

ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DE DOIS DELINEAMENTOS (1)

HERMANO VAZ DE ARRUDA

Eng.-Agr., Secção de Técnica Experimental e Cálculo
Instituto Agronômico de Campinas

1 — INTRODUÇÃO

Nos trabalhos de seleção e melhoramento de plantas frequentemente o experimentador precisa experimentar, conjuntamente, um número grande de variedades ou progênies. Os delineamentos clássicos, blocos ao acaso e quadrados latinos não são os indicados para êste caso. O primeiro dêles, devido ao número de variedades, apresentará blocos de dimensões grandes, aumentando a heterogeneidade do solo dentro dos blocos e por conseguinte, diminuindo a eficiência do delineamento. O delineamento em quadrado latino não pode ser empregado por requerer um número muito grande de repetições.

Para contornar a dificuldade ocorrida quando se deseja examinar um número grande de variedades numa só experiência, foram elaborados os delineamentos em blocos incompletos em 1936, por Yates (1). Os blocos incompletos apresentam as (v) variedades arranjadas em blocos de (k) canteiros cada um. Diferem dos dois primeiros delineamentos, pelo fato de os blocos não conterem todos os tratamentos. Disso surge um ganho em precisão devido ao uso de blocos menores, à custa de perda de informação sôbre as comparações de variedades que estão confundidas em blocos. De início, sômente a completa

A presente análise refere-se a um ensaio de soja instalado na Estação Experimental Central de Campinas no ano agrícola 51/52 pelos engenheiros-agrônomos José Gomes da Silva, da Secção de Cereais e Leguminosas e Shiro Miyasaka, da Secção de Genética do Instituto Agronômico. Agradece-se aos mesmos pelo fornecimento dos dados para a referida análise.

eliminação das diferenças entre blocos foi considerada. Essa soma de quadrados conterà apreciável soma de informação ou melhor, levará confundida com blocos, o efeito de variedades. Cochran e Cox (2) mostram análises realizadas com recuperação da informação entre blocos.

Dentre os delineamentos em blocos incompletos, é o *lattice* o que mais vem sendo utilizado. Esse delineamento requer que o número de variedades seja um quadrado k^2 e que as variedades sejam arranjadas em k blocos com k variedades cada um. A grande vantagem do *lattice* é a de apresentar as variedades além de grupados em blocos também em repetições completas. Essa disposição das variedades permite analisar a experiência em blocos ao acaso, quando se perder uma ou mais variedades.

2 — OBJETIVO DA EXPERIÊNCIA

A experiência em estudo foi instalada em Campinas no ano agrícola de 51/52, para observar o comportamento de 25 progênies de soja.

O delineamento foi em *lattice* 5 x 5 com 4 repetições, X, Y, Z e W, tiradas ao acaso do conjunto balanceado de 6 repetições. As 25 progênies foram distribuídas em 5 blocos de 5 progênies em cada repetição. O objetivo desse delineamento foi o de eliminar a variação de fertilidade entre blocos, dentro das repetições, permitindo, se esta variação fôsse significativa, fazer correção nas produções médias das progênies. Com o mesmo objetivo foi colocada, em cada bloco de 5 progênies, uma variedade padrão. No presente ensaio a testemunha foi colocada na posição central de cada bloco, ocupando o 3.º ou 4.º canteiro. Foi feita ao acaso para cada bloco a escolha entre as duas posições citadas. Pela técnica da covariância considerando y produção das variedades e x a produção da variedade padrão do respectivo bloco, também se pode eliminar a variação dentro das repetições. O canteiro constou de uma única linha de 5m. O espaçamento entre as linhas foi de 0,60m e entre plantas, 0,10m.

