TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA PARA EXPERIMENTOS EM VIVEIRO DE SERINGUEIRA[1]

ADROALDO GUIMARÃES ROSSETTI[2], FREDERICO PIMENTEL-GOMES[3] e ROSEMARY M. FERREIRA VIÉGAS[4]

RESUMO - Este estudo foi realizado com o objetivo de estimar o tamanho ótimo da parcela para experimentos de seringueira (*Hevea* spp.), em fase de viveiro. Ele se baseou em dados de um experimento de competição de doze espaçamentos, dos quais se utilizaram os seis que deram melhores resultados. O tamanho ótimo da parcela foi estimado através da metodologia do coeficiente de correlação intraclasse, o qual no caso das variáveis estudadas (altura da planta e diâmetro do caule), levou os autores a recomendar, no caso de bordadura completa, parcelas de 3 linhas úteis com 9 a 15 plantas a serem medidas, ou 4 linhas úteis com 16 a 20 plantas medidas. Esses números multiplicados por 4 ou 5 dão os números totais de plantas úteis por parcela, dentre os quais são indicadas as plantas competitivas que serão medidas. Considerou-se, no estudo, o uso de bordadura completa e de bordadura dupla e se ofereceram várias opções, a critério do experimentador, em função da precisão desejada, do material e da área disponível.

Termos para indexação: coeficiente de correlação intraclasse, bordaduras, variância.

OPTIMUM PLOT SIZE FOR EXPERIMENTS ON RUBBER TREE NURSERIES

ABSTRACT - This research was carried out to obtain information on the plot size for experiments with rubber tree (*Hevea* spp.) nurseries. The data were obtained from an experiment testing twelve spacings, but only those belonging to the six best spacings were considered. The optimum plot size was determined by the methodology that uses the intraclass coefficient of correlation. Based on both variables plant height and stem diameter, the authors were led to recommend for plots with a complete guard row 3 test rows with 9 to 15 plants, or 4 test rows with 16 to 20 plants. These numbers multiplied by 4 or 5 give the total numbers of test plants per plot, among which are selected the competitive plants to be measured. In this study were taken in consideration plots with one or a double guard row. Other options according to the researcher interest are offered.

Index terms: intraclass coefficient of correlation, guard rows, variance.

INTRODUÇÃO

Tendo em vista a escassez de sementes clonais, os viveiros de seringueira na Amazônia são, ainda hoje, formados de sementes de seringueiras nativas, provenientes de polinização aberta, do que se pode esperar maior variabilidade. Esta, porém, segundo Barrueto Cid & Rossetti (1982), pode ser bastante reduzida através de criteriosa seleção das plântulas, em nível de sementeira e viveiro.

Embora esse tipo de seleção seja amplamente praticado no material destinado a experimentos, estes têm, conforme Rossetti et al. (1986), parcelas bastante grandes, que variam de 40 a 192 plantas, distribuídas em quatro a seis linhas de plantio. Este procedimento é adotado sob a alegação de garantir uma parcela representativa, além de produzir mudas para novos experimentos.

Parcelas desses tamanhos, nas quais quase sempre se medem, desnecessariamente, todas as plantas da área útil, requerem muita mão-de-obra e têm o erro experimental aumentado, por incluírem plantas pouco desenvolvidas, portanto impróprias à enxertia e, conseqüentemente, ao plantio definitivo.

O objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho ótimo de parcela para uma técnica experimental menos dispendiosa e de maior precisão nos ensaios conduzidos em viveiro de seringueira, sem aumento de despesa.

1 Aceito para publicação em 22 de julho de 1987.

2 Matemático, M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Caju (CNPCa), Caixa Postal 3761, CEP 60325 Fortaleza, CE.

