

VARIAÇÃO GENÉTICA EM POPULAÇÕES NATURAIS DE AROEIRA EM DOIS SISTEMAS DE PLANTIO¹

Camila Regina Silva BALERONI²
Patrícia Ferreira ALVES³
Eduardo Breno Ribeiro dos SANTOS³
José CAMBUIM⁴
João Antonio da Costa ANDRADE⁵
Mário Luiz Teixeira de MORAES⁶

RESUMO

A estimativa de parâmetros genéticos em espécies nativas arbóreas é de fundamental importância para subsidiar programas de melhoramento e conservação genética. Assim, estimou-se parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais altura, diâmetro à altura do peito, forma e diâmetro médio da copa em dois sistemas de plantio de aroeira: a) plantio homogêneo, envolvendo populações de Selvíria-MS e Bauru-SP, na forma de testes de progênies, instalados em dezembro de 1987, e b) plantio consorciado: aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) com candiúba (*Trema micrantha*) constituído pelas populações de Selvíria-MS e Aramina-SP, também em forma de testes de progênies, instalados em fevereiro de 1992. Todos os testes estão localizados na FEP-FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados. As estimativas de herdabilidade mostraram possibilidades de seleção nas populações de aroeira. Em ambos os sistemas de plantio a maior proporção da variação genética foi encontrada dentro de populações. O plantio consorciado proporcionou menores erros experimentais e uma estimativa de parâmetros genéticos mais robusta, o que recomenda o uso de um consórcio de espécies afins em testes de progênies com espécies arbóreas nativas, principalmente no que se refere à aroeira.

Palavras-chave: *Myracrodruon urundeuva*; conservação genética; teste de progênies; parâmetros genéticos.

ABSTRACT

The estimation of genetic parameters in forest native species is important to supply subsidies in programs of improvement and genetic conservation. Thus, the genetic parameters for silvicultural traits height, DBH, form and average diameter of the canopy was studied in two systems of aroeira plantation: a) the homogeneous plantation, involving populations of Selvíria-MS and Bauru-SP, in form of progeny tests, installed in December, 1987, and b) joined plantation: aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) with candiúba (*Trema micrantha*) constituted by the populations of Selvíria-MS and Aramina-SP, also in form of progeny tests, installed in February, 1992. All the tests are located in the FEP-FEIS/UNESP, in Selvíria-MS. The experimental delineation used was randomized blocks. The estimations of heritability had shown possibilities of selection in the aroeira populations. In both plantation systems the biggest ratio of the genetic variation was found inside of populations. The joined plantation provided minors experimental errors and a more robust estimation of genetic parameters that recommends the use of similar species in progeny tests with native forest species, mainly for aroeira.

Key words: *Myracrodruon urundeuva*; genetic conservation; progeny test; genetic parameters.

(1) Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada em 27/07/03 à Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira e aceita para publicação em novembro de 2003.

(2) Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. E-mail: milbaleroni@ig.com.br (Bolsista da FAPESP).

(3) Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

(4) Fazenda de Ensino e Pesquisa, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

(5) Departamento de Biologia e Zootecnia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

(6) Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - UNESP, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil Centro, 56, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies que mais vêm sofrendo interferência humana está a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), espécie arbórea pertencente à família Anacardiaceae que foi descrita como heliófita, seletiva xerófila, característica de terrenos secos e rochosos, ocorrendo em agrupamentos densos, produzindo madeira de alta qualidade utilizada em construções rurais e civis. Ainda que seja encontrada abundantemente no Brasil, não está livre da eliminação de populações inteiras. Para a tentativa de melhorar essa situação vêm sendo desenvolvidos estudos para que se possa garantir a sobrevivência da espécie, o que exige o conhecimento da estrutura genética das populações existentes de forma que possam ser propostas estratégias de conservação. Um dos caminhos é a utilização da genética quantitativa, estimado-se parâmetros genéticos para alguns caracteres silviculturais. No entanto, vêm sendo encontrados alguns obstáculos para se ter conhecimento dessa estrutura devido à complexidade de ecossistemas florestais e ainda existem dificuldades para obtenção de dados e elaboração de bons indicadores para o monitoramento de mudanças causadas pela atividade antrópica (Gandara & Kageyama, 1998).

A variabilidade genética existente em uma população é a ferramenta básica do melhorista e o conhecimento de sua distribuição entre e dentro de famílias de meios-irmãos é de fundamental importância para se definir as estratégias de melhoramento a serem aplicadas à população, sendo necessária a estimativa de parâmetros genéticos e não genéticos (Sebbenn *et al.*, 1999).

Para que os recursos genéticos sejam manejados é importante que se entenda como a variância genética é distribuída e quais os caracteres do meio ambiente ou da espécie que influenciam essa distribuição. Assim, a variação genética entre e dentro de populações de aroeira vem sendo estudada, principalmente, através da análise de caracteres quantitativos, sendo que a maioria dos resultados encontrados até o momento indica que a maior parte da variação genética está dentro de populações, houve pouca entre as populações estudadas. Esses resultados têm grande importância, tanto para a coleta de sementes na amostragem de populações como na condução de programas de conservação genética *in situ* e *ex situ* da aroeira, conforme relatado por Fonseca (2000), ao verificar a variação genética em populações naturais de aroeira em sistema agroflorestal.

