



Revista Árvore

ISSN: 0100-6762

r.arvore@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa  
Brasil

Silva, Rogério Luiz da; Xavier, Aloisio; Leite Garcia, Helio; Pires, Ismael Eleotério  
Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura  
modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual em testes clonais de eucalipto  
Revista Árvore, vol. 27, núm. 5, setembro-outubro, 2003, pp. 669-676  
Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48827509>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# DETERMINAÇÃO DO TAMANHO ÓTIMO DA PARCELA EXPERIMENTAL PELOS MÉTODOS DA MÁXIMA CURVATURA MODIFICADO, DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO INTRACLASSE E DA ANÁLISE VISUAL EM TESTES CLONAIIS DE EUCALIPTO<sup>1</sup>

Rogério Luiz da Silva<sup>2</sup>, Aloisio Xavier<sup>3</sup>, Helio Garcia Leite<sup>3</sup> e Ismael Eleotério Pires<sup>3</sup>

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi determinar o tamanho ótimo da parcela experimental em testes clonais de eucalipto, por meio dos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual, com base nas características de crescimento em altura, *dap* e volume. A partir de quatro testes clonais, dispostos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcela experimental quadrada de 25 plantas (5 x 5), foram simulados diferentes tamanhos de parcela com 2, 3, 4, 5, 9, 10, 15, 20 e 25 plantas, visando determinar o tamanho ótimo da parcela pelos métodos de máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual. Pôde-se concluir que em programas iniciais para seleção de clones parcelas de cinco a dez plantas proporcionam boa precisão experimental, sendo recomendadas, principalmente, em situação com limitações de mudas, teste de grande número de clones e avaliações de cunho preliminar e em idades precoces.

**Palavras-chave:** Silvicultura clonal, *Eucalyptus* e clonagem.

## DETERMINATION OF THE EXPERIMENTAL OPTIMUM PLOT SIZE BY MAXIMUM MODIFIED CURVATION, INTERCLASS CORRELATION COEFFICIENT AND VISUAL ANALYSIS METHODS IN EUCALYPT CLONAL TEST

**ABSTRACT** - This study aimed to determine the optimum plot size in eucalypt clonal tests by means of the Maximum Modified Curvation, the Intraclass Correlation Coefficient and Visual Analysis methods, based on the characteristics height, diameter at breast height and volume. Based on four clonal tests arranged in a randomized block design with four repetitions and experimental square plots of 25 plants (5x5), different plot sizes were established with 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 and 25 plants, to determine the optimum plot size by means of the methods Maximum Modified Curvation, intraclass correlation coefficient and visual analysis. It was concluded that at initial clone selection programs, plots of 5 to 10 plants provide good experimental accuracy, especially recommended when only a limited number of cuttings is available as well as a high number of test clones and evaluations of preliminary type and at early ages.

**Key words:** Clonal forestry, *Eucalyptus* and cloning.

### 1. INTRODUÇÃO

A base da silvicultura clonal para o gênero *Eucalyptus* está na utilização de clones de alta produtividade, normalmente identificados nas avaliações dos testes clonais. Em geral, quanto maior o número

de clones avaliados por unidade de tempo, maior a possibilidade de sucesso com a seleção. Entretanto, as etapas de avaliação e seleção são as mais caras e demoradas do programa de melhoramento, dificultando a elaboração e a execução de extensos programas de seleção clonal.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 7.8.2002.

Aceito para publicação em 9.9.2003.

<sup>2</sup> International Paper do Brasil, 13.840-000 Mogi-Guaçu-SP. <sup>3</sup> Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV, 36570-000 Viçosa-MG.

Zobel (1992) relatou que na definição do número de clones devem ser considerados os interesses e a realidade da empresa. Quando se avalia um grande número de clones, uma limitação tem sido o tamanho das parcelas a serem empregadas, em razão do alto custo de implantação, da baixa disponibilidade de mudas, das limitações de área, do aumento da área a ser controlada e das avaliações periódicas. Além disto, o tamanho da parcela experimental é um aspecto de grande relevância na determinação do conjunto de técnicas estatístico-experimentais adequadas ao processo de seleção (Chaves, 1985).

Segundo Vallejo & Mendoza (1992), é comum, na maioria dos trabalhos de determinação do tamanho da parcela, levar em consideração o erro experimental, que pode ser reduzido com o incremento do tamanho da parcela. A precisão requerida, o número de clones, o número de repetições, o tipo de bordadura, a idade de avaliação, as características de interesse, o tipo da cultura, o nível de tecnologia empregado e a disponibilidade dos recursos financeiros também influenciam a definição do tamanho da parcela (Vallejo & Mendoza, 1992; Viana, 1999). Assim, de acordo com Oliveira & Estefanel (1995) e Viana (1999), o tamanho e a forma das parcelas não podem ser generalizados, pois variam com o solo, as condições climáticas e a cultura.

