

# INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NA CONSERVAÇÃO *EX SITU* DE *Peltophorum dubium*, EM DUAS REGIÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO<sup>1</sup>

Alexandre Magno SEBBENN<sup>2</sup>

Ana Cristina Machado De Franco SIQUEIRA<sup>3</sup>

Roland VENCOVSKY<sup>4</sup>

José Arimateia Rabelo MACHADO<sup>2</sup>

## RESUMO

Estudou-se a partir de caracteres quantitativos o comportamento silvicultural, a interação genótipo x ambiente e a estrutura genética de duas populações de *Peltophorum dubium*, em várias idades de desenvolvimento das plantas. O ensaio foi instalado em dois locais, em forma de teste de progênies e procedências, no delineamento de blocos de famílias compactas. O objetivo geral do trabalho foi verificar a eficiência da conservação *ex situ* da espécie. A análise do comportamento silvicultural mostrou as populações da espécie como adaptadas às condições ambientais dos locais de ensaio. A avaliação da estrutura genética revelou diferenças estatisticamente significativas entre populações e entre progênies dentro de populações para os dois locais de ensaio. A avaliação da interação populações x ambientes e progênies x ambientes revelou diferenças significativas, mostrando uma resposta diferenciada das populações e das progênies em relação aos ambientes. A generalização dos resultados indicou eficiência na estratégia de conservação *ex situ* e a possibilidade de utilização das populações estudadas em futuros programas de melhoramento da espécie.

**Palavras-chave:** interação genótipo x ambiente; conservação genética *ex situ*; *Peltophorum dubium*; teste de progênies e procedências; espécies arbóreas brasileiras.

## 1 INTRODUÇÃO

A conservação *ex situ* implica na manutenção de organismos fora de seu habitat original. Sua eficiência é medida pela variação genética amostrada e conservada entre e dentro de populações, da espécie alvo. O objetivo é manter a maior riqueza alélica possível presente em uma espécie, ou seja, amostrar o maior número possível de formas alélicas dos genes, presentes na espécie. O conceito, na conservação *ex situ*, implica em que, durante a amostragem, não ocorra nenhum tipo de seleção fenotípica ou genotípica

## ABSTRACT

The silvicultural behavior, the genotype x environment interaction and the genetic structure of two populations of *Peltophorum dubium*, were studied starting from quantitative characters, in several ages of development of the plants. The experiment was implanted in progenies and provenance test, in two places, in the trial design of compact family block. The main goal of this study was to verify the efficiency of *ex situ* conservation of the species. The silvicultural analyses showed all the species very well adapted, to the environmental conditions in both sites. The analysis of the genetic structure revealed significant differences between populations and progenies within populations for both experimental locations. The evaluation of the population x environment and the progenies x environment interactions revealed significant differences, showing a differentiated performance of the populations and the progenies in relation to the location. The generalization of the results indicated efficiency in the strategy of *ex situ* conservation and possibility of using the studied populations in future programs of improvement of the species.

**Key words:** genotype x environment interaction; *ex situ* conservation; *Peltophorum dubium*; progenies and provenance trials; Brazilian tree species.

e que seja amostrado um grande número de indivíduos de cada população. Para tanto, na conservação de essências florestais, a coleta de sementes ou propágulos deve ser aleatória nas populações, sem prévia seleção fenotípica para uma determinada característica, dado que uma característica vista como indesejável no momento, como por exemplo, fuste tortuoso, pode, no futuro, ser considerada desejável, para trabalhos de paisagismo ou até mesmo devido a efeitos pleiotrópicos de determinados genes, associados à forma, afetarem, por exemplo, a produção de uma proteína específica que apresente utilização medicinal.

(1) Aceito para publicação em junho de 1999.

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

(3) Instituto Florestal, C. Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. (Bolsista do CNPq)

(4) ESALQ/USP, Departamento de Genética, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil.

A conservação *ex situ* de essências florestais é na maioria das vezes feita em forma de plantios puros ou heterogêneos com outras espécies, devido à baixa longevidade das sementes e ao longo ciclo reprodutivo dessas espécies, o que inviabiliza sua conservação na forma de sementes e a recomposição do banco de germoplasma a partir da reprodução das plantas contidas nele, como é feito corriqueiramente com espécies agrícolas de ciclo curto. Devido a isso, e considerando a inadaptação das espécies a determinados ambientes, é importante levar em conta o ambiente em que a espécie vai ser conservada. A inadaptação do banco de germoplasma a um determinado ambiente pode tornar ineficiente o trabalho de conservação, pela eliminação de muitos ou todos os genótipos amostrados. Para tanto, é importante, na medida do possível, considerar os estudos de interação dos genótipo x ambientes nos trabalhos de conservação *ex situ*.

A partir destes conceitos, estudou-se o comportamento genético e a interação genótipo x ambiente de duas populações de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., em dois locais do Estado de São Paulo, objetivando especificamente: i) estudar o comportamento silvicultural e genético de duas populações de *P. dubium*; ii) estimar parâmetros genéticos em duas populações nos dois locais; iii) quantificar a interação populações x ambiente e progênies x ambientes; iv) verificar a eficiência da estratégia de conservação *ex situ* da espécie.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A Espécie *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.

*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. ou canafistula, ocorre entre a latitude 07°S (Paraíba) a 3°25'S (Uruguai), em altitude de 20 a 1000 m. A árvore é semicaducifolia a caducifolia, comumente com 10 a 20 m de altura e 40 a 90 cm de DAP, podendo atingir excepcionalmente 40 m de altura e 300 cm de DAP. As flores são hermafroditas. No grupo sucessional a espécie é secundária inicial e no estágio sucessional desempenha papel de pioneira nas áreas abertas, em capoeiras e matas degradadas. A árvore é longeva, heliófita, ocupando o estrato dominante da floresta. A espécie é naturalmente pouco exigente quanto à fertilidade do solo, porém, em plantios experimentais se desenvolveu melhor em

solos com fertilidade de média a elevada. Não tolera solos rasos, pedregosos ou demasiadamente úmidos. A madeira é de utilidade na marcenaria em geral, produção de energia e de papel e celulose. As raízes, folhas e frutos tem utilidade medicinal (CARVALHO, 1994).

### 2.2 Variação Genética

O conhecimento da variação existente nas populações e, mais ainda, quanto desta variação é devido a diferenças genéticas, é de fundamental importância em qualquer programa de melhoramento, porque permite conhecer o controle genético do caráter e o potencial da população para a seleção (RAMALHO *et al.*, 1996). Esta informação também é relevante em trabalhos de conservação genética, dado que o principal objetivo desses programas é a preservação do máximo de variabilidade genética.

Poucos são os trabalhos de conservação genética *ex situ* com essências nativas. A maioria deles, no Brasil, foi realizada pelo Instituto Florestal de São Paulo, dentro de seu Programa de Melhoramento Florestal, visando à conservação de espécies em perigo de extinção. Muitos destes trabalhos têm revelado variação genética entre e dentro de populações. GIANNOTTI *et al.* (1982), estudando progênies dentro de 15 procedências de *Araucaria angustifolia*, não encontraram variações genéticas entre procedências, mas apenas entre progênies dentro de duas procedências. HIGA *et al.* (1992), estudando 12 procedências da mesma espécie, também não detectaram diferenças genéticas entre essas. SIQUEIRA *et al.* (1986a) detectaram diferenças genéticas significativas entre progênies dentro de populações de *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. NOGUEIRA, *et al.* (1986a) detectaram diferenças significativas entre progênies dentro de populações de *Astronium urundeuva*. NOGUEIRA *et al.* (1986b), estudando progênies e populações de *Gallesia gorarema* Vell. Moq., não detectaram variação genética entre progênies dentro de procedências. NOGUEIRA *et al.* (1986c), estudando quatro populações de *Pterogyne nitens* Tul. detectaram variação genética significativa entre progênies em duas populações. SIQUEIRA *et al.* (1986b), estudando duas populações de *P. dubium*, em dois locais,



Pederneiras e Luiz Antônio (SP), detectaram diferenças significativas entre as progênies dentro das populações em ambos os locais, sendo que em Pederneiras a magnitude do teste F revelou maiores diferenças genéticas. SIQUEIRA *et al.* (1993) encontraram variações genéticas entre progênies de duas populações de *Dipteryx alata* Vog. ETTORI *et al.* (1995) detectaram variações genéticas significativas em progênies de duas populações de *Tabebuia vellosi* Tol. ETTORI *et al.* (1996), estudando duas populações de *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol., encontraram variações genéticas significativas apenas para uma das populações.