A determinação do sistema reprodutivo das espécies florestais nativas, ou a forma como os indivíduos recombina ou não seus genes numa população, deve ser o primeiro passo a ser seguido para o conhecimento genético de uma espécie (Kageyama & Dias, 1982). A forma de reprodução determina, em parte, a estrutura genética espacial e temporal das populações (Hamrick, 1983). Seu conhecimento é de fundamental importância em programas de melhoramento e conservação genética e a adoção de modelos genéticos estatísticos adequados para a estimativa de parâmetros genéticos. Desse modo, observa-se que populações que ocorrem onde a vegetação é mais contínua apresentam taxas menos expressivas de autofecundação, enquanto as populações do ambiente mais fragmentado e com altas pressões antrópicas apresentam valores não desprezíveis de taxas de autofecundação. Isso pode sugerir um aumento gradual de autocompatibilidade genética como estratégia de geração de descendência em ambiente florestal fragmentado (Costa & Scariot, 2003).

O presente trabalho teve por objetivos: a) estimar parâmetros genéticos, para os principais caracteres silviculturais em testes de progênies de populações de aroeira, instalados em dois sistemas de plantio, e b) verificar a distribuição da variação genética entre e dentro de populações de aroeira.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As populações de aroeira foram estudadas em dois sistemas de plantio na Fazenda de Ensino e Pesquisa - Campus de Ilha Solteira, no município de Selvíria-MS. O primeiro trata-se de um plantio homogêneo, ou seja, só aroeira no espaçamento de 3 x 3 m. Nesse sistema, foram instalados dois testes de progênies, em dezembro de 1987, envolvendo 28 progênies das populações de aroeira de Bauru - SP e Selvíria - MS, sendo que cada um dos testes possuía três repetições e dez plantas por parcela, na forma linear. O segundo sistema é um plantio consorciado, sendo que a aroeira também foi plantada no espaçamento de 3 x 3 m, porém cada planta ficou no centro de quatro plantas de candiúba (*Trema micrantha*), espécie tida como pioneira, conforme Kageyama *et al.* (1990). Os dois testes de progênies envolvidos neste sistema, correspondem às populações de Aramina - SP e Selvíria - MS. Esses testes de progênies foram instalados em fevereiro de 1992, utilizando-se 25 progênies para cada população, seis repetições e oito plantas por parcela na forma linear. O delineamento experimental utilizado nos testes de progênies, em ambos os sistemas de plantio, foi o de blocos casualizados.

Os caracteres silviculturais avaliados nos testes de progênies, em todas as plantas de cada parcela, foram: a) altura de plantas (ALT), obtida através do Vertex; b) diâmetro à altura do peito (DAP), o qual foi obtido através de medidas realizadas com o paquímetro; c) diâmetro médio da copa (DMC), que foi obtido através da estimativa da média entre as medidas da projeção da copa na linha e nas entrelinhas do plantio; d) sobrevivência (SOB); e) forma do fuste (FF), a qual foi avaliada através de uma escala de notas, variando de 1 (pior qualidade) a 10 (melhor qualidade), e f) circularidade basal (CIB) que corresponde à correlação entre duas medidas perpendiculares do DAP, obtida em nível de parcela.

Os caracteres referentes aos itens “a”, “b” e “c” foram estimados em 2001 e 2002; os referentes aos itens “d” e “e”, apenas em 2001 e o item “f” apenas em 2002.

As estimativas de parâmetros genéticos e estatísticos para os caracteres silviculturais analisados foram obtidas em nível de média de parcelas, baseando-se em Vencovsky & Barriga (1992). Uma análise conjunta envolvendo os dois testes de progênies, em cada sistema de plantio, foi realizada, em nível de média de famílias, para se fazer a comparação entre as populações.

As análises de variância com as fontes de variação e as esperanças dos quadrados médios, referentes às análises individuais e conjuntas são apresentadas nas TABELAS 1 e 2 considerando-se os efeitos de famílias e populações como aleatório.

TABELA 1 – Esquema da análise de variância individual, utilizado na análise de cada um dos caracteres estudados nas duas populações de aroeira, tendo como fonte de variação repetições (R), progênies (P) e o erro (E).

FV	GL	QM	E(QM)	F
Repetições	(r - 1)	Q ₁	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + p\sigma_r^2$	Q ₁ /Q ₃
Progênies	(p - 1)	Q ₂	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_p^2$	Q ₂ /Q ₃
Erro entre	(r - 1)(p - 1)	Q ₃	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2$	–
Erro dentro*	(k - 1)pr	Q ₄	σ_d^2	–

(*) Obtido fora da análise de variância, conforme Kageyama (1980).

TABELA 2 – Esquema da análise de variância conjunta, utilizado na análise de cada um dos caracteres estudados, nas duas populações de aroeira, apresentando as seguintes fontes de variação: repetições/populações (R/S), populações (S), progênies/populações (P/S) e o erro médio (E/S).

