

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE AJUSTE DO RENDIMENTO DE PARCELAS COM ESTANDES VARIADOS¹

JOSÉ ANTÔNIO VERONESI², COSME DAMIÃO CRUZ³, LUIZ ANDRÉ CORRÊA⁴ e CARLOS ALBERTO SCAPIM²

RESUMO - Foram comparados cinco métodos de análise do rendimento de parcelas de milho com estandes variados. Dentre estes métodos, quatro foram realizados com os seguintes ajustes: por regra de três, pela fórmula proposta por Zuber (1942), pela análise de covariância e pela fórmula proposta por Vencovsky & Cruz (1991). O quinto método foi feito sem ajuste. Os métodos de análise foram aplicados aos dados resultantes de 19 experimentos, coordenados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS - EMBRAPA). A análise dos resultados permitiu as seguintes conclusões: a) A ausência de correção ou o ajuste por regra de três foram inadequados para comparação experimental do rendimento dos materiais genéticos avaliados; b) O método de correção proposto por Zuber (1942), mesmo para o coeficiente de compensação próximo de 0,3, não foi a melhor opção de ajuste do rendimento de parcelas com estandes variados; c) O método de ajuste baseado na análise de covariância, juntamente com o método proposto por Vencovsky & Cruz (1991), proporcionaram os melhores resultados em termos de adequação de ajuste; d) A capacidade de compensação das plantas, em função de perdas na parcela, variou muito de um experimento para outro. Sua estimação é importante tanto como medida auxiliar para ajuste de parcelas quanto para conhecimento de uma característica genética adicional do material avaliado.

Termos para indexação: produção de grãos de milho, análise de covariância, metodologias de correção de parcelas.

COMPARISON OF METHODS FOR ADJUSTMENT OF PLOT YIELDS WITH UNEQUAL STANDS

ABSTRACT - Five methods of analysis of experiments involving corn plot yields with unequal stand were compared. Four of them included yield adjustments: by proportion; using Zuber's (1942) formula; by analysis of covariance and the procedure proposed by Vencovsky & Cruz (1991). The fifth was made without adjustment. These methods of adjustment were applied to the data resulting from 19 experiments, coordinated by "Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo" (National Center for Research of Corn and Sorghum) (CNPMS-EMBRAPA). The analysis of results allowed the following conclusions: a) no adjustment or adjustment by proportion were inadequate for experimental comparisons of the yields of the genetic material evaluated; b) the correction method proposed by Zuber (1942), even for compensation coefficient near 0.3 was not the best option for adjustment of plot yields with unequal stands; c) the method of adjustment based on analysis of covariance, and that proposed by Vencovsky & Cruz (1991), gave the best results in terms of adequacy of adjustment; d) the capacity of plants, to compensate yield reduction due to stand loss in plots, varied much from one experiment to another. Estimating this compensation is important both as an ancillary measure for the adjustment of plots yields and to provide additional genetic characterization of the material being evaluated.

Index terms: corn yield, analysis of covariance, methods of plot correction.

¹ Aceito para publicação em 24 de outubro de 1994.

² Eng. Agr. Mestrando em Genética e Melhoramento. Dep. de Biol. Geral, Univ. Fed. de Viçosa. CEP 36570-000 Viçosa, MG.

³ Eng. Agr., Ph.D, CNPMS/EMBRAPA, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Alagoas, MG.

⁴ Eng. Agr., M. Sc. Genética e Melhoramento. UFV - MG.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas básicos na análise e interpretação de resultados experimentais refere-se ao número de plantas por parcela no ato da colheita. Em estações experimentais, tenta-se obter um

estande uniforme pela sementeira em excesso, fazendo-se desbaste para o estande desejado quando as plantas estão no estágio inicial de crescimento. Entretanto, mesmo após esta prática, a parcela pode, algumas vezes, apresentar falhas por ação de pragas, doenças, técnicas culturais, excesso de água, etc. Surgem, em consequência desses imprevistos, problemas na realização de certas análises estatísticas, em particular quando o caráter não é medido apenas nas plantas competitivas.

