

Seleção de clones de *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade da madeiraSelection of *Eucalyptus* clones for forest biomass and wood qualityMaria Carolina Gaspar Botrel¹, Paulo Fernando Trugilho²,
Sebastião Carlos da Silva Rosado² e José Reinaldo Moreira da Silva²**Resumo**

O melhoramento genético aplicado ao gênero *Eucalyptus* apresenta-se como opção potencial para o aumento da produção de madeira de qualidade. Conhecer a variabilidade contida e a forma de sua expressão é fundamental no processo de seleção ou melhoramento genético florestal. Os objetivos deste estudo foram estimar parâmetros fenotípicos e genotípicos para as características de crescimento e propriedades químicas e anatômicas da madeira, estimar os ganhos genéticos e selecionar clones de *Eucalyptus*. Foram utilizados nove clones de *Eucalyptus* cultivados em Taiobeiras, norte de Minas Gerais. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os parâmetros fenotípicos e genéticos foram estimados a partir dos quadrados médios. O efeito de clone foi significativo para as características de crescimento, as propriedades químicas da madeira, a largura das fibras e a espessura da parede celular. Os ganhos genéticos previstos para as características de crescimento do DAP, altura total e volume individual foram de 12,00%, 6,91% e 24,92%, respectivamente. Para as características químicas, os ganhos foram de 25,72%, 9,36% e 33,46% para teores de cinzas e de lignina e para a massa estimada de lignina na madeira, respectivamente. Os ganhos previstos para largura das fibras e espessura da parede celular foram de 7,87% e 13,86%, respectivamente.

Palavras-chave: Ganho genético, Propriedade química da madeira, Propriedade anatômica da madeira

Abstract

The genetic improvement applied to the *Eucalyptus* is an potential option to increase quality wood production; the knowledge of the variability and its expression is fundamental for the selection process and forest genetic improvement. The objectives of this work were: to estimate phenotypic and genetic parameters for growth characteristics and wood chemical and anatomical properties, to estimate genetic gains, and to select clones of *Eucalyptus*. Nine *Eucalyptus* clones, cultivated in the region of Taiobeiras, located at the North of Minas Gerais State, were analyzed. The experimental design was total randomized, with three repetitions. The phenotypic and genetic parameters were estimated by mean squares. For growth characteristics, chemical wood properties, width of the fibers and thickness of the cell wall, the effect of clone was significant. The predicted genetic gain for growth characteristics at the diameter at breast height were 12.00%, for total height was 6.91% and for individual volume, 24.92%. For chemical wood properties, the predicted genetic gains were: ash content, 25.72%; lignin content, 9.36%; and wood mass lignin, 33.46%. The predicted gain for fiber width and thickness of the cell wall were 7.87% and 13.86%.

Keywords: Genetic gain, Chemical wood properties, Anatomical wood properties

INTRODUÇÃO

A madeira é um material heterogêneo, por ser formada de diversos tipos de células capacitadas a desempenhar funções específicas e também por ser constituída de uma série de compostos orgânicos e inorgânicos. A madeira sofre influência de fatores que afetam o desenvolvimento das árvores, tais como clima, solo, sítio e fatores genéticos. Isso contribui para o fato dessa matéria-prima ser muito requisitada, já que é capaz de atender aos mais diferentes tipos de uso.

A seleção de clones superiores dentro de um programa de melhoramento genético florestal sempre foi baseada nos valores fenotípicos das características dendrométricas, ou seja, DAP, altura e volume. Esse procedimento, porém, não garantiu a seleção de genótipos com características tecnológicas desejadas para usos específicos. Sendo assim, o estudo das características de crescimento e das propriedades anatômicas e químicas são de importância fundamental para a seleção de materiais superiores que visem atender a uma determinada finalidade.

¹Mestre em Ciências Florestais pela Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 3037 - Lavras, MG - 37200-000 – E-mail: carolinabotrel@yahoo.com.br

²Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 3037 - Lavras, MG - 37200-000 – E-mail: trugilho@ufla.br; scrosado@ufla.br; jreinaldo@ufla.br

Recentemente, inúmeros trabalhos têm sido realizados com o objetivo de avaliar as características de crescimento e propriedades da madeira. Caixeta *et al.* (2003), Moura (2000), Oliveira (2005) e Xavier (2001) pesquisaram, por meio das propriedades da madeira, os clones que mais se destacaram, direcionando uma seleção que maximizasse a adequação da madeira ao produto final a qual ela se destinava.

