



BRAGANTIA

Revista Científica do Instituto Agrônomo, Campinas

Vol. 38

Campinas, março de 1979

N.º 6

EFEITO DAS FALHAS E RESPECTIVA CORREÇÃO NA EXPERIMENTAÇÃO DE CAMPO COM O ALGODOEIRO (1)

IMRE LAJOS GRIDI-PAPP (2), MILTON GERALDO FUZATTO, CARLOS ANTONIO MENEZES FERRAZ (2), NELSON MACHADO DA SILVA (2), EDIVALDO CIA (2), FRANCISCO SOLANO DE OLIVEIRA RODRIGUES FILHO (2) e POPÍLIO ÂNGELO CAVALERI, *Seção de Algodão, Instituto Agrônomo*

SINOPSE

Foi estudado, na experimentação com o algodoeiro, o efeito das falhas sobre a produção, assim como a respectiva correção, considerando-se que a produção média por planta é função da área média aproveitada pela mesma. A função adaptada foi, originalmente, um polinômio de terceiro grau, mas a hipótese de linearidade aproximou satisfatoriamente a realidade dentro dos limites dos espaçamentos usuais na lavoura. Admitida essa linearidade, estudou-se uma metodologia de correção do efeito das falhas com a observância de um limite de desconto além do qual as plantas adjacentes não aproveitariam a área livre.

É proposta a seguinte operação de ajuste:

$$Y_{i,x} = k_i Y_i - b(k_i A_i - \sum_{i=1}^N k_i A_i / N)$$

e

$$b = \frac{\sum(k_i A_i)(k_i Y_i) - (\sum k_i A_i)(\sum k_i Y_i) / N}{\sum(k_i A_i)^2 - (\sum k_i A_i)^2 / N}$$

Para cada parcela i , Y_i é a produção observada, k_i o quociente do "stand" ideal pelo real, A_i a área considerada aproveitada pelas plantas e, N , o número de parcelas no ensaio considerado.

Essa equação foi aplicada em vários experimentos e os resultados mostraram que, embora ela tenha sido eficiente, havia casos em que a correção direta pelo número de plantas era melhor, como também casos em que qualquer correção era justificável.

(1) Trabalho apresentado em parte na 21.ª Reunião Anual da SBPC, 1969, e na Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, em Campinas, 31 de maio de 1978. Recebido para publicação em 30 de novembro de 1978.

(2) Com bolsa de suplementação do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

Num algodoad, com espaçamentos usualmente recomendados, as plantas crescem em concorrência umas com as outras e, quando ocorre uma falha, plantas adjacentes se beneficiam e têm as suas produções aumentadas. O mesmo acontece nos experimentos de campo que, na maioria das vezes, são instalados com os espaçamentos usados pelos fazendeiros. As plantas adjacentes às falhas apresentam produção maior, diminuindo o efeito das falhas na produção da parcela experimental. Há um limite, porém, além do qual essas plantas não aproveitam as áreas livres. Por conseguinte, falhas grandes, contínuas, influem na produção de modo diferente do que certo número de falhas pequenas.

É por essa razão que correções baseadas numa relação linear entre produção e "stand" final raras vezes proporcionam resultados satisfatórios.

A importância da área aproveitada pelas plantas foi reconhecida por diversos autores que estudaram o problema do efeito das falhas no algodoeiro. Na fórmula de POPE (5): $Y_a = Y(L/L - \text{falhas})$, onde L é o comprimento da linha, o autor sugere que sejam descontados 91cm (3 pés) de cada falha. Em outras palavras, esse autor considerou que as plantas adjacentes às falhas aproveitaram o espaço até a distância de 45,5cm. GUTIÉRREZ et alii (3) adotaram a fórmula:

$$Y_a = Y \cdot L/L - \Sigma(F - 0,75),$$

onde admitiram como limite de área aproveitada a distância de 37,5cm. A equação $W^{-1} = a + cr$, onde r é o número de plantas por unidade de área (densidade), apre-

sentada por BERRY (1) para casos como o do milho, toma em consideração a área disponível por planta, para relacioná-la com produção por planta. Mesmo na equação de ZUBER (7): $G_w = F_w(H - 0,3M)/H - M$, o fator 0,3 tem, provavelmente, relação com área não aproveitada pelas plantas adjacentes às falhas. No caso do milho, CRUZ (2) abordou o problema por um modelo polinomial de terceiro grau, complementar à função: $y = f$ ("stand" final), onde a variável independente é o número de covas falhadas. Esse autor discutiu o maior ou menor aproveitamento das falhas, indiretamente, através dos coeficientes dessa equação. IGUE (4), realizando um estudo comparativo de várias dessas fórmulas, utilizou experimentos com milho, soja e feijão, e observou uma variação considerável nos méritos relativos das mesmas, de um experimento para outro.