QUADRO 1

as variedades e testemunhas correspondentes em gramas por parcelas de 3m²

Progênes e produções dos canteiros					Produção das testemunhas	Produção total dos blocos	C = T — 4B (1)
X	(19) 160	(8) 160	(22) 175	(11) 235	200	900	+ 440
0	(21) 200	(4) 180	(15) 190	(7) 150	160	930	+ 80
5	(23) 170	(9) 165	(12) 150	(20) 150	150	860	+ 355
0	(3) 150	(6) 200	(17) 185	(14) 180	190	875	+ 600
0	(10) 175	(16) 220	(13) 160	(2) 150	180	895	+ 385
					880	4.460	Rc = + 1.860
Y	(10) 180	(22) 165	(18) 175	(14) 170	200	870	+ 605
0	(20) 180	(3) 180	(11) 150	(7) 145	165	830	+ 415
5	(12) 135	(25) 100	(8) 200	(16) 205	160	755	+ 860
0	(17) 180	(13) 170	(5) 210	(9) 220	210	940	+ 255
0	(6) 210	(2) 200	(15) 165	(19) 180	220	965	+ 125
					955	4.360	Rc = + 2.260
Z	(17) 170	(1) 170	(15) 160	(24) 200	180	1015	— 245
5	(9) 195	(11) 180	(2) 195	(18) 255	190	995	— 45
0	(21) 210	(19) 215	(3) 210	(10) 195	210	1080	— 515
0	(16) 280	(14) 290	(23) 275	(7) 290	320	1485	— 1675
0	(13) 230	(6) 220	(4) 150	(20) 155	190	1005	— 140
					1.090	5.580	Rc = — 2.620
W	(15) 185	(14) 185	(12) 180	(13) 220	175	955	— 50
5	(9) 220	(7) 240	(10) 300	(6) 380	205	1335	— 985
0	(4) 160	(3) 170	(5) 165	(2) 155	170	820	+ 375
0	(18) 225	(17) 200	(16) 165	(19) 170	215	960	+ 40
0	(23) 195	(22) 210	(21) 235	(25) 390	240	1230	— 880
					1.005	5.300	Rc = — 1.500
						19.700	

as entre parêntesis representam as progênes

é igual ao total das progênes (4 repetições) que entram no bloco; B é o total do bloco.

O bloco tinha a área de 18m² (5,00 x 3,60), bastante pequena em vista de se ter utilizado canteiros de apenas 6m² de área.

Para que seja eficiente a análise da covariância, é necessário que as produções das variedades e testemunhas de cada bloco estejam correlacionadas. Isto se verifica com maior frequência com o uso de canteiros pequenos, dando ao bloco uma área relativamente pequena, como é o caso do presente ensaio. Outra condição que advém desta, é a que a produção da variedade padrão seja uma bôa estimativa da fertilidade do bloco. Assim, a experiência foi instalada de modo a ser possível efetuar posteriormente, duas análises e estudar a eficiência das duas em relação aos blocos ao acaso e entre si.

As produções das progênies bem como da variedade padrão de cada bloco são reunidas em 4 repetições no quadro 1. Neste quadro também aparecem os valores C, necessários para o cálculo da componente entre blocos dentro das repetições. O total dos valores C para cada repetição é dado por Rc.

3 — MÉTODO DE ANÁLISE

De acôrdo com o planejamento inicial, a experiência deveria ser analisada por duas maneiras diferentes, isto é, como *lattice* e utilizando-se da análise da covariância.

3.1 — Análise como *lattice*

Nesta análise tem-se uma componente a mais do que nos delineamentos em blocos ao acaso, que é devida a *entre-blocos* dentro das repetições ajustadas para o efeito de variedades. Todas as componentes foram calculadas da maneira usual, exceto a componente *entre-blocos*. Esta componente é dada por :

$$\frac{\sum C^2}{kr(r-1)} - \frac{\sum Rc}{k^2r(r-1)} = \frac{440^2 + 80^2 + \dots + 880^2}{5 \times 4 \times 3}$$

$$\frac{(1860)^2 + (2260)^2 + (2620)^2 + (1500)^2}{25 \times 4 \times 3}$$

$= 120577 - 58939 = 61638$ com 16 graus de liberdade, onde o valor C é obtido para cada bloco, subtraindo do total (4 repetições) das variedades que constituem o bloco, 4 vezes o total do bloco.