Conhecer a variabilidade contida e a forma de sua expressão é fundamental no processo de seleção ou melhoramento genético florestal. Diante disso, os objetivos deste trabalho são estimar os parâmetros fenotípicos e genotípicos para as características dendrométricas e propriedades químicas e anatômicas da madeira; estimar os ganhos genéticos para as características e propriedades da madeira; e caracterizar e selecionar clones de *Eucalyptus*, por meio de características dendrométricas e propriedades químicas e anatômicas da madeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Para a realização do presente estudo, foram utilizadas três árvores por clone híbrido de *Eucalyptus* spp. com 78 meses (Tabela 1), plantados no espaçamento 2 m x 3 m. Os clones foram provenientes da Empresa Carvoale, localizados no município de Taiobeiras, região norte de Minas Gerais. O município está situado a 15°48'S de latitude, longitude de 42°13'W, e altitude média de 1.090 m. Apresenta uma temperatura média anual de 24°C e precipitação média anual de 827,27 mm.

O diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT) e volume total (VT) sem casca foram obtidas na cubagem rigorosa.

Tabela 1. Clones híbridos de *Eucalyptus* spp. avaliados aos 78 meses de idade.

Table 1. Hybrid *Eucalyptus* spp. clones evaluated at age 78 months.

Clone	Cruzamentos
FGA-49	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
FGA-35	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
FGA-34	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
FGA-30	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
FGA-50	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>
I-953	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>
I-601	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>
I-380	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>
I-249	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i>

Amostragem

A avaliação foi realizada em três árvores por clone relacionado. Obtidas as árvores, retirou-se uma tora de 3 m de comprimento, compreendendo o intervalo de 0,30 a 3,3 m da altura da árvore. As toras foram transportadas para a Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da madeira (DCF-UFLA) onde se retirou um pranchão central de 8 cm de espessura (Figura 1). Esse pranchão foi utilizado para a retirada dos corpos-de-prova necessários aos ensaios destrutivos realizados na madeira.

As análises químicas foram feitas para determinar o teor de lignina e cinzas da madeira. O teor de lignina (Klason) foi determinado de acordo com o procedimento descrito por Gomide e Demuner (1986). O teor de lignina solúvel em ácido sulfúrico foi determinado por meio da espectrofotometria, tendo sido utilizada a equação descrita por Goldschimid (1971). A lignina total foi determinada como sendo a soma das ligninas solúvel e insolúvel. A massa estimada de lignina por árvore foi calculada multiplicando a massa seca de cada árvore-amostra e o teor de lignina total.

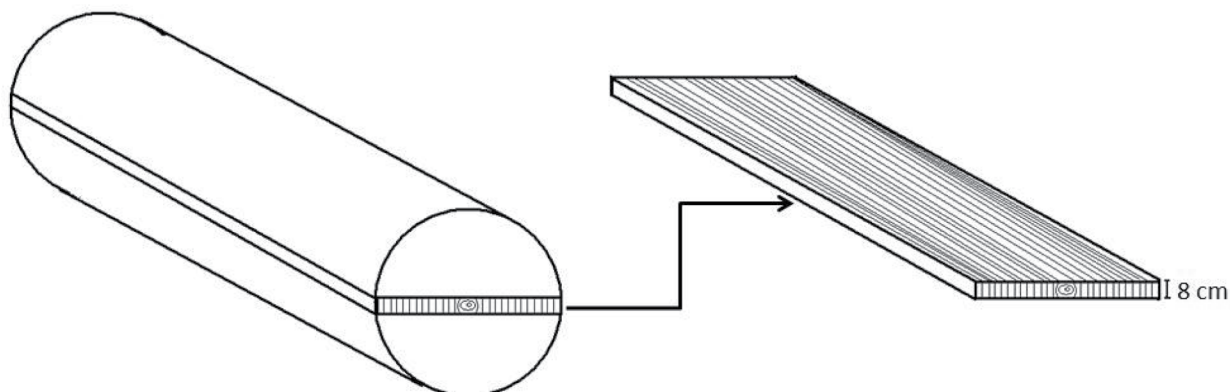


Figura 1. Esquema do pranchão central para retirada das amostras.
Figure 1. Design of central piece for the withdrawal of samples.

O teor de cinzas da madeira foi determinado de acordo com a Norma M 11/77 da ABTCP (1974). A quantidade de madeira utilizada na análise foi de 5 g a.s. (absolutamente seca). Este material foi pesado e colocado à temperatura de incineração de 600 °C, durante 3 horas. O teor de cinzas foi obtido pela relação de peso das cinzas e peso da madeira seca (5 g). As pesagens foram realizadas em balança analítica.