De forma geral, tais estudos mostram que a variação genética presente em uma espécie é característica de cada uma de suas populações, podendo, em uma mesma espécie, encontrarmos populações com grandes variações genéticas e outras com baixas variações. A variação genética presente em uma população é o resultado de uma longa história evolutiva, incluindo eventos como: seleção, deriva genética, colonização, migração, etc. Daí advém a grande importância de se conhecer a estrutura genética das populações que se pretenda conservar, ou submeter a um programa de melhoramento genético.

### 2.3 Interação Genótipo x Ambiente

A performance dos genótipos em relação a outros pode variar de acordo com o ambiente, tanto que genótipos que são superiores em um ambiente, podem não ser em outro. Esta resposta diferencial entre genótipos em relação a diferentes condições ambientais é chamada de interação entre genótipos e ambientes (FALCONER, 1972; REGAZZI, 1987; TORGGLER, 1987). Esta interação, no caso do melhoramento, influencia o ganho de seleção e dificulta a recomendação de genótipos com ampla adaptabilidade (CRUZ & REGAZZI, 1997). Outro tipo de interação importante para se conhecer nesses programas, é a genótipo x anos, etc. Esta informação auxilia no planejamento de estratégias de melhoramento, na recomendação de genótipos, além de ser determinante na questão da estabilidade fenotípica dos genótipos, para uma dada região (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992; CRUZ & REGAZZI, 1997). Em um determinado ambiente, a manifestação fenotípica é o resultado da ação do genótipo sob

influência do meio ambiente em que se encontra. Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genéticos e ambientais, um efeito adicional, proporcionado pela interação dos mesmos. Esta interação está associada a dois fatores: um simples, proporcionado pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e outro complexo, dado pela falta de correlação entre genótipos. A interação complexa indica a inconsistência da superioridade de genótipos com a variação ambiental, ou seja, haverá genótipos com desempenhos superiores em um ambiente mas não em outro, tornando mais difícil a seleção e, ou, recomendação dos mesmos (CRUZ & REGAZZI, 1997).

As causas da interação têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada genótipo cultivado. Como os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças, desde a semeadura até a maturação, há geralmente um comportamento diferenciado dos mesmos em termos de resposta às variações ambientais (CRUZ & REGAZZI, 1997).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Locais de Estudo

A conservação *ex situ* de *P. dubium* foi realizada na forma de populações base, implantadas em teste de progênies e populações em dois locais, visando ao estudo da interação genótipo x ambiente. O delineamento experimental, adotado para ambos os locais, foi o de blocos de famílias compactas, inteiramente casualizadas dentro dos blocos, sendo que as parcelas são as populações e as subparcelas são as progênies. O ensaio tinha 6 repetições, parcelas lineares de 5 plantas, no espaçamento 3,0 x 3,0 metros e uma bordadura externa de duas linhas, visando reduzir os efeitos ambientais nos tratamentos. As sementes para o ensaio foram coletadas em duas populações naturais da espécie, porém, devido à pequena quantidade de sementes obtidas para algumas progênies, o ensaio em Luiz Antônio, SP, foi instalado com 23 progênies da população I e 24 progênies da população II e o ensaio de Pederneiras, SP, com 28 e 30 progênies da população I e II, respectivamente. Os dois ensaios foram implantados no ano de 1982.

Os locais de experimentação foram: Luiz Antônio, SP (latitude 21°40'S, longitude 47°49'W, altitude média de 550 metros, precipitação média anual de 1.280 mm, solo do tipo latossolo vermelho amarelo, fase arenosa e clima do tipo Cwa) e Pederneiras, SP (apresenta latitude de 22°22'S, longitude de 40°44'W altitude de 500 m, precipitação média anual de 1.112 mm, solo do tipo latossolo amarelo fase arenosa e clima do tipo Cwa), conforme VENTURA *et al.*, 1965/66.

3.2 Análise dos Dados

Os ensaios foram avaliados para as características altura total e DAP, nas idades de 1 (só para altura), 4, 5, 6 ,8, 10 e 11 anos. O comportamento silvicultural foi analisado pelo crescimento médio (M), incremento médio anual (IMA) e sobrevivência de plantas no ensaio. As características altura e DAP foram submetidas à análise de variância em nível de média de subparcelas (5 plantas), para cada local e conjuntamente para os locais.

3.3 Análise Individual

A análise de variância individual para os locais em cada idade foi realizada conforme o modelo estatístico:  $Y_{ijk} = m + t_i + (tb)_{ij} + t'_{k(i)} + e_{ijk}$

onde:

$Y_{ijk}$  é a media da progênie k, na população i, na repetição j; m é a média geral do caractere;  $t_i$  é o efeito aleatório da população i (i = 1, 2, ..., I), alocadas nas parcelas;  $(tb)_{ij}$  é o efeito aleatório do erro experimental em nível de parcelas;  $t'_{k(i)}$  é o efeito aleatório de progênie k (k = 1, 2,..., K), dentro da população i (i = 1, 2, ..., I), alocadas nas subparcelas e,  $e_{ijk}$  é o efeito aleatório do erro ao nível de subparcela. A variância fenotípica dentro das parcelas foi obtida pela média ponderada dos quadrados médios dentro de parcela. A estrutura da análise individual para locais encontra-se na TABELA 1.

TABELA 1 - Quadro da análise de variância com as fontes de variação (FV), os graus de liberdade (GL), esperanças dos quadrados médios [E(QM)] e quadrados médios testadores de F.

| FV            | GL                 | QM | E(QM)   | F                       |
|---------------|--------------------|----|---|-------------------------|
| Populações    | I-1                | Q1 | $\sigma^2_d / \bar{n} + \sigma^2_{eB} + X\sigma^2_{eA} + I\sigma^2_{p/p} + Y\sigma^2_p$ | $(Q1 + Q7)/(Q2 + Q4)^*$ |
| Erro (a)      | (I-1)(J-1)         | Q2 | $\sigma^2_d / \bar{n} + \sigma^2_{eB} + V\sigma^2_{eA}$                                 |                         |
| Parcelas      | IJ-1               | Q3 |   |                         |
| Prog./Pop.    | $\sum(K_i-1)$      | Q4 | $\sigma^2_d / \bar{n} + \sigma^2_{eB} + I\sigma^2_{p/p}$                                | Q4/Q7                   |
| Prog./Pop. I  | $(K_1-1)$          | Q5 | $\sigma^2_d / \bar{n} + \sigma^2_{eB} + J\sigma^2_{p1}$                                 | Q5/Q7                   |
| Prog./Pop. II | $(K_2-1)$          | Q6 | $\sigma^2_d / \bar{n} + \sigma^2_{eB} + J\sigma^2_{p2}$                                 | Q6/Q7                   |
| Erro (b)      | $\sum(K_i-I)(J-1)$ | Q7 | $\sigma^2_d / \bar{n} + \sigma^2_{eB}$  |                         |
| Erro dentro   | $J\sum K_i(n-1)$   | Q8 | $\sigma^2_d$  |                         |
| Total         | $(J\sum K_i)-1$    |    |   |                         |

Onde : J = número de repetições; I = número de populações;  $K_i$  = número de progênie por população; K = média ponderada do número de progênie por população e  $\bar{n}$  = média harmônica do número de plantas por parcela; V, X e Y = coeficientes das esperanças dos quadrados médios, obtidos de SNEDECOR & COCHRAN (1957); de acordo com as esperanças dos quadrados médios, o teste F estimado por  $(Q1+Q7)/(Q2+Q4)$  não é exato.

