

VARIAÇÃO GENÉTICA EM PROGÊNIES DE AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.)
SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE CULTIVO
I - ASPECTOS SILVICULTURAIS¹

Simone Aparecida de OLIVEIRA²

Mario Luiz Teixeira de MORAES³

César Mitsuyoshi KURAMOTO⁴

Ana Cristina Machado De Franco SIQUEIRA⁵

Paulo Yoshio KAGEYAMA⁶

RESUMO

A variabilidade genética de uma população natural de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), proveniente da Estação Ecológica do Instituto Florestal de Paulo de Faria - SP, foi avaliada para fins de conservação genética em diferentes sistemas de plantio. Para tanto, foram instalados dois testes de progênies de aroeira (consorciado com *Guazuma ulmifolia* e *Anandenanthera falcata* - EXP 1 e homogêneo - EXP 2), em março de 1997, em Selvíria - MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 30 tratamentos (progênies) e 3 repetições, tanto no experimento consorciado como no homogêneo. Os caracteres silviculturais avaliados e suas herdabilidades em nível de média, aos 2 anos de idade, para os experimentos 1 e 2 foram, respectivamente: altura total - H (0,36 e 0,00), diâmetro médio da copa - DMC (0,42 e 0,18), forma do fuste - FF (0,50 e 0,00), número de ramificações em relação ao fuste principal - NR (0,16 e 0,44) e diâmetro do fuste com casca à altura de 30 cm do solo - DF (0,33 e 0,00). Na análise conjunta, não houve diferença significativa entre experimentos (exceto para os caracteres de DMC, DF e NR) e na interação progênie x experimento. A população de aroeira utilizada apresentou variabilidade genética para a maioria dos caracteres estudados e a condição de cultivo consorciado foi a mais promissora para o plantio de aroeira.

Palavras-chave: *Myracrodruon urundeuva*; aroeira; variabilidade genética; sistema de plantio; teste de progênies.

1 INTRODUÇÃO

A aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All. - Anacardiaceae) é uma espécie de alto valor econômico, sendo encontrada em quase todo o Brasil.

ABSTRACT

The genetic variability of a natural population of *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), from the Ecological Station of the Forest Institute in Paulo de Faria - SP, was analyzed in order to genetic conservation in different plantation systems. Two tests of aroeira progeny were established (*Guazuma ulmifolia* and *Anandenanthera falcata* associate to aroeira - EXP 1 and homogeneous - EXP 2), in March of 1997, in Selvíria - MS. A randomized completely blocks design, from 30 treatments (family) and 3 replications, and 10 tree-row plots, in both experiments. The silvicultural traits appraised and their heritabilities at the mean level, at 2 years of age, for the experiments 1 and 2 were, respectively: total height - H (0.36 and 0.00), mean crown diameter - DMC (0.42 and 0.18), stem form - FF (0.50 and 0.00), number of branches in relation to main stem - NR (0.16 and 0.44) and stem diameter with bark at the 30 cm from the soil - DF (0.33 and 0.00). In the entirely analysis, no significant differences between experiments (except for the traits DMC, DF and NR) and in the interaction progeny x experiment. The used aroeira population showed genetic variability for the majority of the studied traits and the associated cultivation condition was the most promising for the aroeira plantation.

Key words: *Myracrodruon urundeuva*; aroeira; genetic variability; plantation system; progeny test.

Mas, a exploração desordenada tem provocado sua extinção, ano após ano. Assim, estudos de conservação genética *in situ* ou *ex situ*, associados a práticas de manejo são interessantes para a sobrevivência dessa espécie.

(1) Aceito para publicação em novembro de 2000.

(2) Pós-graduanda em Agronomia da FEIS/UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: simoneap@agr.feis.unesp.br (Bolsista IC/FAPESP)

(3) FEIS/UNESP, Departamento de Fitotecnia, Economia e Sociologia Rural, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

(4) Pós-graduando em Agronomia da FEIS/UNESP, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.

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

(6) ESALQ/USP, Departamento de Ciências Florestais, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

Segundo Nogueira (1977) a aroeira é uma árvore grande, longeva, chegando a ser de primeira magnitude na mata. Aparece tanto nos cerradões como nas matas de boa qualidade. Em formações florestais a espécie parece estar associada a *Piptadenia* spp., *Chorisia speciosa*, *Tabebuia impetiginosa* e *Hymenaea stilbocarpa*. Em florestas secundárias, ela pode ocorrer em "stands" quase puros, com plantas de diferentes idades (FAO, 1986).

Esta espécie é utilizada em sistemas agroflorestais, deixando-a regenerar em pastagens para fornecer sombra ao gado, na produção de madeira serrada e roliça, na produção de energia (carvão e lenha), resina, e também como forrageira e para reflorestamento ambiental (Lacerda & Kageyama, 1997).

Em relação ao hábito de crescimento, a aroeira apresenta geralmente forma péssima em plantio, com fuste curto, crescimento simpodial, não formando fuste principal, e com muitas ramificações mesmo sob espaçamento apertado. A pleno sol, é encontrada em pastagens, geralmente se bifurca a cerca de 2-3 cm do solo, não adquirindo forma vertical e tornando-se muito esgalhada (Carvalho, 1994; Nogueira, 1977).

