IPEF, n.31, p.75-77, dez.1985

O TAMANHO ÓTIMO DE PARCELA EXPERIMENTAL PARA ENSAIOS COM EUCALIPTOS

F. PIMENTEL GOMES
Departamento de Matemática e Estatística, ESALQ-USP, (Aposentado)
13400 - Piracicaba - SP

HILTON THADEU ZARATE DO COUTO
Departamento de Silvicultura, ESALQ-USP
13400 - Piracicaba - SP

ABSTRACT - This paper studies the optimum size of plots in forest experiments by a new method proposed by PIMENTEL GOMES (1984). This method, which takes in consideration the guard rows and uses the intra-class coefficient of correlation (ρ) among test trees within plots, defines as optimum size the number k of test trees, per plot, which minimizes the variance of the estimate of a treatment mean, for a fixed total number (N) of trees, per treatment. With results of 3 experiments with **Eucalyptus grandis**, the value ρ=0.597 (0.600, approximately) was estimated. The use of the theory together with practical arguments lead the authors to recommend plots of k=4 test trees in 2 rows (16 trees on the whole), per plot with a complete guard row. An example shows that savings of area over 50% can be obtained in the experiment in some cases.

RESUMO - Este artigo estuda o tamanho ótimo de parcelas de experimentos florestais por um novo método, introduzido por PIMENTEL GOMES (1984). Esse método, que leva em conta as bordaduras e utiliza o coeficiente de correlação intraclasse (ρ) entre árvores úteis dentro das parcelas, define como tamanho ótimo o número k de árvores úteis que minimize a variância da média de cada tratamento, para um número total fixo de árvores (N), por tratamento. Dados de 3 experimentos com **Eucalyptus grandis** levaram a uma estimativa ρ=0,597(ou 0,600, aproximadamente). A aplicação da teoria, combinada a argumentos práticos, leva os autores a recomendar parcelas de k=4 árvores úteis em 2 linhas (16 árvores ao todo), no caso de bordadura completa. Um exemplo mostra que economias de área de mais de 50% podem ,ser obtidas nos experimentos, em alguns casos.

INTRODUÇÃO

PIMENTEL GOMES (1984) publicou um método de estimação do tamanho ótimo de parcelas experimentais, específico para experimentos com árvores. Esse método utiliza o coeficiente de correlação intraclasse relativo às árvores úteis dentro de cada parcela e define como tamanho ótimo o número k de árvores úteis que minimize a variância da média de um tratamento para um número total de árvores N, considerado fixo. Isso equivale a minimizar a variância da média para uma área fixa do ensaio, ou, ao contrário, a tornar mínima a área do experimento, para obter uma variância dada para a média de cada tratamento. Num trabalho posterior, PIMENTEL GOMES (em publicação) apresentou novos resultados dessa teoria.

No presente artigo, estudamos dados de três experimentos de **Eucalyptus grandis**, a partir dos quais se determina o tamanho ótimo da parcela experimental em vários casos.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Os dois experimentos foram instalados na região de Jacupiranga, Estado de São Paulo, em área pertencente à Serrana S.A. de Mineração.

1º experimento - Ensaio em 4 blocos casualizados com 10 tratamentos e 81 árvores úteis por parcela, com 5 anos de idade. Os tratamentos testados foram diferentes doses de adubo fosfatado.

2º experimento - Ensaio em 3 blocos casualizados com 6 tratamentos e 7 árvores úteis por parcela, com 5 anos de idade. O experimento tem como objetivo testar 6 procedências de **Eucalyptus grandis**, originárias da Austrália, e sementes comerciais do Brasil.

3º Experimento - O mesmo anterior, mas com 6 anos de idade.

Método

É o descrito por PIMENTEL GOMES (1984) e PIMENTEL GOMES (em publicação).

1º experimento

Análise da variância

Causa da variação	**G.L.**	**Q.M.**	**E(Q.M.)**
Tratamentos	9	1,6008	
Blocos	3	0,6632	
Resíduo (a)	$n_1 = 27$	$V_1 = 0{,}2715$	$\sigma^2 (1 + 80\ \rho)$
Resíduo (b)	$n_2 = 3200$	$V_2 = 0{,}0024$	$\sigma^2 (1 - \rho)$

O Resíduo (a) se refere a parcelas, de k = 81 árvores úteis cada uma, e o Resíduo (b) é relativo à variação entre árvores úteis, dentro das parcelas. A estimativa (ρ) do coeficiente de correlação intraclasse é dada pela fórmula.

