

**VARIAÇÃO GENÉTICA PARA A DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA
E CARACTERES SILVICULTURAIS EM UMA POPULAÇÃO BASE DE
Eucalyptus camaldulensis DEHNH***

Fernando Wergles SANTOS**
Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM***
Israel Luiz de LIMA***
Ellen Su Ching TUNG**
Janete Motta da SILVA**
Miguel Luiz Menezes FREITAS***
Mario Luiz Teixeira de MORAES**
Alexandre Magno SEBBENN***

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram determinar a variação genética e estimar os ganhos esperados na seleção para caracteres de crescimento, forma do fuste - FOR e densidade básica da madeira - DB em uma população base de *E. camaldulensis* procedente da Austrália, visando a sua transformação em uma Área de Produção de Sementes - APS. Os caracteres de crescimento avaliados foram: diâmetro à altura do peito - DAP, altura total - ALT, volume - VOL, altura da bifurcação - AB e brotação de cepa - BC. Foram detectadas diferenças significativas entre progênies para todos os caracteres estudados, exceto para os caracteres relacionados à densidade básica, e altos coeficientes de variação genética para os caracteres de crescimento, o que sugere a existência de variabilidade genética na população base e a possibilidade de melhoramento genético pela seleção das melhores progênies. As herdabilidades, em nível de plantas individuais, foram medianas para os caracteres AB, FOR e DB na posição intermediária (0,20, 0,16 e 0,49, respectivamente) e baixas para os demais caracteres. Já as herdabilidades em nível de médias de progênies variaram de médias para DB a altas para todos os demais caracteres, demonstrando um alto controle genético na variação fenotípica desses caracteres. A eficiência no ganho da seleção foi estimada para DB na posição intermediária e comparada para três estratégias de seleção, utilizando-se o índice de Multi-efeitos: i) seleção massal no experimento; ii) seleção massal dentro de progênies e; iii) seleção entre e dentro de progênies. Observou-se que, tanto a seleção massal no experimento quanto a seleção entre e dentro de progênies tiveram maior eficiência do que a seleção massal apenas dentro de progênies. Finalmente, os resultados indicaram que esta população base de *E. camaldulensis* tem potencial para ser transformado em APS.

Palavras-chave: variabilidade genética; herdabilidade; ganho genético; melhoramento florestal; reflorestamento.

ABSTRACT

The goals of this work were determine the genetic variation and to estimate the expected gains in selection for growth, form - FOR and wood density - DB traits in an *E. camaldulensis* base population from Australia, aiming your transformation in a Seedling Seed Orchard - APS. The studied growth traits were diameter at breast height - DBH, total height - ALT, volume - VOL, bifurcation height (AB) and trunk sprouting - BC. Significant differences among progenies for all studies traits except for the characters related to the basic density and high coefficient of genetic variation for growth traits were detected, suggesting the existence of genetic variability in the base population and the possibility of tree breeding by selection of the best progenies. The heritability in level of individual plants were median for the traits AB, FOR and DB in the intermediary position (0.20, 0.16 and 0.49, respectively) and low for other traits. In contrast, the heritability in level of progenies ranging from means for DB to high for the other traits, showing a high genetic control in the phenotypic variation of these traits. The efficiency of the gain in the selection was estimated for DB in the intermediary position and compared for three selection strategies, using Multi-effect index: i) massal selection in the trial; ii) massal selection within progenies and; iii) selection among and within progenies. It was observed that both massal selections in the trial and among and within progenies have higher efficiency than the massal selection within progenies. Finally, the results indicate that the present *E. camaldulensis* base population has potential for to be transformed in a SPA.

Key words: genetic variability; heritability; genetic gains; tree breeding; reforestation.

(*) Aceito para publicação em setembro de 2008.

(**) Faculdade de Engenharia da Ilha Solteira, UNESP, Caixa Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

(***) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os gêneros de espécies florestais que apresentam madeira dura, o *Eucalyptus* é um dos mais extensamente cultivados em regiões tropicais e subtropicais do mundo, principalmente devido a sua importância econômica. Essas plantações têm sido ampliadas em muitos países pela excelência das suas propriedades da madeira na fabricação de papel e outros usos (Downes *et al.*, 1997). Este sucesso reflete em grande parte a adaptabilidade deste gênero a uma variedade de condições climáticas e edáficas, seu crescimento rápido, e a versatilidade da utilidade de sua madeira para aplicações industriais (Santos *et al.*, 2004).