O presente estudo focaliza o problema do efeito das falhas através da relação existente entre área média aproveitada por planta e produção média por planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Estudou-se, inicialmente, a variação da produção média obtida por planta em função da área média disponível por planta, com base nos dados de ensaios de espaçamento realizados pela Seção de Algodão do Instituto Agronômico, nos anos de 1942/43 a 1947/48, em diversas regiões do Estado de São Paulo. Os espaçamentos eram, entre linhas e entre plantas dentro de linhas, 70cm x 10cm, 70 x 20, 70 x 30, 90 x 20, 90 x 30, 90 x 40, 110 x 20, 110 x 30, 110 x 40, 130 x 20 e 130 x 30. Sendo

dada a área média por planta, a produção média por planta representou a variável dependente. Como havia a ocorrência de falhas na maioria das parcelas experimentais, usaram-se, no estudo, somente parcelas em que o número final de plantas ("stand" final) estava acima de 80% do número deixado na raleação ("stand" ideal), nos casos onde o espaçamento na linha era de 10cm. Para espaçamentos de 20cm, na linha, utilizaram-se parcelas com mais de 90% do "stand" ideal e, para espaçamentos de 30 e 40cm, parcelas com mais de 95% do "stand" ideal. O objetivo desse critério foi evitar que a área média se tornasse uma variável aleatória e que áreas de falhas não aproveitadas integralmente pelas plantas adjacentes viessem a interferir nos resultados do estudo. Admitiu-se, como área total disponível, por fileira de parcela, o produto de espaçamento entre fileiras pelo comprimento da fileira acrescido desse espaçamento. A área total disponível na parcela dividida pelo número final de plantas forneceu a área média por planta, numa parcela.

A representação gráfica, preliminarmente, mostrou que a produção média por planta em função da área média se aproximava da forma de uma função polinomial do terceiro grau. Admitiu-se que essa função passasse pela origem, já que sem área não há produção, mas uma área mínima possibilita a obtenção de alguma produção devido ao espaço lateral das fileiras. Como havia, de início, uma dispersão muito grande dos pontos, estabeleceram-se, por critérios a priori baseados no tipo e histórico dos solos, três grupos de experimentos para efeito de adaptação do polinômio de terceiro grau, um grupo de experi-

mentos de condições boas para o algodoeiro, um de condições médias e um de condições pobres.

Justificada pelos resultados obtidos, a equação linear $y = a + bx$ foi admitida como representando a relação existente entre a produção por planta (y_r) e a área média disponível e aproveitada por ela (x). Então, a produção por planta, ajustada para o efeito da área média disponível e aproveitada, dentro de determinado experimento, é dada pela diferença entre a produção observada e aquela explicada pela relação linear, isto é: $y_a = y - b(x - \bar{x})$ (6).

A produção ajustada da parcela i para o "stand" ideal s e mesma área média será:

$$Y_{ia} = sy_{ia}$$

$$Y_{ia} = sy_i - b(sx_i - \bar{s}\bar{x})$$

como $y_i = \frac{Y_i}{s_i}$, onde s_i é o "stand"

final observado,

$$Y_{ia} = \frac{s}{s_i} Y_i - b(sx_i - \bar{x})$$

Se $A_i = s_i x_i$ (área total aproveitada na parcela)

$$Y_{ia} = \frac{s}{s_i} Y_i - b\left(\frac{s}{s_i} A_i - \frac{s \sum A_i / s_i}{N}\right)$$

onde N é o número de parcelas no experimento.

Fazendo $k_i = \frac{s}{s_i}$, vem

$$Y_{ia} = k_i Y_i - b(k_i A_i - \sum k_i A_i / N) \quad (1)$$

onde:

$$b = \frac{\sum(k_i A_i) (k_i Y_i) - (\sum k_i A_i) (\sum k_i Y_i) / N}{\sum(k_i A_i)^2 - (\sum k_i A_i)^2 / N} \quad (2)$$

Esse valor de b é dado pela teoria da regressão (6) adaptada ao caso presente.

