

## TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS PARA *Eucalyptus saligna* SMITH

### EXPERIMENTAL PLOT SIZE FOR *Eucalyptus saligna* SMITH

Magda Lea Bolzan Zanon<sup>1</sup> Lindolfo Storck<sup>2</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais de *Eucalyptus saligna* Smith, aos 15 meses de idade e aos 5 anos e meio de idade. Os experimentos foram instalados no Horto Florestal Barba Negra em área de produção da empresa Riocell S/A, localizada no município de Barra do Ribeiro - RS. O método utilizado para determinação do tamanho ótimo de parcelas foi o de Pimentel Gomes - ESALQ/USP. Os resultados demonstram que o tamanho ótimo de parcelas para plantas com 5 anos e meio de idade é de 9 a 25 plantas úteis medidas, e para o experimento com 15 meses de idade a parcela ideal é de 4 plantas.

**Palavras-chave:** planejamento, erro experimental.

#### SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the experimental plots size of *Eucalyptus saligna* Smith with 5.5 years old and for fifteen months old. The experiment were established in Barba Negra Garden Market located in Barra do Ribeiro District, Rio Grande do Sul State, Brazil. The Pimentel Gomes - E S ALQ/USP method's was used. It was observed that the optimal experimental plots size may range from 9 to 25 plantas for five year old trees and four plants to 15 months old.

**Key words:** planning, experimental errors.

#### INTRODUÇÃO

Na década de 60 o reflorestamento no Brasil experimentou um grande avanço com o programa de incentivos fiscais concedidos pelo governo federal, a fim de atender a crescente demanda de produtos

florestais, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, as quais estavam, já naquela época, completamente destituídas de cobertura florestal natural (LIMA, 1993). No país, os povoamentos florestais, formados com espécies exóticas, são compostos basicamente por dois gêneros: Pinus e Eucalyptus. A introdução de espécies destes gêneros se deve, principalmente, a alta produtividade quando comparada com outras essências florestais nativas. A pesquisa experimental com a espécie *Eucalyptus saligna* Smith é de fundamental importância para o aumento da produtividade visando o setor madeireiro. Assim, no planejamento de experimentos, o tamanho de parcelas experimentais, a forma e o número de repetições, são alguns dos problemas que se apresentam frequentemente ao pesquisador. A determinação dessas variáveis é de suma importância para a minimização do erro experimental, decorrente da heterogeneidade das parcelas e maximização das informações obtidas num experimento (STEEL & TORRIE, 1960).

Um estudo do tamanho de parcelas para a espécie *Eucalyptus grandis* foi realizado por GOMES & COUTO (1985) e por SIMPLÍCIO (1987). No entanto, para a espécie *Eucalyptus saligna* Smith são poucas as pesquisas visando a melhoria na qualidade dos experimentos. Para espécies em plantios com espaçamentos regulares o método apropriado é o de GOMES (1984), por que foi desenvolvido especialmente para o caso. Este trabalho teve por objetivo estimar o tamanho ótimo de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith, aos 5 anos e meio de idade e aos 15 meses de idade.

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Mestre em Engenharia Florestal, Manejo Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, UFSM, 97119-900, Santa Maria, RS. Bolsista CNPq. Autor para correspondência.



## MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos com a espécie *Eucalyptus saligna* Smith foram instalados no Horto Florestal Barba Negra, localizada no município de Barra do Ribeiro -RS, em área pertencente à Riocell S.A., o qual encontra-se aproximadamente a 30°23' 30" de latitude sul e 51° 12' 00" longitude oeste. Nesta região predomina o clima tipo "Cfa", subtropical úmido. Segundo classificação climática de Koeppen (MORENO, 1961), a temperatura média das máximas oscila em torno de 25°C, a média das mínimas ao redor de 15,5°C e a temperatura média anual é de 19,3°C com precipitação média anual de aproximadamente 1322mm. O primeiro experimento, com plantas dispostas em 24 filas e 48 colunas no espaçamento 2x3m foi avaliado aos 5 anos e meio de idade. Determinou-se o diâmetro à altura do peito, a altura total da árvore e o volume total das plantas. Para a determinação do volume em m<sup>3</sup> foi utilizada a equação:  $V = 0,14803 - 0,01640*d + 0,00035*d^2 + 0,00101*d*h + 0,00001*d^2*h - 0,00949*h$  determinada por SCHNEIDER *et al.* (1988) para *Eucalyptus saligna* Smith de primeira rotação, onde h é a altura em metros e d é o diâmetro em centímetros. A altura total da árvore foi determinada com o auxílio do Hipsômetro de Blume Leiss e o diâmetro com o auxílio da Suta.

