SCIENTIA
FORESTALIS

Variação genética para caracteres silviculturais e anatômicos da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem

Genetic variation for silvicultural and anatomical traits of wood in progenies of *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem.

Ellen Su Ching Tung[1], Miguel Luiz Menezes Freitas[2], Sandra Monteiro Borges Florsheim[2], Israel Luiz de Lima[2], Eduardo Luiz Longui[2], Fernando Wergles Santos[3], Mário Luiz Teixeira de Moraes[1] e Alexandre Magno Sebbenn[2]

Resumo

Os objetivos deste estudo foram avaliar a variação e estimar parâmetros genéticos em caracteres silviculturais e anatômicos da madeira, para fins de melhoramento genético de uma população de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. de Selvíria-MS. Assim, a partir de amostras provenientes de um teste de progênies instalado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, foram realizadas mensurações macroscópicas da anatomia da madeira de *M. urundeuva* (diâmetro tangencial e frequência de vasos por mm²) e dos caracteres de crescimento (altura, DAP e forma do tronco). Os parâmetros genéticos foram estimados em teste com 28 progênies de polinização aberta, três repetições e 10 plantas por parcela, aplicando-se o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada). Dentre os caracteres silviculturais analisados, o DAP é o mais indicado para a seleção para fins de produção de madeira para serraria, pois apresentou os maiores valores estimados de coeficiente de variação genética, herdabilidades e acurácia seletiva. Dentre os caracteres anatômicos estudados, a frequência de vasos na medula apresentou os maiores valores para os parâmetros genéticos. Para a produção de celulose, com base no índice multi-efeitos, a estratégia da seleção dos melhores indivíduos para o caráter frequência de vasos na medula, independente da progênie e ganhos substanciais podem ser obtidos por seleção massal, sem teste de progênies.

Palavras-Chave: aroeira; teste de progênies, conservação genética; melhoramento florestal; diâmetro e frequência de vasos.

Abstract

The aims of this study were to evaluate the variation and to estimate genetic parameters for silvicultural anatomic wood traits for genetic breeding of a *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. population from Selvíria-MS. For this, from samples of a progeny test established in the Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, macroscopic anatomic wood traits of *M. urundeuva* (tangential diameter and vases frequency per mm²) and growth traits were measured (height, DBH and stem form). Genetic parameters were estimated in 28 open-pollinated progenies, in three replications and 10 plants per plot, using a REML/BLUP approach. Between the analysed traits, the DBH is the most indicated for selection for timber production, because it presented the highest values of coefficient of genetic variation, heritabilities and selective accuracy. Between the anatomic traits, the vessels frequency in the pith showed the highest values for genetic parameters. For pulp yield, based on the multi-effect index, the strategy of selecting the best trees for vessels frequency in the pith, independent of the progeny, permitted to obtain substantial gains by mass selection, without progeny test.

Keywords: aroeira; progeny test, genetic conservation; tree breeding; diameter and frequency of vessels.

INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e consequente destruição dos recursos naturais, particularmente das florestas. Ao longo da história do país, a cobertura florestal nativa, representada pelos diferentes biomas, foi sendo fragmentada, cedendo espaço para culturas agrícolas, pastagens e cidades. Segundo Barbosa (2006), os pro-

[1]Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP – Av. Brasil Centro, 56 – Caixa Postal 31 - Ilha Solteira, SP - 15385-000.

[2]Instituto Florestal de São Paulo - Rua do Horto, 931 – São Paulo, SP – 02377-000 - E-mail: miguellmfreitas@yahoo.com.br

[3]Mestrando em Recursos Florestais ESALQ/USP

blemas envolvendo a substituição da cobertura florestal natural por áreas agrícolas tem sido preocupantes, não só pelos processos erosivos e redução da fertilidade dos solos agrícolas, mas também pela brutal extinção de espécies vegetais e animais, verificada nas últimas décadas, e suas interações que são de extrema importância para que os processos ecológicos continuem a acontecer. A última lista de espécies ameaçadas de extinção publicada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente pela Resolução SMA 48/04 (SÃO PAULO, 2004) ressaltou a existência de 1085 espécies nativas, sendo 240 delas arbóreas, com algum grau de ameaça.

Dentre as espécies ameaçadas encontra-se *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. (Anacardiaceae), conhecida popularmente como aroeira, aroeira-do-campo, aroeira-preta, urundeuva. A árvore é caducifólia, atinge de 5 a 20 m de altura e 30 a 60 cm de DAP (diâmetro a altura do peito, 1,30 m do solo), e até 27 m de altura e 85 cm de DAP na região do Chaco (CARVALHO, 2003). A espécie ocorre naturalmente na Caatinga e no Cerrado (CARVALHO, 2003). Sua madeira é muito pesada, de grande resistência mecânica e praticamente imputrescível, principalmente quando em contato com o solo (LORENZI, 2002). Por apresentar madeira de excelente qualidade foi e é muito explorada, tornando-se escassa em todas as áreas de ocorrência (LORENZI, 2002). Uma das estratégias de conservação adotada visando contribuir para sobrevivência de populações que estão sendo dizimadas é a conservação *ex situ*, a partir de testes de progênies. A estratégia de conservação *ex situ* objetiva manter amostras representativas de populações fora de seu ambiente original, para que, após caracterizadas, avaliadas e multiplicadas, estejam disponíveis para o melhoramento genético e/ou pesquisas correlatas (LLEIRAS, 1992).

