

PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO ABERTA DE *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, AOS 22 ANOS DE IDADE¹

Miguel Luiz Menezes FREITAS²

Alexandre Magno SEBBENN²

Eurípedes MORAIS²

Antonio Carlos Scatena ZANATTO²

Clayton Martins Rangel de SOUSA³

Saulo Vannucci LEMOS⁴

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e forma, em 23 progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, implantado em Bebedouro-SP. A análise de variância detectou diferenças significativas, a 5% de probabilidade, entre progênies para o caráter volume real, sugerindo a possibilidade de ganhos na seleção. A diferença entre a maior e a menor média de crescimento em volume entre progênies foi de 42%. As estimativas do coeficiente de variação genética, para todos os caracteres, foram razoáveis e superiores às estimadas aos cinco anos de idade. Os valores dos coeficientes de herdabilidade, em nível de plantas individuais (h_i^2) e dentro de progênies (h_d^2), foram baixos ($< 0,1$) para todos os caracteres, indicando poucas possibilidades de progressos genéticos com a seleção massal. Por outro lado, as estimativas do coeficiente de herdabilidade, em nível de média de progênies (h_m^2), foram médias, variando de 0,27 (DAP) a 0,45 (altura) e indicando a possibilidade de capitalizarem-se ganhos consideráveis com a seleção das melhores progênies. Os ganhos esperados com a seleção para DAP, altura, forma do fuste e volume foram 4,46; 4,24; 6,82 e 14,20%, respectivamente. Esses ganhos são preditos para plantios de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, em ambientes similares aos de Bebedouro-SP.

Palavras-chave: melhoramento florestal; *Pinus*.

1 INTRODUÇÃO

A introdução de espécies florestais exóticas no Brasil proporcionou grandes benefícios para o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões do País, principalmente nas áreas onde as características do solo e clima desestimulam outra atividade agrícola (Missio, 2004). Dentre as espécies exóticas de rápido crescimento que tiveram grande sucesso como produtoras de madeira, celulose e resina, destacam-se as coníferas do gênero *Pinus*.

ABSTRACT

The aims of this work were to estimate the genetic parameters for grown and form traits in 23 open-pollinated families of *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, at 22 years old, implanted in Bebedouro, São Paulo State. The variance analysis detected significant differences at 5% of probability among families to real volume, indicating the possibility of genetic gains through selection. The difference between height and lower average of progeny volume grown was 42%. The estimates of coefficient of genetic variance for all traits were reasonable and higher than estimates at five years old. The values of the coefficients of individual narrow sense (h_i^2) and within families heritabilities (h_d^2) were low (0.01) for all traits, indicating few possibilities to obtain genetic gains with selection. However, the estimates of family heritability (h_m^2) were mediums, varying from 0.27 (DBH) to 0.45 (height) and indicating the possibility to obtain considerable gains with selection of the best families. The expected genetic gains with section were 4.46, 4.24, 6.82 and 14.20% to DBH, height, stem form and volume, respectively. These predicted gains are for *P. caribaea* var. *bahamensis* plantations at 22 years of age growing in similar environments to the Bebedouro, SP.

Key words: tree breeding; *Pinus*.

As plantações comerciais de *Pinus*, notadamente no Estado de São Paulo, começaram na década de 1950, feitas pelo Instituto Florestal, sendo ampliadas em seguida por empresas particulares, visando, principalmente, à produção de aglomerados, laminados, madeira para caixotaria, móveis, serraria e celulose, vindo a seguir a exploração de resina e a produção de sementes melhoradas, tanto para o abastecimento interno como para a exportação (Moraes, 2001).

(1) Aceito para a publicação em junho de 2005.

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

(3) Floresta Estadual de Bebedouro, Caixa Postal 68, 14.700-000, Bebedouro, SP, Brasil. (Estagiário).

(4) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Caixa Postal 31, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil. (Graduando em Agronomia).

