

VARIAÇÃO, DIVERGÊNCIA E CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE
CARACTERES SILVICULTURAIS E DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA EM PROGÊNIES DE
Myracrodruon urundeuva (Engler) Fr. Allem¹

GENETIC VARIATION, DIVERGENCE AND CORRELATIONS AMONG
SILVICULTURAL TRAITS AND WOOD DENSITY IN PROGENIES OF
Myracrodruon urundeuva (Engler) Fr. Allem

Ellen Su Ching TUNG²; Miguel Luiz Menezes FREITAS^{3, 5};
Sandra Monteiro Borges FLORSHEIM³; Israel Luiz de LIMA³; Eduardo Luiz LONGUI³;
Mário Luiz Teixeira de MORAES²; Fernando Wergles SANTOS⁴; Alexandre Magno SEBBENN³

RESUMO – *Myracrodruon urundeuva* foi muito explorada no passado devido às qualidades de sua madeira e tornou-se escassa em todas as áreas naturais de ocorrência, sendo atualmente considerada como ameaçada de extinção (categoria vulnerável). Isso torna a espécie importante para estudos relacionados à estrutura genética de populações para fins de conservação e melhoramento genético. Assim, a partir de um teste de progênies, instalado em 1987, em Selvíria–MS, foram estimados parâmetros genéticos para a densidade básica da madeira em três posições radiais (medula, intermediária e casca), a distância genética de Mahalanobis e correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres de crescimento (altura total, altura do fuste e diâmetro à altura do peito – DAP) e densidade básica da madeira. A população apresentou alta densidade básica da madeira (0,75 g.cm⁻³) e alta herdabilidade (0,64) para este caráter na posição intermediária e na medula, indicando forte controle genético e a possibilidade de melhoramento por seleção. Os resultados também mostraram que para essa população de *M. urundeuva* deve-se utilizar as progênies 1 e 14 para obtenção de híbridos mais heteróticos por apresentarem maior distância de Mahalanobis; as progênies 14 e 20 por outro lado possuem distâncias muito próxima constituindo pares de progênies semelhantes, o que é interessante para se buscar melhoramento por retrocruzamento. Tais informações são importantes para escolha de métodos adequados de conservação e melhoramento genético.

Palavras-chave: aroeira; densidade da madeira; melhoramento e conservação genética.

ABSTRACT – In the past, *Myracrodruon urundeuva* was intensively exploited due the quality of its wood and became scarce in all natural areas of occurrence, being actually considered in extinction (vulnerable category). This makes the species important for studies of population genetic structure for conservation and breeding purposes. Thus, from a progeny test established in 1987 in Selvíria, Mato Grosso do Sul State, genetic parameters for wood density in three radials positions (pith, intermediary and bark), the Mahalanobis distance and genetic and phenotypic correlations between growth traits (total height, stem height and diameter at breast height – DBH) and wood density were estimated. The population presented high wood density (0.75 g.cm⁻³) and heritability (0.64) for this trait in the medulla and intermediary positions, indicating strong genetic control and the possibility of improvement by selection. The results also showed that for the studied *M. urundeuva* populations, the progenies 1 and 14 must be used to explore the heterotic effects because these progenies presented the highest Mahalanobis distance; in contrast, the progenies 14 and 20 presented the lowest genetic distance and thus, the breeding may be obtained for backcross. These information are important to choose adequate methods of breeding and conservations genetics.

Keywords: aroeira; wood density; breeding and genetic conservation.

¹Recebido para análise em 10.03.10. Aceito para publicação em 06.12.10. Publicado *online* em 16.06.11.

²Laboratório 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, 15.385-000 Ilha Solteira, SP, Brasil.

³Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, 02377-000 São Paulo, SP, Brasil.