Os testes de progênies constituem uma excelente forma de conservação genética *ex situ*, visto que nesses são mantidas informações sobre a origem materna dos indivíduos. Contudo, a variabilidade genética em tais testes é restrita ao uso no curto prazo e de utilização imediata, sem preocupar-se com a evolução e as relações com outras espécies. Os testes de progênies também permitem conhecer o valor genético de caracteres silviculturais, da anatomia da madeira e reprodutivos (cor da flor, fertilidade, etc) de importância econômica ou adaptativa (DVORAK *et al.*, 1996). A estimativa de parâmetros genéticos em testes de progênies permite conhecer a natureza da ação gênica envolvida na herança dos caracteres estudados (dominante, aditiva), estabelecendo bases para definição de estratégias de melhoramento genético.

Estudos sobre a variabilidade genética de caracteres de qualidade da madeira são escassos, principalmente para espécies arbóreas folhosas. O maior número de estudos tem sido realizado em coníferas, em seus aspectos morfológicos e anatômicos e em algumas propriedades físicas da sua madeira, envolvendo, principalmente, comprimento, diâmetro e espessura da parede das fibras e densidade básica (BRITO *et al.*, 1978).

No Brasil, a anatomia da madeira é empregada tanto para estabelecer correlações com propriedades físicas, mecânicas, químicas e acústicas, propor madeiras alternativas para as mais diferentes aplicações, bem como para investigar as variações da madeira ocasionadas pelas diferenças ambientais (MARCATI *et al.*, 2001; ALVES *et al.*, 2008; LISI *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2010; ZENID, 2009). Assim a avaliação anatômica constitui-se um elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar à madeira, uma vez que o comportamento das propriedades da madeira está intimamente associado à estrutura e ao arranjo de suas células. Além disso, por meio da anatomia da madeira é possível identificar e separar espécies, o que é de extrema utilidade na fiscalização, certificação e comercialização dessa matéria-prima (PAULA, 2003).

Dada a grande importância da anatomia da madeira para definição do uso adequado das espécies arbóreas, os objetivos deste estudo foram avaliar a variação e estimar parâmetros genéticos em caracteres silviculturais e anatômicos da madeira, para fins de melhoramento genético de população de *M. urundeuva* proveniente de Selvíria-MS.

MATERIAL E MÉTODOS

Teste de progênies e caracteres avaliados

As sementes que constituem o teste de progênies de *M. urundeuva* foram obtidas de 28 árvores de polinização livre, em 1986, na região de Selvíria-MS, sendo que estas árvores se localizavam em áreas com pastagens, ou seja, sob forte pressão antrópica. Portanto, os indivíduos desta população são remanescentes ou regenerantes, após a exploração da floresta primária existente no local. O teste de progênies de *M. urundeuva* foi instalado em dezembro de 1987, na Fazenda

de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 28 tratamentos (progênies), três repetições e 10 plantas por parcela, na forma linear, no espaçamento de 3,0 x 3,0 m.

Coletaram-se, no período de outubro a novembro de 2007, dados relativos aos caracteres silviculturais: altura (m), diâmetro a altura do peito (DAP) (cm); porcentagem de sobrevivência e forma do fuste utilizando-se de uma escala de notas, variando de 1 a 5, tanto para bifurcação (B) como para retidão (R), sendo que a nota final foi dada, utilizando-se da expressão: $FT = (B+R)/2$; diâmetro da cepa e contagem do número de brotações por cepa.

Coleta dos discos no DAP

Entre o final de novembro e o início de dezembro de 2007 foi feito o desbaste de três árvores por parcela. Selecionaram-se as árvores com o maior DAP por parcela. De cada árvore retirou-se um disco de aproximadamente 7 cm de espessura na altura do DAP para as análises anatômicas (Figura 1). Com auxílio de serra de fita, os discos foram desdobrados para obtenção de tiras radiais, das quais foram retiradas amostras (2,0 x 1,5 x 2,0 cm) em três posições no sentido medula-casca, denominadas respectivamente 0, 50 e 100%. Em seguida, os corpos-de-prova foram preparados, por meio de polimento com navalhas finas, para melhor visualização da estrutura celular, nos planos transversal, longitudinal tangencial e radial, segundo a metodologia utilizada por Florsheim e Tomazello Filho (1994) (Figura 1).

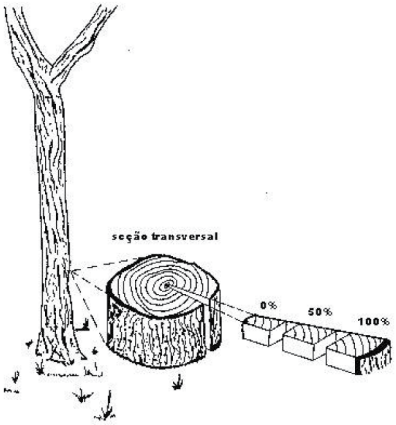

Figura 1. Representação esquemática da retirada dos corpos-de-prova para a análise anatômica.
Figure 1. Scheme showing the sampling for anatomic analysis.