Apesar da existência de alguns métodos para estimar o tamanho da parcela experimental, é comum utilizar testes de uniformidade, a partir dos quais são calculados as variâncias e os coeficientes de variação das diferentes dimensões de parcelas (Viana, 1999). Dos métodos aplicáveis à uniformidade, aquele da curvatura máxima da função do coeficiente de variação experimental (CV) tem se mostrado como o mais consistente (Storck & Uitdewilligen, 1980). O método da máxima curvatura modificado, conforme apresentado por Lessman & Atkins (1963), consiste em representar graficamente os coeficientes de variação de cada parcela contra os respectivos tamanhos. Viana (1999) ressalta que o método modificado fornece resultados mais precisos, pois estabelece uma equação de regressão para explicar a relação entre os coeficientes de variação e os respectivos tamanhos de parcelas.

Em povoamentos equiâneos, com espaçamentos regulares, tem sido utilizado o método proposto por Pimentel Gomes (1984), por ter sido desenvolvido especialmente para o caso. Este método considera o coeficiente de correlação intraclasse relativo às árvores úteis dentro de cada parcela e define como tamanho ótimo

da parcela o número de árvores úteis que minimiza a variância média de um tratamento. Este método foi empregado por Pimentel Gomes & Couto (1985) e Zanon & Storck (1997), que buscaram obter indicações de tamanhos mínimos de parcelas experimentais, sem, contudo, afetar a precisão experimental.

Por outro lado, o tamanho da parcela tem sido determinado de modo empírico, usando tamanhos práticos (Oliveira & Estefanel, 1995). A parcela experimental e o delineamento estatístico, muitas vezes, são definidos de acordo com as necessidades e a experiência do pesquisador, não existindo padronização dos testes clonais em empresas florestais. De fato, trabalhos sobre tamanho ótimo de parcela em testes clonais têm sido pouco divulgados (Alvaro, 1984; Andrade et al., 1997). Assim, para qualquer teste clonal, deve-se respeitar um mínimo de plantas por parcela, para que se possa obter um grau de precisão experimental desejável para aquela característica de interesse.

De acordo com as considerações anteriores, idealizou-se este estudo com o objetivo de determinar o tamanho ótimo da parcela experimental para testes clonais de eucalipto, por meio dos métodos de máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados provenientes de quatro testes clonais com *Eucalyptus* spp., instalados no interior do Estado de São Paulo (Quadro 1). Os testes foram estabelecidos segundo o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e parcelas originais de 25 plantas, com bordadura simples de mudas obtidas por sementes.

Com os dados das parcelas originalmente instaladas nos testes clonais, de 25 plantas úteis (5 x 5 plantas), foram realizadas simulações, originando as seguintes unidades experimentais (UE): UE 1 - parcelas com 2 plantas (1ª e 2ª planta), UE 2 - parcelas com 3 plantas (3ª à 5ª planta), UE 3 - parcelas com 4 plantas (22ª à 25ª planta), UE 4 - parcelas com 5 plantas (1ª à 5ª planta), UE 5 - parcelas quadradas com as 9 plantas centrais, UE 6 - parcelas com 10 plantas (da 1ª à 5ª e da 21ª à 25ª planta), UE 7 - parcelas com 15 plantas (da 1ª à 10ª e da 21ª à 25ª planta), UE 8 - parcelas com 20 plantas (plantas da 1ª à 15ª e da 21ª à 25ª planta) e UE 9 - parcelas com 25 plantas.

**Quadro 1** – Características dos testes clonais com *Eucalyptus* spp., instalados em Mogi-Guaçu e São Simão, Estado de São Paulo

**Table 1** – Characteristics clonal tests with *Eucalyptus* spp., established on Mogi Guaçu and São Simão, São Paulo, Brazil

Teste Clonal	Material Genético	Local	Idade de Avaliação (anos)	Espaçamento (m)	Tipo de Solo <sup>1/</sup>
I	27 clones (4 de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> ; 5 de <i>E. saligna</i> ; 2 de <i>E. alba</i> ; 12 de <i>E. urophylla</i> ; 2 de <i>E. grandis</i> ; 2 de <i>E. pellita</i> )	Mogi-Guaçu/SP	3, 4, 5, 6 e 7	3,0 x 2,0	LVA
II	14 clones (9 de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> ; 1 de <i>E. saligna</i> ; 1 de <i>E. urophylla</i> ; 3 de <i>E. grandis</i> )	Mogi-Guaçu/SP	6	3,0 x 2,0 3,0 x 2,5 3,0 x 3,0	LVA
III	5 clones (3 de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> ; 1 de <i>E. urophylla</i> ; 1 de <i>E. grandis</i> )	Mogi-Guaçu/SP	4	3,0 x 2,5	LVA
IV	5 clones (3 de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i> ; 1 de <i>E. urophylla</i> ; 1 de <i>E. grandis</i> )	São Simão/SP	4	3,0 x 2,5	AQ

<sup>1/</sup> LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo, álico a moderado, textura média, fase cerrado tropical e relevo suave-ondulado; e AQ = Areia quartzosa, álica a moderada, fase cerrado tropical e relevo suave-ondulado.