A aplicação das fórmulas (1) e (2) exige a avaliação de A_i , área disponível de cada parcela a ser aproveitada pelas plantas. Para essa avaliação, foi levado em consideração o fato de que, na presença de falhas grandes, nem toda a área é realmente aproveitada. Tornou-se necessário o estabelecimento de um limite de distância, no sentido das fileiras, até o qual as plantas aproveitariam o espaço livre e aumentariam a sua produção, e que funcionasse como limite de desconto das falhas.

Mediram-se, para tanto, todas as falhas em dez ensaios, instalados de 1960/61 a 1969/70, de objetivos diversos e cujos espaçamentos variaram de 0,80 x 0,15m até 1,00 x 0,50m. O limite de desconto das falhas foi variado de 0,20 a 0,90m, incluindo-se o caso "sem desconto". Computou-se, para cada limite e para cada ensaio, o coeficiente de correlação entre produção média por planta e área média aproveitada por planta. Procurou-se uma tendência para valor máximo desse coeficiente, correspondente a determinado limite de desconto, no

caso de cada experimento, que seria usado no cálculo de A_i (fórmula 3).

Finalmente, para cinco experimentos, realizados de 1961 a 1970, de objetivos e condições diversos, comparou-se a análise estatística feita sem correção com o resultado obtido com os dados ajustados. As comparações basearam-se nos valores dos coeficientes de variação e de F .

3. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

3.1. VARIACÃO DA PRODUÇÃO MÉDIA POR PLANTA EM FUNÇÃO DA ÁREA DISPONÍVEL POR PLANTA

Os grupos de ensaios, de condições boas, médias e pobres, apresentaram as produções médias respectivas, por planta, de 40,20g, 34,64g e 13,82g. Na representação gráfica, a maior dispersão de pontos foi observada dentro do terceiro grupo e, a menor, no primeiro.

A regressão de 3.º grau foi significativa ao nível de 0,1% nos três grupos. O desvio da linearidade, porém, só foi significativo a 5% de probabilidade no caso do grupo de condições pobres. As equações estimadas foram as seguintes:

$$\begin{aligned} \text{condições boas} & \dots\dots\dots Y = 263,81X - 643,75X^2 + 989,21X^3 \\ \text{condições médias} & \dots\dots\dots Y = 217,04X - 270,84X^2 + 240,00X^3 \\ \text{condições pobres} & \dots\dots\dots Y = 55,13X + 191,33X^2 - 528,64X^3 \end{aligned}$$

As unidades usadas foram quilograma e metro quadrado.

Os dados mostraram que no intervalo de área disponível de 0,100 a 0,300m²/planta, a linearidade é aceitável. Nesse intervalo se localizam, na prática, os espaçamentos geralmente usados na lavoura.

3.2. CÁLCULO DA ÁREA APROVEITADA EM CADA PARCELA

Utilizaram-se ensaios diversos, instalados em ambientes diversos e em anos diferentes no estudo do limite de desconto, com o intuito de delinear uma regra geral e prática para a determinação desse limite. Os coeficientes de correlação obtidos no estudo são apresentados no quadro 1. Para a maioria dos ensaios os valores dos coeficientes formam uma curva apresentando um máximo, que seria, justamente, o limite ideal de desconto nas condições do ensaio. Deduziu-se, dos dados, que uma regra prática satisfatória seria a seguinte:

“O melhor limite de desconto é o dobro do espaçamento adotado nas fileiras”.

Propõe-se, então, que a área disponível de cada parcela seja calculada por:

$$A_i = n \cdot e(cx + 2d) - e(L_i - 2m_i)d \quad (3)$$

onde n = número de linhas úteis da parcela;

e = espaçamento entre as linhas;

c = comprimento das linhas da parcela;

d = espaçamento nas linhas;

L_i = soma dos comprimentos das falhas superiores a $2d$;

m_i = número de falhas superiores a $2d$ na parcela.

As falhas são medidas de colo a colo das plantas adjacentes.

Note-se que GUTIÉRREZ et alii (2), trabalhando com espaçamento básico de 0,25m, adotaram como limite de desconto 0,75m, ou seja, três vezes esse espaçamento.

