

Estudos sobre tamanho de parcela para experimentos de melhoramento de café*

HERMANO VAZ DE ARRUDA**, LOURIVAL CARMO MONACO***

ABSTRACT

A study to determine the most efficient plot size for coffee breeding experiments is reported in the present paper. Yield data of a 25 selected coffee lines experiment collected for 6 successive years were used. Three different methods were used: efficiency to detect differences at a 5 per cent level (Harris et al equation); variance components; and taking into account soil variability through Smith formula.

For any number of selections maintaining constant the experimental area the single hill plot was shown to be the most efficient. For single hill plot the efficiency increases as the number of varieties or lines increases. When the running costs are considered two hill plots were shown to be recommended.

Introdução

OS primeiros experimentos de campo com cafeeiros conduzidos no Instituto Agronômico de Campinas, utilizavam de parcelas constituídas por 25 e até 50 cafeeiros (9). Todavia, devido a expansão do programa de pesquisas surgiu a necessidade de redução do tamanho da parcela experimental. A validade dessa redução induzida pela necessidade de minimizar os custos sem afetar as estimativas dos parâmetros foi demonstrada em análises posteriores baseadas em resultados de experimentos, utilizados uma a 10 covas por parcela.

Fraga, Conagin e Arruda (8) estudaram comparativamente, parcelas constituídas por 16 e 25 plantas, visando avaliar a necessidade de fileiras de bordadura. O número de tratamentos foi fixado em 10, de modo a ter-se 6 ou 4 repetições com parcelas de 16 ou 25 covas respectivamente. A parcela com 16 covas mostrou-se 46 por cento mais eficiente.

Amaral (1) estudando tamanho e forma de parcela, num ensaio em branco, com cafeeiros de 5 anos de idade, variando o tamanho das parcelas de 5, 10 e 20 cafeeiros. O menor número de covas por parcela mostrou-se mais eficiente.

Arruda (2) analisou com o mesmo enfoque dados de um experimento de adubação fosfatada e calagem instalado na Estação Experimental de Ribeirão Preto, com parcelas constituídas por 15 covas, dispostas em 3 linhas de 5 plantas. Por dois anos sucessivos cada linha de 5 covas da parcela foi colhida individualmente, de modo a permitir a comparação dos resultados com parcelas de 1 ou 3 linhas. O uso de uma só linha de 5 covas mostrou-se mais eficiente.

Scaranari (12) numa pesquisa sobre espaçamento das mudas nas covas empregou parcelas com 15 e 6 covas úteis, tendo obtido precisão suficiente, com um coeficiente de variação entre 14 e 30 por cento.

A necessidade de identificação do melhor tamanho de parcela é mais evidente nos programas de melhoramento genético. Neste caso, a capacidade de detecção de pequenas diferenças é essencial para o sucesso no programa de melhoramento. Devido ao interesse no melhor controle da variação nos experimentos de seleção de variedades ou progênies, procurou-se instalar ensaios com número variável de covas/parcelas. Esse número tem variado de 1 a 16 covas por parcela. Yates (8) sugeriu o uso de parcelas com uma única cova, porém, utilizando elevado número de repetições. Assim, resultados sobre a variabilidade em experimentos de seleção têm sido relatados (3, 4, 5). Estudos dos componentes da variância indicaram que o menor valor da estimativa da média de uma determinada progênie ou linhagem, ocorre com parcelas de uma única cova e maior número de repetições (7). O coeficiente de variação usando uma cova por parcela e 6 a 9 repetições

* Recebido para publicação em 3 de dezembro de 1976.