O gênero *Pinus* é formado por mais de uma centena de espécies. Dentre as tropicais, destaca-se o *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et Gol., como uma das mais importantes para a produção de madeira e resina para a região Sudeste brasileira. Sua origem são as Ilhas das Bahamas, em áreas separadas e distantes em até 600 km. A primeira inclui as Ilhas Grand Bahama, Great Abaco, Andros e New Providence, entre 23° e 27° de latitude norte; a segunda área inclui as Ilhas Caicos, entre 21° e 22° de latitude norte. Nessas ilhas, se encontra em altitudes que variam desde o nível do mar até 30 m, em clima tropical (25°C), subúmido (chuvas anuais de 700 a 1.300 mm), com período de seca de seis meses, solos alcalinos (pH 7,5 a 8,5), com crescimento intermediário entre o *Pinus caribaea* Mor. var. *caribaea* Bar. et Gol. e o *Pinus elliottii* Eng. var. *elliottii* (Barrett & Golfari, 1962).

A variabilidade genética existente em uma população é a matéria-prima básica do melhoramento, e o conhecimento de sua distribuição entre e dentro de progênies é relevante para a definição de estratégias de seleção em programas de melhoramento florestal (Sebbenn *et al.*, 1994). Por isso, é fundamental a estimativa de parâmetros genéticos que descrevem os níveis de variação genética existentes entre progênies, a magnitude do controle genético dos caracteres e os ganhos esperados com a seleção.

Variação genética significativa para caracteres de crescimento, forma e produção de resina em testes de progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis* é relatada por Sebbenn *et al.* (1994), Zheng *et al.* (1994), Gurgel Garrido *et al.* (1996, 1999) e Missio *et al.* (2004). Estimativas do coeficiente de variação genética em testes de progênies vêm detectando alto potencial genético para o melhoramento de caracteres de crescimento, forma do fuste e produção de resina (Sebbenn *et al.*, 1994; Gurgel Garrido *et al.*, 1996, 1999; Missio *et al.*, 2004), e ganhos na seleção de até 23,4% para altura, 30,6% para DAP (Zheng *et al.*, 1994), 8,26% para volume real (Sebbenn *et al.*, 1994) e 46,23% para produção de resina (Gurgel Garrido *et al.*, 1999). Esses resultados demonstram o grande potencial da espécie para o melhoramento de diversos caracteres de valor econômico para diferentes locais.

Os objetivos deste trabalho foram estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento

e forma em progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, implantado em Bebedouro–SP, após um desbaste aleatório de 44% das árvores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material Genético, Local de Experimentação e Delineamento Experimental

As sementes para a implantação deste experimento foram obtidas junto ao Departamento Florestal de Queensland, Austrália. As progênies utilizadas no experimento foram originadas de sementes de polinização livre de 23 árvores superiores australianas selecionadas em população-base (10 ortetes) e em pomar de clonal (13 rametes) de *P. caribaea* var. *bahamensis* localizado em Queensland.

O teste de progênies foi implantado em 1983, na Floresta Estadual de Bebedouro–SP, localizada nas coordenadas 48°30'W e 20°57'S, com altitude de 570 m. O clima é do tipo Cwa com temperatura média anual do mês mais quente de 22,7°C e do mês mais frio de 17,2°C. A precipitação média anual é de 1.263 mm (Ventura *et al.*, 1965-1966). O relevo do local é plano com inclinação em torno de 5%.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com 23 tratamentos (progênies) e sete blocos, e a unidade experimental composta por cinco plantas dispostas em linha, obedecendo ao espaçamento 3,0 x 2,0 m. Também foi utilizada uma bordadura externa com duas linhas, a fim de se reduzirem os efeitos de borda sobre os tratamentos.

Aos 21 anos de idade, o ensaio sofreu um desbaste aleatório com a retirada de aproximadamente 44% das árvores, assim, não foi avaliado o caráter sobrevivência. O ensaio foi mensurado aos 22 anos de idade para o diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (h) e forma do fuste (variando de 1 – fuste muito tortuoso e bifurcado a 5 – fuste reto sem bifurcação, danos e doenças). Os valores da forma do fuste foram transformados por raiz quadrada, para análise de variância. O volume real individual foi calculado conforme Sebbenn *et al.* (1994) pela expressão $V_{r(i)} = 0,04712388 DAP_i^2 h_i$, sendo DAP_i e h_i o DAP e a altura individual, respectivamente. Assim, os parâmetros genéticos foram estimados com uma amostra remanescente das árvores do plantio original.

