

VARIAÇÃO GENÉTICA EM PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES MEXICANAS DE *Pinus maximinoi*¹

Lígia de Castro ETTORI²
Aida Sanae SATO³
Jarbas Yukio SHIMIZU⁴

RESUMO

Com os objetivos de avaliar o desenvolvimento e a qualidade de fuste de procedências e progênies mexicanas de *Pinus maximinoi* e estimar a variação genética passível de ser explorada em trabalhos de melhoramento, o experimento foi instalado na Floresta Estadual de Angatuba (SP), analisando-se o desempenho em altura, diâmetro à altura do peito (DAP), retidão de fuste, e número e diâmetro dos ramos. Os resultados, aos 11 anos do plantio, apresentaram variações significativas entre procedências apenas para altura. Entre progênies dentro de procedências, foram detectadas variações significativas em todos os caracteres, indicando a possibilidade de se obter ganhos genéticos mediante seleção neste nível. Qualquer das procedências testadas de *P. maximinoi* pode ser recomendada para plantio comercial na região de Angatuba. O seu desempenho foi semelhante ao de *P. oocarpa* usado como testemunha. As estimativas de variação genética indicaram que a maior parte é encontrada entre plantas dentro de progênies e a maior herdabilidade encontra-se entre progênies. Isto indica que maiores ganhos genéticos poderão ser obtidos mediante seleção de progênies seguida de seleção dentro de progênies. A melhor resposta à seleção foi estimada para DAP, com possibilidade de ganhos da ordem de 8,4% aos 11 anos.

Palavras-chave: *Pinus maximinoi*; melhoramento genético; seleção; *Pinus* tropicais.

1 INTRODUÇÃO

A fim de conter o desmatamento de florestas nativas, várias espécies florestais exóticas foram introduzidas no Brasil para estabelecimento de plantios comerciais, assegurando o fornecimento de madeira.

ABSTRACT

The objectives of the experiment were to evaluate growth and stem quality in Mexican provenances and progenies of *Pinus maximinoi* and to estimate genetic variation for breeding purposes. It was established at Angatuba State Forest, in the State of São Paulo, and the analyses involved performances in height growth, diameter at breast height (DBH), stem straightness and number and diameter of branches. Only in height growth there was significant variance among provenances detected at eleven years old. Among progenies within provenances, significant variations were detected in all traits showing possibilities of genetic gains by selection in this level. *P. maximinoi* from any of the provenances represented in this study can be recommended for commercial plantation in Angatuba region. Its performance was comparable to that of *P. oocarpa* used as control species. The estimates of genetic variation indicated that most of them are distributed among trees within progenies and the highest heritability was observed at progeny level. The results suggest that the greatest genetic gains can be reached through progenies selection followed by selection within progenies. The greatest response to selection was estimated in DBH with potential gain in the order of 8.4% at eleven years old.

Key words: *Pinus maximinoi*; genetic improvement; selection; tropical pines.

Segundo Kageyama *et al.* (1977), após inúmeras tentativas, diversas espécies mostraram-se adequadas e foram básicas para a implantação de florestas de produção no Brasil, sendo que, dentre o gênero *Pinus*, as espécies de origem tropical destacaram-se em diversas regiões do país.

(1) Aceito para publicação em janeiro de 2004.

(2) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: licttori@iflorest.sp.gov.br

(3) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: aidasato@iflorest.sp.gov.br

(4) Embrapa Florestas, Caixa Postal 319, 83411-000, Colombo, PR, Brasil. E-mail: jarbas@cnpf.embrapa.br

Pinus maximinoi H. E. Moore é uma das espécies tropicais com alto potencial de uso em indústrias de celulose, chapas, painéis de fibras e de partículas, palitos e fósforos, segundo Agudelo C. (1990). A demanda mundial por sementes dessa espécie cresceu de tal forma que, conforme relata esse autor, o Banco de Sementes da Escola Nacional de Ciências Florestais de Honduras teve dificuldades para abastecer os países compradores. *P. maximinoi* tem ocorrência natural desde o México até a Nicarágua, entre as latitudes 24°N e 12°45'N, longitudes 89°40'W e 106°20'W, em altitudes que variam de 1.070 m a 2.300 m nos diferentes países, em zonas com precipitação média anual entre 1.235 mm e 2.910 mm e temperatura média anual entre 17°C e 23°C, chegando a 12°C em algumas situações (Agudelo C., 1990).

Segundo Stead (1983) e Styles & Hughes (1988), *P. maximinoi* era considerado *P. pseudostrobus* antes de ser classificado como espécie distinta no mesmo grupo. Consideram que toda literatura sobre *P. pseudostrobus* publicada anteriormente a 1983 na Nicarágua e em Honduras tratava-se, na realidade, de *P. maximinoi*, por ser o pinus mais comum em terras altas. Caracteriza-se como espécie típica de grandes altitudes (mais de 1.100 m em Honduras), dominante nas montanhas mais altas da Guatemala, norte da Nicarágua e El Salvador. *P. maximinoi* tem por sinonímia botânica *P. tenuifolia* Benth. (Earle, 2001). Porém, autores como Styles & Hughes (1988) e Farjon & Frankis (1998) consideram que *P. tenuifolia* Benth. não pode ser mantido por ser homônimo ilegítimo de uma outra espécie de *Pinus*, o que contraria as Regras Internacionais de Nomenclatura Botânica.