Para quantificar o comprimento, a largura das fibras, o diâmetro do lume e a espessura da parede celular foram retirados pequenos fragmentos de madeira e colocados em solução macerante. A preparação do macerado foi feita de acordo com o método de Nicholls e Dadswell, descrito por Ramalho (1987). Este método, conhecido como método do peróxido de hidrogênio (H₂O₂), utiliza como solução macerante água oxigenada 30% e ácido acético glacial, na proporção 1:1. O tempo de maceração foi de 17 horas em estufa ajustada a 60°C. Foram então preparadas lâminas provisórias para se efetuarem as medições. Foi medido um total de 30 fibras por árvore-amostra. A quantificação anatômica dos diferentes clones de eucaliptos foi realizada com o microscópio óptico "Olympus BX 41" acoplado ao sistema de análise de imagem de concepção canadense "Win CELL" versão Pro-plus (WinCell-Pro - Regent Instruments). As imagens foram coletadas com o auxílio de uma câmara de captura digital e transferidas para o microcomputador, onde foram realizadas as medições.

A análise estatística para as características de crescimento e da qualidade da madeira foi realizada utilizando-se o software Genes, versão 2.1, 2004.

As análises de variância para estas características seguiram o delineamento inteiramente casualizado, conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + C_i + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : observação do i-ésimo clone na j-ésima repetição (ramete);

μ : média geral;

C_i : efeito do i-ésimo clone (i = 1,2, ..., 9), efeito fixo;

e_{ij} : erro experimental associado à observação Y_{ij} .

Seguindo este modelo estatístico, a estrutura de análise de variância, é apresentada na Tabela 2.

Pela esperança dos quadrados médios da análise de variância foram estimados os parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais, conforme Cruz (1997).

Os ganhos foram previstos pela seleção de dois clones em nove, seleção de 22,22%, que padroniza um índice de seleção de 1,3426, conforme a tabela apresentada por Cotteril e Dean (1990).

Para comparação múltipla das médias, utilizou-se o teste de Scott-Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características de crescimento

A Tabela 3 apresenta a análise de variância realizada para clones de *Eucalyptus* spp. nas características diâmetro 1,30 m (DAP), altura total (HT) e volume individual estimado sem casca. Pode-se observar que o efeito de clones foi altamente significativo ($p \leq 0,01$) para estas características. Segundo Lush (1964) a existência de variação genética indica a possibilidade de melhoramento desses caracteres e a obtenção de ganhos consideráveis com a seleção.

Os coeficientes de variação experimental revelam valores considerados de pequena a média magnitude para o DAP (6,29%), volume individual sem casca (13,98%) e altura total (3,79%), conforme indicado por Garcia (1989). Em geral, os resultados aqui encontrados para estas características estão em concordância com os comumente reportados na literatura, para as espécies do gênero *Eucalyptus*.

As estimativas das herdabilidades foram de magnitude alta para todas as características dendrométricas estudadas, sugerindo que esses caracteres sofreram pequena influência ambiental. Tolfo *et al.* (2005) encontraram valor de 69% para o coeficiente de herdabilidade na característica DAP, estudando clones de *Eucalyptus* spp. Paula (1995) trabalhando com famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* apresentou herdabilidades no sentido restrito de 49% para a característica DAP e 68% para a altura, valores estes inferiores ao encontrado no presente trabalho, onde as estimativas de herdabilidade foram de 87,40% e 86,47% para DAP e altura total, respectivamente. Para o volume individual sem casca, foi encontrado um coeficiente de herdabilidade de 86,52%, valor este

Tabela 2. Estrutura da análise de variância para as características da qualidade da madeira.

Table 2. Structure of the variance analysis for wood quality characteristics.

Fonte de variação	Grau de liberdade	E (Q.M.)	Q.M.	F
Clone	(C - 1)	$\hat{\sigma}_c^2 + r\theta^2_c$	Q ₁	Q ₁ ÷ Q ₂
Erro	(C - 1)r	$\hat{\sigma}_e^2$	Q ₂	

Tabela 3. Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos para diâmetro à altura do peito sem casca (DAP), altura total (HT) e volume sem casca em clones de *Eucalyptus* spp., aos 78 meses de idade.