Atualmente, as plantações de *Eucalyptus* ocupam no Brasil uma área de cerca de três milhões de hectares, instaladas principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná, destacando-se, também, Santa Catarina, Bahia e Espírito Santo. Neste contexto, as florestas plantadas com o gênero merecem destaque no setor florestal brasileiro, visto que nos últimos anos, a sua silvicultura alcançou alto nível de desenvolvimento tecnológico, e neste avanço destaca-se o melhoramento genético, que propiciou ganhos de grande magnitude, principalmente na produtividade volumétrica (Caixeta *et al.*, 2003). A despeito de todo este avanço, alguns autores consideram que o *Eucalyptus* encontra-se ainda em estágios iniciais de melhoramento, de tal forma que as principais modificações genéticas que se seguem ao período de domesticação ainda não foram realizadas (Grattapaglia, 2004). Alguns questionamentos têm surgido a respeito das populações introduzidas no Brasil, quanto à sua origem e ao conhecimento em termos de sua divergência genética entre populações, pois estes materiais foram introduzidos a partir de populações de plantios naturais da Austrália e da África do Sul, e aqui pode ou não ter ocorrido um processo de redução desta diversidade genética em razão de cruzamento entre indivíduos aparentados ou do pequeno número efetivo de indivíduos utilizados nos locais de coleta de sementes (Caixeta *et al.*, 2003).

O *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH é a espécie do gênero *Eucalyptus* com maior distribuição na Austrália continental, sendo encontrada em todos os estados, com exceção da Tasmânia.

Cresce em formações vegetais tropicais secas a floresta úmida. Ocorre em regiões com 250 a 625 mm de precipitação, suporta estação seca de quatro a oito meses, em temperaturas de 20 a 28 °C e altitudes variando desde o nível do mar até 1.000 m. Na Colômbia a espécie foi plantada em precipitações entre 600 e 2900 mm (Lima, 1984; Ferreira *et al.*, 1987; Nieto & Rodriguez, 2003). A árvore tem crescimento rápido, possui forma reta, atinge de 25 a 30 m de altura e 1 m de diâmetro à altura do peito (DAP), possuindo também uma copa muito densa. O sistema radicular é bastante vigoroso pela presença de lignotubérculos, o que explica sua resistência ao frio e à seca, chegando a suportar uma temperatura mínima de -6,7 °C e máxima de 52,8 °C, o que demonstra nesta espécie a existência de grande variabilidade genética. A brotação da cepa é boa, apresenta grande resistência ao vento, e do ponto de vista ornamental é excelente, sobretudo a variedade *pendula* (Pryor, 1976; Nieto & Rodriguez, 2003).

Quanto aos solos, a espécie adapta-se a diversos tipos, resiste parcialmente ao salitre e inundações periódicas ou encharcamentos longos de quatro a cinco meses. Também cresce em solos compactados por pastejo excessivo, ou com baixa umidade anual, porém nestes o crescimento não é ótimo. Mudanças no tipo de solo dentro de curtas distâncias resultam em mudanças muito extremas em crescimento. O crescimento radicular é impedido em solos raso ou compactado. O crescimento das plântulas é rápido, de forma que num período de 16 a 18 semanas alcançam 40 a 50 cm de altura, porém os talos devem ser podados para induzir mais lignificação (Nieto & Rodriguez, 2003).

Tradicionalmente, a madeira de *E. camaldulensis* é dura, empregada na construção civil, porém pode ser utilizada na fabricação de papel, celulose, painéis a base de madeira, e também em trabalhos de marcenaria e carpintaria, postes de transmissão, lenha, carvão e dormentes. A espécie é também plantada como sombreamento, quebra-ventos, e é importante para a produção de flores na apicultura, produzindo mel de excelente qualidade (Lima, 1984; Resende, 1999; Nieto & Rodriguez, 2003).

O *E. camaldulensis* vem sendo melhorado por várias empresas florestais privadas, que via de regra, estão associadas às indústrias de papel e celulose, de móveis, siderúrgicas, dentre outras. Tais programas têm como principais objetivos: o aumento da produtividade, a obtenção da matéria-prima de maior qualidade, a melhoria nas condições adaptativas das espécies, a tolerância a pragas e doenças, assim como a manutenção da variabilidade genética, requisito fundamental para a obtenção de ganhos genéticos em longo prazo. No entanto, para a obtenção de ganhos genéticos ressalta-se a importância do monitoramento da base genética, a fim de evitar perdas excessivas de variabilidade, o que compromete os objetivos do programa de melhoramento (Mori, 1993).