As mensurações do diâmetro e frequência dos vasos seguiram as recomendações do COPANT (1974) e IAWA committee (1989) e, foram realizadas em microscópio estereoscópico Olympus equipado para captura de imagens e sistema de medições, com software de análise de imagens Image Pro Express versão 4.

Análise da estimativa dos parâmetros genéticos

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o programa genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007). As variáveis quantitativas foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto (aditivo univariado) – REML/BLUP, aplicado aos testes de progênies de meios-irmãos, delineamento de blocos ao acaso, várias plantas por parcela, um só local e uma única população, seguindo o procedimento proposto por Resende (2002):

$$y = Xr + Za + e,$$

em que: y = vetores de dados; r = vetores dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;a = vetores dos efeitos genéticos aditivos (aleatórios); c = vetores dos efeitos de parcela (aleatórios); e = vetores dos efeitos de erros aleatórios. X e Z = matrizes de incidência para r e a, respectivamente.

A estimativa de ganhos na seleção foi realizada visando a seleção de indivíduos, com base no DAP, empregando-se o Índice Multi-efeitos, segundo metodologia proposta por Resende (2002). Essa seleção permitirá a escolha do melhor indivíduo de cada parcela, do qual foi retirado o disco para as análises da densidade básica e dos caracteres anatômicos da madeira de *M. urundeuva*. Uma das vantagens da seleção pelo método multi-efeito é a redução do peso dado à média geral das matrizes, permitindo assim uma melhor distribuição dos indivíduos selecionados nas várias matrizes. O Índice Multi-efeitos (IME) possui a expressão: $\hat{I}=\hat{b}_1 Y_{ijk}+(\hat{b}_2-\hat{b}_3)\overline{Y}_{i...}+(\hat{b}_3-\hat{b}_1)\overline{Y}_{ij}-\hat{b}_3\overline{Y}_j+(\hat{b}_3-\hat{b}_2)\overline{Y}_{...}$, em que: $\overline{Y}_{...}$: média geral do ensaio; Y_{ijk}: valor individual; $\overline{Y}_{i...}$: média da matriz no ensaio; $\overline{Y}_{ij}$: média da matriz em determinado bloco (média da parcela); $\overline{Y}_j$: média do bloco; $\hat{b}=\hat{h}^2_d$: herdabilidade, no sentido restrito, dentro de parcelas: $\hat{h}^2_d=0.75\hat{\sigma}^2_A/\hat{\sigma}^2_d$; $\hat{b}_2=\hat{h}^2_m$: herdabilidade, no senti-

do restrito entre progênies: $\hat{h}^2_m=[(3+nb)/4nb]\hat{\sigma}^2_A/\hat{\sigma}^2_p+(\hat{\sigma}^2_e/b)+(\hat{\sigma}^2_d/nb)]$; $\hat{b}_3=\hat{h}^2_p$: herdabilidade, no sentido restrito, de parcelas: $\hat{h}^2_p=(3/4n)\hat{\sigma}^2_A/[\hat{\sigma}^2_e+(\hat{\sigma}^2_d/n)]$.

O tamanho efetivo populacional (*Ne*) foi obtido com base em Resende (2002):

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

em que: $\bar{k}_f$ = número médio de indivíduos selecionados por matriz; σ^2_{kf} = variância do número de indivíduos selecionados por matriz; N_f = nº de matrizes selecionadas. A diversidade genética (D), após a seleção, foi quantificada conforme Wei e Lindgren (1996), citados por Resende (2002): $D=N_{ef}/N_{f0}$, em que: $0 < D \leq 1$; N_{f0} = número original de matrizes, que no presente trabalho corresponde a 25; N_{ef} = número efetivo de matrizes selecionadas, sendo dado por: $N_{ef} = (\sum k_f)^2/\sum k^2_f$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média do diâmetro tangencial de vasos na posição medula foi de 119,87 µm, valor maior em relação às médias encontradas deste caráter nas demais posições: intermediária e casca que apresentaram respectivamente: 103,45 µm e 98,70 µm (Tabela 1). O diâmetro tangencial dos vasos na madeira obtido foi considerado como pequenos a médios predominando vasos médios na região da medula e vasos pequenos na intermediária e casca (COPANT, 1974 e IAWA committee, 1989). Durante as medições verificou-se a predominância da presença de tilos nos vasos na região da medula. A ocorrência destes foi diminuindo de maneira gradual no sentido radial medula-casca. A média da frequência de vasos por mm² nas posições medula, intermediária e casca foram respectivamente, 10,19 vasos mm^{-2}; 10,25 vasos mm^{-2}; 9,30 vasos/mm² (Tabela 1).