3 Eng. - Agr., Dr., Prof. Catedrático, ESALQ/USP (aposentado), consultor IICA/EMBRAPA.

4 Enga - Agra. EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropico Umido (CPATU), Caixa Postal 48, CEP 66000 Belém, PA.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho utilizou dados de um experimento de competição de 12 espaçamentos de mudas de seringueira em viveiro, com 3 blocos casualizados, conduzido na estação experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPSD), no km 28/29 da rodovia Am - 010, no período de janeiro de 1979 a janeiro de 1980. As parcelas tinham 4 linhas úteis, de 46 plantas cada uma. As plantas foram obtidas de sementes de seringais nativos da Amazônia, adquiridas de um único fornecedor, mas provavelmente oriundas de vários locais, com possível predominância do município de Humaitá, AM. Foram repicadas apenas as sementes germinadas até o vigésimo dia após a semeadura. Nova seleção foi feita através de desbaste, 60 dias após a repicagem, com eliminação de cerca de 20% das plantas.

As variáveis medidas foram altura da planta e diâmetro do caule a 5 cm do solo, aos 11 meses depois da repicagem. O experimento foi instalado sobre Latossolo Amarelo, distrófico, de textura pesada, baixa fertilidade, topografia plana, estando, na época, coberto por vegetação de porte arbustivo (capoeira) de dois anos de idade. O clima é classificado como Ami, apresentando-se quente-úmido durante quase todo o ano.

Neste estudo consideraram-se apenas os seis espaçamentos que apresentaram melhor resultado no trabalho de Pereira et al. (1983), a saber, em cm: 60 x 15, 70 x 15, 80 x 15, 90 x 15, 60 x 20 e 100 x 50 x 30. As quatro linhas, de 46 plantas de cada parcela, foram consideradas repartidas em duas subparcelas, de duas linhas cada. Identificaram-se as plantas competitivas, e dentre estas se escolheram ao acaso e se mediram dez plantas por linha, de modo a cobrir toda a área útil. Assim, cada subparcela encerrava 20 plantas medidas, de um total de 92, isto é, na proporção de uma planta medida para 4,6 plantas ao todo.

Para a análise da variância, adotou-se o esquema seguinte, baseado na teoria desenvolvida por Pimentel-Gomes (1984).

Causa de variação	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)
Blocos (B)	2		
Espaçamentos (E)	5		
Interação B x E	10	V_3	
Entre subparcelas	18	V_1	$\sigma^2 (1 + 19\rho)$
Plantas d. subparcelas	684	V_2	$\sigma^2 (1 - \rho)$

Normalmente, o QM Interação B x E (V_3) seria também utilizado na estimação do ρ. Mas, no caso presente, isto não pareceu conveniente, pois os dados obtidos indicaram efeito altamente significativo para essa interação. Por isto, o estudo se baseou somente nos Quadrados Médios V_1 e V_2, nos quais só aparece o efeito da amostragem.

O modelo referente a essa análise de variância é o seguinte:

$$Y = m + t_i + b_j + (tb)_{ij} + e_{ijpk},$$

onde i se refere a tratamentos, j, a blocos, p, a subparcelas e k, a plantas.

Tem-se ainda:

$$E(e^2_{ijpk}) = \sigma^2,$$
$$E(e_{ijpk}, e_{i'j'p'k'}) = 0, \qquad \text{para } (p,k) \neq (p', k'),$$
$$E(e_{ijpk}, e_{ijpk'}) = \rho\sigma^2,$$

onde ρ é o coeficiente de correlação intraclasse.

Com k plantas úteis por parcela, tem-se:

$$E(V_1) = \sigma^2[1 + (k-1)\rho],$$
$$E(V_2) = \sigma^2 (1 - \rho),$$

e conclui-se que:

$$\hat{\rho} = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + (k-1)V_2} \qquad (k > 1)$$

com $-1/(k-1) < \hat{\rho} < 1$, onde k é o número de plantas úteis por parcela. O erro padrão desse estimador $s(\hat{\rho})$ é dado pela expressão:

$$V(\hat{\rho}) = \frac{2(1-\hat{\rho})^2 [1 + (k-1)\hat{\rho}]^2}{k^2} \left[\frac{1}{n_1 + 2} + \frac{1}{n_2 + 2}\right],$$

$$s(\hat{\rho}) = \sqrt{V(\hat{\rho})}.$$

Pimentel-Gomes (1984) considera como tamanho ótimo (k) aquele que torna mínima a variância da média de um tratamento, para um número fixo de plantas. No caso de bordadura completa:

$$k = \sqrt{\frac{2(1-\rho)}{\rho}},$$

quando se tem uma única linha de árvores úteis, e

$$k = 2\sqrt{\frac{1-\rho}{\rho}},$$

no caso de duas linhas úteis, sendo então k, necessariamente, um número par.