A densidade básica é uma das propriedades físicas mais importantes na caracterização tecnológica da madeira, visto que sua variação afeta a resistência mecânica e a estabilidade dimensional da madeira, além de estar altamente correlacionada com a produção de polpa de celulose (Mitchel, 1958; Arganbright, 1971).

O presente estudo teve os seguintes objetivos: i) estimar a variação genética de *E. camaldulensis* para a densidade básica da madeira e para os caracteres silviculturais como DAP, altura total, forma do fuste, volume, altura da bifurcação e brotação de cepa; ii) e estimar possíveis ganhos na seleção para a densidade básica da madeira e para caracteres silviculturais, por meio da utilização do Índice Multi-efeitos e baseado no tamanho efetivo, visando transformar a população base em uma Área de Produção de Sementes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação do Ensaio

A população base estudada de *E. camaldulensis* é proveniente de sementes produzidas por polinização livre de 25 árvores matrizes originárias da região de Katherine River, no estado de Queensland, Austrália.

Essa população foi instalada em 26/04/1986, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 25 tratamentos (progênies), 60 repetições, uma planta por parcela, totalizando 1.500 indivíduos, no espaçamento de 4 x 4 m.

2.2 Coleta de Dados Quantitativos

A coleta de dados, referentes aos caracteres quantitativos foi realizada nas 25 progênies, contudo, utilizando quatro plantas por progênie (quatro repetições). Os caracteres analisados foram: a) altura total de plantas; b) DAP; c) volume cilíndrico; d) forma do fuste das árvores, sendo esta obtida com base em uma escala de notas de 1 (tortuosidade acentuada) a 5 (perfeitamente reto), e) altura da bifurcação; f) brotação de cepa e f) densidade básica da madeira. Para a determinação da densidade básica da madeira foi utilizado o método da balança hidrostática conforme Foelkel *et al.* (1971) e, para isso foram retirados discos do tronco das árvores na posição do DAP. De cada disco, foram retirados corpos-de-prova de 2,0 x 3,0 x 5,0 cm, em três posições radiais, no sentido medula-casca (FIGURA 1).

Os corpos-de-prova foram imersos em água, onde permaneceram por um período aproximado de três meses, até ficarem saturados. De cada corpo-de-prova, foram obtidos os pesos úmidos (saturado) e imerso (empuxo), com o auxílio de uma balança digital. Posteriormente os mesmos foram secos em estufa até atingirem a massa seca constante a 105 ± 3 °C. Na determinação da densidade básica da madeira (DB em g/cm^3) foi utilizada a seguinte equação:

$$DB = \frac{P_s}{P_u - P_i},$$

em que: P_s : massa da madeira a 0% de umidade (g); P_u : massa da madeira úmida (saturada) (g) e; P_i : massa imersa da madeira (g).