No presente estudo, mesmo não sendo observadas diferenças significativas entre progênies para os caracteres anatômicos, nota-se que há uma tendência de diminuição tanto do diâmetro quanto da frequência dos vasos no sentido da medula para casca. Dünisch *et al* (2004) em estudo com *Ilex paraguariensis* não encontraram alteração no diâmetro dos vasos; já Urbinati *et al.* (2003) para *Terminalia ivorensis*, Chagas *et al.* (2007) para *Eremanthus erythropappus* e Lima *et al.* (2010) para *Croton floribundus*, notaram aumento no diâmetro dos vasos em direção à casca. Quanto à frequência dos vasos, é mais comum observar diminuição desta no sentido medula-casca (CHAGAS *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2010).

Para exemplificar como caracteres anatômicos podem influenciar as propriedades da madeira, cita-se Shimoyama (1990) que descreveu que madeiras mais porosas, ou seja, com vasos de maior diâmetro e mais frequentes, apresentam maior proporção de espaços vazios, que podem implicar na redução da densidade. Além das características dos vasos, as variações na densidade podem ser explicadas por diferenças nas dimensões e frequência dos raios e fibras, características da parede, presença e teor de extrativos (KOLLMANN e CÔTÉ Jr, 1968; PANSHIN e ZEEUW, 1980; HOADLEY, 2000).

As características da madeira, de acordo com Pinheiro e Carmo (1993) variaram de acordo com a influência de fatores ambientais. Estes podem provocar alterações de caráter morfológico e anatômico e, influenciar a adaptação dos indivíduos e, por fim, das espécies. Segundo Metcalfe & Chalk (1983), o problema básico do anatomista ecológico é separar, quando possível, as alterações que foram provocadas diretamente por fatores ambientais daquelas provocadas pela genética, ou seja, distinguir as características adaptativas daquelas puramente hereditárias.

As médias gerais dos caracteres silviculturais foram 9,81 m de altura total para as árvores cortadas, 11,35 cm para o DAP, 2,96 m para altura do fuste, e 3,82 para o número de brotações por cepa (Tabelas 1 e 2). A precisão experimental revelada pelo CVe para os caracteres analisados no laboratório variou de 10,2 a 23,6 % e para os caracteres de campo variaram de 18,4 a 88,9 %, ou seja, variou de baixo a alto (número de brotações por cepa). Em relação à correlação devida ao ambiente comum da parcela, o caráter altura foi o que apresentou maior valor (0,21), quando comparado aos demais caracteres. Os valores de $\hat{C}^2$ variaram de 0,057 a 0,084, evidenciando, que a maior variação interna dentro das parcelas ocorreu em função dos efeitos ambientais nesses caracteres. Com base nos resultados encontrados, uma sugestão para outros trabalhos nesta mesma linha de pesquisas seria aumentar o tamanho amostral com a finalidade de diminuir o coeficiente de variação experimental, o que poderia proporcionar a manifestação de maior variação genética. No entanto, o aumento amostral não foi possível de ser executado, neste trabalho, pois a metodologia empregada é trabalhosa e demorada, além do fato da ma-

deira de *M. urundeuva* quando seca ser difícil de ser trabalhada. Desse modo, só a disponibilidade de métodos mais expeditos, permitiria o aumento do tamanho amostral.

A forma do fuste apresentou média muito baixa (2,28) indicando que a maioria das árvores apresentou tronco com bifurcação e tortuosidade acentuada abaixo de 1,30 m. Carvalho (2003) afirma que geralmente a espécie apresenta péssima forma em plantio, com fuste curto, crescimento simpodial, não formando fuste principal, e com muitas ramificações mesmo sob espaçamento apertado. Nogueira (1977) cita que *M. urundeuva* cultivada a céu aberto tende a bifurcar a cerca de 2 a 3 m do solo, não adquirindo forma vertical e se tornando muito esgalhada, o que prejudica em muito seu aproveitamento comercial. De acordo com Carvalho (2003), recomenda-se uma intervenção artificial, através de desbrota e desrama para a formação de um fuste principal ou fazer um plantio misto associado com espécie pioneira de crescimento rápido, como *Trema micrantha* (Candiúba), para forçar a melhoria da forma do fuste.

Os resultados de herdabilidades individuais no sentido restrito ($\hat{h}^2_a$) (Tabela 3) foram altos para todos os caracteres analisados. O maior resultado observado foi para o caráter frequência de vasos na posição medula (0,71). Desse modo tais resultados indicam que a seleção massal no experimento é mais indicada do que a seleção com base na média de progênies. Os coeficientes de herdabilidade em nível de planta individual dentro de parcela ($\hat{h}^2_d$) variaram de 0,01 a 0,65 e os de herdabilidade ao nível de média de progênies ($\hat{h}^2_m$), variando de 0,01 a 0,39 para, respectivamente, os caracteres frequência de vasos na posição casca e frequência de vasos na posição medula.

