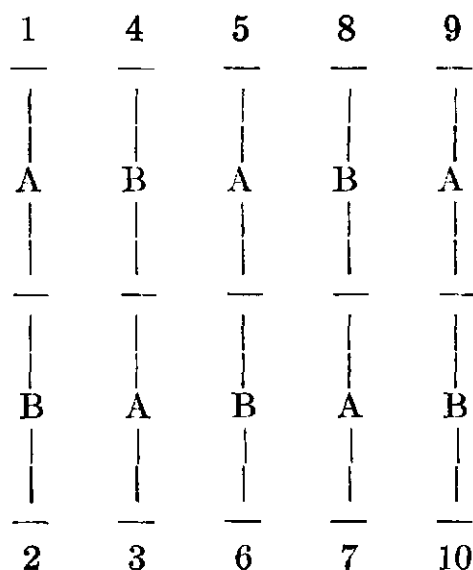


ANÁLISE DO ENSAIO DE DESBASTE DE RAMOS INFERIORES DO CAFEIEIRO

W. L. STEVENS, *Professor da Faculdade de Ciências Econômicas e Administrativas da Universidade de São Paulo* e C. G. FRAGA JR., *da Secção de Técnica Experimental e Cálculo, Instituto Agrônomo de Campinas*

O delineamento do ensaio de desbaste dos ramos inferiores do cafeeiro (1) é sistemático e, para sua análise estatística, foi empregado o processo de interpolação de constantes. Designando os tratamentos empregados por A (desbastado) e B (não desbastado), o delineamento usado é o que representamos esquematicamente, onde os números correspondem aos canteiros :



As constantes consideradas na análise, por quadrados mínimos, são as seguintes :

| CANTEIRO | <i>Tratamento</i> | <i>Constantes</i> |
|----------|-------------------|-------------------|
| 1 ----- | A | $m + t + c - 2b$ |
| 2 ----- | B | $m - t - c - 2b$ |
| 3 ----- | A | $m + t - c - b$ |
| 4 ----- | B | $m - t + c - b$ |
| 5 ----- | A | $m + t + c$ |
| 6 ----- | B | $m - t - c$ |
| 7 ----- | A | $m + t - c + b$ |
| 8 ----- | B | $m - t + c + b$ |
| 9 ----- | A | $m + t + c + 2b$ |
| 10 ----- | B | $m - t - c + 2b$ |

O efeito de tratamentos é representado por $2t$, a diferença entre a parte superior e inferior do campo (blocos) por $2c$, a regressão linear por b e a média geral por m .

Designando por x_1, x_2, \dots as produções correspondentes aos canteiros 1, 2, \dots e por e_1, e_2, \dots as diferenças entre os valores das produções obtidas e as teóricas, podemos escrever a série de igualdades

$$\begin{aligned} e_1 &= x_1 - m - t - c + 2b \\ e_2 &= x_2 - m + t + c + 2b \\ &\text{etc.} \end{aligned}$$

Queremos obter as estimativas de m, t, c e b pelo método dos quadrados mínimos e, para isso, fazemos :

$$\frac{\partial \Sigma e_i^2}{\partial m} = 0, \quad \frac{\partial \Sigma e_i^2}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial \Sigma e_i^2}{\partial c} = 0 \quad \text{e} \quad \frac{\partial \Sigma e_i^2}{\partial b} = 0$$

O sistema de equações normais obtido é o seguinte :

$$\Sigma x_i = 10m$$

$$\begin{aligned} (x_1 + x_4 + x_5 + x_8 + x_9) - (x_2 + x_3 + x_6 + x_7 + x_{10}) &= 10c + 2t \\ (x_1 + x_3 + x_5 + x_7 + x_9) - (x_2 + x_4 + x_6 + x_8 + x_{10}) &= 2c + 10t \\ -2(x_1 + x_2) - (x_3 + x_4) + (x_7 + x_8) + 2(x_9 + x_{10}) &= 20b \end{aligned}$$

Para a análise da variância, o resíduo Σe_i^2 pode ser obtido substituindo os valores de m, t, c e b em cada uma das igualdades iniciais ; obtêm-se, assim, os chamados valores esperados. As diferenças entre as produções obtidas e as esperadas dão os valores e , os quais estão incluídos no quadro 1.