2.2 Estimativa de Componentes de Variância

As análises de variância para o teste F foram feitas com o procedimento GLM e para a estimativa de componentes de variância pelo procedimento VARCOMP, utilizando o método de REML (*Restricted Maximum Likelihood*), ambos os procedimentos implementados no programa estatístico SAS (S.A.S., 1999). O uso do método REML para estimar os componentes da variância, deve-se ao desbalanceamento experimental em termos do número desigual de árvores remanescentes e sobreviventes por parcelas. Os valores perdidos foram estimados e os componentes da variância foram ajustados para estes. Para análise de variância e estimativa de componentes de variância adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} = performance média do k -ésimo indivíduo, do j -ésimo bloco, da i -ésima progênie; m = média geral da variável em análise; t_i = efeito da i -ésima progênie ($i = 1, 2, \dots, I$); b_j = efeito do j -ésimo bloco ($j = 1, 2, \dots, J$); e_{ij} = efeito da interação entre a i -ésima progênie do j -ésimo bloco, ou efeito ambiental da ij -ésima parcela, e d_{ijk} = efeito do k -ésimo indivíduo dentro da ij -ésima parcela. Todos os efeitos do modelo foram assumidos como aleatórios, sendo que K é o número de árvores por progênies, J é o número de blocos, I é o número de progênies e \bar{K} é a média harmônica do número de árvores por parcela. O esquema da análise de variância encontra-se na TABELA 1.

TABELA 1 – Esquema da análise de variância para cada caráter em nível de plantas individuais.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	$J-1$	QM_{blocos}	–
Progênies	$I-1$	$QM_{\text{progênies}}$	$\sigma_d^2 + \bar{K} \sigma_e^2 + J \bar{K} \sigma_p^2$
Resíduo	$(J-1)(I-1)$	$QM_{\text{resíduo}}$	$\sigma_d^2 + \bar{K} \sigma_e^2$
Dentro de progênies	$JI \sum_{i=1}^p (\bar{K} - 1)$	QM_{dentro}	σ_d^2

Em que: J = número de blocos; I = número de progênies; \bar{K} = média harmônica do número de plantas por parcela, e p = número de parcelas.

Das análises de variância, foram estimados os componentes: $\hat{\sigma}_p^2$ = variância genética entre progênies; $\hat{\sigma}_e^2$ = variância devido à interação entre progênies e repetições; $\hat{\sigma}_d^2$ = variância fenotípica dentro de progênies; $\hat{\sigma}_F^2$ = variância fenotípica total, e $\hat{\sigma}_A^2$ = variância genética aditiva entre progênies. A variância genética fenotípica foi estimada por $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2$;

a variância genética aditiva foi calculada com base na expressão: $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{r}_{xy}$, sendo \hat{r}_{xy} a estimativa do coeficiente de parentesco ou co-variância genética aditiva entre plantas dentro de progênies, calculada da estimativa da taxa de cruzamento multiloco média ($\hat{t}_m = 0,89$) obtida para a espécie por Matheson *et al.* (1989), usando a expressão: $\hat{r}_{xy} = 0,25(4\hat{s} + \hat{t}_m)$.

2.3 Estimativa de Herdabilidades e Coeficiente de Variação Genética

As definições e cálculos dos coeficientes de herdabilidade, coeficientes de variação e medidas de correlações entre caracteres e idades seguem Namkoong (1979).

Herdabilidade em nível de plantas individuais (h_i^2):

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2}.$$

Herdabilidade entre progênies (h_m^2):

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{J} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{KJ}}.$$

Herdabilidade dentro de progênies (h_d^2):

$$\hat{h}_d^2 = \frac{(1 - \hat{r}_{xy})\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}.$$

Coeficiente de variação genética (CV_g):

$$CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2}}{\hat{m}} \cdot 100,$$

sendo \hat{m} a estimativa da média do caráter.

2.4 Resposta à Seleção

A resposta esperada na seleção foi estimada para as intensidades de seleção de 34,7% das progênies ($i_e = 2,2137$) e 5% das árvores dentro das progênies ($i_d = 1,71$). A resposta à seleção entre e dentro de progênies foi calculada pela expressão:

$$\hat{R}_{ed} = \frac{i_e \hat{r}_{xy} \hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_d^2}{JK} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{J} + \hat{\sigma}_p^2}} + \frac{i_d (1 - \hat{r}_{xy}) \hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2}}.$$

A resposta à seleção em porcentagem [$R_{ed}(\%)$] foi estimada por:

$$\hat{R}_{ed}(\%) = \frac{\hat{R}_{ed}}{\hat{m}} \cdot 100,$$

em que, \hat{m} é a média do caráter.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Experimentação e Variação entre Progênies