Nos coeficientes analisados, as estimativas do coeficiente de variação genética em nível de indivíduo (CV_{gi}), para os caracteres de laboratório avaliados variaram de 1,9 a 16,1 % para frequência de vasos na posição casca e frequência de vasos na posição medula, respectivamente. A variação radial do diâmetro tangencial de vasos apresentou CV_{gi} variando entre 9,1 a 11,7 %. Já para os caracteres de campo, a variação dos coeficientes foram de 3,0 (diâmetro de cepas) a 30,3 % (número de brotações por cepa). Os coeficientes de variação genética em nível de parcela (CV_{gp}) apresentaram valores inferiores em relação aos coeficiente de variação genética em nível de indivíduo reafirmando que a seleção massal deve ser feita em nível de indivíduos. As estimativas para o CV_{gp} variaram de 1 % (frequência de vasos na posição casca) a 8,0 % (frequência de vasos na posição medula) para os caracteres mensurados em laboratório enquanto que para os caracteres de campo verificou-se uma variação de 1,4 a 15,1 % para diâmetro de cepas e número de brotações, respectivamente.

Tabela 2. Estimativas da média ($\hat{m}$), coeficiente de variação experimental (CVe) e correlação devida ao ambiente comum da parcela ($\hat{C}^2$) para caracteres silviculturais em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva*.

Table 2. Estimates of mean ($\hat{m}$), coefficient of experimental variation (CVe) and correlation due to common environmental plot ($\hat{C}^2$) for silvicultural traits in a progeny test of *Myracrodruon urundeuva*.

Caracteres	$\hat{m}$	CVe (%)	$\hat{C}^2$
Altura (m)	9,11	11,7	0,212
DAP (cm)	11,35	18,2	0,084
Forma	2,28	16,6	0,065
Sobrevivência (%)	80,8	19,0	0,057

Tabela 1. Estimativas da média ($\hat{m}$), coeficiente de variação experimental (CVe) para os caracteres silviculturais e relacionados à qualidade da madeira em um teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* com 20 anos, em Selvíria-MS.

Table 1. Estimates of the average ($\hat{m}$), coefficient of experimental variance (CVe) for silvicultural traits and those related to wood quality in a progeny test of *Myracrodruon urundeuva* at age 20 years, in Selvíria-MS.

Caracteres anatômicos e dados silviculturais	$\hat{m}$	CVe (%)
Diâmetro de vasos na posição Medula (µm)	119,87	13,0
Diâmetro de vasos na posição Intermediária (µm)	103,45	20,7
Diâmetro de vasos na posição Casca (µm)	98,70	10,2
Frequência de vasos na posição Medula (vasos/mm²)	10,19	17,3
Frequência de vasos na posição Intermediária (vasos/mm²)	10,25	21,0
Frequência de vasos na posição Casca (vasos/mm²)	9,30	23,6
Altura Total (m)	9,81	18,4
Altura do Fuste (m)	2,96	45,3
Diâmetro da cepa (m)	9,87	22,1
Número de brotações por cepa	3,82	88,9

$\hat{m}$=média; CVe (%) = Coeficiente de variação experimental.

O caráter número de brotações por cepa foi o que apresentou maiores coeficientes de variação genética, o que pressupõe que este caráter expressa uma maior variação genética tanto entre os indivíduos quanto entre as progênies, em relação aos demais caracteres analisados. No entanto, apesar do número de brotações apresentarem alto coeficiente de variação experimental, a acurácia para este caráter foi muito baixa (0,28). Portanto, os valores preditos não tem uma boa relação com o valor real, sugerindo um baixo grau de confiabilidade dos dados.

O coeficiente de variação relativa (CV_r) engloba várias classes de intervalos. Valores entre 0 a 0,25 são interpretados como ruim, 0,25 a 0,5 como intermediário, 0,5 a 0,75 como bom e acima de 0,75 como ótimo. Sendo assim verificou-se que para os caracteres analisados em campo que somente para altura total (0,44) o valor encontrado para CV_r foi intermediário e para os demais foram ruins. Para os caracteres anatômicos verificou-se que para os diâmetros de vasos nas posições medula (0,46) e casca (0,45) e frequência de vasos na posição medula (0,47) apresentaram valores intermediários e para os demais foram ruins. Para a seleção de genótipos a partir do índice multi-efeitos utiliza-se o caráter que apresentar maior valor de CV_r e acurácia que no caso foi para frequência de vasos na medula. Contudo, na pratica o caráter a ser utilizado para a seleção deve ser selecionado com base nos objetivos do melhoramento. O DAP é o caráter mais indicado no caso da seleção para a produção de madeira cerrada e caracteres anatômicos. Portanto, na pratica, os objetivos da seleção são mais importantes para a escolha do caráter para a seleção.

Nos coeficientes analisados, as estimativas do coeficiente de variação genética em nível de indivíduo (CV_{gi}), para todos os caracteres silviculturais avaliados foram mais altos, variando entre 3,2 a 12,2 %, para forma do fuste e DAP, respectivamente. O teste de progênie apresentou, para a maioria dos caracteres, estimativas boas de acurácia, que representam a relação entre o valor genético verdadeiro e o estimado, variando de 0,31 até 0,50, para sobrevivência e DAP, respectivamente, e ruim para a forma cuja estimativa foi de 0,17.