(\*) Os graus de liberdade para o teste F foram dados pelas estimativas de Satterthwaite, segundo BARBIN (1998).

3.4 Análise Conjunta

A análise conjunta para locais foi realizada considerando-se apenas as progênies comuns de cada procedência para os dois locais. O modelo estatístico utilizado na análise conjunta dos experimentos, considerando-se locais e procedências como de efeito fixo e progênies como de efeito aleatório foi:

$$Y_{ijkl} = m + t_i + l_l + (tl)_{il} + (tb)_{ij(l)} + t'_{k(i)} + (t'l)_{kl(i)} + e_{ijkl}$$

onde:

$Y_{ijkl}$  é o valor fenotípico da progênie k, na população i, no local l; m é a média geral da

característica;  $t_i$  é o efeito aleatório da população i ( $i = 1, 2, \dots, I$ ), alocadas nas parcelas;  $l_l$  é o efeito fixo de locais l ( $l = 1, 2, \dots, L$ );  $(tl)_{il}$  é o efeito aleatório da interação da população i no local l;  $(tb)_{ij(l)}$  é o efeito aleatório do erro experimental ao nível de parcelas;  $t'_{k(i)}$  é o efeito aleatório de progênies dentro da população k ( $k = 1, 2, \dots, K_i$ ), alocadas nas subparcelas;  $(t'l)_{kl(i)}$  é o efeito aleatório da interação de progênies dentro de população por locais e,  $e_{ijk}$  é o efeito aleatório do erro ao nível de subparcela. O esquema da análise de variância conjunta para locais em cada idade encontra-se na TABELA 2.

TABELA 2 - Quadro da análise de variância conjunta para locais com as fontes de variação (FV), os graus de liberdade (GL), esperanças dos quadrados médios [E(QM)] e quadrados médios testadores de F.

| FV                | GL                    | QM  | E(QM)   | F                        |
|-------------------|-----------------------|-----|---|--------------------------|
| Locais (L)        | L-1                   | Q1  | $\sigma^2_{eB} + K\sigma^2_{eA} + J\sigma^2_{L \times P/P} + IJK\phi_L$               | $(Q1 + Q11)/(Q4 + Q8)^*$ |
| Populações (P)    | I-1                   | Q2  | $\sigma^2_{eB} + K\sigma^2_{eA} + I\sigma^2_{P/P} + JKL\sigma^2_P$                    | $(Q2 + Q11)/(Q4 + Q5)$   |
| L x P             | (L-1)(I-1)            | Q3  | $\sigma^2_{eB} + K\sigma^2_{eA} + J\sigma^2_{L \times P/P} + JK\sigma^2_{L \times P}$ | $(Q3 + Q11)/(Q4 + Q8)$   |
| Erro (a)          | LI(J-1)               | Q4  | $\sigma^2_{eB} + K\sigma^2_{eA}$  |                          |
| Prog./Pop.        | $\sum(K_i-1)$         | Q5  | $\sigma^2_{eB} + I\sigma^2_{P/P}$   | Q5/Q11                   |
| Prog./Pop. I      | $(K_I-1)$             | Q6  | $\sigma^2_{eB} + J\sigma^2_{P/P I}$   | Q6/Q11                   |
| Prog./Pop. II     | $(K_{II}-1)$          | Q7  | $\sigma^2_{eB} + L\sigma^2_{P/P II}$  | Q7/Q11                   |
| L x Prog./Pop.    | $(L-1)[\sum(K_i-1)]$  | Q8  | $\sigma^2_{eB} + J\sigma^2_{L \times P/P}$  | Q8/Q11                   |
| L x Prog./Pop. I  | $(L-1)(K_I-1)$        | Q9  | $\sigma^2_{eB} + J\sigma^2_{L \times P/P I}$  | Q9/Q11                   |
| L x Prog./Pop. II | $(L-1)(K_{II}-1)$     | Q10 | $\sigma^2_{eB} + J\sigma^2_{L \times P/P II}$   | Q10/Q11                  |
| Erro (b)          | $L(J-1)[\sum(K_i-1)]$ | Q11 | $\sigma^2_{eB}$   |                          |
| Total             | $[LJ(\sum K_i)]-1$    |     |   |                          |

Onde : J = número de blocos; I = número de populações;  $K_i$  = número de progênies por população; K = média ponderada do número de progênies por população, e  $\phi_L = \sum l^2 / (L - 1)$ , não representando, portanto, um parâmetro populacional.

(\*) Os graus de liberdade para o teste F das fontes de variações e Locais, Populações e a Interação L x P foram dados pelas estimativas de Satterthwaite, segundo BARBIN (1998).

3.5 Estimativas dos Parâmetros Genéticos e Não Genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos e não genéticos foram obtidas pela decomposição das esperanças dos quadrados médios da análise de variância individual para cada local, conforme VENCOVSKY & BARRIGA (1992). Os parâmetros estimados foram o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito a nível de planta ( $\hat{h}^2$ ), coeficiente de

herdabilidade em nível de média de famílias ( $\hat{h}^2_m$ ), coeficiente de variação genética entre progênies ( $CV_g$ ), coeficiente de variação ambiental ( $CV_e$ ), coeficiente de variação fenotípica dentro de parcelas ( $CV_d$ ) e as relações entre  $CV_g/CV_{exp}$ . A relação entre variância fenotípica dentro de subparcelas e genética entre progênies ( $\hat{\sigma}^2_d/\hat{\sigma}^2_p$ ), foi estimada somente para as populações, já que o evento reprodutivo que originou as progênies, ocorreu separadamente em cada população.



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Comportamento Silvicultural

O crescimento médio em altura e DAP (TABELAS 3 e 4, respectivamente) foi maior na Estação Experimental de Luiz Antônio, comparativamente à Estação Experimental de Pederneiras, exceção ao DAP aos 10 e 11 anos, onde estes valores foram maiores em Pederneiras. Em Luiz Antônio, a altura média e o DAP aos 11 anos de idade foi apenas 6,6% e 2,4% superior ao crescimento em Pederneiras. Confrontando-se o desempenho das populações nos locais de ensaio, a Pop II apresentou os maiores DAPs em ambos os locais e a altura em Luiz Antônio e a Pop I as maiores alturas em Pederneiras. De forma geral, pode-se considerar que a Pop II apresentou um melhor

desempenho em ambos os locais. CARVALHO (1994), mostra resultados de plantios de *P. dubium* em Campos Mourão, PR, em Latossolo roxo distrófico em diversos espaçamentos e idades de avaliação. Segundo o autor, *P. dubium* aos 11 anos de idade, no espaçamento 3,0 x 1,0 m, teve altura de 8,86 m e DAP de 9,3 cm. No espaçamento 3,0 x 5,0 m, a altura foi de 8,4 m e o DAP de 14,5 cm. Aos 12 anos, no espaçamento 3,0 x 3,0 m, a altura de *P. dubiun* foi de 8,05 m e o DAP de 13,8 cm. Os resultados encontrados nos dois ensaios, aqui em estudo, foram superiores em altura aos apresentados por CARVALHO (1994), porém, menores em DAP, em comparação a Campos Mourão. Possivelmente, a diferença no crescimento das características em relação aos ambientes, ocorreu devido a menor mortalidade de plantas e ao espaçamento utilizado aqui neste estudo (3,0 x 3,0 m).