FV	GL	QM	E(QM)	F**
R/S	(r - 1)s	Q ₁	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + p\sigma_r^2$	Q ₁ /Q ₄
S	(s - 1)	Q ₂	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_{p/s}^2 + p\sigma_r^2 + pr\sigma_s^2$	(Q ₂ +Q ₄)/(Q ₁ +Q ₃)
P/S	(p - 1)s	Q ₃	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + r\sigma_{p/s}^2$	Q ₃ /Q ₄
E/S	(p - 1)(r - 1)s	Q ₄	$(1/\bar{n})\sigma_d^2 + \sigma_e^2$	–
D*	(k - 1)prs	Q ₅	σ_d^2	–

(*) Obtido fora da análise de variância, conforme Kageyama (1980).

(**) Estimativa obtida com base em Vencovsky & Barriga (1992).

Nas estimativas de parâmetros genéticos considerou-se o sistema reprodutivo da espécie como sendo constituído por dois modelos: a) alogamia, admitindo-se que as progênies de polinização livre foram geradas por cruzamentos aleatórios em uma população sem parentesco e não endogâmica. Os indivíduos dentro de progênies possuem um parentesco de meios-irmãos ($\hat{r}_{xy} = 0,250$) e a relação entre a variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) e a variância genética entre progênies ($\hat{\sigma}_P^2$) foi considerada como

$$\hat{\sigma}_A^2 = \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\hat{r}_{xy}} \quad \therefore \quad \hat{\sigma}_A^2 = 4 \hat{\sigma}_P^2,$$

onde: \hat{r}_{xy} é o coeficiente de correlação intraclasse, e

b) modelo de reprodução mista, supondo que as progênies foram geradas em parte por cruzamentos aleatórios e em parte por cruzamentos biparentais. Também foi assumida a não-ocorrência de parentesco na geração parental e que a taxa de cruzamento foi homogênea para todas as árvores maternas. A variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), nesse caso, foi estimada como:

$$\hat{\sigma}_A^2 = \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\hat{r}_{xy}} \quad \therefore \quad \hat{\sigma}_A^2 = 2,6882 \hat{\sigma}_P^2,$$

onde: $\hat{r}_{xy} = 0,3720$, obtido por Freitas (2003).

A distribuição da variação genética entre e dentro de populações foi obtida com base no trabalho de Hamrick (1976) que propõe relações que dão informações a respeito da variância genética entre e dentro de populações em relação a total: a) $\hat{\sigma}_S^2 / \hat{V}_G$, que corresponde à proporção da variância entre populações ($\hat{\sigma}_S^2$) em relação a total (\hat{V}_G), onde: $\hat{V}_G = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_{p/s}^2 + \hat{\sigma}_s^2$, e b) $\hat{\sigma}_{p/s}^2 / \hat{V}_G + \hat{\sigma}_d^2 / \hat{V}_G$, cuja relação corresponde à proporção da variância dentro de populações em relação a total, onde $\hat{\sigma}_{p/s}^2$ é a variância entre progênies dentro de populações, e $\hat{\sigma}_d^2$ é a variância fenotípica dentro de parcelas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TABELA 3, encontram-se as estimativas de média, índice de variação (IV) e do teste F, para o sistema de plantio homogêneo, onde se pode verificar que a aroeira apresentou, em ambas as populações, uma sobrevivência superior a 82%. Quanto ao desempenho de campo, a população de Bauru apresentou maior desenvolvimento em quase todos os caracteres silviculturais estudados em relação à população de Selvíria, porém não foram encontradas diferenças significativas entre as populações (TABELA 9). Tais resultados, demonstram que a influência microambiental foi maior na população de Bauru. Cestare (2000), nessas mesmas populações, obteve uma média de ALT aos doze anos e meio de 7,64 m e 8,80 m para as populações de Selvíria e de Bauru, respectivamente.

Nas análises individuais apenas o DMC, na população de Selvíria, apresentou diferença significativa entre progênies. Quanto à forma, a espécie apresentou médias muito baixas sendo 4,32 para a população de Selvíria e 4,85 para a população de Bauru. Isto reflete o grande número de bifurcações e tortuosidade do fuste.

Na TABELA 4, são apresentados os resultados do sistema consorciado onde se pode verificar que a população de aroeira de Aramina-SP apresentou maiores médias para os caracteres silviculturais em relação à população de Selvíria. Os valores do índice de variação foram baixos para sobrevivência nas duas populações. Isso se deve à baixa mortalidade de plantas, dada a rusticidade que esta planta apresenta. Tal fato é relatado por Nogueira (1977), que comenta sobre a rebrota da aroeira em pastagens.

Nas análises individuais verifica-se que houve diferença significativa para os caracteres silviculturais DAP, FF e DMC (Selvíria) e para FF (Aramina).

Quanto à forma, a espécie apresentou médias de 5,43 para a população de Selvíria e 5,87 para a população de Aramina. Freitas (1999) detectou diferenças significativas entre progênies para a forma em uma população de aroeira oriunda de Petrolina-PE aos quatro anos e meio de idade.