** Instituto Biológico, S. Paulo, Brasil.

*** Instituto Agronômico, Campinas, S. Paulo, Brasil.

foi baixo, atingindo 17,5 por cento (5). Estudos comparativos utilizando parcelas de uma cova com uma ou quatro plantas, revelaram menor coeficiente de variação para tratamentos com uma cova e quatro plantas (6)

Aspecto interessante nos experimentos de melhoramento é a variação observada no número de progênies ou variedades usadas. No geral pelo menos 25 seleções são incluídas em cada experimento oferecendo estimativa mais adequada do erro experimental

Nos estudos sobre tamanho de parcelas utiliza-se "experimento em branco", isto é, com parcelas tratadas igualmente, tomando-se uma parcela básica de tamanho unitário e estabelecendo as diferentes parcelas pela agregação de parcelas unitárias. Neste caso, a avaliação fica na dependência do tamanho menor pré-estabelecido. Os experimentos de melhoramento dos cafeeiros oferecem excelente material para estudo do tamanho de parcelas mais eficientes. As covas, para fins de seleção são colhidas individualmente por período que varia de 6 a 12 anos.

Além das variações no tamanho das parcelas o número de repetições e de variedades ou progênies variam largamente. O presente trabalho foi desenvolvido, visando definir a melhor combinação de número de seleções, de repetições e de covas por parcela para os experimentos de melhoramento do cafeeiro. Diferentes métodos de análise foram usados.

Material e método

Foram utilizados os dados de um experimento de competição com 25 cultivares de cafeeiros, instalado segundo delineamento em "lattice" balanceado com 6 repetições. As parcelas eram constituídas por 4 covas de um cafeeiro, e foram colhidas individualmente, durante seis anos seguidos.

A avaliação do tamanho da parcela foi feita utilizando tres diferentes processos descritos na literatura.

Inicialmente, foi estudado o tamanho de parcela mais eficiente, pelo método baseado na equação de Harris *et al.*, já aplicado por Nesbitt e Kirk (11) em videira. A eficiência do método é medida pela grandeza da diferença detectável como significativa. O tamanho da parcela, será mais eficiente, quando menor for esta diferença

Os dados do experimento fornecem os elementos necessários para serem feitas as estimativas dos valores das diferenças *d* em função do tamanho da parcela e número de repetições:

$$d = \frac{2Si^2 t^2 \alpha gl_2 F_{1-\delta} (gl_2; gl_1)}{r}$$

Si^2 é a variância residual, calculada com parcelas de 1, 2 ou 4 covas; nos dois primeiros casos foram colhidos ao acaso 1 e 2 cafeeiros de cada parcela.

gl_1 = grau de liberdade variável em cada caso em função do número de variedades e de repetições, segundo um delineamento em blocos ao acaso.

gl_2 = 120 é o número de graus de liberdade do experimento que serve de base, com 25 variedades e 6 repetições.

$$\alpha = 0,05$$

$$\delta = 0,80$$

r = número de repetições variável de 2 a 12 no presente estudo

O valor *d* assim calculado, corresponde a diferença significativa ao nível de 5 por cento entre 2 tratamentos que será detectada em 80 por cento dos experimentos

Embora o experimento tenha sido instalado segundo um delineamento em "lattice" foram utilizados os valores de Si^2 , para os tres tamanhos de parcelas 1, 2 e 4 cafeeiros, a partir do modelo em blocos ao acaso, desde que o componente entre blocos dentro de repetições, foi significativo.

Uma segunda análise dos dados foi feita através da teoria dos componentes de variância, uma vez demonstrado que o erro experimental era de fato um componente casual, confrontando-o com o real componente do erro, isto é, a variação entre plantas dentro de parcelas. O esquema abaixo esclarece a base do método utilizado:

F V	G L	S Q	Q M	E (Q M)
Blocos	5	393,12	78,63	$\sigma^2 + n\sigma_{Bv}^2 + n t \sigma_B^2$
Variedades	24	4 506,39		
Erro	120	4.428,89	36,91	$\sigma^2 + n\sigma_{Bv}^2$
Entr. Planta (Parcela)	450	10 130,49	22,51	σ^2
TOTAL	599	19 458,90		

onde $n = 4$ e $t = 25$

Destes resultados tem-se:

$$\sigma^2 = 22,510$$

$$36,91 - 22,51$$

$$\sigma_{Bv}^2 = \frac{36,91 - 22,51}{4} = 3,60$$

$$78,63 - 36,91$$

$$\sigma_B^2 = \frac{78,63 - 36,91}{100} = 0,42$$

A variância média é dada por:

$$V_y = \frac{\sigma^2 + n \sigma^2 Bv + n t \sigma^2 B}{rnt}$$

$$V_y = \frac{\sigma^2 + n \sigma^2 Bv + nt \sigma^2 B}{rnt} =$$

$$\frac{\sigma^2}{rnt} + \frac{\sigma^2 Bv}{rt} + \frac{\sigma^2 B}{r}$$

e sua estimativa por:

$$\hat{V}_y = \frac{\sigma^2}{rnt} + \frac{\sigma^2 Bv}{rt} + \frac{\sigma^2 B}{r}$$

Conhecendo-se σ^2 , $\sigma^2 Bv$ e $\sigma^2 B$ é possível estimar as variâncias de médias obtidas com diferentes valores de r , n , t e comparar a eficiência de diversos tamanhos de parcelas.

O tamanho ideal de parcela foi determinado usando a fórmula clássica de Smith que leva em conta os custos proporcionais ao número de parcelas por tratamento, K_1 , e a área por tratamento K_2 . Neste processo foi estimado o coeficiente de correlação, b , a partir dos dados experimentais que é uma medida da variabilidade do solo (10).

Procurando manter fixo o número de cafeeiros ou a área para diversos números de variedades, procurou-se

a eficiência dos 3 tamanhos de parcelas, através dos cálculos da quantidade de informação dada pelos inversos das variâncias. A eficiência foi definida pela relação das quantidades de informação, tomando-se como 100 por cento referente a parcela de 1 cafeeiro.

Resultados

Os valores de d diferença mínima detectável ao nível de 5 por cento de probabilidade, para diferentes números de variedades, t de plantas por parcela n e número de repetições são apresentados no Quadro 1. Conforme pode ser verificado, a partir de um número de repetições o acréscimo na eficiência do experimento é pouco afectado pelo aumento do tamanho da parcela ou no número de variedades. No Quadro 2 para cada um dos valores de d , conservando-se fixo o número total de cafeeiros ou seja a área experimental. Verifica-se que, usando 20 a 40 variedades no experimento, pode-se detectar diferenças desejáveis usando uma cova por parcela e 6 repetições.

No Quadro 3 são apresentadas as variâncias de médias com diversos valores de t , n e r , com base na teoria de componentes de variância. No Quadro 4 as eficiências relativas aos 3 tamanhos de parcelas, para uma área experimental fixa e número de variedades variável. Da mesma forma verifica-se que para 20 a 40 variedades, 6 a 12 repetições com uma cova por parcela, oferecem eficiência suficiente para os níveis de diferença desejável.

Quadro 1—Valores de d diferença mínima detectável ao nível de significância de 5 por cento, em 80 por cento dos experimentos, em função do número de variedades t , número de plantas por parcela, n e número de repetições, r .

Variedades (t)	plantas parcela/ (n)	Número de Repetições (r)						
		2	3	4	5	6	8	12
5	1	14.25	9.66	7.71	6.65	6.00	4.96	3.78
	2	12.62	8.21	6.57	5.65	5.09	4.15	3.22
	4	10.32	6.72	5.38	4.62	4.17	3.45	2.62
10	1	12.78	8.48	7.01	6.12	5.71	4.37	3.53
	2	10.85	7.19	5.95	5.20	4.88	3.71	3.00
	4	8.10	5.89	4.88	4.01	3.89	3.01	2.45
20	1	10.35	7.30	6.18	5.55	4.99	4.33	3.49
	2	8.79	6.50	5.25	4.70	4.24	3.68	2.97
	4	7.19	5.07	4.29	3.84	3.47	3.00	2.42
40	1	9.26	8.74	6.12	5.42	4.95	4.28	3.52
	2	7.86	7.12	5.19	4.60	4.50	3.63	2.98
	4	6.43	6.08	4.25	3.77	3.41	2.97	2.44

Quadro 2 — Valores de d diferença mínima detectável para diversos números de variedades, t , de plantas por parcela n e número de repetições, r , conservando-se fixo o número total de cafeeiros (área experimental) Quanto menor o valor de d mais eficiente é o experimento.

