

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 21

Campinas, junho de 1962

N.º 35

EFICIÊNCIA DO DELINEAMENTO FATORIAL 3^3 , EM BLOCOS DE 9, EM UMA SÉRIE DE EXPERIMENTOS DE ADUBAÇÃO DO ALGODOEIRO ¹

WANDERLEY RINALDO VENTURINI, *Engenheiro-agrônomo* e JOASSY DE PAULA NEVES JORGE, *licenciada em Matemática, Seção de Técnica Experimental, Instituto Agrônomo*

RESUMO

Este trabalho estuda a eficiência do delineamento fatorial 3^3 , em blocos de 9, em relação ao delineamento completamente casualizado. Utilizaram-se cerca de 260 experiências de adubação de algodoeiro, realizadas nos anos de 1957/58, 1958/59 e 1959/60, em diferentes locais escolhidos, os quais abrangeram os principais tipos de solo cultivado com algodão no Estado de São Paulo. O confundimento em blocos de 9 foi, em média, 20% mais eficiente que o delineamento sem restrição.

1 — INTRODUÇÃO

Os ensaios utilizados neste estudo tiveram por finalidade determinar, para os diferentes tipos de solos cultivados com o algodoeiro no Estado de São Paulo, fórmulas adequadas de adubação.

O esquema de tratamentos adotado foi o fatorial 3^3 , em que 3 níveis de cada um dos elementos N, P e K foram tomados em tôdas as combinações, em uma única repetição. Os 27 tratamentos poderiam ser colocados em um só bloco, completamente ao acaso; entretanto, houve interêsse em colocá-los em 3 blocos de 9, tendo-se feito o confundimento da interação NPK.

A técnica do confundimento é utilizada visando-se a diminuição do êrro experimental pelo uso de blocos menores e, portanto, mais homogêneos do que para a repetição completa. Para conseguir isso, perde-se a informação a respeito das interações de ordem mais ele-

¹ Os autores agradecem à Seção de Algodão do Instituto Agrônomo, que gentilmente cedeu os dados originais para o presente trabalho. Recebido para publicação em 28 de maio de 1962.

vada, no caso as interações NPK, cujo efeito se confunde com o de blocos. Em experimentação de campo essa perda nada significa, porque as interações mais elevadas não interessam e são, em geral, muito pequenas.

A redução do êrro experimental, dada pelo confundimento, poderia variar bastante de experimento para experimento; não se iria, pois, ter grande confiança nessa técnica se fôsse utilizadas apenas algumas experiências. Procurou-se, então, estudar o efeito do confundimento em uma série de cêrca de 260 experiências.

2 — MATERIAL E MÉTODO

a) Trabalhos de campo — As experiências de adubação foram realizadas durante os anos 1957/58, 1958/59 e 1959/60, em várias estações experimentais do Instituto Agrônômico e em propriedades particulares. A condução de cada um dos ensaios coube aos técnicos da Seção de Algodão e da Divisão de Estações Experimentais do IAC, aos agrônomos regionais do PDV e aos técnicos da Comissão Especial do Algodão e da Companhia Brasileira de Potassa.

Os níveis de adubação utilizados foram: 0, 30 e 60 kg/ha de N ou K_2O e 0, 45 e 90 kg/ha de P_2O_5 . A aplicação de N foi feita em cobertura. Cada ensaio constou de uma única repetição para os 27 tratamentos colocados em blocos de 9 (interação NPK confundida). Os canteiros compunham-se de duas fileiras de plantas com as dimensões de 7,50 m de comprimento e 0,80 m entre as fileiras, cada uma das quais constituída de 50 plantas. A variedade plantada, assim como todos os característicos do ensaio, foram os mesmos em tôdas as localidades, para os dois primeiros anos.

No ano 1959/60 foi pesquisada também a reação do enxôfre; para êste estudo foi utilizado o tratamento 222, no qual variaram as fontes de nitrogênio e fósforo; em duas repetições foram utilizados o salitre do Chile e o superfosfato triplo (indicado por 222 tr) e, em outras duas, o sulfato de amônio e superfosfato simples (222). Uma das repetições do tratamento 222 já pertencia ao fatorial e os outros três tratamentos foram distribuídos ao acaso, um em cada bloco. Houve, assim, no terceiro ano, 30 tratamentos distribuídos em blocos de 10.