TABELA 3 - Crescimento médio (M), incremento médio anual (IMA), coeficiente de variação experimental (CV<sub>exp</sub>) e resultados do teste F, para altura, em várias idades e em duas populações de *P. dubium*, na Estação Experimental de Luiz Antônimo (LA) e de Pederneiras (PE), SP.

|    |        | Idades (anos)     |       |       |       |       |       |       |
|----|--------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |        | 1                 | 4     | 5     | 6     | 8     | 10    | 11    |
| LA | Pop I  | 1,87              | 6,03  | 6,95  | 7,53  | 8,65  | 9,61  | 9,84  |
|    | Pop II | M (m)             | 1,99  | 6,10  | 7,01  | 7,62  | 8,68  | 9,87  |
|    | Ensaio |                   | 1,93  | 6,08  | 6,98  | 7,57  | 8,67  | 9,74  |
|    | Ensaio |                   | 9,74  | 9,96  |       |       |       |       |
|    | Pop I  |                   | 1,87  | 1,51  | 1,39  | 1,26  | 1,08  | 0,87  |
|    | Pop II | IMA (m)           | 1,99  | 1,53  | 1,40  | 1,27  | 1,09  | 0,90  |
|    | Ensaio |                   | 1,93  | 1,52  | 1,40  | 1,26  | 1,08  | 0,89  |
|    | Ensaio |                   | 1,00  |       |       |       |       |       |
|    | Ensaio | CV <sub>exp</sub> | 14,35 | 12,78 | 12,69 | 13,53 | 15,29 | 12,04 |
|    | Ensaio |                   | 14,07 |       |       |       |       |       |
|    | Pop I  |                   | 1,70  | 4,73  | 5,92  | 6,17  | 8,43  | 9,07  |
|    | Pop II | M (m)             | 1,55  | 4,58  | 5,64  | 6,02  | 8,29  | 9,05  |
|    | Ensaio |                   | 1,62  | 4,65  | 5,76  | 6,09  | 8,35  | 9,06  |
| PE | Ensaio |                   | 9,30  |       |       |       |       |       |
|    | Pop I  |                   | 1,70  | 1,18  | 1,18  | 1,03  | 1,05  | 0,91  |
|    | Pop II | IMA (m)           | 1,55  | 1,15  | 1,13  | 1,00  | 1,04  | 0,91  |
|    | Ensaio |                   | 1,62  | 1,16  | 1,15  | 1,02  | 1,04  | 0,91  |
|    | Ensaio |                   | 0,85  |       |       |       |       |       |
|    | Ensaio | CV <sub>exp</sub> | 18,24 | 12,95 | 15,71 | 14,69 | 13,02 | 12,21 |
|    | Ensaio |                   | 13,29 |       |       |       |       |       |

Pop. I: 23 progênies; Pop. II: 24 progênies.

TABELA 4 - Crescimento médio (M), incremento médio anual (IMA), coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) e resultados do teste F, para DAP, em várias idades e em duas populações de *P. dubium*, na Estação Experimental de Luiz Antônio (LA) e de Pederneiras (PE), SP.

|    |        |                   | Idades (anos) |       |       |       |       |       |
|----|--------|-------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |        |                   | 4             | 5     | 6     | 8     | 10    | 11    |
| LA | Pop I  |                   | 6,91          | 7,49  | 8,34  | 9,56  | 9,82  | 10,22 |
|    | Pop II | M (cm)            | 7,17          | 7,67  | 8,68  | 10,03 | 10,38 | 10,83 |
|    | Ensaio |                   | 7,58          | 8,15  | 8,52  | 9,80  | 10,10 | 10,53 |
|    | Pop I  |                   | 1,73          | 1,50  | 1,39  | 1,20  | 0,98  | 0,93  |
|    | Pop II | IMA (cm)          | 1,79          | 1,53  | 1,45  | 1,25  | 1,04  | 0,98  |
|    | Ensaio |                   | 1,90          | 1,63  | 1,42  | 1,23  | 1,01  | 0,96  |
|    | Ensaio | CV <sub>exp</sub> | 13,30         | 18,35 | 15,84 | 15,09 | 14,66 | 13,72 |
| PE | Pop I  |                   | 5,37          | 6,63  | 7,35  | 9,29  | 9,91  | 10,30 |
|    | Pop II | M (cm)            | 5,59          | 7,11  | 11,21 | 10,01 | 10,85 | 11,21 |
|    | Ensaio |                   | 5,49          | 6,89  | 7,61  | 9,68  | 10,41 | 10,79 |
|    | Pop I  |                   | 1,34          | 1,33  | 1,22  | 1,16  | 0,99  | 0,94  |
|    | Pop II | IMA (cm)          | 1,40          | 1,42  | 1,87  | 1,25  | 1,09  | 1,02  |
|    | Ensaio |                   | 1,37          | 1,38  | 1,27  | 1,21  | 1,04  | 0,98  |
|    | Ensaio | CV <sub>exp</sub> | 16,43         | 15,65 | 13,57 | 14,03 | 13,64 | 14,37 |

Pop. I: 28 progênies; Pop. II: 30 progênies.

A sobrevivência de plantas nos ensaios foi alta, com 95,82 % em Luiz Antônio e 94,75 % em Pederneiras. Esses resultados são muito superiores aos apresentados por CARVALHO (1994), para a espécie em plantios em Campos Mourão, PR, no mesmo espaçamento 3,0 x 3,0 m (64%) aos 12 anos de idade. A sobrevivência de plantas, juntamente com a capacidade reprodutiva, é um indicativo de adaptação de uma espécie a um determinado ambiente, portanto, os resultados de sobrevivência permitem supor uma boa adaptação da espécie aos locais de experimentação.

O incremento médio anual (IMA) foi alto em todas as avaliações realizadas (TABELAS 3 e 4), porém, com valores decrescentes com o aumento de idade. Aos 11 anos de idade em Luiz Antônio, o IMA para altura foi de 1,0 m, mostrando o

potencial silvicultural da espécie para reflorestamentos com essências florestais nativas.

O coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ), para as duas características, apresentou valores oscilando entre 10 e 20%, respectivamente, nas análises individuais (TABELAS 3 e 4) e conjunta para locais (TABELAS 5 e 6), com valores geralmente maiores para o DAP.  $CV_{exp}$  entre 10 e 20 % são considerados, por GOMES (1987), como médios para experimentos agrícolas. No entanto, para ensaios florestais com essências nativas não domesticadas, podem ser considerados como baixos, visto que a variação observada possivelmente decorre da variação natural da espécie. Assim, espera-se neste estudo, uma boa confiabilidade nas estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos.

TABELA 5 - Graus de liberdade, resultados do teste F e coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) para análise conjunta para locais da característica altura, em várias idades de avaliação.

|                  | GL | Idades (anos) |          |         |          |        |         |        |
|------------------|----|---------------|----------|---------|----------|--------|---------|--------|
|                  |    | 1             | 4        | 5       | 6        | 8      | 10      | 11     |
| Locais (L)       | 1  | 65,82**       | 230,65** | 85,52** | 122,64** | 6,06*  | 28,61** | 8,80** |
| Populações (P)   | 1  | 4,21*         | 1,26     | 2,09    | 0,69     | 0,25   | 0,10    | 0,00   |
| L x P            | 1  | 14,44**       | 2,01     | 2,94    | 2,07     | 0,94   | 1,48    | 2,77   |
| Prog./Pop        | 42 | 1,78**        | 1,44*    | 1,09    | 1,07     | 1,58*  | 1,66*   | 1,89** |
| Prog./Pop I      | 22 | 2,06**        | 2,35**   | 1,47    | 1,48     | 2,28** | 2,86**  | 2,57** |
| Prog./Pop II     | 19 | 1,87*         | 1,77*    | 1,35    | 1,45     | 2,29** | 2,17**  | 2,64** |
| L x Prog./Pop    | 42 | 1,86*         | 3,28**   | 3,01**  | 3,11**   | 3,36** | 3,79**  | 3,03** |
| L x Prog./Pop I  | 22 | 1,62          | 1,86*    | 2,10**  | 1,91*    | 2,56** | 2,39**  | 2,28** |
| L x Prog./Pop II | 19 | 1,28          | 4,76**   | 4,58**  | 4,55**   | 4,43** | 5,52**  | 3,97** |
| Prog./Pop./L1    | 42 | 2,62**        | 2,97**   | 2,22**  | 1,44     | 2,63** | 3,16**  | 2,72** |
| Prog./Pop./L2    | 42 | 1,32          | 2,09**   | 2,46**  | 2,85**   | 2,63** | 2,68**  | 2,97** |
| Prog./Pop I/L1   | 22 | 1,82*         | 3,17**   | 1,73*   | 1,86*    | 3,57** | 3,91**  | 3,64** |
| Prog./Pop I/L2   | 22 | 1,34          | 2,90**   | 3,24**  | 3,84**   | 2,84** | 3,51**  | 3,40** |
| Prog./Pop II/L1  | 19 | 2,51**        | 2,73**   | 2,07*   | 0,96     | 1,86*  | 2,58**  | 1,93*  |
| Prog./Pop II/L2  | 19 | 1,15          | 1,43     | 1,83    | 2,14*    | 2,56** | 2,16*   | 2,67** |
| $CV_{exp}$ (%)   |    | 18,46         | 15,02    | 17,55   | 16,84    | 16,71  | 15,76   | 14,90  |

(\*) e (\*\*): significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.