TABELA 3 – Médias, índices de variação (IV) e teste F de progênies para os caracteres: altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), forma do fuste (FF), diâmetro médio da copa (DMC), sobrevivência (SOB) e circularidade basal (CIB), em duas populações de aroeira no sistema de plantio homogêneo, aos 13,5 (2001) e 14,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Ano da Avaliação	Caracteres	Populações					
		Selvíria-MS			Bauru-SP		
		Média	IV ² (%)	F (prog.)	Média	IV ² (%)	F (prog.)
2001	ALT (m)	9,35	9,91	1,00	9,00	8,37	1,47
	DAP (cm)	7,83	9,24	0,96	9,05	8,59	1,51
	FF	4,32	10,47	0,74	4,85	9,56	1,06
	DMC (m)	3,37	6,04	2,20*	3,54	7,81	0,86
	SOB (%) ¹	83,21	5,27	0,95	82,26	5,91	0,71
2002	ALT (m)	9,59	9,00	1,46	9,65	10,08	1,05
	DAP (cm)	9,93	9,19	1,04	11,04	10,29	1,15
	DMC (m)	3,75	6,70	1,99*	3,88	8,28	0,87
	CIB	0,89	6,55	0,54	0,85	11,55	0,49

(1) Dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$ para efeito de análise estatística.

(2) Índice de variação $IV = CV_{\text{exp}} / \sqrt{r}$, conforme Gomes (1991), onde: CV_{exp} é o coeficiente de variação experimental e r é o número de repetições.

(*) Significativo em nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4 – Médias, índices de variação (IV) e teste F de progênies para os caracteres altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), forma do fuste (FF), diâmetro médio da copa (DMC), sobrevivência (SOB) e circularidade basal (CIB), em duas populações de aroeira no sistema de plantio consorciado, aos 9,5 (2001) e 10,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Ano da Avaliação	Caracteres	Populações					
		Selvíria-MS			Aramina-SP		
		Média	IV ² (%)	F (prog.)	Média	IV ² (%)	F (prog.)
2001	ALT (m)	4,80	7,10	1,30	5,30	5,58	0,97
	DAP (cm)	5,65	6,41	2,09*	6,08	6,45	0,81
	FF	5,43	5,68	1,71**	5,87	5,65	2,20**
	DMC (m)	2,31	6,48	2,18*	2,41	6,94	1,18
	SOB (%) ¹	96,79	1,75	1,24	97,25	1,59	1,28
2002	ALT (m)	5,16	6,92	1,66	5,62	7,41	0,95
	DAP (cm)	5,82	7,01	1,78	6,18	8,11	0,75
	DMC (m)	2,60	5,75	1,63	2,76	9,68	1,32
	CIB	0,97	4,46	2,19**	0,97	1,24	0,86

(1) Dados transformados em $\sqrt{x+0,5}$ para efeito de análise estatística.

(2) Índice de variação $IV = CV_{\text{exp}} / \sqrt{r}$, conforme Gomes (1991), onde: CV_{exp} é o coeficiente de variação experimental e r é o número de repetições.

(*) e (**) Significativo em nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Carvalho (1994), trabalhando com algumas espécies arbóreas, concluiu que as espécies nativas apresentaram comportamento satisfatório quando usadas em plantio puro em pleno sol, em solos férteis, porém com forma inadequada; já o plantio misto associado com espécies pioneiras e secundárias possibilitou melhor forma de fuste e crescimento mais rápido. A circularidade basal, ou seja, a correlação entre as mensurações do diâmetro feita em nível do DAP, apresentou, no caso dos testes de progênies em plantio consorciado, estimativas próximas a unidade. Isso significa que o fuste das árvores de aroeira do sistema consorciado apresenta-se próximo de uma circunferência e o do sistema homogêneo mais próximo de uma elipse. Em termos de qualidade da madeira é provável que a madeira que advirá do plantio consorciado seja de melhor qualidade.

Na TABELA 5 são apresentados os coeficientes de variação e a razão “b”, que corresponde à relação entre o CV_g/CV_{exp} , para os testes de progênies no sistema de plantio homogêneo. Desse modo, verifica-se que o coeficiente de variação genética apresentou maiores estimativas na população de Selvíria em relação à de Bauru, este que é considerado um parâmetro de extrema importância no entendimento da estrutura genética de uma população por mostrar a quantidade de variação existente entre progênies e obviamente permitir as estimativas de ganhos genéticos (Kageyama, 1980). Os resultados indicam haver mais variação entre progênies na população de Selvíria no sistema homogêneo. Segundo Futuyama (1992) quanto mais distanciadas estão as populações, mais diferentes elas são em frequências alélicas nos caracteres fenotípicos de base genética, embora não haja, freqüentemente, uma correlação restrita.

TABELA 5 – Estimativas dos coeficientes de variação dentro de progênies (CV_d); do erro entre parcelas (CV_e); genéticas (CV_g); fenotípica, em nível de plantas (CV_f); fenotípica, em nível de média ($CV_{\bar{F}}$) coeficiente “b” para os caracteres silviculturais, envolvendo duas populações de aroeira no sistema de plantio homogêneo, aos 13,5 (2001) anos e 14,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Pop.	Ano da Avaliação	Caracteres	CV_d (%)	CV_g (%)	CV_e (%)	CV_f (%)	$CV_{\bar{F}}$ (%)	\hat{b}
Selvíria-MS	2001	ALT (m)	16,55	0,63	16,15	23,13	9,93	0,04
		DAP (cm)	38,61	9,08	32,00	2,14	0,79	2,28
		FF	35,79	8,26	0,07	4,43	0,37	0,10
	2002	DMC (m)	23,68	6,62	6,31	25,38	8,97	0,63
		ALT (m)	17,62	6,09	14,26	23,47	10,87	0,39
		DAP (cm)	28,26	1,91	12,38	30,91	9,39	0,12
Bauru-SP	2001	DMC (m)	22,78	6,68	8,36	25,17	9,46	0,58
		ALT (m)	16,50	5,73	18,89	21,79	10,14	0,39
		DAP (cm)	31,49	6,12	9,75	33,52	10,52	0,41
	2002	FF	32,18	2,36	11,98	34,42	9,85	0,14
		DMC (m)	22,09	nc	11,01	24,51	7,25	nc
		DAP (cm)	26,96	3,97	15,01	31,11	11,03	0,22
		DMC (m)	20,87	nc	12,26	24,02	7,72	nc