É fácil generalizar os resultados encontrados por Pimentel-Gomes (1984) e obter como tamanho ótimo, para n linhas úteis, levando-se em conta, na mesma expressão, o tipo de bordadura. Assim, o número de plantas úteis será estimado por:

$$k = \sqrt{\frac{2bn(1-\rho)}{\rho}} \qquad (\rho > 0),$$

onde b representa o tipo de bordadura ($b = 1/2$, $b = 1$ ou $b = 2$) conforme se usar meia bordadura, bordadura completa ou bordadura dupla; n é o número de linhas úteis e k, múltiplo de n.

Analogamente, o número total de plantas da parcela será estimado pela expressão:

$$K = (n + 2b)\left(\frac{k}{n} + 2b\right) \quad (n \geq 1)$$

Conseqüentemente, com n linhas úteis, k plantas úteis por parcela e N plantas ao todo, por tratamento (N constante), pode-se estimar a variância da média desse tratamento pela fórmula:

$$v(\hat{m}) = \frac{\sigma^2}{N}\left(1 + \frac{2b}{n}\right)\left(1 + \frac{2bn}{k}\right)\left[1 + (k - 1)\rho\right].$$

Por outro lado, Pimentel-Gomes & Couto (1985) mostraram que, no caso de bordadura completa, variando k e n, o mínimo da variância da média de cada tratamento se dá quando $k = n^2$, e

$$n = \sqrt[3]{\frac{2(1-\rho)}{\rho}} \qquad (\rho > 0).$$

Por analogia com as expressões antes apresentadas, essa fórmula pode ser escrita em função do uso de bordadura como,

$$n = \sqrt[3]{\frac{2b(1-\rho)}{\rho}} \qquad (\rho > 0).$$

É importante salientar que, com $\rho > 0$, quando diminui o tamanho da parcela, deve aumentar o número de repetições, para manter a mesma variância para a média de cada tratamento. Esse aumento, porém, é de tal forma que, mesmo com ele, há redução da área total do experimento. Assim, ao passar de um experimento com k plantas úteis em n linhas para outro com k' plantas úteis, em n' linhas, sem mudar a variância da média de um tratamento, a relação entre as áreas ocupadas correspondentes a A' e A, pode ser escrita como se segue:

$$\frac{A'}{A} = \frac{\left(1 + \frac{2b}{n'}\right)\left(1 + \frac{2bn'}{k'}\right)\left[1 + (k' - 1)\rho\right]}{\left(1 + \frac{2b}{n}\right)\left(1 + \frac{2bn}{k}\right)\left[1 + (k - 1)\rho\right]}$$

Da mesma forma, a relação entre o número de repetições será estimada, conforme Pimentel-Gomes & Couto (1985), pela expressão:

$$\frac{r'}{r} = \frac{K}{K'} \cdot \frac{A'}{A},$$

onde K e K' são os números totais de plantas por parcela.

Embora as fórmulas apresentadas sejam gerais, no caso de viveiro se considerou descabido o uso de meia bordadura ($b = 1/2$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância e as médias das variáveis em estudo constam da Tabela 1. Os valores de $\hat{\rho}$, estimados pela fórmula já mencionada foram:

$\hat{\rho} = 0{,}0452$ para a altura das plantas,
com $s(\hat{\rho}) = 0{,}0285$ e
$\hat{\rho} = 0{,}0582$ para o diâmetro do caule,
com $s(\hat{\rho}) = 0{,}0318$.

TABELA 1. Análise da variância e médias relativas às variáveis altura da planta (m) e diâmetro do caule (cm).