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

No caso presente temos:

$$\rho = \frac{0{,}2715 - 0{,}0024}{0{,}2715 + (80)(0{,}0025)} = 0{,}581,$$

Com variância (KEMPTHORNE, 1957)

$$V(\rho) = \frac{2(1 - \rho)^2\,[1 + (k - 1)\,\rho]^2}{k^2}\left(\frac{1}{n_1 + 2} + \frac{1}{n_2 + 2}\right) = 0{,}0020,$$

e erro padrão s(ρ) = $\sqrt{0{,}00420}$ = 0,605, onde n_1 e n_2 são os números de graus de liberdade de V_1 e V_2, respectivamente.

2º experimento

Análise da variância

Causa da variação	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)
Tratamentos	5	2.6065	
Blocos	2	0.2559	
Resíduo (a)	10	$V_1 = 0{,}2971$	$\sigma^2\,(1 + 6\,\rho)$
Resíduo (b)	108	$V_2 = 0{,}0289$	$\sigma^2\,(1 - \rho)$

ρ = 0,570 , s(ρ) = 0,117

3º experimento

Análise da variância

Causa da variação	G.L.	Q.M.	E(Q.M.)
Tratamentos	5	6,1311	
Blocos	2	0,4652	
Resíduo (a)	10	$V_1 = 0{,}5574$	$\sigma^2\,(1 + 6\,\rho)$
Resíduo (b)	108	$V_2 = 0{,}0289$	$\sigma^2\,(1 - \rho)$

ρ = 0,641 , s(ρ) = 0,107

Os três valores obtidos para ρ (0,581; 0,570 e 0,641) são semelhantes e sua média é 0,597, ou, aproximadamente, 0,600 com erro padrão s(ρ) - 0,057. Tomaremos o valor s = 0,600 para a determinação do tamanho ótimo de parcela, sempre com uma única linha de bordadura (completa).

No caso de uma única linha de plantas úteis, o tamanho ótimo da parcela (PIMENTEL GOMES, 1984) corresponderia a

$$k = \sqrt{\frac{2\,(1-\rho)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \text{ x } 0{,}400}{0{,}600}} = 1{,}15$$

Nestas condições a parcela de tamanho ótimo teria uma ou duas árvores úteis. Com uma, a variância da média de um tratamento com um total de N árvores seria:

$$V(m) = \frac{3\sigma^2}{N}\,[(1+\frac{2}{k}) + (k+1-\frac{2}{k})\rho]$$

$$= \frac{\sigma^2}{N}\,.\,9{,}00$$

Teríamos ainda, com n linhas úteis:

$$n = 1, k = 2 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}\,.9{,}60$$

$$n = 1, k = 3 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}\,.11{,}00$$

$$n = 1, k = 4 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}\,.12{,}60$$

$$n = 2, k = 4 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}\,.11{,}20$$

Para evitar parcela excessivamente pequena, de uma só ou de duas árvores úteis, muitos preferiram, decerto, considerar uma linha de 3 árvores úteis, ou duas linhas, com 4 árvores.

Se fossemos mais pessimistas, e tomássemos ρ = 0,500, teríamos, em condições semelhantes:

$$k \sqrt{\frac{2 \text{ x } 0{,}500}{0{,}500}} = 1{,}42$$

$$n = 1, k = 1 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}\,.9{,}00$$

$$n = 1, k = 2 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}\,.9{,}00$$

$$n = 1, k = 3 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}\,.10{,}00$$

$$n = 1, k = 4 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}.11{,}25$$

$$n = 2, k = 4 \rightarrow V(m) = \frac{\sigma^2}{N}.10{,}00$$

Também neste caso talvez o preferível fosse a parcela com 4 árvores úteis (16, com a bordadura), em duas linhas úteis.

Ao passar de um experimento com k árvores úteis em n linhas para outro com k' árvores, úteis em n' linhas, sem mudas a variância da média de um tratamento, a relação entre as áreas ocupadas correspondentes A' e A é dada pela fórmula:

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

Assim com ρ = 0,500, se passarmos de um ensaio com k = 21 árvores úteis em n = 3 linhas, para outro com k' = 4 árvores úteis em n' = 2 linhas, a relação entre as áreas será:

$$\frac{A'}{A} = 0{,}42 = 42\%\ ,$$

haverá, pois uma economia de 58% da área, sem perda de precisão para o experimento.