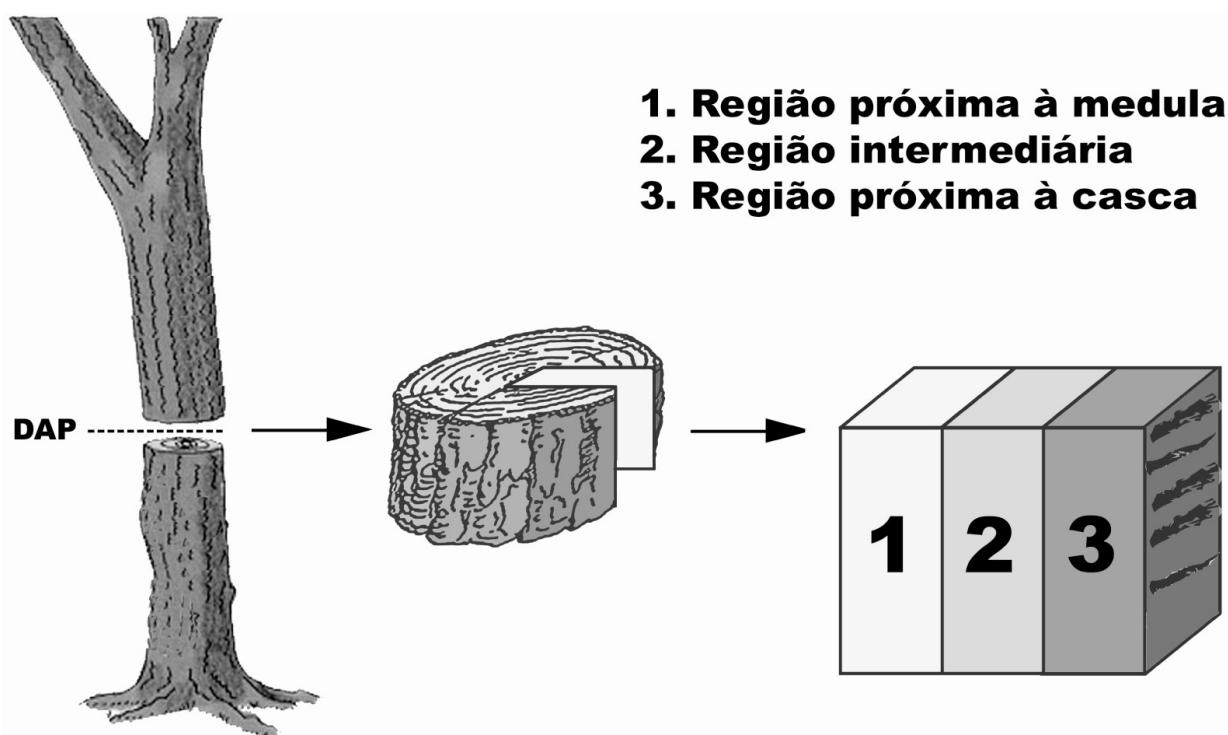


FIGURA 1 – Representação esquemática da retirada dos corpos-de-prova das árvores.

2.3 Estimativa de Parâmetros Genéticos e Estatísticos

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada (REML/BLUP), a partir de dados desbalanceados, empregando-se o software genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2002b). Para utilizar os modelos propostos pelo programa foi preciso assumir que as progênies de polinização livre de *E. camaldulensis* eram parentes no grau de meios-irmãos.

As variáveis quantitativas foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto (aditivo univariado)-REML/BLUP, aplicado aos testes de progênies de meios-irmãos, delineamento blocos ao acaso, uma planta por parcela, um só local e uma única população, seguindo o procedimento proposto por Resende (2002a):

$$y = Xr + Za + e$$

em que: y = vetores de dados; r = vetores dos efeitos de repetições (fixos) somados à média geral; a = vetores dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios); e = vetores dos efeitos de erros (aleatórios); X e Z = matrizes de incidência para os referidos efeitos.

2.4 Ganho na Seleção pelo Método do Índice Multi-efeitos

A estimativa de ganhos na seleção foi realizada objetivando a seleção de indivíduos com ganhos inferiores para o desbaste, com base no DAP e empregando o Índice Multi-efeitos - IME, segundo metodologia proposta por Resende (2002a). Uma das vantagens da seleção pelo método multi-efeito é a redução do peso dado à média geral das progênies, permitindo assim uma melhor distribuição dos indivíduos selecionados nas várias progênies. O Índice Multi-efeitos adotado foi o baseado na expressão:

$$\hat{I} = \hat{b}_1 Y_{ijk} + (\hat{b}_2 - \hat{b}_3) \bar{Y}_{i..} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_1) \bar{Y}_{ij.} - \hat{b}_3 \bar{Y}_{.j.} + (\hat{b}_3 - \hat{b}_2) \bar{Y}_{...}$$

em que: $\bar{Y}_{...}$: média geral do ensaio; Y_{ijk} : valor individual; $\bar{Y}_{i..}$: média da matriz no ensaio; $\bar{Y}_{ij.}$: média da matriz em determinado bloco (média da parcela); $\bar{Y}_{.j.}$: média do bloco; $\hat{b}_1 = \hat{h}_d^2$: herdabilidade no sentido restrito, dentro

de parcelas: $\hat{h}_d^2 = \frac{(3/4)\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}$; $\hat{b}_2 = \hat{h}_m^2$:

herdabilidade média entre progênies (sentido restrito): $\hat{h}_m^2 = \frac{[(3+nb)/(4nb)]\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{b} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{n.b}}$; $\hat{b}_3 = \hat{h}_p^2$:

herdabilidade média dentro de parcelas (sentido restrito): $\hat{h}_p^2 = \frac{[3/(4.n)]\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_e^2 + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{n}}$. Também, foram

estimados os coeficientes de variação experimental: $CV_e = \frac{100.\sqrt{QMR}}{\hat{m}}$; da variação

genética, em nível de plantas: $CV_{gi} = \frac{100.\sqrt{\hat{\sigma}_A^2}}{\hat{m}}$;

de parcelas: $CV_{gp} = \frac{100.\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\hat{m}}$; e da variação

relativa: $CV_r = \frac{CV_{gp}}{CV_e}$

O tamanho efetivo populacional (N_e) foi também obtido com base em Resende (2002a):

$$N_e = (4.N_f.\bar{k}_f) / [\bar{k}_f + 3 + (\hat{\sigma}_{kf}^2 / \bar{k}_f)]$$

em que: \bar{k}_f = número médio de indivíduos selecionados por matriz; $\hat{\sigma}_{kf}^2$ = variância do número de indivíduos selecionados por matriz; N_f = número de plantas selecionadas.