Seleções	Parcela	Repetições	d
n	n	n	
5	1	12	3,78
5	2	6	5,09
5	4	3	6,72
10	1	12	3,53
10	2	6	4,88
10	4	3	5,89
20	1	12	3,49
20	2	6	4,24
20	4	3	5,07
40	1	12	3,52
40	2	6	4,50
40	4	3	6,08

No Quadro 5 são apresentados os cálculos para estimar-se o valor de b da fórmula de Smith e o tamanho ideal de parcela, considerando-se como iguais os custos proporcionais ao número de parcelas K_1 e área da parcela por tratamento K_2 . Neste caso, a estimativa que oferece maior eficiência é baseada em duas por cova.

Discussão

Os resultados já obtidos no programa de melhoramento têm revelado a eficiência da metodologia usada. Para a execução desses trabalhos, parcelas de tamanho variável e número de repetições igualmente variável eram usados. No geral, eram avaliadas de 20 a 30 plantas por progênies ou variedades. Esse número de plantas vinha sendo usado desde o início dos trabalhos. Dessa forma estabelecia uma interdependência entre o número de repetições e o número de covas por parcela.

No presente trabalho procurou-se estimar a eficiência da metodologia por processos diferentes. Essa avaliação torna-se essencial a medida que os custos vão se tornando crescentes e a amplitude das diferenças a serem detectadas cada vez menor. Dessa forma para qualquer número de variedades a ser testado, considerando-se a área experimental fixa, a parcela com uma única cova mostrou-se mais eficiente, confirmando estudo anterior (7). Todavia, no caso das parcelas unitárias a eficiência pode ser melhorada pelo aumento do

Quadro 3 — Variância de médias para valores diferentes de r , número de repetições, n número de cafeeiros por parcela e t número de variedades

variedades (t)	plantas/parcela (n)	Repetições (r)							
		2	3	4	5	6	8	12	
5	1	2,82	1,88	1,40	1,12	0,94	0,70	0,46	
	2	1,69	1,13	0,84	0,67	0,56	0,42	0,29	
	4	1,13	0,71	0,56	0,45	0,38	0,28	0,19	
10	1	1,51	1,01	0,75	0,60	0,51	0,38	0,26	
	2	0,96	0,63	0,47	0,37	0,32	0,24	0,16	
	4	0,67	0,45	0,33	0,26	0,22	0,16	0,12	
20	1	0,86	0,57	0,43	0,34	0,29	0,21	0,15	
	2	0,58	0,39	0,29	0,23	0,19	0,14	0,10	
	4	0,44	0,29	0,22	0,18	0,15	0,11	0,08	
40	1	0,54	0,36	0,27	0,21	0,18	0,13	0,09	
	2	0,40	0,26	0,20	0,16	0,13	0,10	0,07	
	4	0,32	0,22	0,16	0,13	0,11	0,08	0,05	

$$V_y = \frac{22,51}{rtn} + \frac{3,60}{rt} + \frac{0,42}{r}$$

Quadro 4—Eficiência de diversos tamanhos de parcela (n) 1, 2 e 4 cafeeiros, para diferentes números de variedades (t) e repetições (r).

Variedades	Covas/parcela	Repetições	Variância (V _y . . .)	Eficiência %
5	1	12	0,46	100,0
	2	6	0,56	79,1
	4	3	0,78	63,6
10	1	12	0,26	100,0
	2	6	0,32	81,1
	4	3	0,46	56,4
20	1	12	0,15	100,0
	2	6	0,19	78,9
	4	3	0,29	51,7
40	1	12	0,09	100,0
	2	6	0,13	69,2
	4	3	0,21	42,8

$$Ef = \frac{1}{V_y \cdot i} \quad i = 2,1 \text{ sendo} \quad \frac{1}{V_y \cdot i} = 100$$

número de variedades ou de progênies. Essa tendência é mais visível na estimativa feita usando as variâncias médias.