nc – não calculado devido à presença de variância negativa.

Para o plantio consorciado (TABELA 6) a população de aroeira de Selvíria apresentou maiores valores de CV_g para os caracteres silviculturais em relação à população de Aramina, da qual não foi possível estimar o CV_g para os caracteres ALT e DAP devido às variâncias negativas. É necessário o acompanhamento dos dados de idades adultas para uma maior segurança das estimativas. A presença de estimativas negativas ocasionou problemas para uma perfeita

interpretação dos parâmetros genéticos, da mesma forma que ocorreu com Oliveira *et al.* (2000) em uma população de aroeira consorciada com outras espécies e Sturion *et al.* (1994) em progênies de bracinga. Análises feitas por Siqueira *et al.* (1993) constataram que, apesar de possuírem dados de 13 anos de idade do cumbaru, existe a necessidade de prolongar os testes de conservação dos recursos genéticos para que se conheça melhor a estrutura genética das populações.

TABELA 6 – Estimativas dos coeficientes de variação dentro de progênies (CV_d); do erro entre parcelas (CV_e); genéticas (CV_g); fenotípica, em nível de plantas (CV_f); fenotípica, em nível de média ($CV_{\bar{f}}$) coeficiente “b” para os caracteres silviculturais, envolvendo duas populações de aroeira, no sistema de plantio consorciado, aos 9,5 (2001) e 10,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Pop.	Ano da Avaliação	Caracteres	CV_d (%)	CV_g (%)	CV_e (%)	CV_f (%)	$CV_{\bar{f}}$ (%)	\hat{b}
Selvíria-MS	2001	ALT (m)	21,79	3,90	15,51	27,03	8,10	0,22
		DAP (cm)	40,79	6,70	4,33	41,56	9,28	0,43
		FF	29,63	4,79	4,33	41,56	9,26	0,43
	2002	DMC (m)	25,56	7,03	12,95	29,51	9,56	0,44
		ALT (m)	23,39	5,62	14,66	28,17	8,92	0,33
		DAP (cm)	27,10	6,17	13,91	31,08	9,34	0,35
Aramina-SP	2001	DMC (m)	25,65	4,56	10,52	28,10	7,34	0,32
		ALT (m)	46,26	nc	nc	45,27	5,51	nc
		DAP (cm)	24,32	nc	13,10	27,48	5,79	nc
	2002	FF	27,55	6,19	10,41	30,10	8,38	0,45
		DMC (m)	6,32	2,90	nc	56,67	7,52	0,17
		ALT (m)	21,49	nc	16,40	26,99	7,24	nc
2002	DAP (cm)	25,48	nc	17,57	8,11	7,03	nc	
	DMC (m)	21,85	5,44	22,20	30,62	11,05	0,23	

nc – não calculado devido à presença de variância negativa.

Os valores de CV_g encontrados para altura podem ser comparados com os encontrados para cumbaru por Siqueira *et al.* (1993) e para os de aroeira encontrados por Fonseca (2000), sendo superiores aos encontrados para ipê-roxo por Etori *et al.* (1996). Oliveira (1999) trabalhando com uma população de aroeira proveniente de Paulo de Faria-SP encontrou, aos dois anos, CV_g de 6,62% e de 6,77%, para a altura e o DMC, respectivamente, em um teste de progênie de aroeira consorciada com angico e mutambo. Para Sebbenn *et al.* (1998) um coeficiente de variação genética acima de 7% é considerado alto. Moraes (1992), estudando as populações do sistema de plantio homogêneo, obteve um coeficiente de variação genético de 5,23% para a população de Bauru-SP e 1,70% para a população de Selvíria-MS.

No plantio homogêneo (TABELA 5) a população de Selvíria apresentou um “coeficiente” \hat{b} mais alto que a população de Bauru. O caráter silvicultural que apresentou o melhor valor para o “coeficiente” \hat{b} foi o DAP para as duas populações. Esse caráter pode ser usado para obter os melhores genótipos.

Na TABELA 6 pode ser observado o coeficiente “b” do plantio consorciado que indica o DMC com maiores possibilidades de ganho com seleção na população de Selvíria e a forma do fuste na população de Aramina.