Com a altura total ( $H_t$ ), o diâmetro a 1,3 m de altura ( $dap$ ) e o volume cilíndrico ( $V_i$ ) avaliados nas diferentes unidades experimentais (UE), em plantios com diferentes idades (teste clonal I), espaçamentos (teste clonal II) e locais de plantio (teste clonal III e IV), inferiu-se sobre o tamanho da parcela experimental. A determinação do tamanho baseou-se nas metodologias da máxima curvatura modificada, da correlação intraclass e da análise visual, conforme descrito a seguir.

Com base em Pimentel Gomes (1984), adotou-se o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + c_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$$

em que  $Y_{ijk}$  = observação feita na planta  $k$ , do clone  $i$ , no bloco  $j$ ;  $m$  = média geral;  $c_i$  = efeito do clone ( $i = 1, 2, \dots, I$  clones);  $b_j$  = efeito do bloco ( $j = 1, 2, \dots, J$  blocos);  $e_{ij}$  = variação entre parcelas; e  $d_{ijk}$  = variação entre plantas dentro da parcela ( $k = 1, 2, \dots, K$  plantas por parcela).

A partir do modelo estatístico adotado, foram realizadas as análises de variância, considerando as variações entre (a) e dentro (b) das parcelas, conforme apresentado no Quadro 2.

De acordo com a análise de variância (Quadro 2), em todas as unidades experimentais foram obtidos os coeficientes de variação experimental ( $CV_{exp.}$ ), para altura total,  $dap$  e volume individual, com base em Cruz (1997)

conforme a expressão:

$$CV_{exp} = 100 \sqrt{\frac{V_1/K}{\bar{Y}}}$$

em que  $CV_{exp.}$  = coeficiente de variação experimental;  $V_1$  = quadrado médio do resíduo entre parcelas;  $K$  = número total de árvores da parcela; e  $\bar{Y}$  = média da parcela.

**Quadro 2** – Esquema de análise de variância, em nível de plantas individuais, resultante do modelo  $Y_{ijk} = m + c_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$

**Table 2** – Variance analysis summary, in individual plants, resulting from the model:  $Y_{ijk} = m + c_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$

Fonte de Variação	GL	QM	E(QM)
Blocos	J-1		
Clones	I-1		
Variação Entre (a)	(J-1) (I-1)	$V_1$	$\sigma^2 [I + (k-1)]p$
Variação Dentro (b)	JI(k-1)	$V_2$	$\sigma^2 (I - \rho)$

em que  $V_1$  é o quadrado médio do resíduo entre parcelas;  $V_2$  é o quadrado médio do resíduo dentro da parcela;  $\sigma^2$  é a variância em razão do erro dentro de parcelas; e  $\rho$  é a correlação intraclass devido ao efeito competitivo entre plantas dentro da parcela.

O método da máxima curvatura modificado, conforme Lessman & Atkins (1963), consistiu em representar a relação entre o coeficiente de variação ( $CV_{exp}$ ) e o tamanho da parcela, com o uso da equação de regressão do tipo  $Y = aX^b$  (em que  $Y$  representa o coeficiente de variação experimental; e  $X$  corresponde ao tamanho da parcela). A partir da função de curvatura, determinou-se o valor da abscissa onde ocorre o ponto de máxima curvatura, conforme apresentado por Meier & Lessman (1971), por meio de:

$$X_{MC} = \left[ \frac{a^2 b^2 (2b-1)}{(b-2)} \right]^{\frac{1}{2-2b}}$$

em que  $X_{MC}$  = valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde à estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental;  $a$  = constante da regressão;  $e$ ;  $b$  = coeficiente de regressão.

Da análise de variância (Quadro 2) e considerando a unidade experimental (parcelas) com nove plantas centrais como ideal para determinar o tamanho da parcela, por apresentar uma bordadura completa com plantas do mesmo clone, calcularam-se a estimativa do coeficiente de correlação intraclase e o número de árvores úteis da parcela, de acordo com os procedimentos propostos por Pimentel Gomes (1984): ®

$$K = \sqrt{\frac{2(I-\hat{\rho})}{\hat{\rho}}} \text{ sendo } \hat{\rho} = \frac{V_1 - V_2}{V_1 + (N-1)V_2}$$

em que  $K$  = número de árvores úteis por parcela;  $\hat{\rho}$  = estimador do coeficiente de correlação intraclase;  $V_1$  = quadrado médio de resíduo entre parcelas;  $V_2$  = quadrado médio de resíduo dentro da parcela; e  $N$  = número de árvores da parcela (nove plantas).