Em 1979, o Instituto Florestal, dentro do seu Programa de Melhoramento Genético, passou a dar especial atenção à Conservação de Recursos Genéticos de Essências Nativas, em virtude de seu acelerado desaparecimento. Entre estas espécies em vias de extinção estava a aroeira - *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl., que vem sendo preservada por meio de testes de progênies e procedências (Nogueira *et al.*, 1986).

A aplicação dos conceitos genéticos em espécies florestais nativas, segundo Kageyama & Dias (1982), pode ser feita tanto para o manejo das florestas naturais como para a sua conservação genética, assim como para programas de melhoramento genético, dependendo do estágio da silvicultura dessas espécies.

Os estudos fenotípicos e genotípicos entre e dentro de populações, para diferentes caracteres, são as formas mais apropriadas para se determinar a estrutura genética de uma determinada espécie, desde que as sementes colhidas de indivíduos e/ou populações representativas sejam testadas em condições de laboratório, viveiro ou campo, com o controle dos efeitos ambientais por meio de delineamentos experimentais adequados, como são os casos dos ensaios de progênies ou procedências (Kageyama & Dias, 1982).

Com a necessidade do emprego de uma alta intensidade de seleção em curto prazo em espécies florestais, a estimativa de parâmetros genéticos surgiu como uma ferramenta muito importante para a caracterização de populações, necessárias ao estabelecimento de estratégias de melhoramento (Pires, 1984).

O presente trabalho tem como objetivo estimar a variabilidade genética de uma população natural de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), para os principais caracteres silviculturais, além de fornecer informações para o manejo e implantação, dessa espécie, em diferentes sistemas de plantio.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois testes de progênies. O primeiro formado por aroeira em consorciação com mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) e angico-do-campo (*Anadenanthera falcata* Benth. Speg.) sendo que, estas espécies foram plantadas juntamente com as mudas de aroeira as quais, se desenvolveram mais rapidamente sombreando as plantas de aroeira. Este experimento foi denominado "plantio heterogêneo" (EXP 1). O segundo teste foi instalado a pleno sol, sendo chamado "plantio homogêneo" (EXP 2). As mudas de aroeira, nos dois experimentos, foram plantadas com cerca de 20 cm de altura, e as espécies de angico-do-campo e mutambo com cerca de 30 cm de altura.

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, município de Selvíria - MS, com coordenadas geográficas aproximadas de: Latitude 22°22'S, Longitude 51°22'W e 335 metros de altitude, em março de 1997. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, álico e textura argilosa (Demattê, 1980).

As sementes de aroeira utilizadas neste trabalho foram obtidas a partir de 30 árvores de polinização livre, localizadas na Estação Ecológica do Instituto Florestal em Paulo de Faria - SP, sendo colhidas em setembro de 1996. As de mutambo e angico-do-campo foram coletadas na região de Ilha Solteira - SP. As mudas das espécies florestais que fazem parte do experimento foram produzidas em tubetes no Viveiro da Companhia Energética de São Paulo - CESP em Ilha Solteira - SP.

A Estação Ecológica Paulo de Faria localiza-se na região norte do Estado de São Paulo, à margem do rio Grande (Represa de Água Vermelha) divisa com o Estado de Minas Gerais, região do Triângulo Mineiro, pertencente ao município de Paulo de Faria. A área que corresponde à Estação Ecológica é de 435,73 ha, entre as coordenadas 19°55' a 19°58' de latitude S e 49°31' a 49°32' de longitude W. Os solos pertencem à unidade taxonômica Latossolo Roxo, conhecida como Terra Roxa. A vegetação local foi classificada como floresta mesófila semidecídua com variações fisionômicas decorrentes de fatores edáficos e sucessionais (Stranghetti, 1996).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, tanto no plantio heterogêneo como plantio homogêneo. As progênies de aroeira foram plantadas no espaçamento de 3,0 x 3,0 metros para o plantio heterogêneo e de 3,0 x 1,5 metros para o plantio homogêneo, tendo trinta tratamentos (progênies) e três repetições, sendo as parcelas de forma linear com dez plantas. No experimento sombreado cada planta de aroeira ficou entre uma planta de angico e outra de mutambo, a uma distância de 1,5 m, na mesma linha de plantio.

Os caracteres silviculturais avaliados foram: a) altura total (m); b) diâmetro médio da copa (m); c) sobrevivência (%); d) forma do fuste; e) número de ramificações em relação ao fuste principal, e f) diâmetro do fuste com casca à altura de 30 cm do solo (cm). Essas avaliações foram feitas a cada três meses com exceção dos itens "d", "e" e "f", que foram anuais.

Os caracteres das progênies foram avaliados da seguinte maneira:

- a. **Altura total das plantas** - foi avaliada em relação ao maior ramo da copa, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros.
- b. **Diâmetro médio da copa** - foi obtido pela soma dos diâmetros cruzados da copa, tomados através de uma régua graduada em centímetros e divisão do resultado por 2, conforme a fórmula abaixo:

$$DMC = \frac{D_1 + D_2}{2},$$

onde:

DMC é o diâmetro médio da copa, e

D_1 e D_2 são os diâmetros cruzados, sendo D_1 perpendicular a D_2 .