TABELA 6 - Graus de liberdade, resultados do teste F e coeficiente de variação experimental ( $CV_{exp}$ ) para análise conjunta para locais da característica DAP, em várias idades de avaliação.

|                  | GL | Idades (anos) |         |         |        |         |        |
|------------------|----|---------------|---------|---------|--------|---------|--------|
|                  |    | 4             | 5       | 6       | 8      | 10      | 11     |
| Locais (L)       | 1  | 133,08**      | 20,74** | 33,21** | 1,32   | 1,09    | 5,70*  |
| Populações (P)   | 1  | 2,09          | 3,08    | 4,40*   | 6,84** | 10,78** | 9,49** |
| L x P            | 1  | 0,68          | 0,19    | 0,00    | 0,18   | 0,54    | 0,57   |
| Prog./Pop        | 42 | 1,96**        | 1,70**  | 2,16**  | 3,12** | 3,19**  | 3,26** |
| Prog./Pop I      | 22 | 2,05**        | 1,53    | 2,04*   | 3,16** | 2,93**  | 2,74** |
| Prog./Pop II     | 19 | 1,95*         | 1,88*   | 2,33**  | 3,21** | 3,52**  | 3,76** |
| L x Prog./Pop    | 42 | 3,10**        | 2,82**  | 3,61**  | 4,77** | 4,87**  | 4,57** |
| L x Prog./Pop I  | 22 | 2,54**        | 2,19**  | 3,22**  | 4,08** | 3,68**  | 3,32** |
| L x Prog./Pop II | 19 | 3,78**        | 3,58**  | 4,24**  | 5,69** | 6,17**  | 5,92** |
| Prog./Pop./L1    | 42 | 2,75**        | 2,94**  | 4,34**  | 6,80** | 6,64**  | 6,56** |
| Prog./Pop./L2    | 42 | 2,78**        | 1,99**  | 2,42**  | 3,34** | 3,98**  | 3,64** |
| Prog./Pop I/L1   | 22 | 2,82**        | 2,77**  | 3,73**  | 5,21** | 3,95**  | 3,53** |
| Prog./Pop I/L2   | 22 | 2,12**        | 1,33    | 2,23**  | 3,67** | 4,41**  | 3,93** |
| Prog./Pop II/L1  | 19 | 2,92**        | 3,20**  | 5,01**  | 8,25** | 8,89**  | 9,16** |
| Prog./Pop II/L2  | 19 | 3,53**        | 2,85**  | 3,63**  | 3,17** | 3,77**  | 3,50** |
| $CV_{exp}$ (%)   |    | 18,57         | 19,00   | 17,26   | 18,00  | 17,42   | 17,96  |

(\*) e (\*\*). significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

## 4.2 Variação Genética Entre e Dentro de Populações

A análise da variância conjunta (TABELAS 5 e 6) revelou diferenças significativas pelo teste F para locais, para as duas características, em quase todas as idades de comparações, exceto para DAP aos 8 e 10 anos, mostrando haver heterogeneidade ambiental entre os locais. Entre populações, foram detectadas diferenças significativas para o DAP dos cinco aos 11 anos de idade. Para interação populações x locais (L x P) o teste F foi significativo apenas para altura no primeiro ano de idade. Para progênies dentro de populações (Prog./Pop), observaram-se diferenças significativas para as duas características, em todas as idades de avaliação, exceto para altura aos 6 e 8 anos, sendo que o desdobramento desse quadrado médio em Prog./Pop. I e II, revelou que ambas apresentavam variações genéticas altamente significativas.

A interação locais x progênies dentro de populações (L x Prog./Pop), e seu desdobramento em L x Prog./Pop I e L x Prog./Pop. II, foram, na maioria das análises, significativas para as características, revelando um comportamento diferenciado das progênies em relação aos ambientes. A decomposição dessas interações revelou variações genéticas significativas para as populações em ambos os locais, e na maioria das idades de avaliação. A variação genética detectada nas populações favorecem a estratégia de conservação *ex situ*.

O desempenho das populações para a conservação *ex situ*, foi avaliado pelo seu comportamento médio populacional e pelo desempenho médio de suas progênies. A avaliação a nível de populações, mostrou ausência de interação L x P, o que do ponto de vista de adaptação, significa que o potencial das populações para a conservação, foi o mesmo em ambos os locais. A nível de progênies, observaram-se interações genótipo x ambiente, sendo estes valores maiores para DAP em relação à altura, indicando um comportamento diferenciado dos genótipos em relação aos locais e que as características interagem de forma diferente com os ambientes. Considerando as diferenças significativas entre locais, a presença de interação genótipo x ambiente, mostrou que as populações apresentavam variação genética suficiente para se adaptar às diferentes condições ambientais às quais foram expostos. A ausência de

variação genética entre populações e a presença de variação dentro de populações mostrou que a espécie mantém maior parte de sua variabilidade genética armazenada dentro das populações (entre progênies dentro de populações e indivíduos dentro de progênies). A maioria dos trabalhos com essências florestais tropicais e temperadas, que estuda a distribuição da variação genética entre e dentro de populações, tanto a partir de caracteres quantitativos como de marcadores moleculares, tem revelado maiores níveis de variação genética dentro de populações, relativamente a entre populações (HAMRICK & GODT, 1989). Tal constatação indica que a estratégia de conservação do *P. dubium* deva ser a de manter poucas populações com altos níveis de variação genética. Este objetivo parece ter sido atingido neste trabalho, contudo, considerando-se que a variação genética foi caracterizada por caracteres fenotípicos que sofrem fortes efeitos do ambiente, é importante avaliar o ensaio em uma fase posterior, a fim de se confirmar os resultados aqui observados.

A grande variação genética detectada dentro das duas populações de *P. dubium*, sugere boas perspectivas na estratégia de conservação *ex situ* da espécie, em ambas as localidades. Considerando-se a possibilidade de utilização dos ensaios para a coleta de sementes, ter-se-ia a formação de uma nova população da espécie, que combinaria as características genéticas das duas populações, possivelmente, com uma base genética mais ampla que a presente nas populações originais, o que poderia, em atividades de reflorestamentos, favorecer a adaptação da espécie a novos ambientes e a sua conservação genética.

Para a implantação de um programa de melhoramento genético, para as características avaliadas, com base no material presente neste estudo, os níveis de variação genética presentes nas populações mostram que as mesmas estão aptas à seleção. Entretanto, devido à presença de interação genótipo x ambiente, para ambas as populações, a seleção dos melhores genótipos deverá ser realizada para cada local individualmente. Ressalta-se que antes de se realizar a seleção para cada local, seria interessante fazer uma análise da estabilidade e adaptabilidade, visando verificar se não existem genótipos que se comportam de forma superior e estável em ambos os locais.