Quanto ao o método da análise visual, representaram-se, graficamente, os coeficientes da variação experimental obtidos na análise de variância, em função do tamanho da parcela experimental. Do gráfico obtido, fez-se a análise visual, calculando-se o valor em que o aumento no número de plantas na parcela não provocava mudança importante na estimativa do parâmetro. Assim, o número mínimo de plantas para representar o desempenho dos clones de *Eucalyptus* em testes clonais foi determinado visualmente, de forma subjetiva, com o ponto a partir do qual a estimativa do parâmetro se tornava estável.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Método da Máxima Curvatura Modificado

Os resultados obtidos com base no método da máxima curvatura modificado (Quadro 3) indicaram que o número de plantas exigido na parcela experimental tendeu a aumentar de acordo com o incremento da idade de avaliação, independentemente da variável analisada e do desempenho dos clones. Tal aumento pode ser atribuído ao incremento da interação dos clones com o ambiente com o passar do tempo, provocando, assim, essa maior variação entre as parcelas.

Comparando as estimativas obtidas na análise dos 27 clones com as estimativas encontradas na análise dos cinco clones superiores, fica clara a menor exigência do número de plantas por parcela para os clones de crescimento superior, visto que estes apresentam maior uniformidade. Deste modo, a redução no tamanho da parcela não afetaria o diagnóstico dos melhores clones quando o interesse estiver neles.

Com exceção da altura total, o número ótimo de plantas determinado para a parcela experimental foi menor no espaçamento 3 x 3 m, seguido pelos espaçamentos 3 x 2,5 m e 3 x 2 m. Tal fato indica que o aumento na área explorada por planta reduziu a competição entre árvores e diminuiu o número de plantas na parcela experimental.

Resultados semelhantes, encontrados nos diferentes locais, indicam a baixa interferência da capacidade produtiva do ambiente na determinação do número de plantas necessárias para a parcela experimental do teste clonal, ou seja, no presente caso, os recursos naturais agiram de forma uniforme sobre as parcelas do mesmo teste, não comprometendo a homogeneidade do bloco, o que proporcionou a mesma precisão experimental nos dois casos.

Os valores expostos no Quadro 3 indicam uma média geral de 3,2 plantas por parcela, com alguns valores variando de 1,0 e 6,4. Deste modo, com base no método de máxima curvatura modificado, uma parcela de cinco plantas é capaz de fornecer valores confiáveis, visto que atende à estimativa obtida para a característica com maior valor ( $V_1$ ). A utilização de cinco plantas por parcela, além de enquadrar a maioria dos testes analisados, permite redução significativa no número de plantas na parcela dos testes clonais, sem implicar redução na precisão dos resultados fornecidos.

**Quadro 3** – Estimativa do tamanho da parcela experimental ( $X_c$ ), pelo método da máxima curvatura modificado, em árvores úteis, referente à altura total ( $H_t$ ), ao  $dap$  e ao volume individual ( $V_i$ ), analisadas em diferentes testes clonais de *Eucalyptus* spp.

**Table 3** – Estimates of experimental plot size ( $X_c$ ) by maximum modified curvation methods, on useful trees for the characteristics height ( $H_t$ ), diameter at breast height ( $dap$ ) and volume ( $V_i$ ), appraised in different *Eucalyptus* spp. clonal tests