O coeficiente de variação experimental foi baixo para altura total (10,08%), médio para forma (18,39%) e DAP (20,82%) e alto para volume (37,61%) (TABELA 2). Comparativamente aos coeficientes de variação experimental detectados por Sebbenn *et al.* (1994), avaliando este mesmo ensaio, aos cinco anos de idade (DAP = 7,69%; altura = 4,83%; forma = 7,48%; volume = 21,33%), observa-se o aumento da variação experimental aos 22 anos de idade. Os valores aqui observados também foram superiores aos relatados por Missio *et al.* (2004) para os mesmos caracteres, em teste de progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis*, com 13 anos de idade, implantado em Selvíria-MS (DAP = 12,13%; altura = 5,84%; forma = 7,34%; volume = 22,92%).

Os resultados da análise de variância mostraram diferenças significativas a 5% de probabilidade entre progênies para o caráter volume real (TABELA 2), indicando que existe diferença genética entre a média de pelo menos duas progênies e há possibilidade de obterem-se ganhos com a seleção. Os demais caracteres não apresentaram diferenças significativas. A ausência de diferenças significativas para os caracteres DAP, altura e forma poderia ter sido causada pelo desbaste realizado aos 21 anos de idade, reduzindo as diferenças entre as progênies. Contudo, de acordo com as estimativas do coeficiente de variação experimental, isso não aconteceu, porque o desbaste deveria ter reduzido a variância experimental e os valores obtidos deveriam ser inferiores aos observados aos cinco anos de idade (DAP = 7,69%; altura = 4,83%; forma = 7,48%; volume = 21,33%) por Sebbenn *et al.* (1994). Isso ocorreu porque a variância ambiental aumentou, elevando o coeficiente de variação experimental e mascarando, provavelmente, a variação genética existente entre progênies. Resultado semelhante foi observado por Missio (2004) estudando progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis*. O autor também detectou maiores coeficientes de variação experimental após o desbaste para DAP, altura, forma do fuste e volume do que antes da seleção.

TABELA 2 – Resultados da análise de variância (graus de liberdade e quadrados médios) para os caracteres DAP, altura, forma do fuste (Forma) e volume real, em progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, implantadas em Bebedouro–SP.

Fonte de Variação	GL	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Volume (m ³ /indivíduo)
Blocos	6	15,1862	14,5086**	0,1294	0,0008
Progênies	22	37,1600	7,2073	0,1551	0,0036*
Resíduo	119	27,4304	4,8925	0,1182	0,0021
Dentro	201	26,6999	4,5740	0,1056	0,0020
Coeficiente de variação - CV_{exp} (%)		20,82	10,08	18,39	37,61

(*) $P \leq 0,05$ (**) $P \leq 0,01$.

3.2 Médias de Crescimento e Forma

Existem grandes diferenças entre progênies para os caracteres de crescimento (TABELA 3). A diferença entre as progênies de

menor e maior crescimento para DAP foi de 21%, para altura 6%, para forma 42% e para volume 40%. Isso demonstra a grande variação fenotípica existente no experimento e a possibilidade de explorar a parte genética desta variação pela seleção.

TABELA 3 – Médias (\pm erro) de DAP, altura, forma do fuste (Forma) e volume real, em progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, em Bebedouro–SP.