Estudos comparativos de rendimentos de milho demonstram não existir proporcionalidade linear entre o número de plantas e o rendimento observado. Assim, o ajuste deste caráter para o estande ideal por regra de três simples constitui um procedimento simplório e inadequado que conduz a resultados superestimados dos rendimentos dos tratamentos. Uma correção mais precisa deverá levar em consideração tanto o decréscimo na produção pela presença das falhas como o acréscimo pelas plantas vizinhas às falhas pela ausência de competição (Vencovsky & Cruz 1991).

Entre algumas técnicas de ajuste utilizadas em ensaios de milho, cita-se a fórmula proposta por Zuber (1942), que acrescenta 70% do rendimento médio por planta para cada falha e considera que 30% são recuperados pelas plantas que não falharam. Entretanto, apesar de ser largamente utilizada pelos melhoristas, algumas críticas à proposta de Zuber (1942) têm sido apresentadas. O ajuste não leva em consideração a disposição das falhas no campo e o coeficiente de compensação pela falta de competição, que é considerado igual a 0,3, poderá ser alterado quando se avaliam tratamentos genéticos com diferentes estruturas genotípicas, ou se conduzem ensaios em condições ambientais variadas.

Morais et al. (1986b) verificaram que há acréscimos de 24,5% e 32,5% na produção das plantas vizinhas às falhas devido à ausência de competição, respectivamente nas cultivares Ag-7071 e Ag-301, o que evidencia as diferentes capacidades de recuperação de produção dos genótipos em presença de falhas.

Os mesmos autores, em ensaios de produção conduzidos com a cultivar de milho BR-200, estimaram os coeficientes de compensação em 0,358

e 0,156 nos ensaios conduzidos nos anos agrícolas de 1982/83 e 1983/84, respectivamente, concluindo não ser viável a recomendação de uma fórmula com um fator único para a correção da produção de milho, como proposto por Zuber (1942).

Cruz (1971) descreve um processo de estimação do coeficiente de compensação a partir dos dados experimentais, e Ávila & Sanches (1978) descrevem um modelo alternativo que também possibilita a estimação deste coeficiente.

Morais et al. (1986a) compararam sete alternativas de correção da produção de grãos de milho por causa do estande variável. Relataram que a correção por análise de covariância, corrigindo-se a produção para o estande ideal, e a correção empregando-se um fator de correção médio, parecem ser os métodos mais indicados para a correção da produção de grãos de milho.

Ávila & Sanches (1978), em estudos realizados com o sorgo, compararam quatro métodos de correção de rendimento, e concluíram que o ajuste por uma fórmula como a de Zuber (1942), utilizando um coeficiente de compensação estimado no ensaio, e o ajuste pela análise de covariância, foram os mais eficientes.

Vencovsky & Cruz (1991) compararam, em estudos baseados em simulação, sete métodos de ajuste de rendimento de parcelas com falhas, e concluíram que o método de correção da produção por covariância com extrapolação para o estande ideal foi o mais eficiente em qualquer situação. O método de correção baseado em um fator de compensação estimado dos dados também se mostrou vantajoso, por fornecer medida confiável da capacidade de cultivares em recuperar o rendimento perdido pela mortalidade de plantas.

Dada a insuficiência de informações a respeito da superioridade relativa de qualquer método existente usando-se dados experimentais, foi desenvolvido este trabalho, cujo objetivo foi avaliar alguns dos métodos de ajuste da produção obtida em parcelas com estandes variados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados 49 materiais genotípicos de milho precoce analisados em blocos ao acaso, em 19 ensaios

coordenados pelo Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo (CNPMS-EMBRAPA), em Sete Lagoas, MG. Dentre os ambientes estudados, seis eram do ano agrícola de 1989/90; sete, do ano agrícola de 1990/91; e seis, do ano agrícola de 1991/92. Todos os ensaios foram conduzidos no Estado de Minas Gerais.

A análise foi feita seguindo-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = u + g_i + r_j + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = rendimento da ij-ésima parcela;

u = média geral do experimento;

g_i = efeito associado ao i-ésimo genótipo;

r_j = efeito associado à j-ésima repetição;

e_{ij} = erro experimental.