No quadro 2 é dada a análise da variância.

QUADRO 2

Análise da variância. Lattice 5 x 5 com 4 repetições

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado médio
Repetições	3	44.204	
Blocos ajustados (dentro de repetições)	16	61.638	3852,37 <i>Eb</i>
Progênes (não ajustados)	24	43.450	
Erro	56	89.508	1598,35 <i>Ee</i>
Total	99	238.800	

Como é de interesse estimar a eficiência desse delineamento em relação aos blocos ao acaso, precisou-se da estimativa do erro como blocos ao acaso. Esta é dada somando-se a componente blocos (ajustados) com o erro, a saber :

$$\frac{61638 + 89508}{16 + 56} = 2.099,25$$

Como a componente *progênes* não é ortogonal com as demais, a variância efetiva do erro é dada por :

$$Ee \left[1 + \frac{rk}{(k+1)} u \right]$$

sendo o fator de ponderação dado por

$$\mu = \frac{(Eb - Ee)}{k(r-1)Eb} = \frac{3852,37 - 1598,35}{(5)(3)3852,37} = 0,045$$

e daí a variância efetiva do erro ser de :

$$1598,35 \left[1 + \frac{(4)(5)(0,045)}{6} \right] = 1838,10$$

A eficiência do lattice em relação aos blocos ao acaso é dada por :

$$\text{Eficiência} = \frac{2099,25}{1838,10}, \text{ ou seja } 114\%$$

3.2 — Análise da covariância

Para executar esta análise foi necessário considerar pares de variáveis, a produção das progênies e da testemunha do seu bloco. Assim, as 5 progênies de um bloco tiveram a produção da testemunha, como elemento comum na constituição dos pares. Deve-se também considerar y , variável dependente, como as produções das progênies e x , variável independente, como as produções da variedade padrão, sendo y uma função linear de x , dada pela equação

$$y = bx$$

onde b é o coeficiente de regressão de y sobre x , que será utilizado para corrigir as médias das progênies.

Pode-se considerar a experiência para essa análise como blocos ao acaso. Assim, a análise das somas de quadrados para

y pôde ser aproveitada da análise como *lattice* bastando para isso somar a componente entre blocos ao erro. A análise para os valores x foi feita da mesma maneira, multiplicando por 5 o número de variáveis x , uma vez que cada testemunha forneceu 5 pares de variáveis.

A análise da soma dos produtos foi obtida, de maneira análoga, considerando os pares de variáveis ao envez de uma única. Assim, cada quadrado precisou ser substituído pelo produto correspondente nos diversos estágios da análise.

A análise das somas de quadrados e produtos é dada no quadro 3.

QUADRO 3

Análise da covariância — somas de quadrados e produtos

Fonte de variação	Graus de liberdade	Somam de quadrados		Soma de produtos Sxy
		Sxx	Syy	
Entre blocos	3	23.325	44.204	28.410
Entre progênies	24	26.862	43.450	20.187
Erro	72	80.588	151.146	53.453
Total	99	130.775	238.800	102.050

Pôde-se eliminar a parte devida à regressão de y sobre x , que no presente caso corresponde à componente entre blocos. Para isto, precisou-se estimar a contribuição devida à regressão, dada por

$$\frac{(S_{xy})^2}{S_{xx}} = \frac{(53,453)^2}{80,588} = 35,454,$$

correspondendo a 1 grau de liberdade.

A estimativa da soma de quadrados residual, é dada por

$$151.146 - 35.454 = 115.692,$$

com 71 graus de liberdade.