Table 3. Summary of variance analysis and estimated genetic parameters for diameter at breast height, total height and individual volume of clones of *Eucalyptus* spp. analyzed at age 78 months.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		DAP (cm)	HT (m)	Volume (m ³)
Clones	8	8,66**	6,31**	0,009**
Resíduo	18	1,09	0,85	0,001
Média		16,6	24,3	0,2448
CV _e (%)		6,29	3,79	13,98
CV _c (%)		9,56	5,54	20,46
σ _f ²		2,89	2,10	0,0029
σ _c ²		0,36	0,28	0,0004
φ _c ²		2,52	1,82	0,002
h _c ²		87,40	86,47	86,52
CV _c /CV _e		1,52	1,46	1,46
Ganho		1,99	1,68	0,0625
Ganho (%)		12,00	6,91	25,55

**Significativo, pelo teste de F (p ≤ 0,01).

CV_e: coeficiente de variação experimental, CV_c: coeficiente de variação genética, σ_f²: variação fenotípica, σ_c²: variação ambiental, φ_c²: componente quadrático genotípico, h_c²: coeficiente de determinação genotípica, CV_c/CV_e: índice de variação; Ganho (%): ganho genético esperado com a seleção de 2 clones.

inferior ao apresentado por Moura (2000), estudando a mesma característica (h_c² = 96,23%).

Para os caracteres de crescimento, a relação CV_c/CV_e foi superior à unidade, sendo obtidos valores de 1,52 para o DAP e 1,46, tanto para a altura como para o volume estimado. De acordo com Kageyama (1980) e Vencovsky (1978) a relação CV_c/CV_e, juntamente com a herdabilidade, é indicativo das possibilidades de ganhos genéticos com a seleção. Assim, a razão CV_c/CV_e maior que 1,0 indica condição favorável à seleção, conforme já mencionado, pois a variação genética supera a ambiental.

Os dados da Tabela 4 representam o desempenho médio dos clones para os caracteres analisados e o teste de comparação múltipla.

Os ganhos genéticos esperados com a seleção dos dois clones que possuem as maiores médias (Tabela 3) podem promover aumentos de 1,99 cm no DAP, 1,68 m na altura e 0,0625 m³ no volume individual das árvores da população melhorada.

Os clones selecionados que proporcionam aumentos de 12,00%, 6,91% e 25,55% nas respectivas características foram o FGA-30 e FGA-50, para o DAP, I-601 e I-380, para a altura total e FGA-30 e FGA-34, para o volume individual.

Análise química

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises de variância para teor de cinzas e de lignina e da massa estimada de lignina na madeira, assim como as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos. Observa-se que o efeito de clone foi significativo para as três características avaliadas.

Tabela 4. Valores médios para diâmetro à altura do peito sem casca (DAP), altura total (HT) e volume sem casca, comparados por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de significância, em clones de *Eucalyptus* spp. aos 78 meses de idade.

Table 4. Mean values for the diameter at breast height, total height and individual volume, compared through the Scott-Knott grouping test, at the 5% significance level, in clones of *Eucalyptus* spp. analyzed at age 78 months.

Clone	DAP (cm)	HT (m)	Volume (m ³)
FGA-49	16,9 b	23,1 b	0,2500 c
FGA-35	14,9 c	23,7 b	0,2018 c
FGA-34	16,9 b	25,1 a	0,2865 b
FGA-30	20,4 a	24,2 b	0,3527 a
I-953	14,7 c	22,9 b	0,1891 c
I-601	16,5 b	26,9 a	0,2336 c
I-380	15,7 c	25,7 a	0,2224 c
I-249	15,9 c	22,6 b	0,1891 c
FGA-50	17,6 b	25,0 a	0,2781 b

*médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.

Os valores médios encontrados para o teor de cinzas e de lignina e da massa estimada de lignina na madeira foram de 0,15%, 29,55% e 38,26 kg/árvore. Tolfo *et al.* (2005) avaliaram clones de *Eucalyptus* spp. aos 6,6 anos de idade e obtiveram valores médios semelhante para porcentagem de lignina (29,7%). Trugilho *et al.* (2001), trabalhando com *Eucalyptus* sp. na idade de 7 anos obtiveram uma média de 31,71% para o teor de lignina e 26,77 kg, para massa estimada de lignina. O teor de cinzas na madeira apresentado por Trugilho *et al.* (1997) foi de 0,34%, superior à média encontrada no presente estudo. Para a utilização de madeira na produção de carvão vegetal, a quantidade presente de cinzas deve ser a menor possível.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos para teor de cinzas na madeira (TCz), teor de lignina e massa estimada de lignina em clones de *Eucalyptus* spp., aos 78 meses de idade.