4.3 Estimativa dos Parâmetros Genéticos

Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito a nível de planta ( $h^2$ ), para as duas características, em ambas as populações e locais (TABELAS 7 e 8), apresentaram geralmente valores altos, sendo muitas vezes superiores a 1,0, em especial na Pop. II. Valores de  $h^2$  acima de 1,0 indicam desvios da pressuposição de que as progênes são exclusivamente de indivíduos meios-irmãos, incluindo também irmãos completos e talvez até indivíduos endogâmicos (originados de cruzamentos entre parentes ou de autofecundação). A estimativa de  $h^2$  em progênes de meios-irmãos considera que

a variância genética entre progênes contém  $\frac{1}{4}$  de variância genética aditiva ( $\sigma^2_A$ ), entretanto, quando esta estimativa é realizada em progênes mistas, que combinam meios-irmãos e irmãos completos, a verdadeira  $\sigma^2_A$  está entre o intervalo de  $\frac{1}{4}$  (meios-irmãos) a  $\frac{1}{2}$  (irmãos completos), ficando a  $\sigma^2_A$  superestimada, que por sua vez, leva à estimativas de  $h^2$  maiores do que 1,0. Nestes casos, a melhor estratégia, é avaliar a herança das características a partir da herdabilidade a nível de média de famílias ( $h^2_m$ ), a qual considera apenas a variância genética total entre progênes ( $\sigma^2_p$ ) e, assim, não está sujeita a problemas na estimativa da  $\sigma^2_A$ .

TABELA 7 - Estimativas de parâmetros genéticos e não genéticos para altura em duas populações de *P. dubium*, em várias idades, na Estação Experimental de Luiz Antônio (LA) e Pederneiras (PE), SP.

| Pop.   |                                       | 1               | 4     | 5     | 6     | 8     | 10    | 11    |       |
|--------|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| LA     | Pop I                                 | $h^2$           | 0,09  | 0,29  | 0,51  | 0,78  | 1,11  | 0,97  | 1,18  |
|        | Pop II                                |                 | 0,25  | 1,00  | 1,14  | 1,40  | 1,16  | 1,46  | 1,33  |
|        | Pop I                                 | $h^2_m$         | 0,17  | 0,44  | 0,60  | 0,72  | 0,78  | 0,86  | 0,75  |
|        | Pop II                                |                 | 0,55  | 0,83  | 0,86  | 0,87  | 0,81  | 0,89  | 0,70  |
|        | Pop I                                 | $CV_g$          | 2,78  | 4,65  | 6,32  | 8,92  | 11,82 | 12,19 | 10,00 |
|        | Pop II                                |                 | 6,26  | 11,61 | 12,67 | 14,18 | 12,98 | 13,76 | 8,76  |
|        | Pop I                                 | $CV_e$          | 11,19 | 10,31 | 10,12 | 11,55 | 13,63 | 10,57 | 12,81 |
|        | Pop II                                |                 | 10,51 | 10,19 | 10,03 | 11,41 | 13,58 | 10,29 | 12,52 |
|        | Pop I                                 | $CV_d$          | 21,28 | 16,93 | 16,65 | 15,79 | 15,35 | 13,38 | 13,62 |
|        | Pop II                                |                 | 20,00 | 16,74 | 16,51 | 15,60 | 15,29 | 13,03 | 13,31 |
|        | Pop I                                 | $CV_g/CV_{exp}$ | 0,19  | 0,36  | 0,50  | 0,66  | 0,77  | 1,01  | 0,71  |
|        | Pop II                                |                 | 0,44  | 0,91  | 1,00  | 1,05  | 0,85  | 1,14  | 0,62  |
| Pop I  | $\hat{\sigma}^2_d / \hat{\sigma}^2_p$ | 58,79           | 13,27 | 6,93  | 3,13  | 1,68  | 1,21  | 1,85  |       |
| Pop II |                                       | 0,44            | 0,91  | 1,00  | 1,05  | 0,85  | 1,14  | 0,62  |       |
| PE     | Pop I                                 | $h^2$           | 0,73  | 0,57  | 0,54  | 0,08  | 0,39  | 0,66  | 0,33  |
|        | Pop II                                |                 | 0,55  | 0,89  | 0,08  | 0,66  | 0,87  | 1,10  | 0,96  |
|        | Pop I                                 | $h^2_m$         | 0,74  | 0,68  | 0,78  | 0,18  | 0,61  | 0,83  | 0,58  |
|        | Pop II                                |                 | 0,67  | 0,78  | 0,33  | 0,67  | 0,81  | 0,90  | 0,83  |
|        | Pop I                                 | $CV_g$          | 11,91 | 7,55  | 11,86 | 2,73  | 6,65  | 8,29  | 6,29  |
|        | Pop II                                |                 | 2,07  | 5,06  | 2,60  | 5,26  | 10,92 | 11,31 | 11,91 |
|        | Pop I                                 | $CV_e$          | 14,65 | 10,69 | 7,71  | 13,02 | 10,06 | 3,80  | 10,20 |
|        | Pop II                                |                 | 3,00  | 5,47  | 4,57  | 8,05  | 10,23 | 3,73  | 10,33 |
|        | Pop I                                 | $CV_d$          | 20,51 | 15,11 | 28,95 | 13,98 | 17,69 | 18,31 | 18,32 |
|        | Pop II                                |                 | 4,20  | 7,73  | 17,17 | 8,64  | 17,99 | 17,96 | 18,56 |
|        | Pop I                                 | $CV_g/CV_{exp}$ | 0,65  | 0,58  | 0,75  | 0,19  | 0,51  | 0,68  | 0,47  |
|        | Pop II                                |                 | 0,11  | 0,39  | 0,17  | 0,36  | 0,84  | 0,93  | 0,90  |
| Pop I  | $\hat{\sigma}^2_d / \hat{\sigma}^2_p$ | 2,96            | 4,01  | 5,96  | 26,21 | 7,78  | 4,88  | 8,48  |       |
| Pop II |                                       | 4,12            | 2,33  | 43,49 | 2,70  | 2,71  | 2,52  | 2,43  |       |

Pop. I: 28 progênes; Pop. II: 30 progênes. Coeficiente de herdabilidade no sentido restrito ( $h^2$ ), entre médias de progênes ( $h^2_m$ ), coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ), ambiental ( $CV_e$ ), fenotípico dentro de parcelas ( $CV_d$ ), potencial de seleção no ensaio ( $CV_g/CV_{exp}$ ) e relação entre variância fenotípica dentro de subparcelas e genética ( $\hat{\sigma}^2_d/\hat{\sigma}^2_p$ ).



TABELA 8 - Estimativas de parâmetros genéticos e não genéticos para DAP em duas populações de *P. dubium*, em várias idades, na Estação Experimental de Luiz Antônio (LA) e Pedemeiras (PE), SP.