- c. **Sobrevivência** - foi obtida pela contagem de plantas vivas em cada parcela sendo expressa em porcentagem, em relação ao número total de plantas que deveria ter dentro da parcela.
- d. **Forma do fuste** - a forma do fuste principal das plantas foi avaliada através da atribuição de notas às árvores, de acordo com a sua arquitetura. Tendo sido estabelecidas 8 classes conforme a FIGURA 1.
- e. **Número de ramificações em relação ao fuste principal** - foi obtido pela contagem das bifurcações existentes até 75% da altura média total do experimento acima do solo, em cada um dos experimentos. Os dados originais, para efeito de estimativa de parâmetros genéticos foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.
- f. **Diâmetro do fuste com casca à altura de 30 cm do solo** - este caráter foi medido a 30 cm do solo, utilizando um paquímetro graduado em milímetros.

As estimativas dos componentes de variância foram obtidas pelo método dos momentos ou da análise de variância, permitindo se obter a Esperança Matemática dos quadrados médios da análise de variância, igualando-se os QM da análise às suas respectivas Esperanças Matemáticas (Barbin, 1993). A partir destas estimativas obteve-se os parâmetros genéticos para os caracteres quantitativos, analisados em nível de média de parcelas, com base em metodologia descrita por VENCOSKY & BARRIGA (1992). Para tanto, foram realizadas análises individuais em cada um dos testes de progênies, e uma conjunta, envolvendo os dois experimentos (TABELAS 1 e 2).

OLIVEIRA, S. A. de *et al.* Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I - Aspectos silviculturais.

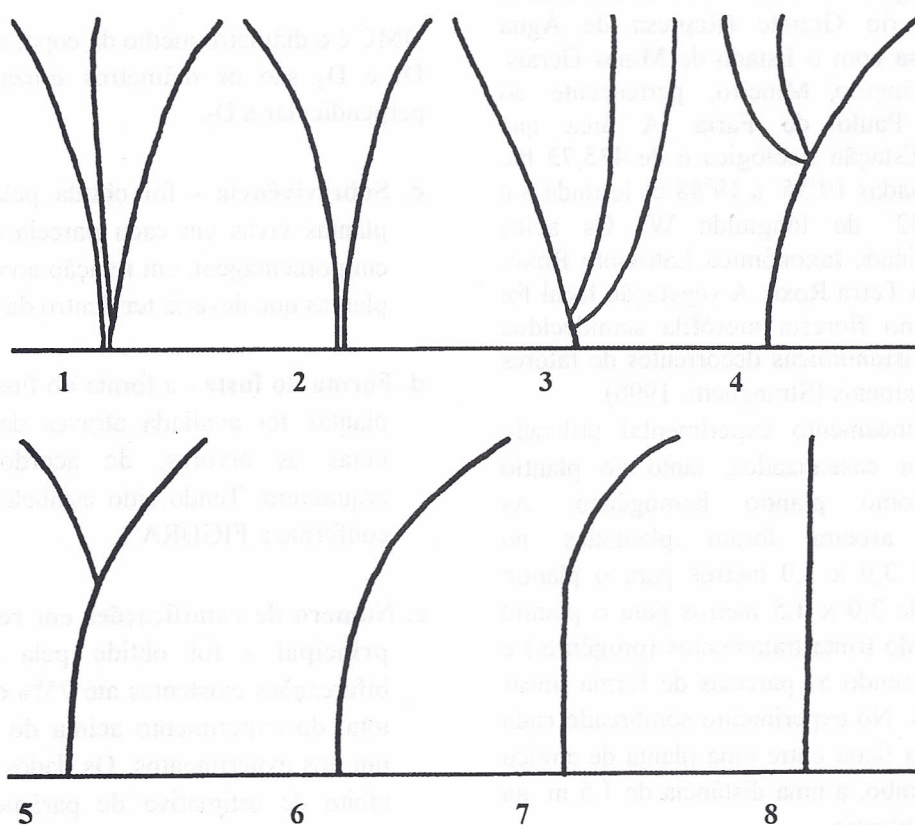


FIGURA 1 - Escala de notas para avaliação de forma de fuste da aroeira para os dois experimentos.

TABELA 1 - Esquema da análise de variância individual, utilizado na análise de cada um dos caracteres silviculturais na população de aroeira de Paulo de Faria - SP, em cada um dos experimentos.

FV	GL	QM	E(QM)	F
Repetições	$r - 1$	Q_1		
Progênies	$p - 1$	Q_2	$(1/\bar{n}) \cdot \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$	Q_2/Q_3
Erro	$(r - 1)(p - 1)$	Q_3	$(1/\bar{n}) \cdot \sigma_d^2 + \sigma_e^2$	
Variância dentro de parcelas	$\sum_{i=1}^p (k - 1)$	Q_4	σ_d^2	

Onde: FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; E(QM) = esperança do quadrado médio; F = Teste F; r = número de repetições; p = número de progênies; \bar{n} = média harmônica do número de plantas por parcela; k = número de plantas por parcela; σ_p^2 = variância genética entre progênies; σ_e^2 = variância do erro entre parcelas; σ_d^2 = variância fenotípica dentro de parcelas.