⁴Mestrando em Recursos Florestais ESALQ/USP

⁵Autor para correspondência: Miguel Luiz Menezes Freitas – miguelmfreitas@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Myracrodruon urundeuva Fr. All. (Anacardiaceae), popularmente conhecida como aroeira, distribui-se naturalmente no Brasil desde o Estado do Ceará até Paraná e Mato Grosso do Sul, ocorrendo preferencialmente em terrenos secos e rochosos em agrupamentos densos, tanto em formações abertas e muito secas (caatinga) como em floresta pluvial tropical. É uma planta dióica, cuja incidência em florestas primárias pode ocorrer em associação com diversas espécies, ao contrário das florestas secundárias, onde é de ocorrência quase que homogênea em áreas perturbadas (Lorenzi, 1998). Sua madeira é de cor rosa-claro ao ser cortada, mas ao ficar exposta ao sol se torna vermelha-escura. Possui densidade aparente alta (1,19 g.cm⁻³), muito durável, pela presença de altas concentrações de tanino no cerne, o qual é utilizado em curtumes (Lorenzi, 1998). A caracterização dos taninos de *M. urundeuva* mostrou que esta espécie contém um elevado teor desta substância, o que pode contribuir para a sua resistência natural à degradação (Nogueira, 1977). Devido à alta durabilidade natural de sua madeira é usada como moirão, poste e na construção de pontes (Queiroz et al., 2002).

O conhecimento prévio da variabilidade genética de populações de espécies em extinção é fundamental para que a conservação genética tenha êxito. A variabilidade genética existente em uma população e sua distribuição entre e dentro de progênie de polinização aberta é também de fundamental importância para se definir as estratégias de melhoramento a serem aplicadas à população. Para isso, se torna necessária a estimativa de parâmetros genéticos e não genéticos, especialmente para caracteres de crescimento e forma (Sebbenn et al., 1999). A determinação da variabilidade genética dentro de populações baseia-se na quantificação da variação genética entre progênie e no conhecimento do controle genético dos caracteres de interesse para a seleção, o que é de fundamental importância para a elaboração de estratégias eficientes de melhoramento.

A correlação genética entre caracteres demonstra o grau de associação genética entre eles, quantificando as influências que determinados caracteres exercem sobre outros. Quando houver correlação genética alta, a alteração de um caracter via seleção, promoverá alterações significativas em outros caracteres correlacionados (Resende et al., 1995). Estudos de correlações entre caracteres de importância econômica têm sido muito realizados em trabalhos de melhoramento por servirem de base para o melhorista decidir sobre o material que deve ser selecionado ou descartado (Falconer, 1981; Bovi et al., 1991), sendo que a preocupação não é melhorar os caracteres isolados, mas um conjunto de caracteres simultaneamente (Falconer, 1981). A determinação dos componentes da produção e suas associações com outros caracteres contribuem para definir a estratégia a ser adotada num programa de melhoramento (Simmonds, 1979). Segundo Snedecor & Cochran (1974), correlações simples são algumas vezes suficientes para esclarecer relações entre características importantes sob o ponto de vista do melhoramento genético. Por outro lado, o caráter de interesse pode estar relacionado com outros pela ação de múltipla interdependência. Nesse caso, o uso de correlações parciais pode ajudar a determinar a associação de interesse.

De acordo com Barrichelo (1979), as características de adaptação, crescimento, forma do tronco e qualidade da madeira definem a seleção das árvores na maioria dos testes genéticos com espécies florestais. A densidade básica tem grande destaque na qualidade da madeira devido à sua facilidade de determinação e à relação com importantes aspectos econômicos e tecnológicos, como a resistência mecânica, a produção e densidade da polpa, a produção e qualidade do carvão vegetal e o poder calorífico da madeira (Brito e Barrichelo, 1980). Foelkel et al. (1992) destacam também a relevância da densidade básica, ao afirmarem que esta característica foi se configurando ao longo dos anos como o mais universal dos índices para expressar a qualidade da madeira.

A densidade básica é considerada a propriedade física da madeira mais importante, pois é um parâmetro significativo para o melhoramento das propriedades das madeiras, visto que apresenta grandes relações com outras propriedades e com o uso (Chimelo, 1980).

A densidade básica é considerada a propriedade física da madeira mais importante, pois é um parâmetro significativo para o melhoramento das propriedades das madeiras, visto que apresenta grandes relações com outras propriedades e com o uso (Chimelo, 1980). Além de ser um indicativo da qualidade, a densidade constitui-se numa característica de fácil melhoramento genético devido apresentar alta herdabilidade (Lopes e Garcia, 2002). Por isso, a densidade básica pode ser melhorada a partir de uma simples seleção massal. Em contraste, a seleção entre e dentro de progênies é mais indicada para caracteres de menor herdabilidade como altura, DAP e volume.