Table 5. Summary of variance analysis and estimated genetic parameters for ash content, lignin content and wood mass lignin, of clones of *Eucalyptus* spp. analyzed at age 78 months.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		TCz (%)	Lignina (%)	Massa lignina (kg/árvore)
Clones	8	0,0065*	17,79**	362,85**
Resíduo	18	0,0025	2,74	48,27
Média		0,15	29,55	38,26
CV _e (%)		33,03	5,60	18,16
CV _c (%)		24,42	7,58	26,77
σ^2_f		0,0022	5,93	120,95
σ^2_e		0,0008	0,91	16,09
ϕ^2_c		0,0013	5,02	104,86
h^2_c		62,12	84,61	86,70
CV _c /CV _e		0,74	1,35	1,47
Ganho		0,04	2,77	12,80
Ganho (%)		25,72	9,36	33,46

**Significativo, pelo teste de F ($p \leq 0,01$).

* Significativo, pelo teste de F ($p \leq 0,05$).

CV_e: coeficiente de variação experimental, CV_c: coeficiente de variação genética, σ^2_f : variação fenotípica, σ^2_e : variação ambiental, ϕ^2_c : componente quadrático genotípico, h^2_c : coeficiente de determinação genotípica, CV_c/CV_e: índice de variação; Ganho (%): ganho genético esperado com a seleção de 2 clones.

Os coeficientes de variação experimental (CV_e) assumiram valores de 33,03%, 5,60% e 18,16% para teor de cinzas, de lignina e massa estimada de lignina na madeira, respectivamente. O CV_e para o teor de cinzas foi considerado alto, como também pode ser encontrado na literatura. Para as características teor de lignina e massa estimada de lignina na madeira, foram encontradas altas estimativas de herdabilidade ($h^2_c > 82\%$), sugerindo que estas características sofrem pequena influência ambiental. Altos valores de herdabilidade para o teor lignina também foram encontrados por Souza (2002) e Tolfo *et al.* (2005), confirmando que esta característica da madeira tem forte controle genético e pode ser considerada em programas de melhoramento genético. Para o teor de cinzas, o coeficiente de herdabilidade foi de 62,12%, demonstrando que a influência do ambiente na expressão dessa característica é mais evidente quando comparada ao teor de lignina e à massa estimada de lignina na madeira.

A estimativa dos parâmetros genéticos para as características teor de lignina e massa estimada de lignina na madeira é de suma importância para preciosas considerações, visto que a lignina é um componente químico muito importante de ser quantificado na madeira quando se deseja a obtenção de energia. A lignina é o componente que possui um lento processo de degradação térmica, comparado aos outros constituintes primários da madeira, proporciona maior rendimento em carvão vegetal. A quantificação da lignina também deve ter atenção especial, para

a seleção de materiais que se destinam à produção de celulose e papel; porém, neste caso, a seleção se dá em clones que possuem um menor teor deste constituinte na madeira. Valente *et al.* (1992) relatam que um baixo teor de lignina e um alto teor de carboidratos requererão condições menos severas de polpação e conduzirão a um alto rendimento gravimétrico em celulose. Madeiras com maiores teores de lignina exigirão um maior consumo de álcali durante a polpação, gerando maiores teores de sólidos para sua queima na caldeira (Santos, 2000).

A razão CV_c/CV_e, mostrou-se favorável à seleção das características teor de lignina e massa estimada de lignina na madeira, já que esta relação foi maior que 1,0. Já para o teor de cinzas, o índice de variação foi de 0,74.

A seleção de clones para o teor de lignina permite obter um ganho de 9,36%. Para a massa estimada de lignina na madeira, o ganho foi de 12,80 kg/árvore, o que é correspondente a um aumento de 33,46% nesta característica. Já para o teor de cinzas, mesmo com um índice de variação de 0,74, o ganho foi de 25,72%. Isso provavelmente ocorreu pela grande variação encontrada entre os clones, já que se observou uma variação para os teores de cinzas de 0,10% a 0,25%.

A Tabela 5 apresenta os valores médios e o teste de comparação múltipla realizado nas características teor de cinzas, de lignina e massa estimada de lignina na madeira. Apesar do teste de Scott-Knott (Tabela 6) não ser capaz de detectar diferenças significativas entre os clones para o teor de cinzas, a análise de variância demonstrou

efeito de clones para esta característica e permitiu estimar os parâmetros genéticos que auxiliassem no processo de obtenção de ganhos genéticos.