| Pop. |        | 4                                     | 5     | 6     | 8     | 10    | 11    |
|------|--------|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| LA   | Pop I  | $h^2$                                 | 0,52  | 0,18  | 0,44  | 0,88  | 0,88  |
|      | Pop II |                                       | 1,08  | 0,88  | 0,94  | 1,08  | 1,23  |
|      | Pop I  | $h^2_m$                               | 0,72  | 0,42  | 0,67  | 0,84  | 0,84  |
|      | Pop II |                                       | 0,86  | 0,82  | 0,83  | 0,87  | 0,90  |
|      | Pop I  | $CV_g$                                | 10,19 | 6,49  | 9,33  | 14,23 | 13,58 |
|      | Pop II |                                       | 15,30 | 18,35 | 15,84 | 15,09 | 13,72 |
|      | Pop I  | $CV_e$                                | 11,13 | 13,96 | 12,08 | 10,58 | 9,96  |
|      | Pop II |                                       | 10,73 | 13,64 | 11,61 | 10,09 | 9,43  |
|      | Pop I  | $CV_d$                                | 23,93 | 26,86 | 23,56 | 24,72 | 24,81 |
|      | Pop II |                                       | 23,07 | 26,23 | 22,64 | 23,56 | 23,47 |
|      | Pop I  | $CV_g/CV_{exp}$                       | 0,67  | 0,35  | 0,59  | 0,94  | 0,99  |
|      | Pop II |                                       | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  | 1,00  |
|      | Pop I  | $\hat{\sigma}_d^2 / \hat{\sigma}_p^2$ | 5,51  | 17,13 | 6,38  | 3,02  | 3,34  |
|      | Pop II |                                       | 2,23  | 2,78  | 2,58  | 2,28  | 1,94  |
| PE   | Pop I  | $h^2$                                 | 0,44  | 0,39  | 0,47  | 0,54  | 0,44  |
|      | Pop II |                                       | 0,89  | 2,36  | 2,37  | 1,20  | 1,40  |
|      | Pop I  | $h^2_m$                               | 0,66  | 0,64  | 0,73  | 0,81  | 0,78  |
|      | Pop II |                                       | 0,82  | 0,96  | 0,97  | 0,92  | 0,94  |
|      | Pop I  | $CV_g$                                | 9,51  | 8,90  | 9,41  | 12,42 | 11,00 |
|      | Pop II |                                       | 13,96 | 30,04 | 20,30 | 19,12 | 20,97 |
|      | Pop I  | $CV_e$                                | 12,73 | 11,98 | 8,68  | 3,09  | 0,89  |
|      | Pop II |                                       | 12,23 | 11,17 | 5,69  | 2,87  | 0,82  |
|      | Pop I  | $CV_d$                                | 23,97 | 24,09 | 24,23 | 31,31 | 31,36 |
|      | Pop II |                                       | 23,02 | 22,46 | 15,89 | 29,06 | 28,64 |
|      | Pop I  | $CV_g/CV_{exp}$                       | 0,68  | 0,57  | 0,69  | 0,89  | 0,81  |
|      | Pop II |                                       | 0,85  | 1,92  | 1,50  | 1,36  | 1,54  |
|      | Pop I  | $\hat{\sigma}_d^2 / \hat{\sigma}_p^2$ | 6,36  | 7,33  | 6,64  | 6,35  | 8,13  |
|      | Pop II |                                       | 2,72  | 0,56  | 0,61  | 2,31  | 1,86  |

Pop. I: 28 progênies; Pop. II: 30 progênies. Coeficiente de herdabilidade no sentido restrito ( $h^2$ ), entre médias de progênies ( $h^2_m$ ), coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ), ambiental ( $CV_e$ ), fenotípico dentro de parcelas ( $CV_d$ ), potencial de seleção no ensaio ( $CV_g/CV_{exp}$ ) e relação entre variância fenotípica dentro de subparcelas e genética ( $\hat{\sigma}_d^2 / \hat{\sigma}_p^2$ ).

A  $h^2_m$  para altura e DAP foi alta para as duas populações em ambos os locais, com valores geralmente maiores para a Pop. II, revelando um grande controle genético na expressão fenotípica das progênies. De modo geral, as  $h^2_m$  foram maiores para o DAP em relação à altura, concordantemente aos resultados já observados para o teste F, de maior variação genética para esta característica,

mostrando que a variação fenotípica do DAP tem uma herança genética maior que a altura. Observando-se o comportamento da  $h^2_m$  entre as idades de avaliação, verifica-se que esses valores aumentaram com a idade das plantas, dando a entender que o número de genes que estão se expressando aumenta com o desenvolvimento das plantas.

O coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ), que mede o potencial de um material tanto para a conservação como para o melhoramento, apresentou valores altos em todas as análises realizadas, em especial para a Pop. II e para o DAP. Combinando as estimativas de  $h^2_m$  com os altos valores do  $CV_g$ , verifica-se que as populações apresentam um grande potencial para a conservação e o melhoramento genético, concordantemente aos resultados já observados pelo teste F da análise de variância.

O coeficiente de variação ambiental ( $CV_e$ ) e o coeficiente de variação fenotípico dentro de progênies ( $CV_d$ ), variaram pouco entre as populações para as mesmas características, idades e locais de avaliação. O  $CV_e$  apresentou valores baixos nos dois locais, em especial para Pederneiras, evidenciando que os locais escolhidos para a experimentação eram homogêneos, favorecendo o controle do ambiente para separação dos efeitos genéticos. O  $CV_d$  apresentou valores altos para as duas características nos dois locais, em especial para Pederneiras para o DAP. Uma alta variação fenotípica dentro das progênies é altamente relevante para a conservação genética da espécie, visto que sua eficiência é definida pela variação genética entre populações, entre progênies dentro de populações e entre indivíduos dentro de progênies. Considerando que  $\frac{3}{4}$  da  $\sigma^2_A$ , que é a variância responsável pela semelhança entre pais e filhos, está dentro das progênies, portanto, é o nível hierárquico populacional que apresenta a maior parte da variância genética de uma população, altos  $CV_d$  aumentam o potencial de uma população para a conservação, além de favorecerem, no caso de melhoramento, a seleção indivíduos superiores dentro das progênies.

A relação  $CV_g/CV_{exp}$ , que é uma medida de eficiência do material genético para a seleção, mostrou valores muito promissores. De modo geral, a Pop. II apresentou os valores mais favoráveis para essa relação, em ambas as características e locais. Quanto às características, o DAP apresenta-se como mais promissor para a seleção em ambos os locais. Os dados também mostram a possibilidade de maior eficiência nas seleções em Pederneiras relativamente a Luiz Antônio, sendo esta superioridade, possivelmente, decorrente do maior número de progênies avaliadas.

A análise do sistema de reprodução, em ambos os locais, pela estimativa da relação da variância fenotípica dentro de famílias e variância genética entre famílias ( $\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_p^2$ ), apresentou, em muitos casos, valores inferiores a 3,0, sugerindo desvios de alogamia nas populações. Provavelmente, a reprodução combina cruzamentos não endogâmicos, entre aparentados e autofecundação. Valores da  $\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_p^2$  em progênies de meios-irmãos devem ser superiores a 3,0 [ $(\frac{3}{4}\sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_{ed}) / \frac{1}{4}\sigma^2_A \geq 3,0$ ; onde,  $\sigma^2_D$  é a variância de dominância e  $\sigma^2_{ed}$  é a variância ambiental dentro de progênies], em progênies de irmãos completos superiores a 1,0 [ $(\frac{1}{2}\sigma^2_A + \frac{3}{4}\sigma^2_D + \sigma^2_{ed}) / (\frac{1}{2}\sigma^2_A + \frac{1}{4}\sigma^2_D) \geq 1,0$ ] e, em plantas totalmente autógamas igual ou superiores a 0,0 [ $0\sigma^2_A / (1\sigma^2_A + 1\sigma^2_D) \geq 0,0$ ]. Atenta-se para o fato de que os valores 3,0, 1,0 e 0,0 são os limites inferiores de cada categoria (meios-irmãos, irmãos completos e indivíduos endogâmicos), caso a  $\sigma^2_D$  e a  $\sigma^2_{ed}$  sejam nulas. O limite superior é desconhecido, ou seja, se a variação ambiental for muito grande, progênies de autofecundação podem apresentar valores superiores a 3,0. Valores entre 3,0 e 0,0, podem também sugerir a presença de sistemas mistos de reprodução e cruzamentos preferenciais, sendo que quanto mais próximos de 0,0 maior a proporção de progênies de autofecundação. De modo geral, a Pop. II apresentou menores valores para esta relação, indicando que suas progênies não são exclusivamente de meios-irmãos. Dessa forma, tamanho efetivo da população ( $N_e$ ) será reduzido para valores menores do que o esperado em famílias de meios-irmãos ( $N_e = 4$ ) e a variabilidade genética dentro das progênies será menor, devido a maior covariância entre plantas dentro de progênies e conseqüentemente, menor será o potencial dessa população para a conservação genética. Entretanto, deve-se ressaltar que a relação  $\hat{\sigma}_d^2/\hat{\sigma}_p^2$  não é uma medida precisa, devendo-se utilizá-la apenas como um indicativo do sistema de reprodução de uma espécie.