Por outro lado, quando o custo operacional do experimento é levado em conta, parcelas de duas covas tornam mais eficientes. É evidente que neste caso, considera-se que os componentes do custo total proporcionais a área da parcela são semelhantes ao número de parcelas.

A análise apresentada é extremamente valiosa na orientação da experimentação, visando o melhoramento de plantas perenes. O custo da experimentação aliado ao número de anos que o ensaio deve ser mantido exige que o planejamento ofereça a possibilidade de máxima eficiência em detectar as diferenças dos genótipos. A medida que a variabilidade do material genético vai reduzindo, mudanças no tamanho do experimento devem ser feitas. Todavia, os resultados apresentados indicam que o aprimoramento será alcançado, aumentando-se o número de variedades ou progênies e de repetições de parcelas com uma única cova.

Retorno

No presente trabalho é apresentada uma pesquisa visando determinar o tamanho ideal da parcela para experimento sobre seleção de café. Foram utilizados os dados de produção de experimento com 25 linhagens e progênies de cafeeiros instalados segundo um delineamento em "lattice" balanceado com 6 repetições de seis anos sucessivos. No presente estudo foi utilizado o modelo em blocos ao acaso, com 4 sub-unidades por parcela, que se referem aos cafeeiros que a constituem.

Quadro 5—Cálculo do valor de b, conforme Koch e Rigney (10)

Tamanho da Parcela	Variância		Unidades (x)	Variância V(x)	log Vx (y)	log x (x')
	Estimada	Calculada				
Blocos	78,63	78,63	n ^o 100	0,79	-0,10237	2
Parcelas (blocos)	14,29	38,31	4	9,58	0,98137	0,6021
Plantas (parcela)	22,51	26,44	1	26,44	1,42226	0

$$b = \frac{-1,60990}{2,1055} = -0,76 \approx -0,70$$

$$X = \frac{b K_1}{(1-b)K_2} = \frac{0,70}{0,30} = 2,3 \approx 2 \text{ cafeeiros}$$

$$K_1 = K_2 = 0,50$$

$$b = \text{Coeficiente de regressão } y/x'$$

Foram utilizados tres métodos: a) através da fórmula de Harris *et al*, que pesquisou a eficiência em função da magnitude da diferença detectável ao nível de 5 por cento em 80 por cento dos experimentos realizados; b) a través da teoria dos componentes de variação; c) através da fórmula de Smith baseada no valor de b, que é uma função de heterogeneidad do solo

Para qualquer número de variedades a serem testadas, considerando-se a área experimental fixa, a parcela com um cafeeiro é a mais eficiente. O uso de parcelas unitárias torna-se mais eficiente à medida que cresce o número de variedades. Todavia, levando-se em conta os custos da condução do experimento, a parcela com dos cafeeiros seria a recomendada, admitindo-se serem iguais os custos proporcionais a área da parcela e ao número de tratamentos.