Por ocasião das visitas feitas a tôdas as experiências, nos três anos, foi efetuado um protocolo relativo às suas condições, resolgen-

do-se, então, a respeito do aproveitamento dos resultados obtidos. Com base nisso, dos 119 experimentos plantados no primeiro ano, foram aproveitados 77 (30 perdidos e 12 eliminados com base no relatório final); no segundo ano, de 132 ensaios plantados, 26 foram perdidos e 7 eliminados, sendo analisados 99; e no último ano foram plantados 126 e analisados 86.

b) Análise estatística dos resultados — O modelo adotado para a análise individual dos experimentos (3) foi um polinômio do 2.^o grau, de forma

$$\hat{Y}_{ijk} = \beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2$$

onde \hat{Y}_{ijk} representa a produção esperada de uma parcela, $X_0 = 1$; $X_1 = -1, 0, 1$ quando $i = 0, 1, 2$, sendo i o índice correspondente ao nível de nitrogênio;

$X_2 = -1, 0, 1$ quando $j = 0, 1, 2$, sendo j o índice correspondente ao nível e fósforo;

$X_3 = -1, 0, 1$ quando $k = 0, 1, 2$, sendo k o índice correspondente ao nível de potássio.

A análise da variância, para os dois primeiros anos, seguiu o esquema:

F. V.	G. L.	Q. M.	F
Total	26		
Redução devida à função	$n_t = 9$	s_t^2	s_t^2/s_e^2
Blocos	$n_b = 2$	s_b^2	s_b^2/s_e^2
Erro residual	$n_e = 15$	s_e^2	

No terceiro ano, em que havia 30 tratamentos, adotou-se o seguinte esquema:

F. V.	G. L.	Q. M.	F
Total	29		
Redução devida à função	$n_t = 9$	s_t^2	s_t^2/s_e^2
222 x 222 tr	1		
Blocos	$n_b = 2$	s_b^2	s_b^2/s_e^2
Erro	$n_e = 17$	s_e^2	

Como, pela análise, não houve efeito do contraste $222 \times 222 tr$, isto é, não houve resposta ao enxôfre, não se excluíram da análise os três canteiros suplementares, uma vez que eles não afetaram o efeito de blocos.

c) Cálculo da eficiência — Eficiência de um delineamento em relação a outro é o quociente entre as respectivas quantidades de informação. Assim, a eficiência do delineamento em blocos de 9 em relação ao completamente casualizado é dado pelo quociente de I_B (quantidade de informação do delineamento em blocos) e I_C (quantidade de informação do delineamento casualizado):

$$E_r = \frac{I_B}{I_C}$$

Se se estivesse lidando com população de dados e σ fôsse conhecido a quantidade de informação seria

$$\frac{1}{\sigma^2}$$

Tratando-se, porém, de amostras, usou-se a aproximação proposta por Fisher (2), cujo valor é

$$\frac{n+1}{(n+3) s_e^2}$$

onde s_e é a estimativa da variância do êrro do delineamento e n o número de graus de liberdade dêsse êrro residual.

Então, a eficiência definida acima será

$$E_r = \frac{(n_1 + 1) (n_2 + 3)}{(n_1 + 3) (n_2 + 1)} \frac{s_{eC}^2}{s_{eB}^2}$$

onde s_{eB} e s_{eC} representam a variância do êrro do delineamento em blocos e do casualizado, sendo n_1 e n_2 seus respectivos graus de liberdade.

A partir dos resultados da análise do experimento com confundimento, é feita uma estimativa do êrro residual s_C^2 que existiria se o $(n+3)_e^2$

delineamento fôsse completamente casualizado. Para o caso de repetição única (1), como é o presente, o valor de s_c é dado pela fórmula:

$$s_c^2 = \frac{n_b s_b + (n_t + n_e) s_{eB}}{n_b + n_t + n_e}$$

O valor da eficiência pode ser dado como número índice ou como aumento porcentual; por exemplo, ao valor 1,28 para a relação acima corresponde um aumento de 28% na eficiência do segundo delineamento em relação ao primeiro.

d) Grupamento dos dados — Os ensaios foram agrupados de acôrdo com os tipos de solo, dentro de cada ano. Uma vez calculadas as eficiências para os ensaios, essas foram reunidas em classes dentro de cada grupo de solo.

Foram eliminados os ensaios cuja eficiência muito elevada pudesse afetar a média. Assim, no primeiro ano foi excluída a experiência 59, com eficiência igual a 450,4, e, em 1958/59, a experiência 72, cuja eficiência foi 588,3.

3 — RESULTADOS

Detalhes sôbre os resultados se encontram no quadro 1.

Os valores médios do ganho em eficiência obtidos para os ensaios em solos arenosos, terra roxa e solos diversos foram respectivamente 24,0%, 19,2% e 30,4% em 1957/58; 14,6, 14,7 e 17,3 em 1958/59; e 20,6, 22,3 e 38,8 em 1959/60. Como médias para os três anos obtiveram-se os valores de 19,4%, 18,8% e 35,0% respectivamente para os ensaios em solos arenosos, terra roxa e solos diversos.

Considerando-se os valores médios gerais das eficiências para cada período, obtiveram-se 23,2%, 14,9% e 27,1% respectivamente para os anos de 1957/1958, 58/59 e 59/60.