Tabela 6. Valores médios do teor de cinzas na madeira, teor de lignina e massa estimada de lignina, comparados por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de significância, em clones de *Eucalyptus* spp., aos 78 meses de idade.

Table 6. Mean values of ash content, lignin content and wood mass lignin, compared by the Scott-Knott grouping test, at the 5% of significance level, for clones of *Eucalyptus* spp. analyzed at age 78 months.

Clone	TCz (%)	Lignina (%)	Massa lignina (kg/árvore)
FGA-49	0,25 a	26,80 b	39,27 b
FGA-35	0,17 a	32,36 a	33,61 b
FGA-34	0,18 a	27,60 b	41,49 b
FGA-30	0,10 a	33,85 a	64,62 a
I-953	0,16 a	30,35 a	27,28 b
I-601	0,16 a	27,81 b	32,19 b
I-380	0,10 a	27,43 b	33,97 b
I-249	0,13 a	30,67 a	30,79 b
FGA-50	0,11 a	29,07 b	41,08 b

* médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.

Madeiras que são destinadas ao uso energético devem conter uma quantidade reduzida de cinzas, já que alguns minerais presentes nessas cinzas, como, por exemplo, o fósforo e o enxofre, limitam o uso do carvão vegetal na indústria siderúrgica. Verifica-se, que os clones selecionados para o teor de cinzas na madeira foram FGA-30 e I-380, ambos com média de 0,10%. Os dois clones selecionados para esta característica são os que apresentaram as menores médias absolutas, visto que o teste de Scott-Knott não foi capaz de detectar diferenças entre os nove clones estudados.

Para as características teor de lignina e massa estimada de lignina na madeira, os clones selecionados visando ao aumento destas, foram, respectivamente, o FGA-30 e FGA-35, com médias de 33,85% e 32,36%, para o teor de lignina e o FGA-30 e o FGA-34, para a massa estimada de lignina na madeira. Os clones FGA-30 e FGA-34 foram também selecionados para a característica volume individual, o que demonstra influência do volume na quantificação da massa de lignina na madeira.

Dimensão das fibras

O estudo das variações anatômicas dos elementos que compõem o lenho tem um efeito marcante sobre a qualidade da madeira e do produto final. Produtos como, por exemplo, o papel, dependem muito das características dimensionais das fibras.

A Tabela 6 mostra que o valor médio obtido para o comprimento da fibra foi de 1,03 mm, 16,03 μ m para a largura da fibra, 7,91 μ m para o diâmetro do lume e 4,06 μ m para a espessura da parede celular. Rocha *et al.* (2004) encontraram, em amostragem longitudinal, valores médios de 0,93 mm, 19,03 μ m, 11,39 μ m e 3,86 μ m, respectivamente, para comprimento da fibra, largura da fibra, diâmetro do lume e espessura da parede celular, estudando árvores de *Eucalyptus grandis* com idade de 7 anos.

Uma forma de verificar a precisão do experimento é por meio do coeficiente de variação experimental (CV_e). Pela Tabela 6, verifica-se que os CV_e foram de 5,45%, 4,25%, 12,16% e 7,31%, para o comprimento, largura das fibras, diâmetro do lume e espessura da parede celular, respectivamente, sendo o valor de CV_e para a espessura da parede celular bem abaixo do relatado por Rocha *et al.* (2004), que encontraram um valor de 23,74%. Estes resultados indicam boa eficiência para a coleta de dados, assim como para a adequação do delineamento experimental utilizado. Xavier *et al.* (1997) apresentaram valores de CV_e de 3,03% para o comprimento de fibras, 3,38% para a largura das fibras, 5,90% para o diâmetro do lume e 4,33% para a espessura da parede celular.

Para as características dimensionais das fibras, a largura da fibra e a espessura da parede celular apresentaram efeito de clone ($p \leq 0,01$) (Tabela 7).

A estimativa dos parâmetros genéticos e fenotípicos foi obtida a partir das esperanças dos quadrados médios das análises de variância e os resultados estão apresentados na Tabela 6. A herdabilidade foi de 86,71% para a largura das fibras e 87,28% para a espessura da parede celular. Estes resultados demonstram que estas características estão sob alto controle genético, sofrendo menor efeito do ambiente, o que não ocorre com as demais características estudadas, ou seja, o comprimento das fibras e diâmetro do lume.