A densidade da madeira de uma árvore não é homogênea, ela varia no sentido da medula para casca e com a altura no tronco (Ballarin e Palma, 2003). As avaliações das características relacionadas à qualidade da madeira, tendo como base a densidade básica, são pouco estudadas em espécies arbóreas nativas, em contraste a espécies do gênero *Eucalyptus*, que vêm sendo estudada por vários autores há muito tempo (Fernandes, 1982; Moraes, 1987; Schacht, 1998; Santos, 2002; Garcia, 2005). Estes estudos pioneiros evidenciaram o potencial deste caráter para o melhoramento, o qual pode ser explorado com a seleção de caracteres relacionados com a qualidade da madeira.

Considerando a importância da madeira de *M. urundeuva*, dada a sua alta resistência, durabilidade, e devido ao fato da espécie estar em extinção, é fundamental obter mais informações sobre a variabilidade genética dentro de populações, o controle genético de caracteres de crescimento e qualidade da madeira, bem como conhecer a associação genética entre estes caracteres para fins de conservação e melhoramento genético. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram: i) estimar a densidade básica da madeira da população de *Myracrodruon urundeuva* em estudo; ii) investigar os caracteres que mais contribuem para a divergência genética entre as progênies dentro da população; iii) estimar correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres avaliados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção das Sementes

As sementes de polinização aberta utilizada para instalar o teste de progênies de *M. urundeuva* avaliado neste estudo foram coletadas em 28 árvores matrizes da região de Selvíria-MS, no ano de 1986. Essas árvores se localizavam em áreas com pastagens, ou seja, sujeitas a forte pressão antrópica. Portanto, os indivíduos dessa população são remanescentes ou regenerantes, após a exploração da floresta primária existente no local (Moraes, 1992). As árvores matrizes foram selecionadas, distantes entre si em pelo menos 100 m (Moraes, 1992).

2.2 Teste de Progênies e Caracteres Silviculturais

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 dez plantas por parcela, na forma linear, no espaçamento de 3 m x 3 m. Os caracteres silviculturais avaliados foram: altura total das plantas, altura do fuste e diâmetro à altura do peito – DAP.

2.3 Densidade Básica

De cada parcela selecionaram-se três árvores com as maiores dimensões de DAP. As mesmas foram abatidas, sendo retirados discos do DAP com 7 cm de espessura. De cada disco com auxílio de serra de fita, obtiveram-se amostras de 2 cm x 2 cm x 3 cm, em três posições radiais: medula (0%), intermediária (50%) e casca (100%). Para determinação da densidade básica foi utilizado o método da balança hidrostática conforme Foelkel et al. (1971).

2.4 Análises Estatísticas e Estimativas de Parâmetros Genéticos

2.4.1 Análises univariadas

Apresenta-se a seguir o modelo matemático e o esquema de análise de variância (Tabela 1)

utilizado nas análises individuais dos caracteres DAP, altura total e densidade básica:

$$Y_{ij} = m + p_j + e_{ij}$$

em que: Y_{ij} é a observação da progênie j no bloco i ; m é a média geral; p_j é o efeito aleatório da progênie j , com $j = 1, 2, \dots, p$; e_{ij} é o efeito do erro experimental.

Tabela 1. Esquema da análise de variância, utilizado na análise dos caracteres DAP, altura total, altura total e densidade básica.

Tabela 1. Variance analysis used in the analysis of the DBH, total height, stem height and basic wood density traits.

FV	GL	QM	E (QM)	F
Progênies (P)	(p-1)	Q_1	$\sigma^2 + r\sigma_p^2$	Q_1/Q_2
Erro (E)	p(r-1)	Q_2	σ^2	-

FV: Fonte de variação; GL: Graus de liberdade; QM: Quadrado médio; E (QM): Esperança do quadrado médio; F: Teste F.