Os valores obtidos no teste de progênie para os caracteres diâmetro de vasos na posição medula, frequência de vasos na posição medula e altura total, apresentaram estimativas médias de acurácia variando de 0,36 (diâmetro tangencial de vasos na posição intermediário) a 0,63 (frequência de vasos na posição na medula), e baixas para os caracteres frequência de vasos na posição intermediária, frequência de vasos na posição casca, diâmetro da cepa e número de brotações por cepa cujas estimativas variaram de 0,07 a 0,28.

As menores estimativas de herdabilidade estão em nível de média de progênies ($\hat{h}^2_m$) (Tabela 4), variando de 0,03 a 0,25 para forma do fuste e DAP, respectivamente. Os valores encontrados foram menores em relação aos valores encontrados por Baleroni (2003) para o mesmo teste de progênies de *M. urundeuva* aos 14,5 anos, que foram de 0,31 para a altura e 0,04 para o DAP. O mesmo ocorreu em Freitas *et al.* (2006) que encontrou para uma população de *M. urundeuva* aos quatro anos de idade, proveniente de Selvíria (MS), uma herdabilidade de média de progênies de 0,36 para forma, valor superior em relação ao encontrado no presente trabalho.

Tabela 3. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade: individual, no sentido restrito ($\hat{h}^2_a$), média de progênies ($\hat{h}^2_m$) e dentro de parcela ($\hat{h}^2_d$); da variação genética em nível de indivíduo (CV_{gi}) e de parcela (CV_{gp}); de variação relativa (CV_r) e da acurácia (A_c) em um teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* com 20 anos, em Selvíria- MS.

Table 3. Estimates of heritability coefficients: individual strictu sensus ($\hat{h}^2_a$), family means ($\hat{h}^2_m$) and within plot ($\hat{h}^2_d$); the genetic variation at individual level (CV_{gi}) and within plot (CV_{gp}); the relative variation (CV_r) and the accuracy (A_c) in a progeny test of *Myracrodruon urundeuva* at 20 years, in Selvíria-MS.

Caracteres	h^2_a	h^2_d	h^2_m	CV_{gi} %	CV_{gp} %	CV_r	A_c
Diâmetro de vasos - posição Medula	0,67	0,60	0,38	11,7	5,8	0,448	0,61
Diâmetro de vasos - posição Intermediária	0,19	0,15	0,13	9,2	4,6	0,222	0,36
Diâmetro de vasos - posição Casca	0,66	0,60	0,37	9,1	4,5	0,446	0,61
Frequência de vasos - posição Medula	0,71	0,65	0,39	16,1	8,0	0,466	0,63
Frequência de vasos - posição Intermediária	0,02	0,01	0,01	2,8	1,4	0,067	0,12
Frequência de vasos - posição Casca	0,01	0,01	0,01	1,9	1,0	0,041	0,07
Altura Total	0,64	0,57	0,36	16,1	8,0	0,437	0,60
Altura do Fuste	0,24	0,20	0,16	23,2	11,6	0,255	0,40
Diâmetro da cepa	0,02	0,01	0,01	3,0	1,4	0,067	0,12
Número de brotações por cepa	0,11	0,09	0,08	30,3	15,1	0,170	0,28

Os coeficientes de herdabilidade individual, no sentido restrito, variaram de 0,01 a 0,12, forma do fuste e altura, respectivamente. Os valores encontrados por Fonseca (2001) para duas populações de *M. urundeuva*: Seridó (RN) e Paulo de Faria (SP), no 2º ano de idade em Selvíria (MS) foram 0,28 para altura e 0,41 para forma do fuste, sendo assim superiores em relação aos encontrados no presente trabalho. Cabe ressaltar que, como esse coeficiente não é propriedade de um caráter em uma determinada população, é normal variar entre espécies, entre populações da mesma espécie, entre caracteres na mesma população e entre idades para mesmos caracteres e população (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

Na Tabela 5 apresenta-se a estimativa de ganhos na seleção de indivíduos, com base na frequência de vasos na posição medula, que permitiu a escolha dos melhores indivíduos por progênies. Foram selecionados 28 indivíduos, sendo um em cada repetição (3), portanto não houve variação no número de indivíduos selecionados por progênies. Foram testados três métodos de seleção: i) individual; ii) dentro de progênies e iii) entre e dentro de progênies, com base na frequência de vasos na posição medula, uma vez que este caráter foi o que apresentou maior correlação entre o valor genético verdadeiro e o predito, ou seja, maior acurácia. A seleção individual foi o que apresentou o maior ganho de seleção (14,9%) seguido pela seleção entre e dentro de progênies (14,6%) e a seleção dentro de progênies (8,8%). Apesar de a seleção individual apresentar maior ganho genético ele apresentou a menor diversidade genética (0,54) comparado com as diversidades genéticas da seleção dentro de progênies (1,00) e da seleção entre e dentro de progênies (0,71). A eficiência do índice de multi-efeito (IME) (â) em relação à seleção entre e dentro de progênies para a primeira seleção foi de 69,7% e para a terceira 65,9%.