A relação CV_l/CV_e (Tabela 6) foi de 1,47 para largura de fibra e 1,51 para espessura da parede celular, o que demonstra situação favorável para a obtenção de ganho genético. Com a seleção realizada, pode-se obter um ganho de 7,87% para largura da fibra e 13,86% para espessura da parede celular.

Considerando a afirmação de Shimoyama (1990) de que a espessura da parede celular é um fator de grande influência na densidade da madeira, pode-se assegurar que esta variável influenciará grandemente a produção de carvão, uma vez que, para essa finalidade, é desejável a utilização de madeiras mais densas.

Tabela 7. Resumo da análise de variância e estimativa dos parâmetros genéticos para comprimento e largura de fibra, diâmetro do lume e espessura da parede celular, em clones de *Eucalyptus* spp. aos 78 meses de idade.

Table 7. Summary of variance analysis and estimated genetic parameters for fiber length, fiber width, fiber diameter lumen and fiber wall thickness, of clones of *Eucalyptus* spp. analyzed at age 78 months.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrados médios			
		Comprimento (mm)	Largura (µm)	Lume (µm)	Parede celular (µm)
Clones	8	0,0064 ^{ns}	3,52 ^{**}	2,03 ns	0,69 ^{**}
Resíduo	18	0,0032	0,47	0,93	0,09
Média		1,03	16,03	7,91	4,06
CV _e (%)		5,45	4,25	12,16	7,31
CV _c (%)		-	6,29	-	11,05
σ _f ²		-	1,17	-	0,23
σ _c ²		-	0,16	-	0,03
φ _c ²		-	1,02	-	0,20
h _c ²		-	86,71	-	87,28
CV _c /CV _e		-	1,47	-	1,51
Ganho		-	1,26	-	0,56
Ganho (%)		-	7,87	-	13,86

ns Não significativo.

** Significativo, pelo teste de F ($p \leq 0,01$).

CV_e: coeficiente de variação experimental, CV_c: coeficiente de variação genética, σ_f²: variação fenotípica, σ_c²: variação ambiental, φ_c²: componente quadrático genotípico, h_c²: coeficiente de determinação genotípica, CV_c/CV_e: índice de variação; Ganho (%): ganho genético esperado com a seleção de 2 clones.

O comprimento e as demais dimensões das fibras estão relacionados com as propriedades da celulose e do papel. A partir dessas dimensões são obtidos diversos coeficientes e índices que se relacionam com as propriedades do produto obtido. Verifica-se que as fibras mais longas resultam em papel com maiores índices de resistência. Para essas fibras, a capacidade de desfibrilamento é aumentada durante o processo de refino, o que aumenta a eficiência das ligações interfibras (Barrichelo *et al.*, 1983, citados por Tomazello Filho, 1985). Segundo Santos (2005) outra característica muito importante para as propriedades do papel é a largura da fibra, já que fibras mais largas produzirão papéis com maior resistência ao rasgo.

A Tabela 8 apresenta as médias obtidas para as características anatômicas da madeira, assim

como o teste de comparação múltipla.

A seleção do material genético adequado com as características condizentes ao uso final da madeira é imprescindível no êxito de todo programa de melhoramento genético florestal.

Os clones que permitiram a obtenção dos maiores ganhos para a largura de fibra foram FGA-49 e FGA-50. Para a espessura da parede celular os clones selecionados foram FGA-49 e I-380. Estes clones foram escolhidos com o intuito de aumentar a quantidade de massa por unidade de volume, já que, dessa forma, os usos industriais, como o carvão vegetal, serão beneficiados. Os dados demonstraram que existe uma intensa relação entre densidade básica e espessura da parede celular, já que os clones FGA-49 e I-380 foram também selecionados para estas duas características.

Tabela 8. Valores médios para o comprimento e largura de fibra, diâmetro do lume e espessura da parede, comparados por meio do teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de significância, em clones de *Eucalyptus* spp., aos 78 meses de idade.

Table 8. Mean values for fiber length, fiber width, fiber diameter lumen and fiber wall thickness, compared through the Scott-Knott grouping test, at 5% significance level, in *Eucalyptus* spp clones analyzed at age 78 months.

Clone	Comprimento (mm)	Largura(µm)	Lume (µm)	Parede celular (µm)
FGA-49	1,05 a	17,82 a	8,01 a	4,91 a
FGA-35	1,03 a	15,52 b	7,62 a	3,95 c
FGA-34	1,08 a	16,04 b	7,41 a	4,32 b
FGA-30	1,00 a	15,45 b	7,03 a	4,21 b
I-953	0,95 a	15,72 b	9,17 a	3,28 c
I-601	1,10 a	15,36 b	7,83 a	3,77 c
I-380	1,05 a	16,02 b	7,33 a	4,35 b
I-249	1,01 a	14,56 b	7,41 a	3,58 c
FGA-50	1,02 a	17,73 a	9,37 a	4,18 b

*médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.