Teste Clonal Analisado		$H_t$			$dap$			$V_i$			Média ( $X_c$ )
N <sup>o</sup>	Característica	Regressão	R <sup>2</sup> (%)	$X_c$	Regressão	R <sup>2</sup> (%)	$X_c$	Regressão	R <sup>2</sup> (%)	$X_c$	
I	27 clones aos 3 anos	$7,65 x^{-0,25}$	97,3	1,4	$11,43 x^{-0,28}$	96,6	2,1	$26,57 x^{-0,28}$	95,3	4,1	2,5
	27 clones aos 4 anos	$9,36 x^{-0,31}$	93,9	1,9	$12,55 x^{-0,29}$	89,9	2,3	$27,80 x^{-0,27}$	90,1	4,2	2,8
	27 clones aos 5 anos	$10,74 x^{-0,36}$	94,8	2,4	$14,97 x^{-0,29}$	86,4	2,7	$33,15 x^{-0,28}$	84,5	4,9	3,3
	27 clones aos 6 anos	$10,83 x^{-0,31}$	87,2	2,2	$16,11 x^{-0,31}$	92,7	3,0	$35,18 x^{-0,27}$	87,5	5,1	3,4
	27 clones aos 7 anos	$11,50 x^{-0,30}$	95,4	2,3	$18,80 x^{-0,33}$	89,9	3,5	$39,77 x^{-0,28}$	85,2	5,7	3,8
	5 melhores aos 3 anos	$5,97 x^{-0,23}$	83,4	1,1	$10,85 x^{-0,36}$	87,2	2,4	$24,21 x^{-0,32}$	94,5	4,2	2,6
	5 melhores aos 4 anos	$8,37 x^{-0,38}$	94,4	2,1	$11,26 x^{-0,41}$	80,6	2,7	$23,36 x^{-0,37}$	79,9	4,3	3,0
	5 melhores aos 5 anos	$7,58 x^{-0,40}$	88,5	2,0	$12,04 x^{-0,33}$	87,7	2,5	$25,32 x^{-0,30}$	87,9	4,1	2,9
	5 melhores aos 6 anos	$6,49 x^{-0,20}$	90,0	1,0	$13,50 x^{-0,39}$	86,6	3,0	$26,09 x^{-0,27}$	88,5	4,0	2,7
	5 melhores aos 7 anos	$7,10 x^{-0,41}$	94,3	2,1	$13,83 x^{-0,33}$	96,7	2,8	$32,10 x^{-0,33}$	86,5	5,2	3,4
II	Espaçamento 3 x 2 m	$10,52 x^{-0,30}$	88,6	2,1	$14,62 x^{-0,45}$	94,4	3,4	$31,99 x^{-0,40}$	89,4	5,6	3,7
	Espaçamento 3 x 2,5 m	$13,41 x^{-0,41}$	93,0	3,0	$12,94 x^{-0,35}$	92,3	2,7	$30,80 x^{-0,34}$	92,9	5,1	3,6
	Espaçamento 3 x 3 m	$6,57 x^{-0,18}$	78,6	1,0	$10,05 x^{-0,41}$	94,0	2,5	$21,38 x^{-0,32}$	92,9	3,8	2,4
III	“LVA”	$7,58 x^{-0,32}$	94,1	1,7	$14,61 x^{-0,49}$	91,6	3,5	$30,01 x^{-0,40}$	91,9	5,3	3,5
IV	“AQ”	$7,93 x^{-0,26}$	95,1	1,5	$17,03 x^{-0,53}$	88,2	3,9	$37,15 x^{-0,46}$	95,8	6,4	3,9
Média ( $X_c$ )				1,9			2,9			4,8	3,2

R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

### 3.2. Método da Correlação Intraclasse

Nas estimativas do tamanho ótimo da parcela experimental, obtidas pelo método da correlação intraclasse (Quadro 4), o número de plantas determinado ao analisar os cinco clones superiores foi menor do que quando foram considerados 27 clones, provavelmente devido ao crescimento mais uniforme dos clones superiores. Em ambos os casos, com o aumento da idade, houve maior necessidade de plantas na parcela, provavelmente decorrente da maior competição na parcela pelos recursos naturais com o transcorrer do tempo.

A análise da influência do espaçamento na determinação do número de plantas por parcela indicou valores discrepantes, principalmente considerando o  $dap$ . Para esta variável, foram determinadas 5,3 e 8,6 plantas por parcela, nos espaçamentos 3 x 2 m e 3 x 3 m, respectivamente. O resultado com o espaçamento 3 x 3 m, onde houve menor competição, foi decorrente da baixa variação entre as parcelas ( $V_i$ ), o que gerou estimativas dos coeficientes de correlação intraclasse ( $\hat{\rho}$ ) com

valores positivos e próximos de zero, contribuindo, assim, para a superestimação do número de plantas na parcela, como discutido por Pimentel Gomes (1988). As estimativas do número ótimo de plantas por parcela, determinado em locais diferentes, também foram contraditórias, principalmente para  $dap$ . Tal fato também poderia ser atribuído à ocorrência de pequena variação entre parcelas, principalmente no local com “LVA”, visto que este solo apresenta características favoráveis ao crescimento das plantas, permitindo uniformidade no bloco.

Pelo método de correlação intraclasse, a média geral do número ótimo de plantas por parcela foi 4,5 para todas as variáveis e todos os testes. Assim, a estimativa de cinco plantas úteis por parcela parece ser razoável para a presente situação, atendendo a critérios estatísticos e silviculturais envolvidos na seleção clonal.

### 3.3. Método da Análise Visual

Por meio da análise visual conclui-se que na estimativa do número ótimo de árvores por parcela, conforme a representação da curva do coeficiente de variação

**Quadro 4** – Estimativas do número ótimo de árvores na parcela ( $K$ ), pelo método do coeficiente de correlação intraclass, referente à altura ( $Ht$ ), ao  $dap$  e ao volume individual ( $V_i$ ), em diferentes testes clonais de *Eucalyptus* spp.