A diversidade genética (D), após a seleção, foi quantificada conforme Wei & Lindgren (1996): $D = N_{ef} / N_{fo}$, em que $0 < D \leq 1$; N_{fo} = número original de progênies antes da

seleção, que no presente trabalho corresponde a 25; N_{ef} = número efetivo de matrizes selecionadas, sendo dado por: $N_{ef} = (\sum k_f)^2 / \sum k_f^2$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Coeficientes de Variação Experimental, Teste F e Médias

Os valores encontrados para o coeficiente de variação experimental (CV_e) foram menores para a densidade básica da madeira, nas três posições avaliadas, do que para os demais caracteres estudados (TABELA 1). Os valores do CV_e variaram de médios a altos para todos os caracteres altura, DAP, volume, altura de bifurcação, brotação de cepa e forma do fuste. O caráter volume teve os maiores CV_e , com média de 73,97%, o que era esperado, pois o caráter é composto basicamente pelo produto das variáveis: altura total de plantas e DAP, e também em função das condições de variabilidade existente entre as progênies. Teoricamente, tais resultados indicariam que a densidade básica da madeira é o caráter que sofre menor influência do ambiente em relação aos demais caracteres analisados. No entanto, apesar dos baixos valores de CV_e encontrados, não foram observadas diferenças significativas entre as progênies para o caráter nas três posições analisadas. Uma possível explicação para tal situação é que o tamanho amostral não foi suficiente para detectar as diferenças existentes entre as progênies. Em vista disso, sugere-se que em outros estudos, que envolvam a densidade da madeira sejam utilizados número maior de plantas por progênies, a fim de amenizar o efeito ambiental, de tal forma que seja possível detectar a expressão da variação genética existente nas progênies para o caráter em questão.

TABELA 1 – Estimativas da média [$\hat{m} \pm s(\hat{m})$], coeficiente de variação experimental (CV_{exp}) e teste F para os caracteres silviculturais: altura total de plantas, altura de bifurcação, diâmetro à altura do peito (DAP), forma do fuste, volume e densidade básica na posição do DAP, em população base de *E. camaldulensis*, aos 21 anos de idade, em Selvíria-MS.

Caracteres	$\hat{m} \pm s(\hat{m})^1$	CV_{exp} (%)	F
Altura (m)	22,85 \pm 0,16	24,60	2,38**
Altura de bifurcação das árvores (m)	9,00 \pm 0,16	58,81	4,14**
DAP (cm)	25,93 \pm 0,24	31,59	3,13**
Forma do Fuste	3,82 \pm 0,03	27,17	3,43**
Volume (m ³ /árv.)	1,19 \pm 0,03	73,97	2,38**
Densidade Básica na posição da medula (g/cm ³)	0,64 \pm 0,0005	10,83	1,12 ^{ns}
Densidade Básica na posição intermediária (g/cm ³)	0,76 \pm 0,0006	9,28	1,55 ^{ns}
Densidade básica na posição da casca (g/cm ³)	0,83 \pm 0,0009	11,17	1,11 ^{ns}

(1) $s(\hat{m})$: erro-padrão da média (m); **: $P < 0,01$; ^{ns}: valor não significativo.

Verificou-se que as árvores apresentaram um aumento da densidade básica da madeira em função da posição radial, no sentido medula-casca (FIGURA 2) o que também foi observado por Oliveira & Silva (2003), em árvores de *E. saligna*. Ainda em relação à densidade básica da madeira, os valores médios observados na população base de *E. camaldulensis* foram de $0,64 \pm 0,0005$ g/cm³,

para a posição da medula, $0,76 \pm 0,0006$ g/cm³ para a posição intermediária e $0,83 \pm 0,0009$ g/cm³ para a posição da casca. Desse modo, com base na classificação de Scanavaca Junior & Garcia (2004), as progênies podem ser classificadas como de alta densidade básica. Tais valores foram também maiores do que os encontrados por Sturion *et al.* (1987) e Martins *et al.* (2002) para a mesma espécie.