OLIVEIRA, S. A. de *et al.* Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I - Aspectos silviculturais.

TABELA 2 - Esquema da análise de variância conjunta utilizado na análise de cada um dos caracteres silviculturais na população de aroeira de Paulo de Faria, envolvendo duas situações de manejo, tendo como fonte de variação: repetições dentro de experimentos (R/E), experimentos (E), progênies (P), interação entre experimentos e progênies (E x P) e o erro médio.

FV	GL	QM	E(QM)	F
REP(EXP)	$e(r-1)$	Q_1	$\sigma_e^2 + f\sigma_R^2$	Q_1/Q_5
EXP(E)	$(e-1)$	Q_2	$\sigma_e^2 + f\sigma_R^2 + r\left(\frac{e}{e-1}\right)\sigma_{EP}^2 + rfV_e$	$(Q_2 + Q_5)/(Q_1 + Q_4)$
PROG(P)	$(p-1)$	Q_3	$\sigma_e^2 + er\sigma_P^2$	Q_3/Q_5
E x P	$(e-1)(p-1)$	Q_4	$\sigma_e^2 + r\left(\frac{e}{e-1}\right)\sigma_{EP}^2$	Q_4/Q_5
ERRO MÉDIO	$e(r-1)(p-1)$	Q_5	σ_e^2	—

Onde: FV = fonte de variação; GL = grau de liberdade; QM = quadrado médio; E(QM) = esperança do quadrado médio; F = Teste F; r = número de repetições; e = número de experimentos; p = número de progênies; σ_R^2 = variância entre repetições; σ_e^2 = variância do erro entre parcelas; σ_{EP}^2 = variância da interação progênie x experimento; V_e = efeito fixo para experimento; σ_P^2 = variância genética entre progênies.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises estatística individual e conjunta para os caracteres de altura total (H), diâmetro médio da copa (DMC) e sobrevivência (SOB) analisadas de 3 em 3 meses, e forma do fuste (FF), diâmetro do fuste com casca à altura de 30 cm do solo (DF) e número de ramificações em relação ao fuste principal (NR), aos 12 e 24 meses, são apresentados nas TABELAS 3 e 4.

No plantio heterogêneo (EXP 1) foram obtidas diferenças significativas entre as médias das progênies para os caracteres de H (aos 20 meses), DMC (dos 13 aos 23 meses) e FF (aos 24 meses) (TABELA 3). Já, no plantio homogêneo (EXP 2), as diferenças entre médias de progênies foram significativas para SOB (a 1 mês) e NR (aos 24 meses).

Considerando-se a média das estimativas do coeficiente de variação experimental para cada

um dos caracteres estudados, verifica-se que o EXP 1 apresenta as menores estimativas. Portanto, a competição intra-específica (EXP 2) vem ocasionando mais problemas de controle local do que a interespecífica (EXP 1).

Os valores baixos do coeficiente de variação experimental encontrados para sobrevivência nos dois experimentos devem-se à baixa mortalidade de plantas, dada a rusticidade que esta planta apresenta, pois em muitos locais onde a planta aparentava estar morta, na avaliação seguinte constatava-se a emissão de novas brotações. Tal fato é relatado por Nogueira (1977), que comenta sobre a rebrota da aroeira em pastagens, a céu aberto. Portanto, foi constatado nos dois experimentos que a aroeira possui a capacidade de rebrotar por meio do sistema radicular, se o mesmo ainda estiver em atividade.

TABELA 3 - Estimativa de alguns parâmetros estatísticos para os caracteres silviculturais, em diferentes idades, para a população de aroeira de Paulo de Faria - SP nos experimentos heterogêneo e homogêneo, em Selvíria - MS.

Caráter	Idade (meses)	Experimentos					
		Heterogêneo (1)			Homogêneo (2)		
		\bar{X}	F	CV _{exp} (%)	\bar{X}	F	CV _{exp} (%)
H (m)	7	0,54	1,14	20,6	0,48	0,78	26,6
H (m)	10	1,65	1,45	17,3	1,45	0,82	25,9
H (m)	13	2,71	1,68	14,8	2,57	0,81	21,5
H (m)	18	2,80	1,66	14,7	2,71	0,80	21,3
H (m)	20	3,38	1,68*	14,7	3,17	0,89	20,8
H (m)	23	3,74	1,56	15,3	3,52	0,94	17,1
DMC (m)	7	0,54	1,49	15,3	0,50	1,23	20,2
DMC (m)	10	1,06	1,19	21,7	0,97	1,03	31,3
DMC (m)	13	1,68	1,95*	18,9	1,60	0,90	34,7
DMC (m)	18	1,58	1,70*	20,9	1,53	0,98	33,1
DMC (m)	20	2,00	1,82*	16,8	2,18	1,53	21,0
DMC (m)	23	2,49	1,72*	13,8	3,09	1,22	15,4
SOB (%)	1	98,44	1,45	4,0	99,56	1,91*	1,8
SOB (%)	7	98,56	0,85	4,0	96,89	1,05	6,5
SOB (%)	10	97,56	1,70	4,9	97,33	1,11	5,8
SOB (%)	13	97,67	1,35	4,7	97,56	1,16	5,2
SOB (%)	18	97,44	1,47	4,9	97,44	1,10	5,5
SOB (%)	20	97,44	1,31	5,0	97,22	0,98	5,7
SOB (%)	23	97,44	1,31	5,0	97,22	0,98	5,7
FF	12	4,25	1,38	16,0	3,95	0,72	21,7
FF	24	3,27	2,59**	12,7	3,06	0,78	17,4
DF (cm)	12	1,97	1,33	18,3	1,82	0,82	27,3
DF (cm)	24	3,86	1,49	15,1	4,56	0,97	14,8
NR	12	5,18	1,55	27,6	4,38	0,70	44,1
NR	24	11,68	1,15	18,5	14,56	1,71*	14,2