Da análise de variância foram obtidos os componentes de variância pelo método dos momentos e posteriormente estimados os parâmetros genéticos com base em Vencovsky e BARRIGA (1992). Como os parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura total e altura do fuste foram previamente publicadas (Tung et al., 2008), aqui é apresentada a estimativa destes parâmetros apenas para o caráter densidade básica da madeira. Foram estimados os seguintes parâmetros:

a) Estimativa da variância do erro: $\hat{\sigma}^2 = Q_2$;

b) Estimativa da variância genética entre progênies: $\hat{\sigma}_p^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r}$;

c) Estimativa da variância genética aditiva, assumindo que as progênies de polinização aberta são compostas por meios-irmãos: $\hat{\sigma}_A^2 = 4\hat{\sigma}_p^2$;

d) Estimativa da variância fenotípica média:

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{r}$$

e) Coeficiente de variação genética:

$$CV_g = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\bar{x}}$$

f) Coeficiente de variação fenotípica média:

$$CV_F = \frac{100\sqrt{\hat{\sigma}_F^2}}{\bar{x}}$$

g) “quociente de seleção **b**” (Vencovsky, 1978):

$$\hat{b} = \frac{CV_g}{CV_{exp}}$$

h) Coeficiente de herdabilidade em nível de média

$$de\ progênies; \hat{h}_x^2 = \frac{(1/4)\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}^2}{r}}$$

TUNG, E.S.C. et al. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem.

As correlações genéticas e fenotípicas foram obtidas por análise da covariância entre as variáveis de crescimento (DAP, altura e altura do fuste) e densidade da madeira, conforme a Tabela 2 e as equações a seguir:

a) Produto médio de tratamentos (progênies):

$$PM_T = \frac{QM_{t(x+y)} + QM_{t_x} + QM_{t_y}}{2};$$

b) Produto médio do erro:

$$PM_E = \frac{QM_{e(x+y)} + QM_{e_x} + QM_{e_y}}{2};$$

c) Estimativa da covariância entre progênies:

$$C\hat{O}V_{p(x,y)} = \frac{PM_T - PM_E}{r};$$

d) Estimativa da covariância genética aditiva entre x

e y: $C\hat{O}V_{A(x,y)} = 4C\hat{O}V_{p(x,y)};$

e) Estimativa da covariância fenotípica, em nível

de média de progênies: $C\hat{O}V_{\bar{F}(x,y)} = \frac{PM_T}{r};$

h) Estimativa da covariância residual entre x e y:

$$(C\hat{O}V_{res(x,y)}) = PM_E;$$

f) Estimativa da correlação genética aditiva entre x e

y: $r_{A(x,y)} = \frac{C\hat{O}V_{A(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{Ax}^2 \cdot \hat{\sigma}_{Ay}^2}};$

g) Estimativa da correlação fenotípica, em nível de

média de progênies: $r_{\bar{F}(x,y)} = \frac{C\hat{O}V_{\bar{F}(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}x}^2 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{F}y}^2}};$

i) Estimativa de correlação residual:

$$r_{e(x,y)} = \frac{C\hat{O}V_{res(x,y)}}{\sqrt{Q_{ex} \cdot Q_{ey}}}.$$

Tabela 2. Esquema da análise das covariâncias entre as variáveis de crescimento e densidade da madeira.

Table 2. Covariance analysis between growth traits and basic wood density.

FV	QM _x	QM _y	QM _{x+y}	PM	E (PM)
Progênies	Q _{tx}	Q _{ty}	Q _{t(x+y)}	PM _T	COV + rCOV _p
Erro	Q _{ex}	Q _{ey}	Q _{e(x+y)}	PM _E	COV

Obs.: x e y são os caracteres que estão sendo analisados, QM: Quadrados médios; PM: Produto médio; E (PM): Esperança do produto médio.

2.4.2 Análise multivariada

A população de *M. urundeuva* foi também caracterizada por análise multivariada, envolvendo os caracteres silviculturais e densidade básica, sendo fundamentada na estatística D^2 de Mahalanobis (distância generalizada – medida de dissimilaridade). Para a realização dessa análise foi utilizado o Programa Genes (Cruz, 2001), que permitiu discriminar as variáveis que mais contribuíram para a divergência entre as progênies dentro da população. A Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2),

segundo Cruz e Carneiro (2003) foi dada pela expressão: $D_{ii'}^2 = \delta' \Psi^{-1} \delta$, em que: $D_{ii'}^2$ = distância de Mahalanobis entre os genótipos i e i' ; $\delta' = [d_1, d_2, \dots, d_v]$, sendo $d_j = Y_{ij} - Y_{i'j}$; Ψ = matriz de variâncias e covariâncias residuais; Y_{ij} = média do i -ésimo genótipo em relação a i -ésima variável. A partir das matrizes de dissimilaridades, obtidas na distância de Mahalanobis (D^2), foi aplicado o método de otimização de Tocher com o objetivo de reconhecer grupos de progênies homogêneas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Médias e Coeficientes de Variação