CONCLUSÕES

Para as características de crescimento, propriedades químicas largura e a espessura da parede celular, o efeito de clone foi significativo indicando o potencial do material genético para programas de melhoramento.

Exceto para o comprimento de fibras e diâmetro do lume, as demais características avaliadas apresentaram altas herdabilidades. Este fato indicou forte controle genético sobre essas características, possibilitando a obtenção de ganhos consideráveis com a seleção.

O clone FGA-30 foi o de maior destaque dentre as propriedades avaliadas e deve ser indicado para multiplicação vegetativa e plantio comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. Normas técnicas ABCP. São Paulo: ABTCP, 1974.

CAIXETA, R.P.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S.; LIMA, J.T. Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. *Revista Árvore*, Viçosa, v.27, n.1, p.43-51, 2003.

COTTERIL, P.P.; DEAN, C.A. **Successful tree breeding with index selection**. Melbourne: CSIRO, 1990. 80p.

CRUZ, C.D. **Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 1997. 442p.

GARCIA, C.H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. *Circular Técnica IPEF*, Piracicaba, n.171, p.1-10, 1989.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K.V.; LUDWIG, C.H. **Lignins: occurrence, formation, structure and reactions**. New York: John Wiley, 1971. p.241-266.

GOMIDE, J.L.; DEMUNER, B.J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. *O Papel*, São Paulo, v.47, n.8, p.36-38, 1986.

KAGEYAMA, P.Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill Maiden**. 1980. 125p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1980.

LUSH, J.L. **Melhoramento dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: CEDEGRA, 1964. 566p.

MOURA, M.C.O. **Variações em características do crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus***. 2000. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

OLIVEIRA, A.N. **Previsão de ganho genético nas propriedades da madeira de *Eucalyptus* avaliadas em amostragens destrutivas e não destrutivas**. 2005. 78p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PAULA, R.C. **Variabilidade genética para a densidade básica da madeira e para características de crescimento e eficiência nutricional me famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh**. 1995. 126p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

RAMALHO, R.S. **O uso de macerado no estudo anatômico de madeiras**. Viçosa: UFV, 1987. 4p.

ROCHA, F.T.; FLORSHEIM, S.M.B.; COUTO, H.T.Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden aos sete anos. *Revista Instituto Florestal*, São Paulo, v.16, n.1, p.43-55, 2004.

SANTOS, C.R. **Métodos não-convencionais para a determinação da celulose como parâmetro de seleção de árvores matrizes visando a produção de polpa Kraft-AQ**. 2000. 117p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 2000.

SANTOS, S.R. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. 2005. 160p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

SHIMOYAMA, V.R.S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* spp**. 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

SOUZA, M.A.M. **Deformação residual longitudinal (DRL) causada pelas tensões de crescimento em clones de híbridos de *Eucalyptus***. 2002. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

- TOLFO, A.L.T.; PAULA, R.C.; BONINE, C.A.V.; BASSA, A.; VALLE, C.F. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.67, p.101-110, 2005.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n.29, p.37-45, 1985.
- TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MORI, F.A.M.; LINO, A.L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v.7, n.1, p.104-114, 2001.
- TRUGILHO, P.F.; REGAZZI, A.J.; VITAL, B.R.; GOMIDE, J.L. Aplicação de algumas técnicas multivariadas na avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus* e seleção de genótipos superiores para a produção de carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.1, p.113-130, 1997.
- VALENTE, C.A.; SOUSA, A.P.M.; FURTADO, F.P.; CARVALHO, A.P. Improvement program for *Eucalyptus globulus* at Portucel: technological component. **Appita Journal**, Victoria, v.45, n.6, p.403-407, 1992.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (coord.) **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p.122-199.
- XAVIER, A.; BORGES, R.C.G.; CRUZ, C.D.; CECON, P.R. Parâmetros genéticos de características de qualidade da madeira em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.1, p.71-78, 1997.
- XAVIER, K.G. **Divergência genética em clones de *Eucalyptus* avaliada por marcadores RAPD, e variações na propriedades da madeira**. 2001. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

Recebido em 24/04/2009

Aceito para publicação em 08/04/2010