Onde: CV_{exp} - coeficiente de variação experimental, na estimativa da média geral; * e ** - valores de F significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4 - Estimativas dos valores de F para os efeitos de experimentos (EXP), progênies (PROG) e da interação experimento x progênies (E x P), na análise conjunta dos experimentos de aroeira, em diferentes idades, em Selvíria - MS.

Caráter	Idade (meses)	F.V.		
		EXP	PROG	E x P
H (m)	7	0,93	1,12	0,75
H (m)	10	0,35	1,34	0,88
H (m)	13	1,21	1,25	0,85
H (m)	18	0,16	1,41	0,77
H (m)	20	0,59	1,64*	0,71
H (m)	23	0,55	1,65*	0,82
DMC (m)	7	0,78	1,56	1,11
DMC (m)	10	0,19	1,44	0,88
DMC (m)	13	0,57	1,37	0,81
DMC (m)	18	0,14	1,54	0,85
DMC (m)	20	1,42	2,11**	1,16
DMC (m)	23	21,21**	1,82*	0,96
SOB (%)	1	2,35	1,30	1,76*
SOB (%)	7	2,76	0,86	1,13
SOB (%)	10	0,51	1,24	1,15
SOB (%)	13	0,55	1,63	1,09
SOB (%)	18	0,42	1,55	0,98
SOB (%)	20	0,44	1,29	0,96
SOB (%)	23	0,44	1,29	0,96
FF	12	0,68	1,34	0,61
FF	24	2,80	1,72*	1,20
DF (cm)	12	0,44	1,30	0,69
DF (cm)	24	7,49*	1,65*	0,74
NR	12	1,28	1,11	0,89
NR	24	34,80**	1,47	1,37

* e ** - valores de F significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Em relação à média geral dos caracteres (TABELA 3), observa-se que foram maiores para H, SOB, FF, em todas as idades, aos 12 meses para DF e NR e para DMC (de 7 aos 18 meses), no experimento 1 comparado ao 2. Já no experimento 2, as maiores médias foram para DMC (aos 20 e 23 meses), DF e NR (aos 24 meses). Assim, o caráter altura, nos experimentos estudados, teve melhor desempenho comparado aos resultados de Moraes *et al.* (1993), Freitas (1999), Fonseca *et al.* (1998) e Gurgel Garrido *et al.* (1997), os quais obtiveram uma altura média de 3,09 m de altura aos 3 anos de idade.

Pela análise conjunta, para cada idade (TABELA 4), houve diferença significativa entre os experimentos para os caracteres de DMC (aos 23 meses), DF (aos 24 meses) e NR (aos 24 meses),

sendo que a interação experimento x progênie não apresentou significância, exceto para SOB a 1 mês. Segundo Allard (1971), Quando não há interação genótipo por ambiente, significa que os genótipos tiveram o mesmo comportamento em todos os ambientes. Portanto, o experimento 2 favoreceu um maior desenvolvimento da copa aroeira e maior diâmetro do fuste, assim como um aumento no número de ramificações na espécie estudada. Este fato pode ser explicado pelo tombamento da maior parte das plantas, além da falta de competição por luz com outras espécies, no experimento 2. Além disso, no caso do EXP 1, as espécies pioneiras tutoraram o crescimento apical, produzindo possivelmente a disponibilidade de energia para galhos laterais.

As estimativas de alguns parâmetros e variâncias genéticas para todos os caracteres e idades, exceto para sobrevivência, estão na TABELA 5.

Os coeficientes de variação genética (CV_g) variaram de 4,4% a 7,0% para H, 5,5% a 10,6% para DMC, 5,7% a 7,34% para FF, 6,1% para DF e 2,4% a 5,9% para NR, no experimento 1 (TABELA 5). Estes valores de coeficiente de variação genética podem ser comparados com a maioria das espécies nativas citadas na literatura (Giannotti *et al.*, 1982; Souza *et al.*, 1998; Siqueira *et al.*, 1993; Freitas, 1999). Já no experimento 2, devido às variâncias negativas não foi possível estimar o CV_g para os caracteres de H, FF e DF sendo que, para DMC, quando estimados os resultados variaram de 3,3% a 8,9%.