Nota-se que quando diminui o tamanho da parcela de tamanho acima do ótimo, deve aumentar o número de repetições, para manter a mesma variância para a média de cada tratamento. Mas esse aumento é tal que, mesmo com ele, cai a área total do experimento. A relação entre os números de repetições (r e r') é dada pela fórmula:

$$\frac{r'}{r} = \frac{k}{k'}.\frac{A'}{A},$$

onde k e k' são os números totais de árvores, por parcela, nos dois casos. Assim, no exemplo que acabamos de discutir temos:

$$k = (n + 2)\ (\frac{k}{n} + 2) = (3 + 2)\ (\frac{21}{3} + 2) = 45,$$

$$k' = (2 + 2)(\frac{4}{2} + 2) = 16,$$

$$\frac{r'}{r} = \frac{45}{16} \cdot 0{,}42 = 1{,}18,$$

logo r' = 1,18 r. Se tivermos 5 blocos no ensaio de parcelas de k = 21 árvores úteis (r = 5), o experimento de parcelas de k = 4 árvores úteis deverá ter r' = 1,18 x 5 = 5,90 blocos, isto é, 6 blocos em vez de 5. Mas o número total de árvores por tratamento se reduzirá de N = 5 x 45 = 225 para N' = 6 x 16 = 96, com redução efetiva de 57% na área necessária.

CONCLUSÃO

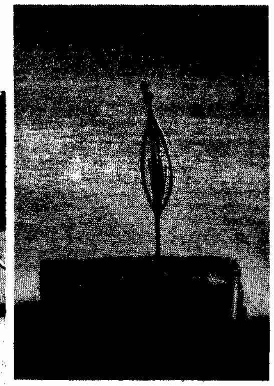
É possível reduzir significativamente a área destinada aos experimentos florestais, através de estudo do tamanho da parcela, sem contudo afetar a precisão do experimento.

BIBLIOGRAFIA CITADA

PIMENTEL GOMES, F., 1984. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesq. Agropec. Bras**., Brasília, **19**(12): 1507-1512.

PIMENTEL GOMES, F. Ainda o problema do tamanho ótimo das parcelas em experimentos com plantas arbóreas (em publicação).

KEMPTHORNE, O., 1957. **An introduction to genetic statistics**. N. York, John Wiley.



* Pinus Elliottii Var. Densa.
Pinus Strobus Var. Chiapensis
Pinus Caribaea Var. Caribaea, Hondurensis e Bahamensis
Pinus Kesiya
Pinus Oocarpa

Semeie Cafma e colha qualidade.

A Cafma coloca hoje no mercado brasileiro o que existe de mais avançado em tecnologia florestal: Sementes de Pinus* de ótima qualidade, conseguidas através de 25 anos de pesquisas e estudos genéticos.

A produção de sementes geneticamente melhoradas, coloca a CAFMA, entre as pioneiras do setor, garantindo tranqüilidade e segurança aos seus usuários.

Árvores com bom volume, bom diâmetro, boa forma, ramos finos, copa pequena e angulação de ramos perfeita, só são conseguidas mediante pesquisas e trabalhos genéticos com matrizes perfeitas, Know-How Cafma, que além de fornecer árvores para consumo industrial — Complexo Freudenberg —, coloca no mercado sementes para se conseguir florestas realmente superiores.

O trabalho desenvolvido pela Cafma, iniciado em 1960 com importação das melhores sementes da América Central, passando por seleções sucessivas, chega hoje a um dos seus pontos máximos: a polinização controlada.

A Cafma dispõe para comercialização imediata de sementes de Áreas Comerciais (AC), Sementes de Áreas de Produção (AP) e Sementes de Pomares de Sementes (PS).

O desenvolvimento dessas novas e importantes técnicas de melhoramento, dá à Cafma absoluta credibilidade em Técnica Florestal.

Semeie Cafma e colha qualidade.

Cafma

CIA. AGRO FLORESTAL MONTE ALEGRE
Rod. Marechal Rondon, km 323 - Agudos - SP - telex: 0142-191 FRIM