**Table 4** – Estimates of optimum number of tree on plot ( $K$ ) by intraclass correlation coefficient method, for height ( $Ht$ ), diameter at breast height ( $dap$ ) and volume ( $V_i$ ), in *Eucalyptus* spp.

Teste Clonal Analisado		$Ht$				$dap$				$V_i$				Média (K)
N <sup>o</sup>	Características	$V_1$	$V_2$	$\hat{\rho}$	$K$	$V_1$	$V_2$	$\hat{\rho}$	$K$	$V_1$	$V_2$	$\hat{\rho}$	$K$	
I	27 clones aos 3 anos	3,82	1,53	0,143	3,5	3,05	1,74	0,078	4,9	0,0008	0,0004	0,083	4,7	4,4
	27 clones aos 4 anos	6,10	2,16	0,168	3,1	3,58	2,54	0,044	6,6	0,0019	0,0011	0,078	4,9	4,9
	27 clones aos 5 anos	6,43	3,58	0,081	4,8	5,01	3,32	0,059	5,9	0,0033	0,0020	0,068	5,2	5,3
	27 clones aos 6 anos	8,56	4,12	0,107	4,1	6,61	4,21	0,060	5,6	0,0053	0,0030	0,078	4,8	4,8
	27 clones aos 7 anos	11,79	5,23	0,122	3,8	8,24	5,28	0,059	5,7	0,0081	0,0047	0,075	5,0	4,8
	5 melhores aos 3 anos	3,66	0,59	0,367	1,9	2,83	1,16	0,138	3,5	0,0011	0,0004	0,182	3,0	2,8
	5 melhores aos 4 anos	5,40	1,49	0,226	2,6	3,69	2,01	0,085	4,7	0,0027	0,0011	0,140	3,5	3,6
	5 melhores aos 5 anos	5,34	2,20	0,137	3,6	5,32	2,68	0,099	4,3	0,0045	0,0020	0,123	3,8	3,9
	5 melhores aos 6 anos	7,13	2,91	0,139	3,5	5,83	3,47	0,071	5,1	0,0059	0,0031	0,090	4,5	4,4
	5 melhores aos 7 anos	8,31	3,86	0,114	4,0	7,94	4,37	0,083	4,7	0,0081	0,0049	0,068	5,2	4,7
II	Espaçamento 3 x 2 m	12,78	6,73	0,091	4,5	5,62	3,42	0,067	5,3	0,0053	0,0028	0,088	4,5	4,8
	Espaçamento 3 x 2,5 m	9,07	5,61	0,064	5,4	5,01	3,40	0,050	6,2	0,0064	0,0038	0,073	5,1	5,6
	Espaçamento 3 x 3 m	12,65	4,34	0,176	3,1	3,71	2,99	0,026	8,6	0,0055	0,0035	0,062	5,5	5,8
III	“LVA”	4,97	1,56	0,195	2,9	4,04	2,90	0,042	6,7	0,0033	0,0017	0,092	4,4	4,7
IV	“AQ”	4,37	1,02	0,268	2,3	6,75	2,57	0,153	3,3	0,0014	0,0006	0,129	3,7	3,2
Média (K)					3,5				5,4				4,6	4,5

$V_1$  = variância entre as parcelas,  $V_2$  = variância dentro das parcelas e  $\hat{\rho}$  = estimativa do coeficiente da correlação intraclass.

experimental (Figura 1), considerando 27 clones, o ponto de estabilização das curvas das idades de 5, 6 e 7 anos parece ocorrer entre 10 e 15 plantas por parcela. Nas idades de 3 e 4 anos, o coeficiente de variação experimental parece estabilizar-se a partir de dez plantas por parcela, provavelmente devido a uma menor variação nestas idades.

Considerando apenas os cinco melhores clones nesse teste, o ponto de estabilização da curva do coeficiente de variação experimental ocorreu a partir de dez plantas na parcela (dados não-apresentados). Esse padrão confirmou que há menor heterogeneidade entre os cinco melhores clones do que entre 27 clones, principalmente em diâmetro à altura do peito ( $dap$ ) e volume individual ( $V_i$ ).

Nos testes clonais 2, 3 e 4, utilizou-se o mesmo modo de interpretação dos gráficos (dados não-apresentados), visando identificar o ponto de estabilização do coeficiente de variação experimental (Quadro 5). De modo geral, esse ponto ocorreu a partir de dez plantas por parcela, independentemente da variável analisada.

### 3.4. Análise Crítica

O método da máxima curvatura modificado é um dos mais utilizados para determinar o tamanho das unidades amostrais. Entretanto, da forma como foi concebido, ele pode apresentar um inconveniente que deve ser considerado na definição do número ótimo de plantas por parcela nos testes clonais. A propriedade do método consiste em determinar o ponto de máxima curvatura, de forma algébrica, considerando a máxima curvatura e o vértice da curva, mas não o ponto de estabilização dos valores do coeficiente de variação experimental. Deste modo, o aumento no número de plantas na parcela promove ganho significativo na precisão experimental, visto que o vértice da curva do coeficiente de variação experimental tende a ocorrer sempre na região das pequenas parcelas. Assim, este método tende a subestimar o número ótimo de plantas por parcela nos testes clonais, interferindo na análise e, conseqüentemente, na predição do desempenho dos clones.