O segundo experimento, com o mesmo espaçamento e número de plantas, foi avaliado aos 15 meses de idade. As variáveis analisadas foram diâmetro e altura, sendo a altura determinada com auxílio da Régua Durcon e o diâmetro com a Suta.

A unidade experimental, para ambos os experimentos, foi composta de uma planta na fila, resultando num ensaio em branco de 24 filas e 48 unidades básicas (plantas) por fila, sendo a área útil composta de 1152 unidades básicas. A unidade básica foi identificada pelo posicionamento quanto ao número da fila variando entre 1 e 24 e ao número da ordem dentro da fila variando entre 1 e 48. Através do agrupamento das unidades básicas adjacentes simulou-se parcelas de diversos tamanhos e formas.

O método utilizado para a determinação do tamanho ótimo de parcelas foi o de Pimentel Gomes (GOMES, 1984), onde se leva em consideração as árvores de bordaduras e utiliza-se o coeficiente de correlação intraclasse entre as árvores úteis dentro das parcelas. O tamanho da parcela é determinado pelo número de árvores úteis (k) que torna mínima a variância da média de um tratamento para um número total de árvores (N) considerado fixo. Assim, as 1152 unidades básicas foram agrupadas para formar oito blocos de quatro filas e 24 colunas. Cada bloco foi

dividido em seis parcelas de quatro filas por seis colunas (4x6=24 unidades básicas) nos quais foram casualizados seis tratamentos simulados.

O modelo matemático adotado foi:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + e_{ij} + e_{ijk},$$

onde:  $Y_{ijk}$  é o valor da observação na unidade básica  $k=1, 2, \dots, 24$ , que recebeu o tratamento  $i=1, 2, \dots, 6$  no bloco  $j=1, 2, \dots, 8$ ;  $m$  é a média;  $t_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo tratamento simulado;  $b_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo bloco simulado;  $e_{ij}$  e  $e_{ijk}$  são erros aleatórios, com distribuição normal e variância  $\sigma_1^2$  e  $\sigma_2^2$ , respectivamente, cujo modelo de análise da variância está demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Causas de variação (CV), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM) e esperança matemática (E(QM)) para o modelo matemático adotado.

CV	GL	QM	E(QM)
Blocos	b-1	-	-
Tratamentos	t-1	-	-
Resíduo (a)	(b-1)(t-1)	V1	$\sigma^2[1+(k-1)\rho]$
Resíduo (b)	bt(k-1)	V2	$\sigma^2(1-\rho)$

Da análise da variância (Tabela 1) obtém-se o estimador de

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

e a variância relativa de cada parcela é expressa por

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

Considerando o modelo geral, a variância da média de  $r$  repetições para um tratamento é dada por

$$V(\hat{m}) = (\sigma^2 / kr)[1 + (k-1)\rho]$$

onde  $r$  = número de repetições;  $k$  = número de unidades experimentais básicas úteis por parcela;  $\rho$  = coeficiente de correlação intraclasse;  $\sigma^2$  = variância residual quando utiliza-se  $K = 1$ ;



O número total de unidades experimentais básicas K (úteis e de bordadura) por parcela considerando o tamanho ótimo para o modelo geral, onde se utiliza bordadura completa, é dado por

$$K = (1 + 2/n)(2n + k)$$

O número total de unidades experimentais por tratamento é expresso por

$$N = r(1 + 2/n)(2n + k)$$

e o número de repetições é determinado por  $r = N/K$  a solução é obtida através da expressão

$$n = \sqrt[3]{2(1 - \rho) / \rho}$$

com  $0 < \rho < 1$ ,  $k = n^2$

sendo: k = número de árvores úteis por parcela; e n = número de linhas úteis por parcela;