Causa da variação	G.L.	Quadrados médios	
		Altura da planta	Diâmetro do caule
Blocos (B)	2	0,8756	0,7635
Espaçamentos (E)	5	0,7273	0,7701
Interação B x E	10	0,0578	0,0654
Entre subparcelas	18	0,0841	0,1216
Plantas d. subparcelas	684	0,0432	0,0544
Médias		1,83 m	2,00 cm

Parcelas com bordadura completa (b = 1)

Para a variável altura, com $\hat{\rho} = 0{,}0452$, $b = 1$, obteve-se $n = 3{,}5$. Como o número de linhas úteis deve ser um número natural, é necessário tomar $n = 3$ ou 4, ficando $k = n^2 = 9$ ou 16. Com $n = 3$, obteve-se:

$V(\hat{m}) = (\sigma^2 N/)\ 3{,}782$,
e com $n = 4$:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 3{,}775$,

o que indica ser, para parcelas desse tipo, praticamente indiferente usar 3 (com $k = 9$) ou 4 (com

$k = 16$) linhas úteis. No caso de se preferir parcela um pouco maior e mais comprida, uma sugestão seria tomar $n = 3$ e $k = 15$. Com estes valores obtém-se $V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 3{,}93$, o que mostra precisão praticamente igual à dos casos anteriores ($n = 3$, $k = 9$ ou $n = 4$, $k = 16$). Para estas parcelas mais compridas ($n = 3$, $k = 15$), tem-se:

$$K' = (3 + 2)\left(\frac{15}{3} + 2\right) = 35,$$

em comparação com:

$$K = (2 + 2)\left(\frac{20}{2} + 2\right) = 48,$$

no experimento original.

A relação entre as áreas respectivas, A' e A, será:

$$\frac{A'}{A} = \frac{\left(1 + \frac{2}{3}\right)\left(1 + \frac{2 \times 3}{15}\right)(1 + 14 \times 0{,}0452)}{\left(1 + \frac{2}{2}\right)\left(1 + \frac{2 \times 2}{20}\right)(1 + 19 \times 0{,}0452)} = 0{,}85,$$

portanto:

$$\frac{r'}{r} = \frac{48}{35}\,0{,}85 = 1{,}17,$$

isto é:

$$r' = 1{,}17\ r.$$

Neste caso, a economia de área seria pequena, apenas de 15%, isto porque as subparcelas do experimento original já tinham tamanho pequeno, próximo do que é considerado ótimo.

Repetindo-se os cálculos para o diâmetro do caule, para o qual $\hat{\rho} = 0{,}0582$, obteve-se $n = 3{,}2$ isto é, 3, por aproximação; logo, $k = 9$. Para este tamanho de parcela tem-se:

$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 4{,}071$
para $n = 4$, $V(\hat{m}) = 4{,}214$.

Haverá, pois, ligeira vantagem em favor de parcelas de $n = 3$ linhas úteis.

Uma parcela comprida, com $n = 3$, $k = 15$, dá:

$$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 4{,}370,$$

o que, embora um pouco pior, poderá ser preferido, por motivos práticos. Para estas parcelas mais compridas, a economia de área é de 16%, pois $\frac{A'}{A} = 0{,}84$. Por outro lado, calcula-se $r' = 1{,}15\ r$.

Parcelas com bordadura dupla (b = 2)

Utilizando-se as estimativas já encontradas para ρ, obteve-se, para o caso da altura da planta, $n = 4{,}4$, o que indica que se deve usar 4 ou 5 linhas úteis, com $k = 16$ ou 25 plantas úteis por parcela, respectivamente.

Com $n = 4$, $k = 16$, tem-se
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 6{,}71$
e com $n = 4$, $k = 20$:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 6{,}69$,
isto é, praticamente a mesma variância.
Com $n = 5$, $k = 25$, fica:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 6{,}75$
e com $n = 5$, $k = 30$:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 6{,}93$.

Além disso, com $n = 3$, $k = 15$, tem-se

$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 6{,}86$
e com $n = 3$, $k = 18$:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 6{,}88$.

Em todos os casos, os valores são muito similares. Convém salientar, porém, que as parcelas menores levam maior número de graus de liberdade para o resíduo, o que é vantajoso.

Analogamente, para o diâmetro do caule, foi obtido $n = 4{,}0$ linhas, isto é, $k = 16$ plantas úteis por parcela.