Na análise pelo método do coeficiente da correlação intraclass, foram obtidos valores inconsistentes, que

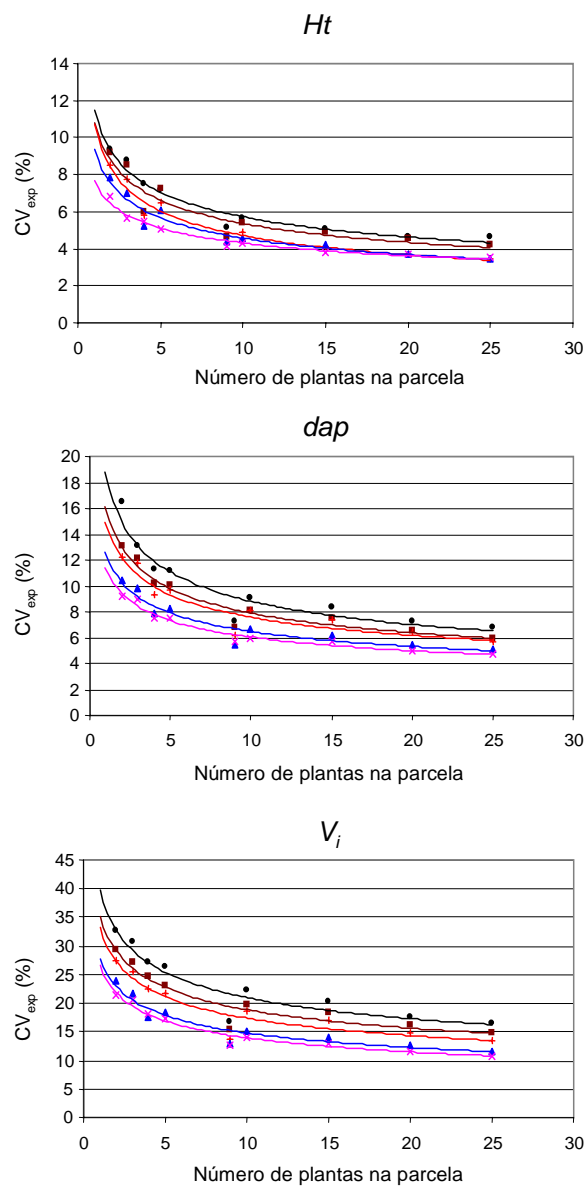
podem ser atribuídos a fatores pertinentes ao método. O primeiro é a superestimação do número de plantas necessárias na parcela experimental, o que, segundo Pimentel Gomes (1988), ocorre quando os coeficientes de correlação intraclassa ( $\rho$ ) são positivos e próximos de zero ( $\rho < 0,15$ ). O outro fator é a presença de um só coeficiente ( $\rho$ ), o da parcela efetivamente analisada. No presente caso, é o coeficiente referente às nove plantas centrais, a partir do qual se inferem os demais. Essa estimativa confunde o coeficiente de correlação intraclassa esperado em um delineamento com menor número de árvores e com um grau possivelmente diferente de competição, em relação à parcela com nove plantas usadas no cálculo do  $\rho$ , o que leva a uma possível subestimação do número ótimo de árvores na parcela.

A determinação visual do ponto de estabilização da curva do coeficiente de variação experimental é um método subjetivo e, como tal, sujeito à variação entre observadores. Entretanto, de acordo com Marques (2000), ele pode fornecer resultados precisos e com valores coerentes com o número de plantas necessárias para prever o comportamento.

**Quadro 5** – Estimativas do número ótimo de árvores úteis na parcela (NAUP) a partir da análise visual de altura total (Ht), dap e volume individual (Vi), em diferentes testes clonais de *Eucalyptus* spp.

**Table 5** – Estimates of the optimum number of useful trees on plot (NAUP) through visual analysis method for height (Ht), diameter at breast height (dap) and volume (Vi), in clonal tests of *Eucalyptus* spp.