QUADRO 1.—Valores teóricos e desvios das produções obtidas, em café em côco

| Canteiro | Produção obtida | Produção esperada | Desvio |
|----------------|-----------------|-------------------|-----------|
| | <i>kg</i> | <i>kg</i> | <i>kg</i> |
| x_1 ----- | 696 | 664,2 | 31,8 |
| x_2 ----- | 802 | 775,2 | 26,8 |
| x_3 ----- | 657 | 683,2 | - 26,2 |
| x_4 ----- | 805 | 779,7 | 25,3 |
| x_5 ----- | 637 | 687,7 | - 50,7 |
| x_6 ----- | 780 | 798,7 | - 18,7 |
| x_7 ----- | 686 | 706,7 | - 20,7 |
| x_8 ----- | 731 | 803,2 | - 72,2 |
| x_9 ----- | 777 | 711,2 | 65,8 |
| x_{10} ----- | 861 | 822,2 | 38,8 |
| Soma ----- | ----- | ----- | 0 |

Soma de quadrados dos desvios = 17 453

O quadrado correspondente a tratamentos, isento de blocos, será dado por

$$\frac{1}{240} \left[5 \left[(x_1+x_3+x_5+x_7+x_9) - (x_2+x_4+x_6+x_8+x_{10}) \right] - \left[(x_1+x_4+x_5+x_8+x_9) + (x_2+x_3+x_6+x_7+x_{10}) \right] \right]^2 = 25\ 833,75.$$

O divisor 240 pode ser obtido como a esperança do quadrado da expressão entre parêntesis, acima. Essa esperança é

$$48^2 \sigma_t^2 + 240 \sigma^2$$

onde σ_t^2 representa a variância de tratamento e σ^2 a variância unitária, de forma que, para termos essa variância na base unitária, temos que dividir por 240. É muito mais simples obter por diferença êsse quadrado, como veremos adiante.

As somas de quadrados correspondentes a tratamentos, livre de blocos e a de blocos, livres de tratamentos não são ortogonais; no entanto, a primeira delas é ortogonal como a soma de quadrado de blocos, obtida na análise usual da variância.

O quadrado correspondente à regressão é dado por

$$\frac{1}{20} \left[-2(x_1+x_2) - (x_3+x_4) + (x_7+x_8) + 2(x_9+x_{10}) \right]^2 = 2\ 761,25$$

Êstes resultados, menos o correspondente à regressão, podem ser obtidos mais simplesmente da seguinte maneira:

Consideremos as soluções das equações normais, obtidas diferenciando-se em relação a **t**, **c**, **b** e **m**

| | | | | |
|-----|------------|-------|-----|---------|
| (t) | 2c + 10t = | - 526 | t = | - 415/8 |
| (c) | 10c + 2t = | - 140 | c = | - 29/8 |
| (b) | 20b = | 235 | b = | - 94/8 |
| (m) | 10m = | 7432 | m = | 743,2 |

Obtemos, agora, os produtos do valor encontrado para cada uma das constantes pela parte conhecida da equação correspondente e somamos êsses três produtos. Teremos:

$$- 140 (-29/8) + (-56) (-415/8) + 235(94/8) = 30\ 555$$

Êste valor é o da soma de quadrados correspondente aos três graus de liberdade da soma de

blocos + gradiente + tratamentos

Obtidos blocos e gradiente como acima indicado, o quadrado correspondente a tratamento é encontrado por diferença.

A soma de quadrados do resíduo (com 6 graus de liberdade) é o valor 17 453 encontrado como a diferença entre a soma de quadrados do total (com 9 graus de liberdade) e a correspondente a blocos + gradiente + tratamentos (3 graus de liberdade).

A análise final acha-se representada no quadro 2.