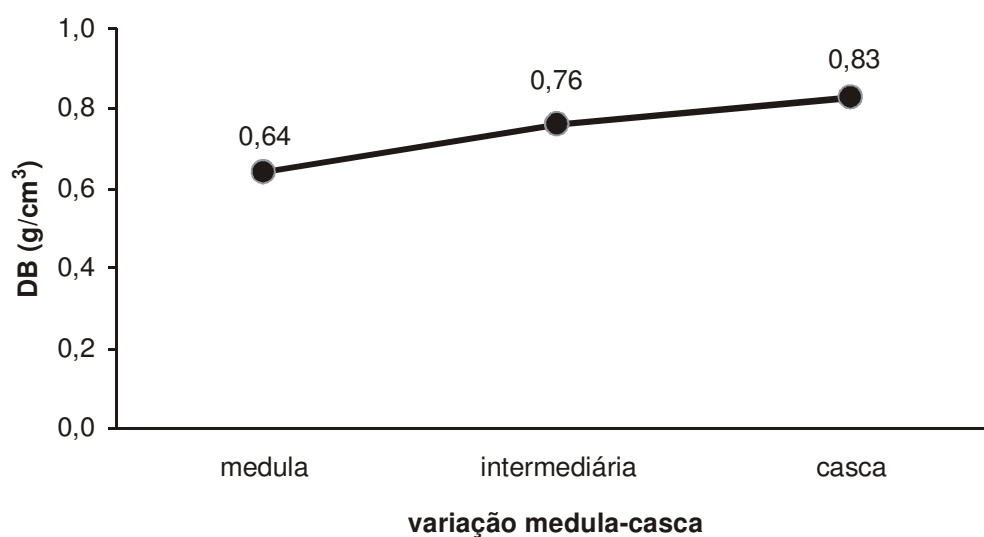


FIGURA 2 – Variação radial da densidade básica (DB) no sentido medula-casca, na posição do DAP, para uma população base de *E. camaldulensis*, aos 21 anos de idade, em Selvíria-MS.

Diferenças significativas entre progênies foram observadas pelo teste F entre progênies para todos os caracteres quantitativos (TABELA 1), exceto para os caracteres relacionados à densidade básica (na posição da medula, intermediária e da casca). Para os caracteres que apresentaram diferença significativa, essas informações sugerem que há variabilidade genética na população e, portanto, a possibilidade de melhoramento genético pela seleção dos melhores genótipos. Diferenças significativas entre progênies de *E. camaldulensis* para os caracteres altura, DAP e forma do fuste foram também observados por Moraes *et al.* (2007) em Luiz Antonio--SP, reforçando que a espécie tem alto potencial para o melhoramento genético via seleção.

O crescimento médio anual das progênies foi considerado relativamente alto, com incremento médio anual (IMA) de 1,09 m para altura total de plantas; 0,43 m para altura de bifurcação; 1,23 cm para DAP; e 0,06 m³/árvore para volume cilíndrico. Os IMA para altura e DAP são superiores ao observados por Moraes *et al.* (2007) para a mesma espécie em Luiz Antônio--SP, aos 19 anos de idade (IMA_{Altura} = 0,94 m; IMA_{DAP} = 0,96 cm). Isto indica uma boa adaptação e um alto potencial da espécie para reflorestamentos comerciais na região de Selvíria--MS.

Para o caráter forma do fuste, as progênies demonstraram desempenho regular (nota 3,82), ou seja, tronco com defeito bastante visível e tortuosidade média. Provavelmente isso ocorreu em função das condições edafo-climáticas da área experimental, assim como a influência de fatores de interação entre procedência x local e progênie x local. Contudo, isto pode ser considerado como fato esperado em populações de *E. camaldulensis* não domesticadas, como é o caso da população base estudada. O caráter forma do fuste é de fácil melhoramento, visto as altas herdabilidades associadas e um ou dois ciclos de seleção massal tem sido suficientes para praticamente exaurir toda variabilidade genética para este caráter (Zobel & Talbert, 1984).

As diferenças significativas detectadas entre progênies para forma do fuste sugerem,

como anteriormente comentado, a possibilidade de capitalizar-se ganhos genéticos na seleção das progênies com melhor forma. A seleção para o caráter pode ser ainda incrementada pela seleção dentro das progênies de melhor desempenho para o caráter.