Teste Clonal Analisado		NAUP			Média NAUP
Nº	Característica	Ht	dap	Vi	
I	27 clones aos 3 anos	10	10	10	10
	27 clones aos 4 anos	10	10	10	10
	27 clones aos 5 anos	10	15	15	13,7
	27 clones aos 6 anos	10	15	15	13,7
	27 clones aos 7 anos	10	15	15	13,7
	5 melhores aos 3 anos	10	10	10	10
	5 melhores aos 4 anos	10	10	10	10
	5 melhores aos 5 anos	10	10	10	10
	5 melhores aos 6 anos	10	10	10	10
	5 melhores aos 7 anos	10	10	10	10
II	Espaçamento 3 x 2 m	10	10	10	10
	Espaçamento 3 x 2,5 m	10	10	10	10
	Espaçamento 3 x 3 m	5	10	10	8,4
III	"LVA"	10	10	10	10
IV	"AQ"	10	10	10	10
Média NAUP		9,7	11	11	10,7



● 7 anos ■ 6 anos ▲ 5 anos ◆ 4 anos × 3 anos

**Figura 1** – Coeficientes de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) referente à altura total (Ht), ao diâmetro à altura do peito (dap) e ao volume individual ( $V_i$ ) dos 27 clones de *Eucalyptus* spp., estimados com diferentes tamanhos das unidades amostrais (parcela), nas idades de 3, 4, 5, 6 e 7 anos.

**Figure 1** – Coefficients of experimental variation ( $CV_{exp}$ ) for height (Ht), diameter at breast height (dap) and volume ( $V_i$ ), of the 27 clones of *Eucalyptus* spp, in plots of various sizes at 3, 4, 5, 6 and 7 years of age.



Os resultados obtidos através dos três métodos abordados neste trabalho, de modo geral, refletem os efeitos das fontes de variação na avaliação clonal. Assim, ficou evidente que, para definição do número de plantas por parcela, devem ser utilizadas metodologias que considerem as características do teste, os objetivos da avaliação e o bom-senso, de modo a atender aos critérios estatísticos e silviculturais envolvidos na seleção e recomendação clonal.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nas três metodologias de determinação do tamanho da parcela experimental abordadas neste trabalho e considerando a aplicação em programas de seleção de clones, parcelas de cinco a dez plantas proporcionam boa precisão experimental, sendo recomendadas, principalmente, em situação com limitações no número de mudas disponíveis, teste de grande número de clones, avaliações de cunho preliminar e em idade precoce. No entanto, para estudos mais detalhados do clone, para uso comercial, parcelas quadradas maiores e, ou, plantios-piloto são os mais indicados.

#### 5. AGRADECIMENTO

À International Paper do Brasil Ltda., pela oportunidade da realização do presente trabalho, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARO, J. J. F. **Teste clonal**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" 1984. 14 p. (Monografia).
- ANDRADE, H. B.; MARQUES, O. G. JR.; RAMALHO, M. A. P. Avaliação da eficiência da utilização de bordaduras internas em testes clonais. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTUS*, Salvador, 1997. **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPFFlorestas, 1997. v.1. p. 91-94.
- CHAVES, L. J. **Tamanho da parcela para seleção de progênies de milho (*Zea mays* L.)**. 1985. 148 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1985.
- CRUZ, C. D. Programa GENES: **aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 1997. 442 p.
- LESSMAN, K. J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, v. 3, n. 5, p. 477-481, 1963.
- MARQUES, M. J. B. S. G. S. M. **Número mínimo de famílias de meios irmãos de milho de pipoca, critérios de seleção e predição de ganho por seleção**. 2000. 236 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- MEIER, V. D.; LESSMAN, R. J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in Crambe abyssinica Hochst. **Crop Science**, v. 11, n. 5, p. 648-645, 1971.
- OLIVEIRA, P. H.; ESTEFANEL, V. Tamanho e forma ótimos da parcela para avaliação do rendimento em experimentos com batata. **Ciência Rural**, v. 25, n. 2, p. 205-208, 1995.
- PIMENTEL GOMES, F. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 12, p. 1507-1512, 1984.
- PIMENTEL GOMES, F. Novos aspectos do problema do tamanho ótimo das parcelas experimentais com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 59-62, 1988.
- PIMENTEL GOMES, F.; COUTO, H. T. Z. O tamanho ótimo de parcela experimental para ensaio com eucalipto. **IPF**, n. 31, p. 75-77, 1985.
- STORCK, L.; UITDEWILLIGEN, W. P. M. Estimativa para tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, v. 16, n. 2, p. 269-182, 1980.
- VALLEJO, R. L.; MENDOZA, H. A. Plot technique studies on sweet potato yield trials. **Journal American Society of Horticultural Science**, v. 117, n. 3, p. 508-511, 1992.
- VIANA, A. E. S. **Estimativas do tamanho de parcela e característica do material de plantio em experimentos com *Manihot esculenta* Crantz**. 1999. 132 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- ZANON, M. L. B.; STORCK, L. Tamanho de parcelas experimentais para *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Hoje**, v. 27, n. 4, p. 581-593, 1997.
- ZOBEL, B. B. Vegetative propagation in production forestry: rooted cutting use has been very successful for some species. **Journal of Forestry**, v. 90, n. 4, p. 29-34, 1992.