Progênies	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Volume real (m ³ /indivíduo)
1	24,0 \pm 1,22	21,6 \pm 0,48	3,5 \pm 0,26	0,102 \pm 0,010
2	22,2 \pm 0,95	22,5 \pm 0,44	2,9 \pm 0,21	0,092 \pm 0,008
3	25,0 \pm 1,73	22,8 \pm 0,33	3,5 \pm 0,31	0,118 \pm 0,015
4	25,9 \pm 1,50	22,1 \pm 0,39	3,3 \pm 0,36	0,123 \pm 0,014
5	28,5 \pm 1,66	23,1 \pm 0,23	2,9 \pm 0,40	0,154 \pm 0,017
6	27,2 \pm 1,06	22,7 \pm 0,35	3,4 \pm 0,20	0,136 \pm 0,011
7	23,1 \pm 1,22	22,1 \pm 0,45	3,2 \pm 0,30	0,099 \pm 0,012
8	25,2 \pm 1,94	21,5 \pm 0,92	4,6 \pm 1,30	0,098 \pm 0,009
9	26,2 \pm 1,23	23,6 \pm 0,27	3,9 \pm 0,21	0,133 \pm 0,012
10	23,4 \pm 1,87	20,4 \pm 1,12	2,7 \pm 0,24	0,111 \pm 0,014
11	26,3 \pm 0,95	22,1 \pm 1,94	3,7 \pm 0,23	0,125 \pm 0,009
12	23,1 \pm 1,30	20,9 \pm 0,68	2,9 \pm 0,21	0,095 \pm 0,011
13	24,8 \pm 1,03	22,8 \pm 0,40	3,3 \pm 0,25	0,118 \pm 0,010
14	25,4 \pm 2,02	21,7 \pm 0,95	2,9 \pm 0,44	0,123 \pm 0,018
15	23,4 \pm 1,09	22,5 \pm 0,45	2,8 \pm 0,22	0,101 \pm 0,009
16	26,0 \pm 1,03	22,4 \pm 0,61	3,4 \pm 0,31	0,123 \pm 0,011
17	26,9 \pm 1,26	22,3 \pm 0,35	3,3 \pm 0,30	0,132 \pm 0,013
18	25,0 \pm 1,43	21,9 \pm 0,45	3,1 \pm 0,29	0,114 \pm 0,012
19	26,3 \pm 1,76	21,4 \pm 0,76	2,9 \pm 0,38	0,128 \pm 0,019
20	25,4 \pm 1,14	23,0 \pm 0,18	3,6 \pm 0,22	0,121 \pm 0,009
21	25,6 \pm 0,62	22,1 \pm 0,40	3,8 \pm 0,21	0,118 \pm 0,007
22	25,6 \pm 1,46	22,0 \pm 0,38	3,1 \pm 0,24	0,121 \pm 0,014
23	24,4 \pm 1,42	22,7 \pm 0,84	3,3 \pm 0,21	0,115 \pm 0,011
Média	25,08 \pm 0,31	22,15 \pm 0,15	3,30 \pm 0,09	0,117 \pm 0,003

3.3 Variação Genética e Herdabilidades

O coeficiente de variação genética (TABELA 4) variou de 1,90% para altura a 6,80% para volume. Comparando esses resultados com os obtidos aos cinco anos de idade (DAP = 1,86%; altura = 1,06%; forma = 1,96%; volume = 4,35%) por Sebbenn *et al.* (1994), neste mesmo experimento, observa-se que os presentes valores foram maiores, sugerindo a possibilidade de maiores ganhos genéticos com a seleção aos 22 anos de idade, relativamente aos cinco anos. Confrontando esses valores com os observados por Missio (2004) para os mesmos caracteres (DAP = 0,46%; altura = 2,16%; forma = 1,79%; volume = 12,77%) aos 13 anos de idade na mesma espécie, após a realização de desbaste no experimento, verifica-se que alguns apresentaram maior variação (altura e volume) e outros, menor variação genética (DAP e forma). As diferenças entre esses experimentos podem ser explicadas por diferenças na variação genética existente entre essas populações e diferenças na idade de avaliação dos experimentos (22 *versus* 13 anos).

Moraes (2001) também estudou o comportamento de parâmetros genéticos após o desbaste em *P. caribaea* var. *hondurensis* e detectou maiores coeficientes de variação genética, aos 13 anos de experimentação, para os caracteres altura (3,91%) e volume (11,27%) do que os aqui observados.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais (\hat{h}_i) e dentro de progênies (\hat{h}_d) foram baixas (< 0,1) para todos os caracteres avaliados (TABELA 4), indicando que o controle genético dos caracteres, nestes níveis, é baixo, e que menores ganhos podem ser esperados pela seleção massal no experimento e dentro de progênies, respectivamente. Por outro lado, as estimativas do coeficiente de herdabilidade em nível de média de progênies (\hat{h}_m) foram promissoras, com valores variando de 27,55% para DAP a 44,86% para altura, indicando um razoável controle genético nos caracteres em nível de média de progênies e a possibilidade de progressos genéticos com a seleção entre progênies.

TABELA 4 – Estimativa de parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura, forma do fuste (Forma) e volume real por árvore, em progênies de *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, crescendo em Bebedouro-SP.