As estimativas de CV_g citadas por Sampaio & Venturieri (1990) para *Copaifera multijuga* (30,65%), *Hymenaea courbaril* (27,50%), *Apuleia leiocarpa* (16,94%) e *Hymenoebolium* sp. (23,50%),

foram mais altas do que os valores obtidos para altura nas populações avaliadas no presente trabalho. A explicação para valores altos pode estar associada ao fato de que mais de uma população pode ter sido incluída na hora da amostragem (Vitti *et al.*, 1992). Em espécies florestais se torna difícil a definição do tamanho da população e da área a ser amostrada, isso porque algumas populações abrangem áreas muito variáveis.

A expressão da variação entre plantas dentro de progênies, determinada pelo coeficiente de variação dentro de progênies (CV_d), variou de média a alta para a maioria dos caracteres estudados. Isto é altamente relevante para a conservação genética da espécie, visto que sua eficiência é definida pela variação genética entre populações, entre progênie dentro de populações e entre indivíduos dentro de progênies.

Considerando que três quartos da variância genética aditiva estão dentro das progênies este é o nível hierárquico populacional que contém a maior parte da variância genética responsável pela semelhança entre pais e filhos de uma população.

Altos CV_d indicam uma maior facilidade na conservação de uma população, além de favorecerem, no caso de melhoramento, a seleção de indivíduos superiores dentro de progênies, (Sebbenn *et al.*, 1999). Os resultados encontrados para as populações estudadas foram similares às estimativas feitas para outras espécies como *Myracrodruon urundeuva* (Oliveira, 1999 e Freitas, 1999), *Astronium fraxinifolium* (Fonseca, 2000) e *Jacaranda cuspidifolia* (Aguiar, 2001).

Nas TABELAS 7 e 8 verifica-se que esses dados confirmam que a seleção, neste caso, deve-se basear na herdabilidade estimada para o sistema misto, onde o controle da variação fenotípica tem maior efeito genético, permitindo maior sucesso na seleção (Freitas, 2003). Esse mesmo autor e Sebbenn *et al.* (2001) encontraram resultados semelhantes. Desse modo, os ganhos genéticos com seleção seriam superestimados, com valores consideráveis quando não se leva em consideração o sistema reprodutivo misto para a espécie (Costa & Scariot, 2003). Tal fato foi evidenciado em populações de *Hevea brasiliensis* por Costa *et al.* (2000).

TABELA 7 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade, no sentido restrito, para os caracteres silviculturais em duas populações de aroeira no sistema de plantio homogêneo, aos 13,5 (2001) e 14,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Caracteres	Ano da Avaliação	Populações									
		Selvíria-MS					Bauru-SP				
		\hat{h}^2	$\hat{h}_{(SM)}^2$	\hat{h}_m^2	\hat{h}_d^2	$\hat{h}_{D(SM)}^2$	\hat{h}^2	$\hat{h}_{(SM)}^2$	\hat{h}_m^2	\hat{h}_d^2	$\hat{h}_{D(SM)}^2$
ALT (m)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,19	0,32	0,36	0,24
DAP (cm)	2001	nc	nc	nc	nc	nc	0,13	0,09	0,34	0,11	0,08
FF		nc	nc	nc	nc	nc	0,02	0,01	0,06	0,02	0,01
DMC (m)		0,27	0,18	0,55	0,23	0,16	nc	nc	nc	nc	nc
ALT (m)		0,27	0,18	0,31	0,36	0,24	0,04	0,02	0,05	0,05	0,03
DAP (cm)	2002	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,07	0,04	0,13	0,07	0,04
DMC (m)		0,28	0,19	0,50	0,26	0,17	nc	nc	nc	nc	nc

Onde: \hat{h}^2 : herdabilidade em nível de plantas, $\hat{h}_{(SM)}^2$: herdabilidade em nível de plantas, em sistemas mistos de cruzamento; \hat{h}_m^2 : herdabilidade em nível de médias; \hat{h}_d^2 : herdabilidade em nível de plantas dentro de progênies; $\hat{h}_{D(SM)}^2$: herdabilidade em nível de plantas dentro de progênies, em sistemas mistos de cruzamento; nc: não calculado devido a presença de variância negativa.

TABELA 8 – Estimativas dos coeficientes de herdabilidade, no sentido restrito, para os caracteres silviculturais, nas populações de aroeira no sistema de plantio consorciado, aos 9,5 (2001) e 10,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Caráter	Ano da Avaliação	Populações									
		Selvíria-MS					Aramina-SP				
		\hat{h}^2	$\hat{h}_{(SM)}^2$	\hat{h}_m^2	\hat{h}_d^2	$\hat{h}_{D(SM)}^2$	\hat{h}^2	$\hat{h}_{(SM)}^2$	\hat{h}_m^2	\hat{h}_d^2	$\hat{h}_{D(SM)}^2$
ALT (m)	2001	0,08	0,06	0,03	0,10	0,06	0,00	0,00	nc	0,00	0,00
DAP (cm)		0,10	0,07	0,52	0,18	0,15	nc	nc	nc	nc	nc
FF		0,09	0,06	0,02	0,08	0,05	0,17	0,15	0,55	0,15	0,10
DMC (m)		0,23	0,15	0,04	0,23	0,15	0,01	0,01	0,15	0,01	0,00
ALT (m)	2002	0,16	0,11	0,40	0,17	0,12	nc	nc	nc	nc	nc
DAP (cm)		0,16	0,11	0,44	0,16	0,10	nc	nc	nc	nc	nc
DMC (m)		0,11	0,07	0,39	0,09	0,06	0,12	0,08	0,24	0,19	0,12

Onde: \hat{h}^2 : herdabilidade em nível de plantas; $\hat{h}_{(SM)}^2$: herdabilidade em nível de plantas, em sistemas mistos de cruzamento; \hat{h}_m^2 : herdabilidade em nível de médias; \hat{h}_d^2 : herdabilidade em nível de plantas dentro de progênies; $\hat{h}_{D(SM)}^2$: herdabilidade em nível de plantas dentro de progênies, em sistemas mistos de cruzamento: nc: não calculado devido à presença de variância negativa.