Reunindo todos os períodos e todos os grupos de solos estudados, obteve-se o valor de 21,3% para a eficiência média de todos os ensaios estudados.

QUADRO 1. — Distribuição dos valores observados no cálculo da eficiência relativa entre o delineamento em blocos de 9 e o completamente casualizado, num fatorial 3³.

Intervalo	Terra arenosa		Terra roxa		Solos diversos		Todos os solos	
	Média	Frequência	Média	Frequência	Média	Frequência	Média	Frequência
<i>1957/58</i>								
90,1 — 100 ..	94,7	16	95,2	5	—	—	94,8	21
100,1 — 110 ..	105,9	10	104,9	3	103,5	1	105,5	14
110,1 — 120 ..	114,4	12	117,8	1	—	—	114,7	13
120,1 — 130 ..	123,3	4	124,4	3	—	—	123,7	7
130,1 — 140 ..	136,6	3	—	—	—	—	136,6	3
140,1 — 150 ..	144,4	4	143,1	1	—	—	144,1	5
150,1 — 200 ..	166,5	7	182,1	2	157,4	1	168,7	10
200,0	240,0	3	—	—	—	—	240,0	3
Total Geral .	7313,9	59	1788,8	15	260,9	2	9363,9	76
Média	124,0	—	119,2	—	130,4	—	123,2	—
<i>1958/59</i>								
90,1 — 100 ..	95,8	26	95,4	6	96,4	4	95,8	36
100,1 — 110 ..	104,6	18	106,4	3	104,8	2	104,9	23
110,1 — 120 ..	116,4	11	115,7	5	111,2	1	115,9	17
120,1 — 130 ..	124,3	3	—	—	—	—	124,3	3
130,1 — 140 ..	134,4	5	134,0	2	134,5	1	134,3	8
140,1 — 150 ..	141,9	1	—	—	—	—	141,9	1
150,1 — 200 ..	162,7	5	163,0	2	—	—	162,8	7
200,0	242,6	2	—	—	214,8	1	233,3	3
Total Geral .	8138,1	71	2064,7	18	1055,4	9	11258,2	98
Média	114,6	—	114,7	—	117,3	—	114,9	—
<i>1959/60</i>								
90,1 — 100 ..	97,1	17	93,9	5	100,0	1	96,5	23
100,1 — 110 ..	104,6	18	103,6	4	100,9	1	104,2	23
110,1 — 120 ..	113,9	4	118,2	5	113,4	1	116,0	10
120,1 — 130 ..	125,3	5	—	—	130,0	1	126,1	6
130,1 — 140 ..	133,4	2	130,5	1	—	—	132,5	3
140,1 — 150 ..	145,5	3	146,0	2	146,0	2	145,8	7
150,1 — 200 ..	157,3	6	167,9	1	165,6	1	159,7	8
200,0	273,3	4	258,4	1	346,9	1	283,1	6
Total Geral .	7355,7	61	2323,7	19	1248,9	8	10928,3	86
Média	120,6	—	122,3	—	138,8	—	127,1	—
Média dos três anos	119,4		118,8		135,0		121,3	

4 — CONCLUSÕES

Nas experiências analisadas, o delineamento em que se usou a técnica do confundimento em blocos de 9 mostrou-se muito mais eficiente que o delineamento completamente casualizado.

Com base nos dados aqui apresentados, concluiu-se que o esquema experimental $3 \times 3 \times 3$ em blocos de 9 foi adotado com muito acêrto, pois com o uso de uma técnica que absolutamente não dificulta ou encarece o ensaio, conseguiu-se um aumento de eficiência da ordem de 21% em média dos três anos.

EFFICIENCY OF A 3^3 FACTORIAL DESIGN FOR COTTON FERTILIZER
EXPERIMENTS

SUMMARY

The purpose of this work was the study of the efficiency of a 3^3 factorial design, confounded in blocks of 9 units, in comparison with the completely randomized design.

Approximately 300 cotton experiments were conducted during the years of 57/58, 58/59, 59/60 on different kinds of soils of the State of São Paulo. From the results of the experiments in which confounding was employed, we estimated what the experimental error would have been if this technique had not been used; a comparison was made between the two experimental errors and the efficiency was calculated.

Confounding in blocks of 9 units has presented a gain in precision of about 20% when compared with the completely randomized design.

LITERATURA CITADA

1. COCHRAN, W. G. & COX, G. M. Experimental Design. 2.^o edição. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1957. 611p.
2. FISHER, R. A. The Design of Experiments. Edinburgh, Oliver and Boyd, 1937. 260p.
3. NEVES, O. SILVEIRA, FRAGA JR., C. G. [e outros] Ensaios de adubação do algodoeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 1960. 33p. (Boletim n.^o 114).