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise da variância são apresentados na Tabela 2. Os coeficientes de correlação intraclassse determinados foram iguais a  $\hat{\rho} = -0,06943$ ,  $\hat{\rho} = -0,02808$  e  $\hat{\rho} = -0,05781$  para as variáveis diâmetro, altura e volume no ensaio de 5 anos e meio de idade, respectivamente. Os valores dos coeficientes de correlação intraclassse foram todos negativos, isto significa que o número de árvores úteis a ser utilizado deve ser o maior número natural possível compatível com número razoável de graus de liberdade para o resíduo. Neste caso, segundo GOMES (1984), é aconselhável o uso de parcelas maiores.

No ensaio de 15 meses de idade, os resultados obtidos para estimativa do coeficiente de correlação intraclassse foram de  $\hat{\rho} = 0,17876$  e  $\hat{\rho} = 0,27673$  para as variáveis diâmetro e altura, respectivamente. Como estes valores foram positivos e de certa forma não muito próximos de zero recomenda-se o uso de parcelas menores.

As variâncias das médias  $V(m)$  dos tratamentos, em função dos valores do número de linhas úteis (n) e do número de unidades experimentais úteis (k) por parcelas, foram mais baixas para as variáveis estudadas (Tabela 3) se comparado com as mesmas variáveis para plantas de 15 meses de idade (Tabela 4). O valor mínimo encontrado em parcelas com bordadura simples e dupla para a variável diâmetro de plantas de 5 anos e meio de idade (Tabela 3) foi nas parcelas de três linhas úteis com 15 plantas medidas. Para altura das plantas observa-se que em parcelas com bordadura simples e dupla a  $V(m)$  mínima foi obtida em parcelas de cinco linhas úteis com 25 plantas medidas. Para a variável volume o valor mínimo ocorreu quando a parcela tinha 4 linhas úteis com 16 plantas medidas. Estes resultados são compatíveis com os apresentados por GOMES & COUTO (1985), que avaliaram experimentos com *Eucalyptus grandis* Hill e determinaram que no caso de bordadura completa a parcela teria quatro árvores úteis distribuídas em duas linhas, tendo a parcela um total de 16 plantas. Concluíram também que é possível reduzir significativamente a área de experimentos florestais através da escolha do tamanho ótimo da parcela, sem afetar a precisão dos experimentos.

TABELA 2 - Causas de variação, graus de liberdade (GL) e quadrados médios relativos as variáveis altura, diâmetro e volume das plantas do ensaio de 5 anos e meio de idade e variáveis altura e diâmetro das plantas no ensaio de 15 meses de idade e estimativa do coeficiente de correlação intraclassse ( $\hat{\rho}$ ), Santa Maria, Santa Maria, 1996.

Causas de Variação	G L	Quadrado médio		
		Altura (m)	Diâmetro (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )
— 5 anos e meio de idade —				
Tratamentos	5	28,4355	32,7013	0,0198
Blocos	7	3,1514	4,6128	0,0015
Bloco*Trat	35	11,2767	8,1844	0,0051
Resíduo	973	14,4298	17,0293	0,0092
Total	1020			
$\hat{\rho}$		-0,02808	-0,06943	-0,05781
— 15 meses de idade —				
Tratamentos	5	10,4143	23,5283	-
Blocos	7	0,8222	1,6584	-
Bloco*Trat	35	1,3708	2,9887	-
Resíduo	1049	0,3375	1,2298	-
Total	1096			-
$\hat{\rho}$		0,27673	0,17876	-



Tabela 3 - Variância da média de tratamento V(m) com uma linha de bordadura (b=1) e linha dupla de bordadura (b=2), em função do número de linhas úteis (n), número de plantas úteis por linha (Z), número de unidades experimentais úteis (k) e número total de plantas por parcela (K), relativo a variável diâmetro (cm), altura (m) e volume (m<sup>3</sup>) das plantas no ensaio de 5 anos e meio de idade. Santa Maria, 1996.