Parâmetros	DAP (cm)	Altura (m)	Forma	Volume (m ³ /indivíduo)
Variância entre progênies – σ_p^2	0,4834	0,1772	0,0034	0,00063
Variância ambiental – σ_e^2	0,6296	0,4317	0,0070	0,00020
Variância fenotípica dentro – σ_d^2	26,7000	4,5740	0,1056	0,00196
Coeficiente de variação genética – CV_g (%)	2,77	1,90	3,26	6,80
Herdabilidade individual – h_i^2	0,0561	0,1103	0,0946	0,0916
Herdabilidade entre progênies – h_m^2	0,2755	0,4486	0,4035	0,4031
Herdabilidade dentro de progênies – h_d^2	0,0403	0,0862	0,0717	0,0716
Resposta à seleção entre progênies – R_e (%)	3,22	2,82	4,59	9,56
Resposta à seleção dentro de progênies – R_d (%)	1,42	1,42	2,23	4,64
Resposta total à seleção – R_{ed} (%)	4,64	4,24	6,82	14,20

Seleção de 38,5% ($i = 2,2137$) das progênies e 5% ($i = 1,71$) das melhores árvores das melhores progênies.

As estimativas das herdabilidades observadas aqui, aos 22 anos de idade, foram menores do que as observadas aos cinco anos. Sebbenn *et al.* (1994) observaram, aos cinco anos de idade, neste mesmo experimento, estimativas de herdabilidades em nível de plantas individuais (\hat{h}_i) e dentro de progênies (\hat{h}_d) de, no mínimo, 18% ($\hat{h}_d = 0,18$ para altura) e em nível de média de progênies (\hat{h}_m) de, no mínimo, 54% para altura e volume. Isso sugere que o controle genético dos caracteres, aos cinco anos, foi maior do que aos 22 anos. Outra causa poderia ser o desbaste realizado aos 21 anos de idade. Contudo, Missio (2004) comparando a estimativa de parâmetros genéticos antes e após o desbaste em um teste de 119 progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* com 13 anos de idade, observou, em geral, maiores herdabilidades após o desbaste. As menores herdabilidades observadas aos 22 anos de idade podem ter como causa o aumento da variação experimental com o desbaste, como detectado pelo coeficiente de variação experimental.

3.4 Ganhos na Seleção

Os ganhos genéticos na seleção ocorrem em função da intensidade de seleção aplicada, da variação genética e do controle genético (herdabilidade) do caráter sob seleção. Desses fatores, apenas a intensidade de seleção está sob controle do geneticista, visto que a variação genética quantitativa e as herdabilidades são características da população no ambiente em que ela vegeta, podendo alterar-se com a idade das plantas e entre diferentes ambientes. Assim, visando comparar os ganhos esperados na seleção com os preditos por Sebbenn *et al.* (1994), aos cinco anos, neste mesmo experimento, aplicou-se a mesma intensidade de seleção entre progênies, ou seja, a seleção de oito das 23 progênies. A resposta esperada com a seleção entre progênies foi de 3,22%; 2,82%; 4,59% e 9,56% para DAP, altura, forma e volume, respectivamente (TABELA 4). Tais valores foram claramente superiores aos observados por Sebbenn *et al.* (1994), aos cinco anos de idade (DAP = 1,74%; altura = 0,95%; forma = 1,90%; volume = 3,97%).

Assim, os maiores ganhos preditos na seleção, aos 22 anos de idade, foram causados pela maior variação genética expressa entre progênies, nesta idade, relativamente aos cinco anos, visto que a intensidade de seleção aplicada foi exatamente a mesma, em ambas as idades, e a herdabilidade em nível de média de progênies foi inferior aos 22 anos de idade, em relação àquela observada aos cinco anos. Ainda, os coeficientes de herdabilidade foram aqui estimados, assumindo que as progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* constituíam misturas de meios-irmãos e irmãos de autofecundação (ver metodologia), diferente de Sebbenn *et al.* (1994), que assumiram que as progênies eram compostas por meios-irmãos, de forma que as presentes estimativas são mais conservadoras do que as previamente obtidas por Sebbenn e colaboradores, as quais se encontravam provavelmente superestimadas, visto que *P. caribaea* var. *bahamensis* é espécie de sistema misto, conforme observações de Matheson *et al.* (1989).