A média da densidade básica de *M. urundeuva* encontrada foi de 0,75 g.cm⁻³ (Tabela 3). Florsheim (1992) e Lima (2007) estudando a mesma espécie, encontraram valores de 0,73 g.cm⁻³ (população com 18 anos) e 0,69 g.cm⁻³, (em população natural) respectivamente. As diferenças entre os valores de densidade básica encontrados provavelmente estão relacionados à fenologia, às condições ambientais e à própria variabilidade natural ou, principalmente à idade das árvores. A densidade básica obtida é considerada alta, sendo então classificada como uma madeira pesada (Santos et al., 2008).

Os valores médios encontrados para a densidade básica decresceram da medula (0,80 g.cm⁻³) para a casca (0,71 g.cm⁻³). Este resultado está de acordo com Florsheim (1992) que estudou a variação

radial da densidade básica em uma população de *M. urundeuva* de 18 anos de idade em diferentes espaçamentos e classes de diâmetro, e encontrou valores médios de 0,80 g.cm⁻³ na medula e 0,66 g.cm⁻³ na casca. Tal fato pode estar relacionado à maior frequência de vasos com grande concentração de tilas na medula e à presença de maior teor de extrativos que contribuem para a coloração mais escura, característica da formação do cerne.

A precisão experimental revelada pelo CV_e (coeficiente de variação experimental) para a densidade básica variou de 7,3% a 16,6%, na posição intermediária e casca, respectivamente. Para os coeficientes de variação genética (CV_g) foi encontrada variação de 5,7% a 7,5% respectivamente para a densidade básica nas posições intermediária e casca. As estimativas para o Teste F indicaram que não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância na densidade da madeira entre as posições analisadas.

Tabela 3. Estimativas da média (\hat{m}), coeficiente de variação experimental (CV_e); coeficiente de variação genética (CV_g); da herdabilidade média de progênies (\hat{h}_m^2) e do teste-F (F), para densidade básica nas posições medula, intermediária e casca na altura do DAP de árvores desbastadas de um teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* aos 20 anos de idade, em Selvíria – MS.

Table 3. Estimate of average (\hat{m}), coefficient of experimental variation (CV_e); coefficient of genetic variation (CV_g); average heritability among progenies (\hat{h}_m^2) and F test (F), for basic wood density in the pith position, intermediary and bark in the height of DBH of harvested tree in a *Myracrodruon urundeuva* progeny test at 20 years of age, in Selvíria – MS.

Densidade básica (g.cm ⁻³)	\hat{m}	CV _e (%)	CV _g (%)	\hat{h}_m^2	F
Medula	0,80	9,4	7,2	0,64	2,79
Intermediária	0,75	7,3	5,7	0,64	2,79
Casca	0,71	16,6	7,5	0,11	1,13
Média entre as três posições	0,75	–	–	–	–

3.2 Herdabilidade

Os coeficientes de herdabilidade ao nível de média de progênies (\hat{h}_m^2) variaram de 0,11 a 0,64, para densidade básica das posições casca e medula. Os valores encontrados de herdabilidade

ao nível de média de progênies nas posições medula e intermediária foram iguais. Estes resultados indicam um forte controle genético em nível de progênies para as posições intermediária e medula e sugerem a possibilidade de melhoramento genético por seleção das melhores progênies.

Segundo Zobel e Talbert (1984), a densidade básica da madeira é uma característica ideal para ser manipulada geneticamente por apresentar grande variação entre árvores, alta herdabilidade, baixa interação genótipo x ambiente e pelos altos efeitos sobre a produção e qualidade da madeira. Os resultados aqui obtidos corroboram com a afirmação de Zobel e Talbert (1984) de que este caráter apresenta alto controle genético. Ferreira (1968) estudando a densidade básica da madeira de árvores de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus alba*, concluiu haver alta variabilidade entre as espécies e entre árvores dentro das espécie, sugerindo que para os programas de melhoramento genético deve-se considerar a densidade como variável de seleção de árvores superiores. Os resultados aqui obtidos indicam que se deve considerar para seleção as densidades nas posições medula e intermediária, pois foram as que apresentaram os maiores valores de herdabilidade.