O valor estimado de CV_g aos 24 meses para NR foi de 3,6%. Kageyama *et al.* (1993), Pires & Kageyama (1985) encontraram resultados nulos ou próximos de zero para algumas espécies nativas, sendo uma das possíveis causas o baixo número de repetições utilizados nestes estudos. Por outro lado, Rezende (1999) cita que as estimativas dos componentes de variância obtidos a partir de análise de variância (quadrados mínimos) são enviesadas pela seleção feita de forma indireta quando da obtenção das progênies. Assim, o autor sugere que o método iterativo denominado Máxima Verossimilhança Restrita (REML) é o mais adequado, por propiciar estimativas não-enviesadas de componentes de variância.

TABELA 5 - Estimativa de alguns parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais, em diferentes idades, para a população de aroeira de Paulo de Faria - SP, nos experimentos 1 e 2, em Selvíria - MS.

Caráter	I	Experimentos							
		Heterogêneo (1)				Homogêneo (2)			
		CV_g	\hat{b}	\hat{h}_m^2	$s(\hat{h}_m^2)$	CV_g	\hat{b}	\hat{h}_m^2	$s(\hat{h}_m^2)$
H (m)	7	4,4	0,22	0,12	0,27	-	-	0,28	0,40
H (m)	10	6,7	0,39	0,16	0,21	-	-	0,00	0,38
H (m)	13	7,1	0,47	0,40	0,19	-	-	0,00	0,39
H (m)	18	6,9	0,47	0,40	0,19	-	-	0,00	0,39
H (m)	20	7,0	0,47	0,40	0,19	-	-	0,00	0,35
H (m)	23	6,6	0,43	0,36	0,20	-	-	0,00	0,33
DMC (m)	7	6,2	0,91	0,33	0,21	5,6	0,27	0,18	0,25
DMC (m)	10	5,5	0,25	0,16	0,26	3,3	0,10	0,03	0,30
DMC (m)	13	10,6	0,56	0,49	0,16	-	-	0,00	0,35
DMC (m)	18	10,1	0,48	0,41	0,18	-	-	0,00	0,32
DMC (m)	20	8,8	0,52	0,44	0,17	8,9	0,42	0,35	0,20
DMC (m)	23	6,8	0,49	0,42	0,18	4,1	0,27	0,18	0,26
FF	12	5,7	0,36	0,27	0,23	-	-	0,00	0,43
FF	24	7,3	0,58	0,50	0,16	-	-	0,00	0,40
DF (cm)	12	6,1	0,33	0,25	0,23	-	-	0,00	0,38
DF (cm)	24	6,1	0,40	0,33	0,21	-	-	0,00	0,32
NR	12	5,9	0,41	0,34	0,21	-	-	0,00	0,43
NR	24	2,4	0,26	0,16	0,26	3,6	0,52	0,44	0,17

Obs.: I - idade em meses.

As estimativas de herdabilidade em nível de média (\hat{h}_m^2), no experimento 1 (TABELA 5), foram baixas dos 6 aos 12 meses de idade e alcançaram valores médios a partir dos 13 meses para os caracteres de H, DMC, FF e DF, enquanto para NR esses valores foram decrescente dos 12 aos 24 meses. No experimento 2, a \hat{h}_m^2 foi baixa ou nula para todas os caracteres, exceto para NR aos 24 meses em que o valor foi médio. Portanto, verifica-se que o manejo de plantas utilizado no experimento 1 foi mais favorável à estimativa de parâmetros genéticos, pois neste experimento não houve a ocorrência de estimativas de variâncias negativas. É possível que o ambiente criado pelo consórcio das espécies tenha permitido uma melhor expressão genética dos caracteres. Verifica-se inclusive, na TABELA 3 que o controle ambiental foi mais eficiente no EXP 1. Estes resultados podem ser comparados com algumas espécies nativas citadas por Pires & Kageyama (1985), Sebbenn *et al.* (2000), Moraes *et al.* (1996), Fonseca *et al.* (1998), em que a herdabilidade foi baixa (0,00 a 0,40) ou média (0,41 a 0,65).

O quociente entre CV_g e CV_{exp} (\hat{b}), no experimento 1, teve valores crescentes com o desenvolvimento da aroeira para todos os caracteres, exceto para DMC e NR em que o mesmo caiu com a idade (TABELA 5). No experimento 2, não foi possível estimar o quociente entre CV_g e CV_{exp} para a maioria dos caracteres. Quando estimados foram baixos (DMC) e médio (crescente para NR). Segundo Vencovsky & Barriga (1992), este quociente indica o potencial do caráter para seleção. Assim, a FF foi o caráter que apresentou o maior quociente entre CV_g e CV_{exp} (0,58), o que indica que este caráter responderia bem a um processo de seleção para a melhoria do fuste da aroeira em plantios consorciados.