As estimativas da variância entre populações, entre famílias dentro de populações, dentro de parcelas, obtidas na análise conjunta, para cada um dos caracteres estudados, serviram de base para o cálculo da proporção da variabilidade genética entre e dentro de populações (TABELAS 9 e 10).

Em relação aos valores do teste F apenas o caráter forma apresentou significância entre as populações no sistema de plantio consorciado. A proporção da variação genética entre populações ($\hat{\sigma}_s^2 / \hat{V}_G$) foi baixa para a maioria dos caracteres em ambos os sistemas de plantio, com uma média geral igual a 0,0635 no sistema homogêneo e -0,0189 no consorciado. Em relação à proporção da variação genética dentro de populações

$[\hat{\sigma}_{p/s}^2 / \hat{V}_G + \hat{\sigma}_d^2 / \hat{V}_G]$, verifica-se que a porção da $\hat{\sigma}_{p/s}^2 / \hat{V}_G$ foi 1,44% e 1,63% para os sistemas homogêneo e consorciado, respectivamente. Portanto a relação $\hat{\sigma}_d^2 / \hat{V}_G$ indicou uma maior variação dentro das populações, 92,22% no sistema homogêneo e 98,37% no consorciado; resultado que vem sendo observado quando se trata de espécies nativas. Moraes (1992), estudando as populações de Bauru e Selvíria, aos 3,5 anos, detectou uma maior variação dentro das populações 97,26%. Reis (1999), estudando a distribuição da variação genética em populações de aroeira oriundas de Paulo de Faria e Selvíria, por marcadores moleculares, detectou 97,1% da variação dentro de populações e 2,9% entre populações.

TABELA 9 – Estimativas do valor do teste F entre populações e da distribuição da variância genética entre e dentro, obtidas na análise conjunta para os caracteres silviculturais, nas populações de aroeira no sistema de plantio homogêneo, aos 13,5 (2001) e 14,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Ano da Avaliação	Caracteres	F* (pop.)	Variação Genética		
			Entre	Dentro	
			$\hat{\sigma}_S^2 / \hat{V}_G$	$\hat{\sigma}_{P/S}^2 / \hat{V}_G$	$\hat{\sigma}_D^2 / \hat{V}_G$
2001	ALT (m)	2,685	0,1525	0,0433	0,8042
	DAP (cm)	5,959	0,0550	0,0155	0,9295
	FF	6,127	0,0504	0,0067	0,9973
	DMC (m)	0,601	-0,0040	-0,0080	0,9576
2002	ALT (m)	1,931	0,0971	0,0653	0,8376
	DAP (cm)	1,600	0,0283	0,0131	0,9586
	DMC (m)	0,460	-0,0173	0,0351	0,9822
Média			0,0635 (6,35%)	0,0144 (1,44%)	0,9222 (92,22%)

(*) Para efeito de populações na análise conjunta; estimado pelo método de Satherthwaite, citado por Vencovsky & Barriga (1992).

TABELA 10 – Estimativas do valor do teste F entre populações e da distribuição genética entre e dentro, obtidas na análise conjunta para os caracteres silviculturais, nas populações de aroeira no sistema de plantio consorciado, aos 9,5 (2001) e 10,5 (2002) anos, em Selvíria-MS.

Ano da Avaliação	Caracteres	F ¹ (pop.)	Variação genética		
			Entre	Dentro	
			$\hat{\sigma}_S^2 / \hat{V}_G$	$\hat{\sigma}_{P/S}^2 / \hat{V}_G$	$\hat{\sigma}_D^2 / \hat{V}_G$
2001	ALT (m)	0,949	-0,0020	0,0060	0,9960
	DAP (cm)	0,596	-0,0282	0,0239	1,0043
	FF	0,543*	0,0297	0,0056	0,9987
	DMC (m)	0,319	-0,0043	0,0363	0,9340
2002	ALT (m)	0,540	-0,0671	0,0251	1,0420
	DAP (cm)	0,320	-0,0562	0,0133	1,0429
	DMC (m)	1,310	-0,0046	0,0061	0,9985
Média			-0,0189 (0%) ²	0,0166 (1,63%)	1,0023 (98,37%)

(1) Para efeito de populações na análise conjunta; estimado pelo método de Satherthwaite, citado por Vencovsky & Barriga (1992).

(2) Valores entre parênteses foram calculados em função do total da estimativa da variância genética dentro (1,0189 = 100%).

(*) Significativo em nível de 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÕES

A variação genética para os caracteres estudados, permite que estas populações façam parte de um programa de conservação genética *ex situ*.