Esses resultados, no caso da utilização do ensaio como área de coleta de sementes, implicam na necessidade de adotar-se medidas que contornem o problema do cruzamento dentro das progênies, ou seja, minimizem a probabilidade de gerar endogamia. Assim, deve-se preferivelmente realizar a coleta das



sementes de no máximo uma planta de cada parcela. Da mesma forma, para o melhoramento, deve-se aplicar uma alta intensidade de seleção dentro de famílias, dado que a depressão por endogamia, em todas as suas formas (cruzamento entre parentes e autofecundação), leva a uma redução no desenvolvimento das plantas e, indivíduos endogâmicos terão menor chance de serem selecionados. BURGESS *et al.* (1996), estudando os efeitos da taxa de cruzamento sobre a expressão fenotípica de famílias de *Eucalyptus grandis*, através de isoenzimas, observaram, por análise de regressão, uma clara redução no comportamento médio das famílias para a característica altura de plantas, quando geradas por sistemas mistos de reprodução, ou seja, quando as famílias continham desde indivíduos gerados por autofecundação até cruzamentos.

#### 4.4 Considerações Finais

Sugere-se que para o caso da utilização dos ensaios como “áreas de coleta de sementes”, para fins de reflorestamento, que as mesmas sejam coletadas apenas de uma árvore de parcela, de cada família, de cada população e, em quantidades iguais por matriz. Sugere-se também, que a coleta seja feita no maior número possível de famílias. Estas recomendações permitirão o controle gamético materno, fazendo com que nenhuma matriz contribua mais para as frequências alélicas do conjunto gênico das sementes, do que as outras, maximizando o  $N_e$  e reduzindo os possíveis efeitos da perda de alelos raros e da depressão por endogamia, nos lotes de sementes (VENCOVSKY, 1987).

O conceito de tamanho efetivo populacional está diretamente associado ao de deriva genética, sendo que quanto menor é o  $N_e$ , maior é a deriva gerada pela amostragem, e vice-versa. A deriva genética leva ao “estrangulamento” da base genética, que por sua vez, aumento do grau de parentesco entre os indivíduos da população, no decorrer das gerações. Aumentando o grau de parentesco entre as plantas de uma população, vai ser gerado endogamia pelo cruzamento entre indivíduos aparentados. Em espécies perenes alógamas de vida longa, como *P. dubium*, esse problema é agravado pela sobreposição de gerações, onde em poucas gerações pode-se ter o cruzamento entre parentes próximos (pais e filhos). Portanto, a deriva genética gera endogamia, que por

sua vez, pode expor genes deletérios em homozigose, dando origem ao que se conhece por depressão por endogamia (perda de vigor, mortalidade juvenil, albinismo, etc.). Assim, a prática proposta para maximizar o  $N_e$  dos lotes das sementes, restringirá os possíveis efeitos advindos da deriva genética. Atenta-se para o fato de que, apesar dos bons níveis de variação genética detectados em ambas as populações, nas duas localidades, o ensaio de Pederneiras é constituído por um número maior de progênes dentro de populações e revelou uma maior variação genética intrapopulacional, sendo assim, o mais recomendado para a coleta de sementes.

#### 5 CONCLUSÕES

A análise do crescimento em altura e DAP e a sobrevivência de plantas nos dois locais de ensaio, mostraram uma boa adaptação da espécie às condições de experimentação.

As duas populações estudadas apresentaram um melhor desempenho para as características avaliadas em Pederneiras, sugerindo uma melhor adaptação da espécie às condições edafoclimáticas desse local.

A análise de variância individual detectou variações genéticas significativas entre progênes dentro das populações, em ambos os locais de ensaio e, a análise conjunta revelou a presença de interação genótipo x ambientes para ambas as características, indicando um comportamento diferenciado das progênes em relação aos ambientes.

A caracterização genética das populações de *P. dubium*, nos ensaios, mostrou o material como potencial para estratégia de conservação *ex situ* das espécies, bem como para futuros trabalhos de melhoramento genético.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIN, D. 1998. *Componentes de variância*. Piracicaba, FEALQ. 120p.
- BURGESS, I. P. *et al.* 1996. The effect of outcrossing rate on the growth of selected families of *Eucalyptus grandis*. *Silvae Genetica*, Reinbek, 45:2-3.



- CRUZ, C. D. & REGAZZI, A. J. 1997. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 390p.
- CARVALHO, P. E. R. 1994. *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira*. Brasília, EMBRAPA-CNPQ. 640p.
- ETTORI, L. de C. *et al.* 1995. Conservação *ex situ* dos recursos genéticos de ipê-amarelo (*Tabebuia vellosii* Tol.) através de teste de procedências e progênies. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 7(2):157-168.
- ETTORI, L. de C. *et al.* 1996. Variabilidade genética em populações de ipê-roxo (*Tabebuia heptaphylla* Tol.) para a conservação *ex situ*. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 8(2):61-70.
- FALCONER, D. S. 1972. *Introducción a la genética cuantitativa*. México, Ed. CECSA. 430p.
- GIANNOTTI, E. *et al.* 1982. Variação genética entre procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, Campos do Jordão-SP, set. 12-18, 1982. *Anais... Silv. S. Paulo*, São Paulo, 16A:970-975. Pt. 2. (Edição Especial)
- GOMES, F. P. 1987. *Curso de Estatística Experimental*. Piracicaba, Nobel. 467p.
- HAMRICK, J. L. & GODT, M. J. W. 1989. Allozyme diversity in plant species. In: BROWN, A. H. D. *et al.* (eds.) *Plant population genetics, breeding and germoplasm resources*. Sunderland, Sinauer Associates. p. 43-63.
- HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. & CARVALHO, P. E. R. 1992. Pomar de sementes por mudas: um método para a conservação *ex situ* de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo-SP, mar.-abr. 29-03, 1992. *Anais... Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 4(único):1217-1224. Pt. 4. (Edição Especial)
- NOGUEIRA, J. C. B. *et al.* 1986a. Teste de progênies e procedências de aroeira - *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, 40A:367-377. Pt. 2. (Edição Especial)
- NOGUEIRA, J. C. B. *et al.* 1986b. Teste de progênies e procedências de pau d'alho - *Galliesia gorarema* Vell. Moq. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, 40A:344-356. Pt. 2. (Edição Especial)
- NOGUEIRA, J. C. B. *et al.* 1986c. Teste de progênies e procedências de amendoim - *Pterogyne nitens* Tul. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, 40A:357-366. Pt. 2. (Edição Especial)
- RAMALHO, M.; SANTOS, J. B. & PINTO, C. B. 1996. *Genética na agropecuária*. São Paulo, Ed. Globo. 359p.
- REGAZZI, A. J. 1987. *Métodos estatísticos para avaliação da interação genótipo x ambiente*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Matemática. 34p. (apostila do Curso de Estatística Experimental)
- SIQUEIRA, A. C. M. De F. *et al.* 1986a. O jequitibá-rosa - *Cariniana legalis* (Mart.) O. Ktze. uma espécie em extinção. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, 40A:291-301. Pt. 2. (Edição Especial)
- SIQUEIRA, A. C. M. De F. *et al.* 1986b. Conservação dos recursos genéticos da guaruaia - *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. *Bol. Técn. IF*, São Paulo, 40A:302-313. Pt. 2. (Edição Especial)
- SIQUEIRA, A. C. M. De F.; NOGUEIRA, J. C. B. & KAGEYAMA, P. Y. 1993. Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cumbaru (*Dipteryx alata*) Vog. - Leguminosae. *Rev. Inst. Flor.*, São Paulo, 5(2):231-243.
- SNEDECOR, G. & COCHRAN, W. G. 1957. *Statistical methods*. Ames, Iowa State University Press. 534p.
- TORGGLER, M. G. F. 1987. *Variação genética entre progênies dentro de procedências de Eucalyptus saligna* Smith. Piracicaba, ESALQ/USP. 198p. (Dissertação de Mestrado)
- VENCOVSKY, R. 1987. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. *IPEF*, Piracicaba, (35): 79-84.
- VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. 1992. *Genética biométrica no fitomelhoramento*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Genética. 496p.
- VENTURA, A.; BERENGUT, G. & VICTOR, M. A. M. 1965/1966. Características edafoclimáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. *Silvic. S. Paulo*, São Paulo, 4:57-139.