Para o ajuste, ou não, do rendimento, em função do estande variável, adotaram-se cinco técnicas. Nas expressões de ajuste, Z_{ij} representa o rendimento corrigido, e Y_{ij} , o rendimento observado nas parcelas, cujo estande é de X_{ij} plantas (em três experimentos, o estande básico era de 60 plantas, e nos demais, de 50 plantas). Os métodos utilizados foram:

a) Método 1: Ausência de ajuste

Neste caso, os rendimentos foram submetidos à análise, desconsiderando-se a ocorrência de falhas nas parcelas, ou seja:

$$Z_{ij} = Y_{ij}$$

b) Método 2: Ajuste por regra de três

Os rendimentos foram corrigidos pela expressão:

$Z_{ij} = Y_{ij} \cdot (H/X_{ij})$, em que H = estande ideal, no caso igual a 50.

c) Método 3: Ajuste pela fórmula proposta por Zuber (1942), que acrescenta 70% do rendimento médio da parcela para cada falha, ou seja:

$$Z_{ij} = Y_{ij} \cdot [H - a \cdot (H - X_{ij}) / X_{ij}]$$

a = coeficiente de compensação por ausência de competição = 0,3.

d) Método 4: Ajuste utilizando-se a análise de covariância, com correção para o estande ideal.

Este processo tem sido comumente utilizado principalmente na análise de grupos de experimentos, por permitir a estabilização dos valores ajustados ao redor do estande ideal, que deve ser comum a todos os ensaios. Assim tem-se:

$$Z_{ij} = Y_{ij} - b \cdot (X_{ij} - 50)$$

b = coeficiente de regressão residual de Y_{ij} em função de X_{ij} , estimado conforme o processo descrito por Steel & Torrie (1980).

e) Método 5: Correção por um fator de compensação estimado a partir dos dados experimentais, segundo o modelo proposto por Vencovsky & Cruz (1991). Este processo consiste em substituir o coeficiente 0,3 por um coeficiente a estimado a partir dos dados experimentais na expressão proposta por Zuber (1942). Assim, tem-se:

$$Z_{ij} = Y_{ij} \cdot [H - a \cdot (H - X_{ij}) / X_{ij}]$$

em que:

a = BS

B : Coeficiente de regressão residual da produção corrigida por regra de três em função do número de falhas na parcela;

S : relação entre o total original de produção e o total de plantas do experimento ($S = Y_{..}/X_{..}$).

O fator a mede a capacidade média de compensação de rendimento dos tratamentos para cada falha na parcela. Assim, o seu conhecimento, além de ser útil para indicar a necessidade de acréscimo no rendimento da parcela, indica o grau de recuperação do rendimento de uma lavoura quando há redução no número inicial da população cultivada.

Nas comparações da eficiência relativa de cada técnica de ajuste, utilizaram-se como parâmetro o coeficiente de variação experimental e os valores da estatística F utilizada para avaliar a significância dos tratamentos.

Admitiu-se que o melhor método de ajuste seria aquele que:

1- minimizasse as variações de produção devidas a estandes variados entre as parcelas de um mesmo tratamento, proporcionando, conseqüentemente, baixos valores do coeficiente de variação;

2 - sendo uma correção de fatores ambientais, não alterasse as variações genéticas refletidas pelas diferenças entre médias de tratamentos, e assim, não provocasse reduções nos valores de F .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados apresentados na Tabela 1, verifica-se que os ensaios analisados apresentaram pequenas variações nos estandes médios. Em doze deles, a redução foi inferior a 5%, e em apenas um (experimento 10) a redução foi superior a 20%. Apesar da existência destas variações na redução dos estandes, não se detectou influência delas nos métodos de ajuste, cujos resultados serão descritos a seguir.

TABELA 1 - Valores do estande médio e do coeficiente de variação, em porcentagem, obtidos pela análise de variância da produção de grãos de milho ajustada em função de falhas na parcela.

Experimento	Estande médio	Método de ajuste (*)				
		SC	RT	Z	COV	VC
1	42,58	23,01	22,57	18,67	17,38	17,83
2	49,89	7,52	7,46	7,38	7,39	7,37
3	49,88	5,86	6,18	6,03	5,88	5,86
4	49,24	7,61	7,40	7,36	7,31	7,36
5	48,50	12,90	12,47	12,42	12,16	12,42
6	47,14	13,93	14,28	13,86	13,54	13,74
7	50,14	8,61	8,49	8,45	8,48	8,45
8	47,63	8,73	9,07	8,30	8,00	8,06
9	49,41	10,35	9,93	9,89	9,88	9,89
10	39,69	18,24	21,08	17,96	13,66	16,80
11	59,16	19,55	20,70	20,03	19,85	19,59
12	60,28	12,23	12,10	11,70	12,84	11,69
13	46,74	16,07	15,85	15,48	15,24	15,46
14	46,11	12,87	15,86	14,04	12,33	13,07
15	50,74	15,74	16,35	16,01	15,75	15,74
16	58,12	12,64	13,83	12,54	12,81	12,10
17	48,59	10,53	10,88	10,54	10,22	10,40
18	42,84	14,05	15,72	14,59	13,00	13,85
19	49,91	16,20	17,30	16,68	16,18	16,19