Em ambos os sistemas de plantio a maior proporção da variação genética foi encontrada dentro de populações. A população de Selvíria apresenta uma maior divergência genética em relação à população de Bauru do que em relação à de Aramina.

O consórcio com a candiúba mostrou-se eficiente para o desenvolvimento da aroeira, desempenhando um papel importante principalmente na melhora da forma do fuste, o que é almejado comercialmente.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo auxílio na forma de bolsa e custeio no desenvolvimento da pesquisa.

Aos técnicos de campo Manuel F. R. Bonfim, Alonso A. da Silva e Vanderley G. Gonçalves pelo auxílio na coleta de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. V. **Variação genética em progênies de *Astronium fraxinifolium* Schott e *Jacaranda cuspidifolia* Mart. em consórcio.** 2001. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira.** Colombo: EMBRAPA/CNPF; Brasília, DF: EMBRAPA – SPI, 1994. 640 p.
- CESTARE, M. A. **Variação genética e aplicação do coeficiente de repetibilidade em populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.** Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2000. 45 p. (Relatório - FAPESP).
- COSTA, R. B.; RESÊNDE, M. D. V.; GONÇALVES, P. S. Selection and genetic gain in populations of *Hevea brasiliensis* with a mixed mating system. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 23, n. 3, p. 671-679, 2000.
- COSTA, R. B.; SCARIOT, A. A fragmentação florestal e os recursos genéticos. In: COSTA, R. B. (Org.). **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste.** Campo Grande: Universidade Católica Dom Bosco - UCDB, 2003. cap. 3, p. 53-74.
- ETTORI, L. C. *et al.* Variabilidade genética de ipê-roxo - *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. - para conservação “*ex situ*”. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 61-74, 1996.
- FONSECA, A. J. **Variação genética em populações naturais de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr All.) Anacardiaceae - em sistema agroflorestal.** 2000. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.
- FREITAS, M. L. M. **Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) Anacardiaceae em diferentes sistemas de plantio.** 1999. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.
- _____. **Caracterização genética de população de *Myracrodruon urundeuva* F.F. Allemão a partir de marcador fAFLP e caracteres quantitativos para conservação *in situ* e *ex situ*.** 2003. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- FUTUYAMA, D. J. **Biologia evolutiva.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 631 p.
- GANDARA, F. B.; KAGEYAMA, P. Y. Indicadores de sustentabilidade de florestas naturais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 31, p. 79-84, 1998.
- GOMES, F. P. **O índice de variação, um substituto vantajoso do coeficiente de variação.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, 1991. 4 p. (Circular Técnica IPEF, 18).
- HAMRICK, J. L. The distribution of genetic variation within and among natural plant population. In: SCHONEWALD-COX, C. *et al.* (Ed.). **Genetics and conservation.** Menlo Park: Benjamin Cummings Publishing, 1983. p. 335-34.
- _____. Variation and selection in western montane species II. Variation within and between populations of white fir an elevational transect. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 47, p. 27-34, 1976.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.** 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____.; DIAS, I. S. Aplicação de genética em espécies florestais nativas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1982, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1982. p. 782-791. (Silvic. S. Paulo, São Paulo, v.16A, pt. 2, Edição especial).

_____.; BIELLA, L. C.; PALERMO, A. J. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatórios. In CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1990. p. 109-18.

MORAES, M. L. T. **Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres quantitativos em duas populações naturais de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão - Anacardiaceae (Syn: *Astronium urundeuva* (Fr. Allemão) Engler).** 1992. 139 f. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

OLIVEIRA, S. A. **Variação genética em progênie de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo.** Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 1999. 63 p. (Trabalho de graduação).

_____. *et al.* Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. I - Aspectos silviculturais. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 155-166, 2000.

REIS, A. M. M. **Distribuição da variabilidade genética em aroeira (*Myracrodruon urundeuva* - Anacardiaceae) por marcadores moleculares RAPD e polimorfismo de seqüência de cpDNA.** 1999. 105 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

SAMPAIO, P. T. B.; VENTURIERI, G. A. Variação genética entre e dentro de progênies de quatro espécies de leguminosas: *Copaifera multijuga*, *Hymenaea courbaril*, *Apuleia leiocarpa* e *Hymenolobium* sp. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais - SBEF, 1990. v. 3, p. 633-635.

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de procedências de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 65-73, 1999.

SEBBENN, A. M. *et al.* Parâmetros genéticos da cabreúva-*Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, 1998.

SEBBENN, A. M. *et al.* Estrutura genética em populações de *Tabebuia cassinoides*: implicações para o manejo florestal e a conservação genética. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 13, p. 99-113, 2001.

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.**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 231-43, 1993.

STURION, J. A. *et al.* Variação genética e seleção para características de crescimento em testes de progênies de *Mimosa scabrella* var. *aspiricarpa*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 73-83, 1994.

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

VITTI, A. P. *et al.* Estrutura genética em populações de *Cecropia cinerea* e *Esenbeckia leiocarpa* plantadas segundo a sucessão secundária. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992. São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNIPRESS, 1992. p. 1209-1212. (Rev. Inst. Flor., São Paulo, v. 4, n. único, pt. 4, Edição especial).