Literatura citada

- 1 AMARAL, EDILBERTO Tamanho e forma das parcelas em experimentação com cafeeiro. Seminários de Estatística USP (4^o, 5^o e 6^o) pp 102-130
- 2 ARRUDA, H VAZ de Aplicação da análise de covariância, num estudo sobre tamanhos de canteiros para experiências com cafeeiros Bragantia 19(1):V, 1960
- 2 CARVALHO, A, SCARANARI, H J, ANTUNES, H e MONACO, L.C. Melhoramento do cafeeiro XXII - Resultados obtidos no ensaio de seleções regionais de Campinas Bragantia 20:711-740, 1961
- 4 CARVALHO, A ; MONACO, L.C. e CAMPANA, M.P. Melhoramento do cafeeiro XXVII - Ensaio de seleções regionais de Jau Bragantia 23:129-142 1964
- 5 ————— MONACO, L. C. e ROCHA, T R. Melhoramento do cafeeiro XXVIII - Ensaio de seleções regionais em Mococa Bragantia 24: 9-27 1965 1965
- 6 ————— MONOCO, L. C. e FAZUOLI, L.C. Melhoramento do cafeeiro XXXV - Altura e produtividade das plantas e características das sementes de progênies e híbridos de café plantados a uma e quatro plantas por cova Bragantia 34:295-308 1975
- 7 FAZUOLI, L.C.; MONACO, L.C. e CARVALHO, A. Número de covas por parcela em experimentos de melhoramento do cafeeiro Ciencia e Cultura 26: 245, 1974.
- 8 FRAGA, C.G.; CONAGIN, A e ARRUDA, H VAZ de Eficiência de canteiro para experimentação com cafeeiro. Décimo Seminário de Estatísticas - USP pp 63-68
- 9 ————— e CONAGIN, A. Delineamentos e análises de experimentos com cafeeiros Bragantia 15:177-191, 1956
- 10 KOCH, E.J. e RIGNEY, J.A. A method of estimating optimum plot size from experimental data Agronomy Journal 43:17-21, 1951
- 11 NESBITT, WILLIAM B. e KIRK, HERBERT J. Effect of plot size and number of replicat ons upon the efficiency of Muscadine grape cultivar trials, Journal of The American Society Horticultural Science 97: 639-641, 1972
- 12 SCARANARI, H. J. Espaçamento das mudas de café na terra Bragantia 15:347-352, 1956

Reseña de Libros

Otros libros recibidos

ROCA, SERGIO Cuban economic policy and ideology; the ten million ton sugar harvest Beverly Hills and London, Sage 1976 70 p US\$ 3.00 (Sage Professional Papers in International Studies, Series N° 02-044, vol. 4).

Analiza el fracaso de la cosecha azucarera cubana en 1970 y los factores que causaron ese fracaso. 1) Fracaso es definido como: déficit de la producción que puede ser explicado por inversiones industriales y administración industrial; y 2) fracaso real: los extremadamente altos costos de oportunidad concurrentes, *ie*, las pérdidas severas en la producción en la mayor parte de los sectores no azucareros. Estas resultaron en parte por la mano de obra que se destinó a labores de cosecha debido a ineficiencias en el sector agrícola. Los datos de producción para 1952-70 son tomados de la *Revista Semanal Gramma* y otras fuentes cubanas.

El autor está en la Universidad de Adelphi, en New York

SAMUELSON, PAUL A. Economics. 10th ed New York, McGraw Hill, 1976 917 p US\$ 13.95

La décima edición de este texto clásico de pre-grado mantiene su tradición de ser revisado frecuentemente para mantenerse al día ante las condiciones y estadísticas cambiantes. La última mitad de la Segunda Parte, sobre macroeconomía, ha sido completamente reescrita para reflejar la presión de nuevos eventos desde 1973 y las cambiantes concepciones teóricas que los acompañan. El capítulo sobre agricultura ha sido revisado para subrayar el problema actual de la agricultura: la escasez. La Quinta Parte ha sido rehecha completamente para tomar en cuenta las revisiones operadas en el sistema monetario internacional. Varios capítulos de la Sexta Parte han sido rehechos para reflejar el impacto de la actual crisis económica sobre la distribución de los ingresos y sobre los intentos de mejorar el ambiente. Se enfatiza la nueva "microeconomía", la que incluye la economía del tiempo, capital humano, y la economía doméstica. Se presta especial atención al problema mundial de la "estanflación". Peter Temin puso al día el material estadístico. La *Study guide*, preparada por Romney Robinson para acompañar este texto, ha sido también completamente revisada. Tiene índice de materias, excelente como siempre. El autor, un Premio Nobel en economía, está en el Massachusetts Institute of Technology.