3.2 Estimativa de Parâmetros Genéticos

As estimativas do coeficiente de variação genética individual (CV_{gi}) foram maiores do que do coeficiente de variação genética de progênies (CV_{gp}), para todos caracteres analisados (TABELA 2). O caráter altura de bifurcação foi o que apresentou maiores coeficientes de variação genéticos, o que expressa uma maior variação genética, tanto entre os indivíduos dentro de progênies quanto entre as progênies, em relação aos demais caracteres analisados. Tal resultado é mais um indicativo da existência de variação genética na população e do potencial desta população para o melhoramento genético.

As herdabilidades individuais, no sentido restrito, (\hat{h}^2) foram baixas para os caracteres altura total, volume, DAP e densidade básica nas posições da medula e da casca ($0,09 \pm 0,05$; $0,09 \pm 0,05$; $0,14 \pm 0,06$, $0,12 \pm 0,21$ e $0,11 \pm 0,20$, respectivamente), e medianas para os caracteres altura de bifurcação, forma do fuste e densidade básica na posição intermediária ($0,20 \pm 0,07$, $0,16 \pm 0,06$ e $0,49 \pm 0,42$, respectivamente), sugerindo baixa possibilidade de sucesso no melhoramento da população pela seleção massal no primeiro grupo de caracteres e relativamente alta no segundo grupo. Já as herdabilidades médias entre progênies no sentido restrito (\hat{h}_m^2) foram altas para os caracteres: altura de plantas, altura de bifurcação, DAP, forma do fuste e volume, sendo o caráter altura de bifurcação o que apresentou o maior valor (0,76) e médias para a densidade básica da madeira nas três posições analisadas. Considerando uma seleção combinada entre e dentro de progênies, tais resultados indicam que a seleção com base na média de progênies é mais indicada do que a seleção massal dentro de progênies e massal no experimento.

TABELA 2 – Estimativas do coeficiente de variação genética individual (CV_{gi}) e genética entre progênies (CV_{gp}), coeficiente de variação relativa (CV_r), herdabilidade no sentido restrito em nível de indivíduos (\hat{h}^2), herdabilidade média entre progênies (\hat{h}_m^2) e acurácia (\hat{r}_{aa}), em população base de *E. camaldulensis*, aos 21 anos de idade, em Selvíria–MS.

Caracteres	CV_{gi} (%)	CV_{gp} (%)	CV_r (%)	\hat{h}^2	\hat{h}_m^2	\hat{r}_{aa}
Altura (m)	7,46	3,73	0,15	0,09 ± 0,05	0,58	0,76
Altura Bif. (m) ¹	26,90	13,45	0,23	0,20 ± 0,07	0,76	0,87
DAP (cm)	11,91	5,95	0,19	0,14 ± 0,06	0,68	0,82
Forma Fuste	10,93	5,47	0,20	0,16 ± 0,06	0,71	0,84
Volume (m ³ /árv.)	22,46	11,23	0,15	0,09 ± 0,05	0,58	0,76
D.B. med. (g/cm ³) ²	3,75	1,88	0,17	0,12 ± 0,21	0,11	0,33
D.B. int. (g/cm ³) ³	6,89	3,45	0,37	0,49 ± 0,42	0,36	0,60
D.B. cas. (g/cm ³) ⁴	3,70	1,85	0,17	0,11 ± 0,20	0,10	0,31

(1) Altura Bif.: altura de bifurcação das árvores (m).

(2) D.B. med.: densidade básica da madeira na posição da medula (g/cm³).

(3) D.B. int.: densidade básica da madeira na posição intermediária (g/cm³).

(4) D.B. cas.: densidade básica da madeira na posição da casca (g/cm³).

A acurácia da seleção de progênies (\hat{r}_{aa}), que representa a relação entre o valor genético verdadeiro e o estimado foi alta para os caracteres altura de plantas, altura de bifurcação, DAP, forma do fuste, volume e densidade básica da madeira na posição intermediária, sendo maior para o caráter altura de bifurcação (0,87). Tais resultados indicam uma alta precisão na seleção para estes caracteres. Já para a densidade básica da madeira nas posições da medula e da casca, a acurácia da seleção de progênies foi considerada baixa, com valores de 0,33 e 0,31, respectivamente, indicativos de que a precisão na seleção para tais caracteres é também baixa. Este último resultado pode estar associado ao problema amostral (apenas quatro plantas de cada progênie foram avaliadas) ou a falta de variação genética natural na população sob estudo.