3.3. ESTUDO DO EFEITO DA CORREÇÃO NA ANÁLISE DE EXPERIMENTOS

Contrariamente ao processo da covariância, onde o objetivo da correção é a redução do erro experimental, o presente método admite que as falhas interferem na validade da hipótese de normalidade e o seu efeito deve ser retirado dos dados **a priori**. O método foi aplicado a cinco experimentos, dois de teste de variedades, dois de estudos de linhagens e um de adubação potássica. No quadro 2 são apresentados os valores de coeficiente de variação e do teste F, obtidos com e sem correção de falhas.

Em três dos ensaios verificou-se, após correção, diminuição no valor do C.V. e, simultaneamente, aumento no valor F de tratamentos.

QUADRO 1. — Coeficientes de correlação entre produção média por planta e área média por planta, em função dos limites de desconto das falhas

Ensaio	N.º de dados	Ano	Espaçamento (cm)	Limite de desconto										Sem desconto		
				20	25	30	35	40	50	60	70	80	90		100	
Coleção	76	65/66	100 x 50	—	—	—	—	—	—	0,093	0,158	0,190	0,214	0,229	0,230	0,195
Progénies	40	60/61	100 x 40	—	—	—	—	—	0,063	0,164	0,217	0,262	0,286	—	—	0,307
Progénies	109	63/64	100 x 40	—	—	—	—	—	0,529	0,573	0,580	0,566	0,554	0,527	—	0,411
Progénies	90	62/63	100 x 40	—	—	—	—	—	0,261	0,303	0,312	0,305	0,295	0,293	—	0,281
Linhagens	73	63/64	100 x 20	0,178	0,174	0,163	0,165	0,165	0,165	0,161	—	—	—	—	—	0,079
Linhagens	76	63/64	100 x 20	0,553	0,605	0,632	0,635	0,636	0,636	0,636	—	—	—	—	—	0,622
Variedades e linhagens	64	62/63	80 x 20	—	—	0,385	0,374	0,391	0,409	0,409	—	—	—	—	—	0,374
Teste resistência a nematóide	49	61/62	80 x 20	—	—	0,585	0,620	0,639	0,654	0,654	—	—	—	—	—	0,618
Adução de K	64	61/62	80 x 20	—	—	0,315	0,300	0,295	0,273	0,273	0,265	0,259	—	—	—	0,242
Modo de adubação	24	60/61	80 x 15	—	—	0,714	0,708	0,695	0,672	0,672	0,664	0,668	0,671	0,670	—	0,671

QUADRO 2. -- Valores do coeficiente de variação (C.V.) e do teste de variância de tratamento (F) sem e com correção de "stand", e número de parcelas por ensaio e "stand" final médio obtidos em cinco ensaios realizados no Centro Experimental de Campinas entre 1962 e 1970, sendo o "stand" ideal igual a 50

Ensaio	Ano	C.V.		F		"Stand" final	N.º de parcelas
		sem	com	sem	com		
Adução potássica	61/62	18,0	17,6	7,72 **	7,97 **	45,4	64
Variedades	63/64	16,7	14,7	1,93	2,11	40,7	49
Linhagens 2	69/70	17,1	16,5	7,98 **	9,82 **	43,3	36
Novas linhagens	69/70	17,4	16,6	3,66 *	1,71	40,7	36
Variedades	69/70	17,6	18,5	2,47	2,08	36,7	36

No ensaio de novas linhagens de 1969/70, o valor F, significativo ao nível de 5% sem correção, tornou-se não significativo com correção, apesar da melhoria no valor C.V. Houve, porém, uma coincidência no ensaio. As linhagens de maior produção falharam menos e, as de menor produção, mais. A maior parte das falhas era efeito de linhagem. Retirando-se o efeito das falhas dos dados, não mais apareceu diferença significativa entre as linhagens.

No caso do ensaio de variedades de 1969/70, houve aumento de C.V. e diminuição de F quando se fez a correção prévia. Um exame mais detalhado dos dados mostrou que a variedade mais produtiva falhou muito mais que as outras, o que foi, aliás, um fato previsível, já que as sementes disponíveis dessa variedade eram de má qualidade. O exame mostrou, também, que os dados de produção das parcelas apresentaram maior correlação com o número final das plantas. Aparentemente, nas condições do ensaio, as falhas eram mal aproveitadas pelas plantas adjacentes, o que explicaria o aumento verificado no valor de C.V. após correção pela fórmula (1). Tal fato pode ocorrer quando há alta disponibilidade de nutrientes e desenvolvimento limitado dos sistemas radiculares, resultando numa falta de concorrência entre as plantas.