(*) SC: Sem correção; RT: Correção por regra de três; Z: Correção proposta por Zuber (1942); COV: Correção baseada na análise de covariância; e VC: Correção proposta por Vencovsky & Cruz (1991)

Os valores do coeficiente de variação obtidos pela análise de variância da produção de grãos ajustadas por cada método encontram-se na Tabela 1. Observa-se, nesta tabela, que a ausência de ajuste ou o ajuste por regra de três proporcionaram comparativamente, os maiores valores do coeficiente de variação na maioria dos experimentos. Os métodos de correção por regra de três e o proposto por Zuber não apresentaram, em nenhum dos experimentos, os menores valores deste coeficiente. Em apenas um experimento o método de Zuber foi equivalente ao método proposto por Vencovsky & Cruz. O método de ajuste baseado em covariância e o proposto por Vencovsky & Cruz apresentaram os melhores resultados em todos os experimentos estudados, sendo que o método baseado em análise de covariância apresentou os 12 melhores resultados em termos de coeficiente de variação.

Os valores de F (razão entre os quadros médios de tratamentos e do resíduo) obtidos pela análise de variância da produção de grãos ajustada para cada método encontram-se na Tabela 2. Pode-se observar que a análise dos dados sem correção prévia

proporcionou os maiores valores de F em oito experimentos. O método de correção baseado em regra de três, em apenas um experimento, apresentou resultado igual ao dos métodos de análise sem ajuste ou com ajuste baseado na proposta de Vencovsky & Cruz. O método de ajuste baseado na análise de covariância e o proposto por Vencovsky & Cruz também apresentaram, em relação à maioria dos experimentos, bons resultados. É importante observar que o método baseado na análise de covariância e o proposto por Vencovsky & Cruz, nos experimentos em que não apresentaram os melhores resultados, tanto para os valores de F quanto para os dos coeficientes de variação, mostraram valores muito próximos do menor coeficiente de variação e do maior valor de F.

A Tabela 3 mostra os valores do coeficiente de compensação por ausência de competição (a) e a necessidade de acréscimo no rendimento (1-a) para cada experimento. Pode-se observar que os valores do coeficiente de compensação variaram de 0,256 até 1,097, e que em apenas cinco ambientes ele ficou entre 0,25 e 0,35, o que evidencia que o valor de 0,3

TABELA 2 - Valores da estatística F (relação entre o quadrado médio de tratamentos e o quadrado médio do resíduo). Obtida na análise de variância da produção de grãos de milho ajustada em função de falhas na parcela.

Experimento	Método de ajuste (*)				
	SC	RT	Z	COV	VC
1	3,41	2,39	2,94	3,21	3,65
2	17,86	17,98	18,39	18,39	18,50
3	7,09	5,32	5,85	5,85	7,25
4	11,18	10,84	11,24	11,24	11,23
5	4,09	3,81	3,97	3,91	3,95
6	2,04	1,73	1,85	1,95	2,00
7	9,15	9,44	9,49	9,40	9,49
8	10,74	7,42	9,25	10,47	10,60
9	5,94	6,15	6,25	6,14	6,25
10	1,77	2,05	2,22	2,51	1,98
11	5,00	4,09	4,46	4,96	4,84
12	9,67	8,86	9,48	9,75	9,52
13	3,79	2,95	3,28	3,49	3,56
14	2,35	2,25	2,31	2,37	2,34
15	1,95	1,95	1,93	1,94	1,95
16	5,44	3,87	4,50	5,06	5,07
17	12,91	13,08	13,60	13,62	13,61
18	5,98	4,93	5,49	6,00	6,07
19	4,39	3,69	3,98	4,34	4,38

(*) Descrição dos métodos no rodapé da Tabela 1.

proposto por Zuber (1942) nem sempre é o mais adequado para o ajuste.