3.3 Distância de Mahalanobis entre Progênies

Observa-se que a progênie 1 (Tabela 4) apresenta maior distância em relação à progênie 14 (22,95) e a menor em relação a progênie 20 (0,32). A distância máxima (43,62) foi encontrada entre as progênies 7 e 14 e a mínima (0,13) entre as progênies 21 e 22. A distância média entre as progênies foi de 7,30. A identificação dos pares mais distantes ou divergentes é um aspecto importante para o melhoramento florestal, uma vez que pode orientar os cruzamentos de genitores para exploração da heterose e obtenção de grandes ganhos na seleção (Allard, 1971; Dias, 1998). A análise multivariada também pode orientar na distribuição espacial das árvores no pomar de sementes, visto que os genitores que produzem descendentes mais divergentes podem ser plantados próximos a fim de favorecer os cruzamentos entre estes e gerar descendentes heteróticos, além de também produzir maior variabilidade genética nas gerações descendentes (Xavier et al., 1996).

Por outro lado, a informação dos pares mais similares é útil em programas de melhoramento, envolvendo retrocruzamento. Nesses programas, o emprego de genitores similares, diferenciados basicamente pelo gene a ser transferido, permite recuperar o genitor recorrente mais rapidamente (Moraes, 2001).

A contribuição relativa de cada um dos caracteres, na obtenção das distâncias D2, encontra-se na Tabela 5. Verifica-se que o caráter altura total foi o mais eficiente em explicar a dissimilaridade genética entre as 28 progênies avaliadas, contribuindo com 62,8% para a dissimilaridade total. Esse resultado é forte indicativo de que o caráter deve ser priorizado na escolha de genitores em programas de melhoramento.

O método de otimização de Toucher tem por finalidade realizar a partição de um conjunto de genótipos em grupos mutuamente exclusivos. Ele adota como critério que as medidas de dissimilaridade dentro de cada grupo devem ser menores que as distâncias médias entre quaisquer grupos (Miranda et al., 2001). Utilizando-se esse método com base na distância generalizada de Mahalanobis, foram detectados 16 grupos distintos, o que possibilitou uma boa discriminação dos genótipos (Tabela 6). Dessa forma, resultados promissores podem ser esperados a partir do cruzamento entre progênies pertencentes a grupos diferentes, como por exemplo, as progênies 1 e 25, pertencentes ao grupo I e XVI, respectivamente.

3.4 Correlações Genéticas e Fenotípicas

As estimativas de correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres silviculturais e a densidade básica da madeira são apontadas na Tabela 7. Verifica-se que houve correlações genéticas e fenotípicas positivas entre todos os caracteres avaliados. As mesmas apresentaram alta magnitude entre a densidade básica da madeira e a altura total (0,83 e 0,75, para correlações genéticas e fenotípicas, respectivamente). Tais resultados sugerem que a seleção indireta para esses caracteres pode ser eficiente e realizada com expectativa de progressos genéticos.

TUNG, E.S.C. et al. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem.

Tabela 4. Estimativas de medidas de dissimilaridade entre pares de progênies de *Myracrodruon urundeuva* obtidas pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2) para os caracteres altura total, altura do fuste, DAP e densidade básica média da madeira.

Table 4. Estimate of dissimilarities measures among *Myracrodruon urundeuva* progenies, obtained by generalized Mahalanobis distance (D^2) for total height, stem height, DBH and basic wood density.