Para efeito de comparação entre a eficiência no ganho de seleção, foram propostas três estratégias de seleção, utilizando-se o índice de Multi-efeitos (IME): seleção com base nos indivíduos, (30% dos indivíduos), seleção massal

dentro de progênies e seleção entre e dentro de progênies, como pode se observar na TABELA 3. O caráter escolhido para a seleção foi a densidade básica da madeira na posição intermediária, pois este foi o que apresentou maior coeficiente de variação relativa (CV_r ; TABELA 2) em relação aos demais caracteres. Observou-se que, tanto a seleção massal no experimento quanto a seleção entre e dentro de progênies, tiveram maior eficiência do que a seleção massal apenas dentro de progênies. Em programas de melhoramento que visem à maximização dos ganhos genéticos, a seleção massal no experimento é a mais recomendada, pois o ganho genético é maior (5,44%), em detrimento da redução da diversidade genética ($D = 0,56$). Já se o objetivo for à conservação genética da espécie, é mais recomendada a seleção dentro de progênies, que garante a máxima diversidade genética ($D = 1$), porém com menores ganhos na seleção. A terceira estratégia, seleção entre e dentro de progênies, é uma saída para programas que visam obter ganho genético, sem que haja grande redução na diversidade genética.

SANTOS, F. W. *et al.* Variação genética para a densidade básica da madeira e caracteres silviculturais em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH.

4 CONCLUSÕES

1. Existe variação genética significativa entre as progênies da população base de *E. camaldulensis* para todos os caracteres avaliados, com exceção da densidade básica da madeira, na posição do DAP, para as três posições radiais analisadas.
2. O controle genético dos caracteres, em nível de média de progênies, é alto para os caracteres de crescimento, indicando a possibilidade de obter-se ganhos pela seleção das melhores progênies.
3. Em termos gerais, os resultados obtidos indicam que há possibilidade de se transformar a população base de *E. camaldulensis* em uma Área de Produção de Sementes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGANBRIGHT, D. G. Influence of extractives on bending strength of redwood (*Sequoia sempervirens*). **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 2, n. 4, p. 367-372, 1971.
- CAIXETA, R. P. *et al.* Variações genéticas em populações de *Eucalyptus* spp. detectadas por meio de marcadores moleculares. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 357-363, 2003.
- DOWNES, G. M. *et al.* **Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties**. Melbourne: CSIRO Publishing, 1997. 132 p.
- FERREIRA, J. E. M. *et al.* Teste de procedência de *Eucalyptus* para a região subúmida do Estado do Maranhão. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 15, p. 41-48, 1987.
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 65-74, 1971.
- GRATTAPAGLIA, D. Integrating genomics into *Eucalyptus* breeding. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 3, p. 369-379, 2004.
- LIMA, P. C. F. Espécies potenciais para reflorestamento em regiões semi-áridas. **Silvicultura**, São Paulo, v.10, n. 37, p. 28-32, 1984.
- MARTINS, I. S.; PIRES, I. E.; OLIVEIRA, M. C. Divergência genética em progênies de uma população de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 81-89, 2002.
- MITCHEL, H. L. Wood quality evaluation from increment cores. **Tappi**, Atlanta, v. 41, n. 4, p. 150-156, 1958.
- MORAES, M. A. *et al.* Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em Luiz Antônio-SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 113-118, 2007.
- MORI, E. S. **Variabilidade genética isoenzimática em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetida a diferentes intensidades de seleção**. 1993. 119 f. Tese (Doutorado em Genética) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- NIETO, V. M.; RODRIGUEZ, J. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: VOZZO, J. A. **Tropical Tree Seed Manual**. Part II – Species descriptions. Washington, D.C.: USDA Forest Service, 2003. p. 466-467.
- OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.
- PRYOR, L. D. **Biology of *Eucalyptus***. London: Esward Arnold, 1976. 82 p.
- RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p. 589-647.
- _____. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002a. 975 p.
- _____. **Software SELEGEN - REML/BLUP**. Colombo. EMBRAPA – CNPF, 2002b. 67 p. (Série documentos, 77).
- SANTOS, P. E. T.; GERALDI, I. O.; GARCIA, J. N. Estimates of genetic parameters of wood traits for sawn timber production in *Eucalyptus grandis*. **Genetics Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 27, n. 4, p. 567-573. 2004.

SANTOS, F. W. *et al.* Variação genética para a densidade básica da madeira e caracteres silviculturais em uma população base de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 120-129, 2004.

STURION, J. A. *et al.* Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 14, p. 28-38, 1987.

WEI, R. P.; LINDGREN, D. Effective family number following selection with restrictions. **Biometrics**, Arlington, v. 52, p. 198-208, 1996.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley & Sons, 1984. 496 p.