Tomando como referência os experimentos 4, 9 e 12, em que o coeficiente de compensação por ausência de competição foi próximo de 0,3, constatou-se, pelas Tabelas 1 e 2, que o método proposto por Zuber não supera o método baseado na análise de covariância ou o proposto por Venconvsy & Cruz em termos de adequação de ajuste.

O método proposto por Zuber, apesar das críticas, tem sido utilizado por várias décadas. Entretanto, os resultados apresentados neste trabalho revelam a necessidade de uma reconsideração a respeito do uso desta técnica de ajuste, uma vez que em 73,7% dos experimentos analisados o fator de compensação não seria o preconizado por Zuber (1942). Além disso, constatou-se que métodos alternativos podem ser utilizados com vantagens em qualquer situação de compensação das plantas em função de falhas no estande.

Ressalta, ainda, a inexistência da relação entre o estande médio do experimento e o fator de compensação da parcela por ausência de competição. Constatou-se que o fator de compensação próximo de 0,3 ocorreu apenas em alguns dos experimentos com redução média no estande inferior a 5%

(experimentos 4, 5, 7, 9 e 12). Outros experimentos em condições similares tiveram coeficientes de compensação relativamente mais elevados (Tabela 3).

A estimação do fator de compensação, a partir dos dados experimentais, além de viabilizar um ajuste satisfatório do rendimento das parcelas com estandes variados, tem como vantagem adicional o fato de fornecer uma medida da capacidade de recuperação do rendimento de diferentes materiais genéticos, devendo, conseqüentemente, merecer atenção especial, principalmente por parte de melhoristas.

CONCLUSÕES

1. O método de ajuste baseado na análise de covariância, juntamente com o método proposto por Vencovsky & Cruz (1991), proporcionaram os melhores resultados em termos de adequação de ajuste;

2. A capacidade de compensação das plantas em função de perdas na parcela variou muito de um experimento para o outro; sua estimação é importante, tanto como medida auxiliar para ajuste de parcelas quanto para conhecimento de mais uma característica genética do material avaliado.

REFERÊNCIAS

- ÁVILA, A. V.; SÁNCHEZ, F. M. Comparación de métodos de ajuste para corrección por fallas en sorgos para grano. *Agrociencia*, v.31, p.45-64, 1978.
- CRUZ, V. F. da. **Estudo sobre a correção de produção de parcelas em ensaios com milho**. Piracicaba: [s.n.], 1971. 143p. Tese de Doutorado.
- MORAIS, A. R.; OLIVEIRA, A. C.; CRUZ, J. C. Comparação de métodos de correção de produções de milho em parcelas experimentais. **Relatório Técnico Anual do CNPMS - 1980-1984**, Sete Lagoas, p.130, 1986a.
- MORAIS, A. R.; OLIVEIRA, A. C.; CRUZ, J. C. Correção de produções de grãos de milho em parcelas experimentais. **Relatório Técnico Anual do CNPMS - 1980-1984**, Sete Lagoas, p. 130-132, 1986b.
- STEEL, G. D. D.; TORRIE, J. H. Principles and Procedures of Statistics. 2.ed. [S.l.]: Mcgraw - Hill, 1980. 63p.

TABELA 3 - Valores do coeficiente de compensação por ausência de competição (a) e a necessidade de acréscimo no rendimento (1-a) para cada experimento.

Experimento	a	b
1	0,668	0,332
2	0,481	0,519
3	1,097	-0,097
4	0,278	0,722
5	0,256	0,744
6	0,807	0,193
7	0,336	0,664
8	0,580	0,420
9	0,282	0,718
10	0,875	0,125
11	0,716	0,284
12	0,327	0,673
13	0,590	0,410
14	1,061	-0,061
15	1,019	-0,019
16	0,596	0,404
17	0,594	0,406
18	0,885	0,115
19	0,996	0,034

- VENCOVSKY, R.; CRUZ, C. D. Comparação de métodos de correção de rendimento de parcelas experimentais com estandes variados. I. Dados Simulados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.5, p.647-657, 1991.
- ZUBER, M. S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniform trial data. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.34, p.34-47, 1942.