n	Z	k	b = 1		b = 2	
			V(m)	K	V(m)	K
— Diâmetro —						
3	3	9	1,235	25	2,420	49
3	4	12	0,591	30	1,102	56
3	5	15	0,152	35	0,117	63
— Altura —						
4	4	16	1,302	36	2,315	64
4	5	20	0,979	42	1,679	72
4	6	24	0,708	48	1,180	80
5	4	20	0,979	42	1,679	72
5	5	25	0,639	49	1,056	81
— Volume —						
3	3	9	1,493	25	2,926	49
3	4	12	0,910	30	1,699	56
3	5	15	0,445	35	0,801	63
4	4	16	0,298	36	0,531	64

Tabela 4 - Variância da média de tratamento V(m) com bordadura completa (b=1), e linha dupla de bordadura (b=2) em função do número de linhas úteis (n), número de plantas úteis por linha (Z), número de unidades experimentais úteis (k), e número total de plantas úteis por parcela (K), relativo a variável diâmetro (cm) e altura (m) das plantas no ensaio de 15 meses de idade.

n	Z	k	b = 1		b = 2	
			V(m)	K	V(m)	K
— Diâmetro —						
2	2	4	6,14	16	13,83	36
2	3	6	6,31	20	13,26	42
2	4	8	6,75	24	13,51	48
3	3	9	6,75	25	13,23	49
— Altura —						
1	4	4	8,23	18	-	-
2	2	4	7,32	16	16,47	36
2	3	6	-	20	16,68	42
2	4	8	-	24	17,62	48
3	3	9	-	25	17,49	49

o ensaio de 15 meses de idade chegar a ter cinco anos e meio é possível que o tamanho de parcelas tenha que ser maior. Assim o tamanho da parcela para um experimento com Eucalipto deve ser compatível com a época em que o experimento for avaliado e, com a variável de maior importância econômica.

## CONCLUSÃO

O tamanho ótimo de parcelas para o experimento de *Eucalyptus saligna* Smith com cinco anos e meio de idade para bordaduras simples e dupla é de 9 a 25 plantas úteis por parcelas distribuídas em três a cinco filas; para experimentos com plantas de 15 meses de idade deve-se utilizar quatro plantas úteis distribuídas em duas filas; e, não há necessidade da utilização de bordadura dupla nas parcelas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GOMES, F.P., COUTO, H.Z. T. do. O tamanho ótimo de parcela experimental para ensaios com eucaliptos. *Série Técnica*, Piracicaba, v. 31, p. 75-77, 1985.
- GOMES, F.P. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 12, p. 1507-1512, 1984.

No ensaio de 15 meses de idade (Tabela 4), observa-se que para parcelas com uma linha de bordadura são necessárias duas linhas úteis com quatro plantas. Portanto, a parcela deve possuir um total de 16 plantas, pois a variância da média do tratamento foi mínima nesses valores, para as duas variáveis estudadas. No caso de dupla bordadura a V(m) mínima ocorreu na parcela com três linhas úteis e nove plantas para a variável diâmetro das plantas, e duas linhas úteis e quatro plantas para variável altura das plantas.

Para a variável diâmetro, tanto em parcelas de bordadura simples como em parcelas de bordadura dupla, a função V(m) variou pouco em relação aos pontos de mínimos. Assim, é indiferente utilizar parcelas de duas linhas úteis com seis unidades básicas, ou parcelas de duas linhas úteis com oito unidades básicas, ou ainda parcelas de três linhas úteis com nove unidades básicas. Deve-se, no entanto, considerar que parcelas menores permitem um maior número de repetições para uma mesma área e levam a maior número de graus de liberdade para o resíduo. Quando



LIMA, W. de P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993. 301 p.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.

SIMPLÍCIO, E. **Determinação do tamanho de parcelas experi-**

**mentais em povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. Lavras: ESAL, 1987. 67 p. Tese (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1987.

STEEL, R.G. D., TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics**. Nova York: McGraw Hill Book, 1960. 481 p.

**Ciência Rural, v. 27, n. 4, 1997.**