Com $n = 4$, $k = 16$, tem-se,
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 7{,}49$,
e com $n = 4$, $k = 20$:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 7{,}58$
Com $n = 5$, $k = 25$, fica:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 7{,}78$

e com $n = 5$, $k = 30$:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 8{,}06$.
Finalmente, com $n = 3$, $k = 12$, fica:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 7{,}65$,
e com $n = 3$, $k = 15$:
$V(\hat{m}) = (\sigma^2/N)\ 7{,}62$.

TABELA 2. Valores de n, k, K, $\bar{\rho}$ e V($\hat{m}$), para parcelas com bordadura completa única, estes a serem multiplicados por (σ^2/N), para as variáveis altura de planta (A) e diâmetro do caule (D).

n	k	K	V($\hat{m}$)	
			$\hat{\rho}_A = 0{,}0452$	$\hat{\rho}_D = 0{,}0582$
3	9	25	3,78	4,07
3	12	30	3,74	4,10
3	15	35	3,81	4,23
3	18	40	3,93	4,42
3	24	50	4,25	4,87
3	30	60	4,62	5,38
3	36	70	5,02	5,91
4	16	36	3,78	4,21
4	20	42	3,90	4,42
4	24	48	4,08	4,68
4	32	60	4,50	5,26
4	40	72	4,97	5,89

TABELA 3. Valores de n, k, K, $\bar{\rho}$ e V($\hat{m}$), para parcelas com bordadura dupla, estes a serem multiplicados por (σ^2/N), para as variáveis altura da planta (A) e diâmetro do caule (D).

n	k	K	V($\hat{m}$)	
			$\hat{\rho}_A = 0{,}0452$	$\hat{\rho}_D = 0{,}0582$
3	9	49	7,41	7,98
3	12	56	6,99	7,65
3	15	63	6,86	7,62
3	18	70	6,88	7,74
3	24	56	7,14	8,18
3	30	70	7,54	8,78
3	36	192	8,03	9,45
4	16	64	6,71	7,49
4	20	72	6,69	7,58
4	24	80	6,80	7,80
4	32	96	7,20	8,41
4	40	112	7,74	9,16
5	25	81	6,75	7,77
5	30	90	6,93	8,06

A utilização de parcelas com bordadura dupla, como se pode observar, requer, como seria de esperar, áreas um pouco maiores, para as parcelas, do que a bordadura completa.

As Tabelas 2 e 3 mostram as variâncias correspondentes às diversas possibilidades e permitem, pois, a escolha da solução mais conveniente.

CONCLUSÕES

1. Para parcelas experimentais de viveiros de seringueira, nas condições da Amazônia, recomendam-se, no caso de bordadura completa única, 3 linhas úteis com 9 a 18 plantas medidas, ou 4 linhas úteis com 16 e 24 plantas medidas. O número total de plantas úteis nessas parcelas será dado pelo número de plantas medidas multiplicado por 4 ou 5.

2. No caso de bordadura dupla, recomendam-se parcelas de 3 linhas úteis com 9 a 24 plantas medidas, ou 4 linhas úteis com 16 a 32 plantas medidas. Também neste caso, o número total de plantas úteis nas parcelas será dado pelo número de plantas medidas multiplicado por 4 ou 5.

REFERÊNCIAS

BARRUETO CID, L.P. & ROSSETTI, A.G. Efeito de diferentes espaçamentos sobre, o crescimento alométrico de plantas de seringueira. **Pesq. agropec. bras.**, 17(7):1035-9, 1982.

PEREIRA, A.V.; CONCEIÇÃO, H.E.O. da; RODRIGUES, F.M.; BERNIZ, J.M.J.; ROSSETTI, A.G. Efeito do espaçamento sobre o crescimento e produção de porta-enxertos de seringueira. **Pesq. agropec. bras.**, 18(2):121-7, 1983.

PIMENTEL-GOMES, F. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesq. agropec. bras., 19**(12):1507-12, 1984.

PIMENTEL-GOMES, F. & COUTO, H.T.Z. do. O tamanho ótimo de parcela experimental com eucaliptos. **IPEF, 31**:75-7, 1985.

ROSSETTI, A.G.; PEREIRA, A.V.; PIMENTEL-GOMES, F. A amostragem na experimentação em viveiro de seringueira. **Pesq. agropec. bras., 21**(8):837-41, 1986.