,56
M_{16}	6	212	0,2009 b	20,85
M_1	56	2791	0,1292 c	16,05
NE	31	---	0,1873	17,55
Total	117	---	0,1806	17,25

1 Manejo: NE= não especificado na publicação; M_1 = adubação no plantio e em cobertura; M_2 = adubação no plantio, em cobertura e controle de plantas daninhas; M_7 = adubação no plantio; M_{14} = adubação em cobertura; M_{15} = adubação no plantio, em cobertura e pré-germinação; M_{16} = adubação no plantio, em cobertura e aplicação de fungicida.

2 QMEm seguidos por letras diferentes, dentro de cada cultura, são heterogêneos entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A padronização dos ensaios de competição de cultivares, usando manejos propícios a reduzir o erro experimental, é um procedimento capaz de aumentar a qualidade e a confiabilidade dos ensaios. O tratamento de sementes em soja e trigo, desbaste em milho, uso de sementes pré-germinadas em arroz, controle dos insetos e plantas daninhas em soja são procedimentos que, em média, reduzem o erro experimental. Com a finalidade de redução do erro experimental nos ensaios de competição, devem ser evitados a adubação em cobertura em soja, e o controle de insetos em milho e trigo após o aparecimento da praga, ou realizar estes manejos de forma mais criteriosa e homogênea possível.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- FEDERER, W.T. **Experimental design: theory and application**. 3.ed., Nova York: Oxford & IBH, 1977. 593p.
- LOPES, S.J. **Avaliação do efeito de diferentes formas de adubação sobre a precisão de ensaios de milho**. Santa Maria, 1993. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria.
- LOPES, S.J.; STORCK, L. A precisão experimental para diferentes manejos na cultura do milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.1, p.49-53, 1995.
- LOPES, S.J.; STORCK, L.; GARCIA, D.C. A precisão de ensaios de cultivares de milho sobre diferentes adubações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, n.3, p.483-487, 1994.
- OLIVEIRA, P.H. **Tamanho e forma ótima da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata**. Santa Maria, 1994. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. Nova York: McGraw Hill, 1960. 481p.
- STORCK, L. **Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho**. Porto Alegre, 1979. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- STORCK, L.; ESTEFANEL, V.; GARCIA, D.C. **Experimentação**. Santa Maria: Departamento de Fitotecnia / UFSM, 1994. 273p.