Distâncias genéticas – Mahalanobis (D^2)				
PROG	MAIOR	PROG	MENOR	PROG
1	22,95	14	0,32	20
2	19,39	7	1,69	8
3	27,44	7	0,82	25
4	27,99	14	0,82	12
5	14,33	14	0,32	22
6	20,59	14	1,17	11
7	43,62	14	1,21	9
8	19,71	14	1,43	12
9	39,81	14	0,50	23
10	25,08	7	3,74	28
11	22,56	14	0,79	26
12	25,41	14	0,32	18
13	14,86	7	1,31	5
14	43,62	7	3,51	25
15	21,35	14	1,52	11
16	16,39	14	0,65	22
17	18,89	14	0,17	24
18	28,09	14	0,31	12
19	18,74	14	0,47	20
20	20,36	14	0,32	1
21	14,18	14	0,12	22
22	12,42	14	0,12	21
23	36,36	14	0,50	9
24	20,55	14	0,17	17
25	28,64	7	0,81	3
26	15,48	14	0,79	11
27	17,25	7	1,77	22
28	27,28	7	1,84	25
Máxima	43,62		(7 e 14)	
Mínima	0,13		(21 e 22)	
Média	7,29			

TUNG, E.S.C. et al. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem.

Tabela 5. Contribuição relativa dos caracteres altura total, altura do fuste, DAP e densidade básica média para a dissimilaridade genética entre 28 progênies de *Myracrodruon urundeuva*, baseada na estatística S (Singh, 1981).

Table 5. Relative contribution of the total height, stem height, DBH and basic wood density to genetic dissimilarity among 28 *Myracrodruon urundeuva* progenies, based in the S statistic (Singh, 1981).

Variável	SJ	Valor (%)
Altura total	1731,43	62,78
Altura do fuste	372,26	13,75
DAP	394,12	14,29
Densidade básica média	253,02	9,17

Tabela 6. Padrão de agrupamento de 28 progênies de *Myracrodruon urundeuva* pelo método de Toucher baseado na distância generalizada de Mahalanobis (D^2).

Table 6. Standard grouping of 28 *Myracrodruon urundeuva* progenies by Toucher method, based on the Mahalanobis generalized distance (D^2).

<i>Grupo</i>	<i>Progênies</i>		
I	1	20	
II	2	8	
III	6	18	
IV	7	19	
V	9	26	
VI	22	24	
VII	3	13	
VIII	11	15	23
IX	12	17	
X	21	28	
XI	10	14	
XII	16		
XIII	5		
XIV	27		
XV	4		
XVI	25		

TUNG, E.S.C. et al. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem.

Tabela 7. Estimativas das correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_f), entre os caracteres silviculturais e a densidade básica média da madeira em 28 progênies de *Myracrodruon urundeuva*.

Table 7. Estimates of genetic (r_g) and phenotypic correlations (r_f) among silvicultural traits and basic wood density in 28 *Myracrodruon urundeuva* progenies.

Caracteres	Correlação	Caracteres			
		Altura Total	Altura fuste	DAP	D.b. média
Altura total	r_g	–	0,45	0,21	0,82
	r_f	–	0,24	0,10	0,75
Altura fuste	r_g	0,45	–	0,31	0,50
	r_f	0,24	–	0,05	0,31
DAP	r_g	0,21	0,31	–	0,22
	r_f	0,10	0,05	–	0,26
D.b. média	r_g	0,82	0,50	0,22	–
	r_f	0,75	0,31	0,26	–

4. CONCLUSÕES

A média da densidade básica de *Myracrodruon urundeuva* ($0,75 \text{ g.cm}^{-3}$) no presente teste de progênies é alta e superior à maioria das espécies arbóreas nativas Brasileiras.

O caráter que mais contribuiu para a divergência genética entre progênies foi a altura total.

Existem altas correlações genéticas entre os caracteres estudados.

Recomenda-se a seleção de genitores no teste de progênies, com base no caráter altura total, pois este permite selecionar indiretamente árvores com maior densidade básica da madeira, como forma de maximização dos ganhos de seleção em mais de um caráter.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381 p.

BALLARIN, A.W.; PALMA, H.A.L. Propriedades da resistência e rigidez juvenil e adulta de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 27, p. 371-380, 2003.

BARRICHELO, L.E.G. **Estudos das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar.e Golf. para produção de celulose Kraft**. 1979. 167 f. (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BOVI, M.L.A.; GODOY Jr., G.; SAES, L.A. Correlações fenotípicas entre caracteres da palmeira *Euterpe edulis* Mart. e produção de palmito. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, n.1, 1991.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão: 2. Densidade da madeira x Densidade do carvão. **IPEF**, n. 20, p. 121-126, 1980.