QUADRO 2.—Análise da variância dos dados de produção obtidos em 16 anos na experiência de desbaste dos ramos inferiores do cafeeiro

| Fonte de Variação | G.L. | S.Q. | Q.M. |
|-------------------|------|-------|--------|
| Blocos..... | 1 | 1960 | 1960 |
| Gradiente..... | 1 | 2761 | 2761 |
| Tratamentos..... | 1 | 25834 | 25834* |
| Resíduo..... | 3 | 30555 | |
| | 6 | 17453 | 2909 |
| Total..... | 9 | 48008 | |

Resta-nos considerar a estimativa do efeito de tratamentos. Obtivemos, para a diferença a favor de desbastado (total de 16 anos, média correspondente a meia fileira, ou canteiro),

$$2t = - 103,8 \quad \text{ou} \quad + 103,8 \text{ a favor de não desbastado.}$$

A variância dessa diferença é igual a

$$\frac{240\sigma^2}{24^2} = \frac{10\sigma^2}{24}$$

e a estimativa da mesma é dada por

$$\frac{29090}{24} = 1212$$

de forma que 34,8 é a estimativa do erro padrão. A prática de não desbastar os ramos inferiores do cafeeiro mostrou-se melhor que a do desbaste, sendo a vantagem do tratamento não desbastado sobre desbastado dada por

$$103,8 \pm 34,8 \text{ kg}$$

Os limites fiduciais (10:80:10%) são, por conseguinte,

$$103,8 \pm (1,440) (34,8) = 103,8 \pm 50,1$$

isto é, o limite inferior será dado por 53,7 e o superior por 153,9 kg.

CONCLUSÃO

Os resultados analisados neste trabalho são os da experiência de desbaste de ramos inferiores do cafeeiro, ora em realização pela Secção de Café do Instituto Agrônômico e abrangem as produções totais de 16 anos (1935 a 1950). A simplicidade dos dados permitiu apresentar de forma detalhada a maneira de se analisar a experiência pelo método dos quadrados mínimos. A vantagem obtida pelo tratamento usual do cafeeiro, isto é, o tratamento não desbastado, pode ser estimada $103,8 \pm 50,1$ kg de café em côco, numa produção média para um canteiro (total de 16 anos), de 743,2 kg.

Apesar de não ser logicamente correta a utilização da soma de quadrados do resíduo a fim de estimar o erro, êsse uso, desde que se tenha a necessária cautela, não deverá conduzir a conclusões que se afastam muito da realidade.

É interessante notar que a tentativa para remover a heterogeneidade não deu resultado. No entanto, uma inspeção dos resíduos sugere a necessidade de usar uma regressão de 2.º grau, o que não foi feito devido ao número insuficiente de graus de liberdade e, também, porque não seria uma prática aconselhável, modificar o método de análise **depois** da inspeção dos resultados.

SUMMARY

This paper was written primarily to illustrate the process of fitting constants to non-orthogonal data. The design of the experiment, on the pruning of lower branches of coffee-trees, was systematic (see plan at the beginning). Three constants were fitted, representing respectively the treatment contrast, the difference between upper and lower half of the field and the linear gradient of fertility across the field. The use of the residual sum of squares for the estimation of error is not, of course, logically correct but it is unlikely to lead to seriously wrong conclusions if caution is exercised. In the event, the procedure failed to eliminate any soil heterogeneity (see Analysis of Variance, p. 288). Inspection of the data showed that much of the heterogeneity would have appeared in a quadratic term in the gradient. When, as here, the number of data is very small, it is particularly dangerous to allow the data to suggest the scheme of adjustment, because this will lead to an over-estimation of the precision of the experiment.

The conclusion was that **not** pruning the lower branches of tree gave an increase in yield of 104 ± 50 kg (dry fruits) per plot, with a general mean of 743 kg per plot.

LITERATURA CITADA

1. Mendes, J. E. T. Ensaio de retirada de ramos inferiores do cafeeiro. II. *Bragantia* 11: 277-284. 1951.