A variância residual do *êrro* será de :

$$\frac{115.692}{71} = 1629,46$$

A eficiência da análise da covariância em relação aos blocos ao acaso, é dada por :

$$\text{Eficiência} = \frac{2099,25}{1629,46} \text{ ou seja } 129\%,$$

não se levando em conta o aumento de 20% na área e também no número de canteiros, devido à inclusão das testemunhas. Para se fazer um estudo mais completo da eficiência da análise da covariância seria necessário ter informações a respeito da despesa aumentada com a inclusão das testemunhas.

A análise da covariância mostrou-se bem mais eficiente, como se pode vêr pelas duas variâncias do *êrro*, 1629,46 para a análise da covariância e 1838,10 para o *lattice*.

Assim, foram corrigidas as produções das progênies pela análise da covariância. Para fazer essa correção foi preciso estimar o coeficiente de regressão *b*, dado pela fórmula :

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{53453}{80588} = 0,663,$$

estimada na linha da componente *êrro*.

As produções médias corrigidas das progêniees foram obtidas pela fórmula :

$$\bar{y}_c = \bar{y} - b (\bar{x} - \bar{\bar{x}})$$

onde :

\bar{y}_c : média corrigida da progênie

\bar{y} : média observada

b : coeficiente de regressão = 0,663

\bar{x} : média das testemunhas dos blocos onde a progênie aparece

$\bar{\bar{x}}$: média de tôdas as testemunhas.

A seguir, é dada a relação das produções médias corrigidas sendo a *d. m. s.* ao nível de 5% de $\geq 57,19$

1	200,50	14	189,75
2	179,25	15	183,50
3	185,75	16	202,75
4	168,75	17	182,25
5	204,75	18	219,75
6	249,25	19	171,50
7	195,75	20	182,25
8	224,25	21	195,75
9	205,00	22	192,75
10	211,50	23	188,75
11	196,75	24	194,75
12	193,75	25	206,00
13	200,00		

Cochran e Cox (2) citam a maneira de se obter a variância residual efetiva do erro, incluindo nesta a variância do coeficiente de regressão. A fórmula é a que se segue :

$$S^2 yx \left[1 + \frac{Txx}{Sxx} \right]$$

onde $S^2 yx$ é a variância residual do erro.

Txx é o quadrado médio de progênies para x .

Sxx corresponde à soma de quadrados do erro para x .

A expressão entre parêntesis representa a contribuição do erro de amostragem de b .

Substituindo êsses valores pelos encontrados na análise, tem-se :

$$1.629,46 \left[1 + \frac{1.119,25}{80.588} \right] = 1.652,09$$

Como se vê, é desprezível a variância de b .

A *d.m.s.* no nível de $P = 0.05$, é dada por

$$\begin{aligned} \text{d. m. s.} &\geq 1.99 \sqrt{\frac{2 \times 1652,09}{4}} \\ \text{d. m. s.} &\geq 57,19 \end{aligned}$$

4 — CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser tiradas :

a) a análise em *lattice* aumentou a precisão de 14% em relação ao de blocos ao acaso.

b) Pela análise de covariância, incluindo uma testemunha comum em cada bloco de 5 progênes, houve um aumento de 29% na precisão em relação a de blocos ao acaso.

c) A análise com testemunha em blocos de 5 foi mais eficiente do que o *lattice*, embora necessite de 20% a mais no número de canteiros, devido à inclusão das testemunhas.

LITERATURA CITADA

1. YATES, F. — A new method of arranging variety trials involving a large number of varieties, Jour. Agr. Sc. 26 : 424-455, 1936.
2. COCHRAN, W. G. and G. M. COX. — Em Experimental Designs. John Willey & Sons, 454 pág., 1a. ed., 1950.

O PRECEITO DO DIA

251

ESTUDO AO AR LIVRE

A vida ao ar livre traz grande benefício, à saúde e é muito vantajosa no trabalho intelectual. Os alunos que estudam ao ar livre, ou em salas bem arejadas, gozam mais saúde e têm maior facilidade em aprender.

Faça com que seu filho se habitue a estudar ao ar livre. — SNES.