4. CONCLUSÕES

O problema das falhas se apresenta, na prática, numa forma bastante complexa. O seu efeito na análise de

determinado ensaio depende das condições gerais do ensaio. As seguintes conclusões foram tiradas do presente estudo:

a) Basicamente, a produção de uma parcela depende da produção média por planta que, por sua vez, está relacionada com a área média disponível e aproveitada pela planta. Essa relação é descrita satisfatoriamente por uma equação de terceiro grau, aproximando-se da linearidade no intervalo de 0,100 a 0,300m²/planta, que corresponde aos espaçamentos usuais na lavoura.

b) A fórmula proposta para correção do efeito das falhas reduziu o coeficiente de variação e aumentou o valor F de tratamento na maioria dos casos testados.

c) A influência da correção no valor F de tratamento dependeu da maneira com que ocorreram as falhas. Existem três casos possíveis: as falhas ocorrem por causas não controladas, ou são efeito dos próprios tratamentos, ou são parcialmente feitos dos tratamentos. Nos dois últimos casos, a validade da correção depende dos objetivos do pesquisador, mas, quando realizado o ajustamento dos dados, o seu efeito na análise pode ser maior.

d) A produção das plantas pode variar pouco com a área média disponível. Em tais casos, a correção por regressão linear diretamente para "stand" final deve ser preferida.

e) Em muitos casos os trabalhos de medição das falhas podem não ser compensados pela pouca melhoria da precisão do ensaio obtida pela correção dos dados.

THE EFFECT OF MISSING PLANTS AND ITS CORRECTION IN FIELD
EXPERIMENTATION WITH COTTON

SUMMARY

The effect of missing plants on yield in field experiments with cotton was investigated through a previous study about the relation between mean production by plant and mean available area by plant of a given plot. This relation was described by a 3rd degree polynomial curve but linearity may be assumed between the limits of 0,100m² and 0,300m²/plant, that correspond to current spacings used by farmers. Based on the assumption of linearity, the following adjustment of data is proposed:

$$Y_{i,a} = k_i Y_i - b(k_i A_i - \sum_{i=1}^N k_i A_i / N)$$

with

$$b = \frac{\sum(k_i A_i)(k_i Y_i) - (\sum k_i A_i)(\sum k_i Y_i)/N}{\sum(k_i A_i)^2 - (\sum k_i A_i)^2/N}$$

and $A_i = ne(c + 2d) - e(L_i - 2m_i d)$

Y is the actual yield of a plot, N the number of plots in the experiment, k the quotient of perfect stand by actual stand and A is the area considered as really used by the plants obtained by deducting exceeding areas from large skips.

Adjustments, made for several experiments, showed that the equation was efficient in most of the cases. However, its validity is questionable when skips are totally or partially linked to treatment effect, and there are cases, when no compensations of the gaps occur, in which the regression of yield on final stand permits better adjustment.

LITERATURA CITADA

1. BERRY, G. A mathematical model relating plant yield with arrangement for regularly spaced crops. *Biometrics*, Washington, 23:505-515, 1967.
2. CRUZ, V. F. da. Estudo sobre a correção de produções de parcelas em ensaios com milho. Tese. Piracicaba, Escola Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 1971. 143p.
3. GUTIERREZ, M.; GUILLEN, P. M. V. & POZZI, A. Influencia de las falhas de plantas sobre el rendimiento del algodón en las experiencias de campo. *R. Invest. agric.*, B. Aires, 8:149-159, 1954.
4. IGUE, T. Influência do "stand" final das parcelas sobre a análise estatística dos experimentos. Tese. Piracicaba, Escola Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 1972. 113p.
5. POPE, O. A. Effect of skips or missing row segments on yields of seed cotton in field experiments. *J. agric., Res.*, Washington, 74:1-13, 1947.
6. SNEDECOR, G. W. *Statistical methods*. 4. ed. Ames, Iowa State College Press, 1950. 485p.
7. ZUBER, M. S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity trial data. *J. Am. Soc. Agron.*, Washington, 34:30-47, 1942.