A presença de estimativas negativas para a $\hat{\sigma}_p^2$, aliada ao fato do experimento 2 apresentar um maior coeficiente de variação experimental (CV_{exp}), ocasionou problemas para uma perfeita interpretação das estimativas dos parâmetros genéticos encontradas nos experimentos. Tal fato pode estar ligado à forma com que a aroeira é encontrada na natureza, ocorrendo sempre em consórcio com outras espécies como é o caso do

fragmento florestal existente na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, onde ela ocorre junto com angico e mutambo.

Pela TABELA 5 pode-se notar que os valores encontrados no experimento de aroeira consorciada com angico e mutambo, para os caracteres H, DMC e DF, apresentam uma tendência de estabilização das estimativas do CV_g e \hat{h}_m^2 , enquanto para FF tendem a aumentar e para NR há queda destes valores.

Porém, o mesmo já não ocorre em relação ao experimento a pleno sol, pois devido ao sistema de plantio utilizado, o mesmo vem apresentando um maior CV_{exp} e, conseqüentemente, o problema de estimativa de variância negativa, que foram consideradas iguais a zero. Assim, ainda não se tem condição de saber qual a tendência destes parâmetros, exceto para NR que tende a aumentar as estimativas do CV_g e \hat{h}_m^2 .

Vencovsky & Barriga (1992) afirmam que os parâmetros genéticos de um mesmo caráter podem alterar-se com a idade, devido ao fenômeno da interação dos genótipos com os ambientes, no caso função da interação das progênies com as idades.

As estimativas das correlações genéticas aditivas (r_A) e das correlações fenotípicas em nível de média de progênies ($r_{\bar{F}}$), envolvendo pares de caracteres em todas idades, exceto para sobrevivência, estão na TABELA 6.

As correlações genéticas aditivas (r_A), para o experimento 1, foram de baixas a médias para a combinação de H e DMC, baixas para H combinada com FF e NR, baixas e negativas para DMC com FF e altas para as combinações H com DF e DMC com DF e NR. No experimento 2, não foi possível estimar este parâmetro, pois quando estimado ele apresentou-se negativo.

As correlações fenotípicas em nível de média de progênies ($r_{\bar{F}}$), para os experimentos, apresentaram-se de médias a altas para todas as combinações, exceto para os pares H e FF, DMC e FF que mostraram valores baixos e negativos. Portanto, verifica-se que a correlação existente entre os caracteres se deve mais a efeitos ambientais do que genéticos, principalmente no experimento 2.

TABELA 6 - Estimativa de correlações genéticas (r_A) e fenotípicas ($r_{\bar{F}}$) para os caracteres silviculturais, em diferentes idades, para a população de aroeira de Paulo de Faria - SP, nos experimentos 1 e 2, em Selvíria - MS.

Caráter	Idade (meses)	Experimentos			
		Heterogêneo (1)		Homogêneo (2)	
		r_A	$r_{\bar{F}}$	r_A	$r_{\bar{F}}$
H vs DMC	7	0,04	0,64	-	0,87
H vs DMC	10	0,36	0,71	-	0,81
H vs DMC	13	0,60	0,73	-1,23	0,75
H vs DMC	18	0,46	0,67	-	0,67
H vs DMC	20	0,35	0,61	-	0,74
H vs DMC	23	0,11	0,47	-	0,58
H vs FF	12	0,23	-0,25	-	-0,10
H vs FF	24	0,11	-0,03	-	-0,22
H vs DF	12	0,89	0,89	-	0,96
H vs DF	24	1,03	0,83	-	0,81
H vs NR	12	0,04	0,51	-	0,72
H vs NR	24	0,16	0,44	-	0,40
DMC vs FF	12	-0,27	-0,49	-	-0,40
DMC vs FF	24	-0,21	-0,24	-	-0,36
DMC vs DF	12	0,69	0,82	-	0,81
DMC vs DF	24	0,62	0,79	-	0,79
DMC vs NR	12	0,66	0,72	-	0,78
DMC vs NR	24	0,89	0,66	-0,45	0,05

(-) Não foi possível obter estas estimativas.

Vencovsky & Barriga (1992) afirmam que, quando vários caracteres são avaliados num mesmo indivíduo, é certo que todos eles serão afetados pelas condições ambientais em que este indivíduo se desenvolveu. Assim, as variações de ambiente, num conjunto de plantas, podem provocar correlações entre os caracteres, positivas ou negativas, de natureza unicamente ambiental.

Por meio da TABELA 6 observa-se que as correlações fenotípicas ($r_{\bar{F}}$), em nível de média

de progênies, apresentaram-se superiores às correlações genéticas aditivas (r_A), para a maioria dos caracteres, exceto para H vs FF, H vs DF, DMC vs NR aos 24 meses e DMC vs FF, que tiveram correlações negativas. Portanto, nos dois experimentos, o efeito ambiental foi maior que o genético, sendo mais acentuado no experimento de aroeira a pleno sol, o qual teve as estimativas de parâmetros genéticos prejudicadas.

OLIVEIRA, S. A. de *et al.* Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I - Aspectos silviculturais.