Com base nos dados de DAP foram selecionados 84 indivíduos, nas 28 progênies, sendo um em cada repetição (3), portanto não houve variação no número de indivíduos selecionados por progênies (Tabela 6). O índice de multi-efeito foi de 0,46 e pode-se notar que o ganho de seleção foi equivalente à 3,2%, o tamanho efetivo foi de 56 e a divergência igual a 1. Moraes *et al.* (2001) analisaram três maneiras de obter ganho de seleção em experimento com espécies do gênero *Pinus* e obtiveram maiores valores no ganho de seleção, porém a diversidade genética foi reduzida, variando de 0,16 à 0,31 para seleção com *kf* variado e seleção entre e dentro de progênies, respectivamente.

Tabela 4. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade: individual, no sentido restrito ($\hat{h}^2_a$), da média de progênies ($\hat{h}^2_m$) e aditiva dentro de parcela ($\hat{h}^2_d$); de variação genética em nível de indivíduo (CV_{gi}) e de parcela (CV_{gp}); de variação relativa (CV_r) e da acurácia (A_c) para os caracteres silviculturais do Teste de Progênie de *Myracrodruon urundeuva*.

Table 4. Estimates of heritability coefficients: individual strictu sensus ($\hat{h}^2_a$), average families ($\hat{h}^2_m$) and within plot ($\hat{h}^2_d$); the genetic variation at the level of individuals (CV_{gi}) and at plot (CV_{gp}); the relative variation (CV_r) and the accuracy (A_c) in a progeny test of *Myracrodruon urundeuva* at 20 years, in Selvíria-MS.

Caracteres	$\hat{h}^2_a$	$\hat{h}^2_m$	$\hat{h}^2_d$	CV_{gi}	CV_{gp}	CV_r	A_c
Altura (m)	0,12	0,24	0,12	7,5	3,7	0,32	0,486
DAP (cm)	0,08	0,25	0,06	12,2	6,1	0,34	0,503
Forma	0,01	0,03	0,01	3,2	1,6	0,10	0,165
Sobrevivência	0,02	0,09	0,02	7,0	3,5	0,19	0,306

Tabela 5. Estimativa do ganho de seleção individual, seleção dentro de progênies e seleção entre e dentro de progênies a partir do índice de multi-efeito para frequência de vasos na posição medula em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva*, aos 20 anos em Selvíria – MS.

Table 5. Estimates of gains for individual selection; within progeny and among and within progeny selection from multi-effect index for vase frequency in the medulla position in a progeny test of *Myracrodruon urundeuva*, at 20 years, in Selvíria – MS.

Parâmetros	Seleção		
	Individual	Dentro	Entre e dentro
Nº de indivíduos selecionados: N	28	28	20
Nº de progênies do teste: N_{f0}	28	28	28
Nº de progênies selecionadas: N_f	15	28	20
Nº médio de indivíduos selecionados por progênie: $\overline{k}_f$	2	1	1
Variância do no de indivíduos selecionados por progênie: σ^2_{kf}	1	0	0
Tamanho efetivo: N_e	22	28	20
Média geral: μ	10,186	10,186	10,186
Efeito genético aditivo = IME: Índice Multi-efeito: $\hat{a}$ (cm)	1,517	0,894	1,483
Ganho na seleção: $\hat{G}_S$ (%)	14,9	8,8	14,6
Eficiência do IME em relação à seleção entre e dentro de progênies: Ef (%).	69,7	-	65,9
Diversidade genética: $\hat{D}$	0,536	1	0,714

Tabela 6. Estimativa do ganho de seleção, através do índice de multi-efeito para a escolha do melhor indivíduo de cada parcela (kf = 3) em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva*, aos 20 anos em Selvíria – MS.
Table 6. Estimates of gains in the selection through multi-effect index for choosing of the best individual of each plot (kf = 3) in a *Myracrodruon urundeuva* progeny test, at age 20 years, in Selvíria – MS.

Parâmetros	Estimativas
Nº de indivíduos selecionados: N	84
Nº de progênies do teste: N_{f0}	28
Nº de progênies selecionadas: N_f	28
Nº médio de indivíduos selecionados por progênie: $\overline{k}_f$	3
Variância do no de indivíduos selecionados por progênie: σ^2_{kf}	0
Tamanho efetivo: N_e	56
Média geral: μ	11,35
Efeito genético aditivo = IME: Índice Multi-efeito: $\hat{a}$ (cm)	0,359
Ganho na seleção: $\hat{G}_S$ (%)	3,2
Eficiência do IME em relação à seleção entre e dentro de progênies: Ef (%).	0
Diversidade genética: $\hat{D}$	1

CONCLUSÕES

O caráter DAP é o mais indicado para a seleção dos melhores indivíduos, pois apresentou os maiores valores estimados de coeficiente de variação genética, herdabilidades e acurácia.

O caráter frequência de vasos na medula pode ser melhorado pela seleção massal, não sendo necessário a utilização de testes de progênies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E.S.; LONGUI, E.L.; AMANO, E. Pernambuco wood (*Caesalpinia echinata*) used in the manufacture of bows for string instruments. **IAWA Journal**, Leiden, n.29, p.323-335, 2008.