CHIMELO, J. **Anotações sobre anatomia e identificação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1980. (Apostila).

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa-MG: UFV, 2001. 648 p.

_____.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa-MG: UFV, 2003. v. 2, 585 p.

TUNG, E.S.C. et al. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem.

DIAS, L.A.S. Análises multidimensionais. In: ALFENAS, A. C. (Ed.) **Eletrforese de isoenzimas e proteínas afins; fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos**. Viçosa-MG: UFV, 1998. p. 405-475.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa-MG: Imprensa Universitária, 1981. 279 p.

FERNANDES, P.S. **Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. Piracicaba, 1982. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de *E. alba* Reinw e *E. saligna* Smith**. Piracicaba, 1968. 71 f. Tese (Doutorado em Silvicultura) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FLORSHEIM, S.M.B. **Variações da estrutura anatômica e densidade básica da madeira de árvores de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Alemão (Anacardiaceae)**. 1992. 252 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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**, n. 2/3, p. 65-74, 1971.

_____.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. **O Papel**, v. 53, n. 5, p. 35-40, 1992.

GARCIA, J.N. **Defeitos conseqüentes da tensão de crescimento e propriedades da madeira de *Eucalyptus* como indicadores puros para o manejo e melhoramento de floresta para serraria**. 2005. 213 f. Tese (Livre-Docente) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIMA, A.L.A. **Padrões fenológicos de espécies lenhosas e cactáceas em uma área do semi-árido do nordeste do Brasil**. 2007. 71 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Botânica na Universidade Federal Rural de Pernambuco – PPGB/UFRPE, Recife.

LOPES, G.A.; GARCIA, J.N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. **IPEF**, n. 62, p. 13-23, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 368 p.

MIRANDA, G.V. et al. Genetic diversity among elite Brazilian soybean cultivars with narrow genetic base. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, p. 115-23, 2001.

MORAES, M.L.T. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento**. 1987. 115 f. (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

_____. **Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres quantitativos em duas populações naturais de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Alemão - Anacardiaceae (Syn: *Astronium urundeuva* (Fr. Alemão) Engler)**. 1992. 139 f. (Doutorado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

_____. **Variação genética e aplicação da análise multivariada em progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret & Golfari**. 2001. 124 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.

TUNG, E.S.C. et al. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênes de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem.

NOGUEIRA, J.C.B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas**. São Paulo. Instituto Florestal, 1977. 77 p. (Bol. Técn. IF, 24).

QUEIROZ, C.R.A.A.; MORAIS, S.A.L.; NASCIMENTO, E.A. Caracterização dos taninos de aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 485-492, 2002.

RESENDE, M.D.V.; STURION, J.A.; MENDES, S. **Genética e melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguayensis* St. Hil.)**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 3 p. (Documentos, 25).

SANTOS, P.E.T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênes de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético**. 2002. 153 f. Tese (Doutorado em Genética) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, J.A. et al. Caracterização das potencialidades de utilização da madeira de híbridos de eucalipto. **Silva Lusitana**, v. 16, n. 1, p. 63-81, 2008.

SCHACHT, L. **Variação de caracteres e suas implicações para o melhoramento genético da madeira serrada de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. 1998. 58 f. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SEBBENN, A.M. et al. Interação genótipo x ambiente na conservação *ex situ* de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. em duas regiões do estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, v. 11, n. 1, p. 75-79, 1999.

SIMMONDS, N.W. **Principles of crop improvement**. New York: Longman, 1979. 480 p.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, p. 237-45, 1981.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical Methods**. Ames: Iowa State University Press, 1974. 593 p.

TUNG, E.S.C.; FREITAS, M.L.M.; FLORSHEIM, S.B.M. Variação genética para caracteres silviculturais e sobrevivência de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FLORESTAL, 1., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 2008. p. 123-126. (**IF Sér. Reg.**, n. 36, 2008).

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba, Fundação Cargill, 1978. p. 122-99.

_____.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

XAVIER, A. et al. Aplicação da análise multivariada da divergência genética no melhoramento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 20, n. 4, p. 495-505, 1996

ZOBEL, B.J.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley, 1984. 505 p.