4 CONCLUSÕES

O estudo da variação genética e da herança em progênies de aroeira sob duas diferentes condições de cultivo, permitiu as seguintes conclusões:

- os caracteres estudados apresentaram um comportamento diferenciado quanto à competição inter e intra-específica;
- os caracteres altura, forma e diâmetro do fuste revelaram bom potencial para seleção;
- o experimento de aroeira consorciado com angico e mutambo representa uma condição mais próxima do que ocorre nos ecossistemas onde a aroeira se desenvolve naturalmente; já o experimento de aroeira a pleno sol é um ambiente inadequado para a espécie. Este fato, foi evidenciado nas estimativas de parâmetros genéticos, em que apareceram variâncias negativas no segundo caso, e
- o acompanhamento periódico na estimativa de parâmetros genéticos e estatísticos em aroeira foi importante para fornecer subsídios para o entendimento de sua estrutura genética/herança e sistema de plantio.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de iniciação científica concedida.

Aos pesquisadores do Instituto Florestal Raul Olivares de Castro e José Eduardo de Arruda Bertoni e aos funcionários da Estação Ecológica Paulo de Faria e da FEIS/UNESP pelo apoio na coleta e fornecimento das sementes de aroeira das populações estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W. **Princípios de melhoramento genético das plantas.** São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.
- BARBIN, D. **Componentes de variância: teoria e aplicações.** Piracicaba: FEALQ, 1993. 120p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas; Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994. 640p.

- DEMATTE, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. 114p. (mimeog.)
- FAO. **Databook on endangered tree and shrub species and provenances.** Rome: FAO, 1986. p.116-25.
- FONSECA, A.J *et al.* Teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., *Astronium fraxinifolium*, e *Terminalla argentea* em consórcio. **Genetics and Molecular Biology**, v.21, n.3, supl., p.254, 1998.
- FREITAS, M.L.M. **Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) - Anacardiaceae - em diferentes sistemas de plantio.** Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 1999. 95p. (Dissertação de Mestrado)
- GIANNOTTI, E. *et al.* Variação genética entre procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, Campos do Jordão, 1982. São Paulo: Unipress, 1982. pt.2, p.970-75.
- GURGEL GARRIDO, L.M. do A. *et al.* Efeitos do sombreamento no crescimento da aroeira - *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Rev. Inst. Flor.**, v.9, n.1, p.47-56, 1997.
- KAGEYAMA, P.Y. *et al.* Teste de progênie combinado de espécies pioneiras e climácicas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, Curitiba, 1993. **Anais.** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p.473-5.
- KAGEYAMA, P.Y.; DIAS, I.S. Aplicação da genética em espécies florestais nativas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, Campos do Jordão, 1982. São Paulo: Unipress, 1982. pt.2, p.782-91.
- LACERDA, C.M.B.; KAGEYAMA, P.Y. A aroeira no semi-árido. **Informativo sementes IPEF**, n.1, p.6-7, 1997.
- MORAES, M.L.T.; CAMBUIM, J.; KAGEYAMA, P.Y. Variabilidade genética em duas populações naturais de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) consorciada com candiúba (*Trema micrantha* (L) Blum.). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, Curitiba, 1993. **Anais.** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p.767-8.
- _____; ANDRADE, J.A.C.; KAGEYAMA, P.Y. Variabilidade genética entre populações de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) em consórcio com candiúba (*Trema micrantha* L.). **Revista Brasileira de Genética**, v.19, n.3, supl., p.198, 1996.

OLIVEIRA, S. A. de *et al.* Variação genética em progênes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I - Aspectos silviculturais.

NOGUEIRA, J.C.B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas.** São Paulo: Instituto Florestal, 1977. 74p. (Bol. Técn. IF, 24)

NOGUEIRA, J.C.B. *et al.* Testes de progênes e procedências da aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.). **Bol. Técn. IF**, v.40A, p.367-375, 1986.

PIRES, I.E. **Variabilidade genética em progênes de uma população de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw) Dc - na região de Soledade - Paraíba.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1984. 93p. (Dissertação de Mestrado)

_____; KAGEYAMA, P.Y. Caracterização da base genética de uma população de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw) Dc - existente na região de Soledade - PB. **IPEF**, v.30, p.29-36, 1985.

REZENDE, M.D.V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Ed.) **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa: UFV, 1999. p.589-647.

SEBBENN, A.M. *et al.* Variabilidade genética e interação genótipos x locais em jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. **Rev. Inst. Flor.**, v.12, n.1, p. 13-23, 2000.

SIQUEIRA, A.C.M. De F.; NOGUEIRA, J.C.B.; KAGEYAMA, P.Y. Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cumbaru (*Dipteryx alata*) Vog. - Leguminosae. **Rev. Inst. Flor.**, v.5, n.2, p.231-43, 1993.

SOUZA, R.S. *et al.* Variação genética em progênes de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott) sob *Pinus kesiya*. **Genetics and Molecular Biology**, v.21, n.3, supl., p.254, 1998.

STRANGHETTI, V. **Levantamento florístico das espécies vasculares de uma floresta estacional no norte do Estado de São Paulo, Estação Ecológica de Paulo de Faria.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1996. 164p. (Tese de Doutorado)

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.