Não se aplicou a mesma intensidade de seleção dentro de progênies que a aplicada aos cinco anos, devido ao desbaste ter reduzido o tamanho das progênies. Assim, estimou-se a resposta esperada com a seleção dentro de progênies, simulando a seleção da melhor árvore de cada uma das oito melhores progênies selecionadas. Os ganhos esperados na seleção dentro de progênies foram evidentemente inferiores aos esperados com a seleção entre progênies, pois as herdabilidades dentro de progênies foram baixas ($< 0,1$). A resposta esperada com a seleção dentro de progênies foi de 1,42%; 1,42%; 2,23% e 4,64% para DAP, altura, forma e volume, respectivamente. A causa foi o menor controle genético dos caracteres para a seleção massal (herdabilidades menores do que 10%).

Os ganhos preditos com a seleção seqüencial entre e dentro de progênies, aos 22 anos de idade, foram promissores para todos os caracteres, em especial para volume. O progresso genético estimado para DAP, altura, forma e volume foram, respectivamente, de 4,64%; 4,24%; 6,82% e 14,20%. Esses progressos genéticos esperados são válidos para plantios comerciais com *P. caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade, crescendo nas mesmas condições ambientais características de Bebedouro.

Ganhos na seleção em testes de progênes de *P. caribaea* var. *bahamensis* são relatados em diversos outros estudos. Sebbenn *et al.* (1994), relatam aos cinco anos de idade, em Bebedouro-SP, ganhos preditos na seleção sequencial entre e dentro de progênes variando de 1,95% (altura) a 8,26% (volume). Gurgel Garrido *et al.* (1996), estudando 89 progênes de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* também com cinco anos de idade, em Assis-SP, relatam ganhos esperados na seleção variando de 9,19% (altura) a 25,8% (produção de resina). Gurgel Garrido *et al.* (1999), estudando procedências e progênes de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* com seis anos de idade, em Paraguaçu Paulista-SP, relatam ganhos variando de 0,75% (altura) a 46,23% (produção de resina). Missio *et al.* (2004), estudando em Selvíria-MS 119 progênes de polinização aberta de *P. caribaea* var. *bahamensis* com 13 anos de idade, observaram ganhos variando de 1,25% (forma) a 5,47% (DAP). Esses resultados demonstram o grande potencial da espécie para o melhoramento de diversos caracteres de valor econômico para diferentes locais do Estado de São Paulo.

4 CONCLUSÕES

1. Existe variação significativa entre progênes de *P. caribaea* var. *bahamensis* para o caráter volume, portanto, há possibilidades de ganhos genéticos.
2. O controle genético dos caracteres em nível de progênes é razoável, embora seja inferior aos detectados aos cinco anos de idade.
3. Os ganhos estimados pela seleção foram promissores para todos os caracteres, em especial para o volume.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Biólogo Alessandro Chagas Fernandes (Faculdades Integradas de Bebedouro - FAFIBE), pela mensuração do experimento e digitação dos dados. O autor Alexandre Magno Sebbenn também agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão da bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETT, W. H. G.; GOLFARI, L. Descripción de las nuevas variabilidades del "Pino del Caribe". **Caribbean Forester**, Porto Rico, v. 23, n. 2, p. 59-71, 1962.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; ROMANELLI, R. C.; GARRIDO, M. A. O. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et Golf. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 89-98, 1996.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A. *et al.* Variação genética em progênes e procedências de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et Golf. para produção de resina e características de crescimento. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 105-121, 1999.
- MATHESON, A. C.; BELL, J. C.; BARNES, R. D. Breeding systems and genetic structure in some Central American pine populations. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 38, p. 107-112, 1989.
- MISSIO, R. F. **Variação genética em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis***. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- _____. *et al.* Seleção simultânea de caracteres em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 66, p. 161-166, 2004.
- MORAES, M. L. T. Variação genética e aplicação de análise multivariada em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari. 2001. 124 f. Tese (Livre Docência em Silvicultura) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Washington, D.C.: United States Forest Service, 1979. 342 p. (Technical Bulletin, 1588).
- S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS Procedures Guide**. Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.

FREITAS, M. L. M. *et al.* Parâmetros genéticos em progênes de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*, aos 22 anos de idade.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética em progênes de meios-irmãos de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Bar. et Gol. na região de Bebedouro-SP. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 6, p. 63-73. 1994.

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 4, p. 57-140, 1965/66.

ZHENG, Y.; ENNOS, R.; WANG, H. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barr. and Golf. **Forest Genetics**, Zvolen, v. 1, n. 3, p. 167-174, 1994.