BALERONI, C.R.S. **Comportamento de populações de *Myracroduon urundeuva* Fr. All. Procedentes de áreas com perturbação antrópica**. 2003, 123p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

BARBOSA, L.M. **Manual para Recuperação de Áreas Degradadas do Estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. O melhoramento dos caracteres da madeira frente a produção de celulose e papel. **IPEF**, Piracicaba, v.16, n.19, p.95-115, 1978.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 627p.

CHAGAS, M.P.; TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S. Caracterização macro e microscópica da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*, Asteraceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, n.1, p.156-158, 2007.

COPANT - COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. **Madeiras, descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira, angiosperma, dicotiledôneas**. Rio de Janeiro: COPANT, 1974. 15p.

DÜNISCH, O.; REISSMANN, C.B.; OLISZESKI, A.V. Variability of vessel characteristics in xylem of Ilex paraguariensis (mate-tree) from south Brazil. **Iawa Journal**, Leiden, v.25,n.4, p.449–458, 2004.

DVORAK, W.S.; DONAHUE, J.K.; HODGER, G.R. Fifteen years of ex situ gene conservation of Mexican and Central America forest species by the CAMCORE cooperative. **Forest Genetic Resources**, Roma, n.24, p.15-21, 1996.

FLORSHEIM, S.M.B., TOMAZELLO FILHO, M. Dendrologia e anatomia da madeira de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.6, p.75-85, 1994.

FONSECA, A.J. **Variação genética em populações naturais de Aroeira (*Myracroduon urundeuva* Fr. All.) – Anacardiaceae – em Sistema Agroflorestal**. 2001, 65p Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2001.

FREITAS, M.L.M.; AUKAR, A.P.A.; SEBBENN, A.M; MORAES, M.L.T; LEMOS, E.G.M. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão em três sistemas de cultivo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.319-329, 2006.

HOADLEY, B. **Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology**. 2ed. Newtown: Taunton Press Inc; 2000. 280p.

IAWA COMMITEE. List microscope features of hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n.3, p.221-259, 1989.

KOLLMANN, F.; CÔTÉ JUNIOR., W.A. **Principles of Wood Science and Technology, vol 1: Solid Wood**. New York: Springer. 1968. 492p.

LIMA, I.L.. ZANON, B.R.; LONGUI, E.L.; FLORSHEIM, S.M.B. Variação radial da densidade básica e dimensões celulares de *Croton floribundus*. **Floresta**, Curitiba, v.40, p. 663-671, 2010.

LISI, C.S.; TOMAZELLO, M.; BOTOSSO, P.C.; ROIG, F.A.; MARIA, V.R.B.;. FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A.R.A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in Southeast Brazil. **Iawa Journal**. Leiden, v.29, n.2, p.189-207, 2008.

LLEIRAS, E. Conservação de recursos genéticos florestais. In:CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais**... São Paulo: Instituto Florestal, 1992, p.1179-1184.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Platarum, 2002. v.1. 368p.

MARCATI, C.R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinoideae) de floresta e cerradão. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.24, n.3, p.311-320, 2001.

METCALFE, C.R., CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Caredon Press, 1983. v.1

MORAES, M.L.T; SILVA, A.M.; SÁ, A.A.B; VILAS BOAS, M.P. Variação em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari na região de Selvíria – MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS, 1, 2001, Goiânia. **Anais**... Brasília: Embrapa CNPAF, 2001. p.01-03.

NOGUEIRA, J.C.B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas**. São Paulo: Instituto de pesquisas e estudos florestais, 1977. 71p.(Boletim técnico IF, 24)

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. **Textbook of Wood Technology: structure, identification, properties and uses of the commercial woods of the United States and Canada**. 3ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 705p.

PAULA, J.E. Caracterização anatômica da madeira de sete espécies da Amazônia com vistas à produção de energia e papel. **Acta Amazonica**, v.33, n.2, p.243-262, 2003. Disponível em: <http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/33-2/PDF/v33n2a06.pdf>. Acesso em: 21/08/2008

PINHEIRO, A.L.; CARMO, A.P.T. Contribuição ao estudo tecnológico da canela-azeitona Rapanea ferruginea (Ruiz e Pav.) Mez, uma espécie pioneira. I. Características anatômicas da madeira. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v.3, n.1, p. 121-145, 1993.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M.D.V. **SELEGEN - REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 359p.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. **Resolução SMA - 48, de 21-9-2004**. IMESP, São Paulo, v.114, n.179, 22 set. 2004. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/resolucoes/2004_Res_SMA_48.pdf>. Acesso em: 01 set. 2010

SHIMOYAMA, V.R.S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp**. 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1990.

URBINATI, C.V; AZEVEDO, A.A.; SILVA, E.A.M.; LISBOA, P.L.B. Variação estrutural quantitativa no lenho de *Terminalia ivorensis* A. Chev., Combretaceae. **Acta botânica brasileira**. São Paulo, v.17, n.3, p.421-437. 2003.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 486p.

ZENID, G.J. (coord). **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009. (Publicação IPT ; 3010).

Recebido em 17/08/2009
Aceito para publicação em 14/07/2010