Os estudos com procedências e progênes de *P. maximinoi* foram iniciados na década de 1970 na África do Sul, Colômbia, Zimbábue, Índia, Honduras e Brasil, em um programa de cooperação internacional organizado pelo Instituto Nacional de Investigación Forestal do México - INIF e pelo Oxford Forestry Institute da Inglaterra - OFI, para promover a conservação *ex situ* da espécie (Wood & Greaves, 1977). Em 1980 foi criada a Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative - CAMCORE - para promover a conservação dos recursos genéticos *ex situ* de espécies florestais nativas da América Central e do México, com três objetivos específicos:

- 1) conservar espécies florestais nativas e populações;
- 2) testar as espécies amostradas em diversas condições ambientais nos trópicos e subtropicais, e
- 3) desenvolver programas de cruzamentos e melhoramento para as que demonstrassem melhor potencial (Dvorak *et al.*, 1996). Essas organizações promoveram a coleta de sementes de várias espécies, inclusive de *P. maximinoi*, nas diversas regiões de ocorrência natural da espécie, no México, Guatemala, El Salvador, Honduras e Nicarágua, repassando-as às instituições e empresas associadas de diferentes países para testes de procedências e progênes, e para estabelecimento de bancos de conservação *ex situ* (Dvorak, 1984; Gibson & Barnes, 1985; Dvorak *et al.*, 1996).

Na África do Sul, *P. maximinoi* apresentou crescimento de 5,4 a 5,7 m em altura e 6,5 a 7,4 cm em DAP aos quatro anos e oito meses (Kietzka, 1988). Nesse estudo foram observadas correlações significativas entre latitude das origens e DAP, e entre latitude e sobrevivência, concluindo que as procedências da parte norte da área de ocorrência natural, Guatemala e Honduras, seriam as melhor adaptadas às condições sul-africanas por apresentarem maior crescimento em DAP e maior sobrevivência. Plantios estabelecidos também na África do Sul, em um local a 1.152 m de altitude, apresentaram quase o dobro da produtividade volumétrica de madeira do que em altitude de 1.706 m (Wright & Baylis, 1993), aos 11 anos e sete meses de idade. Porém, não foram detectadas diferenças entre as procedências em cada local.

Na Colômbia, o crescimento médio observado foi de 6,2 m em altura e 8,8 cm em DAP aos dois anos e nove meses, com diferenças significativas entre procedências e progênes, além de alta incidência de rabo-de-raposa (Urrego & Lambeth, 1988). Aos cinco anos de idade, as médias de crescimento de várias procedências, incluindo Altamirano, Cienega de Leon, Coapilla e Monte Cristo, plantadas em vários locais na Colômbia, foram de 10,4 m em altura e 15,6 cm de DAP (Wright *et al.*, 1993). As procedências do México apresentaram crescimento geral inferior às da Guatemala e de Honduras. Em todos os locais de plantio, os autores detectaram variações significativas entre progênes dentro de cada procedência, e relataram que as estimativas de herdabilidade para volume foram altas, indicando o potencial para melhoramento mediante seleção.

No Brasil, um experimento instalado em Poços de Caldas (MG) avaliando várias espécies de *Pinus* mexicanos, revelou *P. tenuifolia* (atual *maximinoi*) entre as três espécies que mais se destacaram em altura e sobrevivência, atingindo média de 7,5 m em altura e 72,4% de sobrevivência aos cinco anos de idade (Ferreira *et al.*, 1972). Em Campos do Jordão (SP) e em Itararé (SP) foram plantados experimentos com *P. pseudostrobus*, que poderia ser o que se denomina, atualmente, de *P. maximinoi*, das procedências Tatumbla, Loma de Ochoa, La Fortuna, El Cedro e Cofradia, de Honduras, Volcan Yali, da Nicarágua, e San Juan Sacatepequez, da Guatemala. Aos oito anos de idade, não foram detectadas diferenças significativas entre as procedências em nenhum dos locais de plantio (Pires *et al.*, 1987). Além disso, observou-se que essa espécie não foi atacada pela lagarta desfolhadora (*Glena* sp.), que tem prejudicado, seriamente, plantações de *P. patula* em Itararé.

Este trabalho, além de cumprir o seu papel na cooperação internacional, através da conservação desse valioso recurso genético florestal, teve por objetivos avaliar a adaptação e

o desenvolvimento de procedências e progênes mexicanas de *P. maximinoi*, e analisar a variação genética passível de ser explorada em trabalhos de melhoramento genético.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento com procedências e progênes mexicanas de *Pinus maximinoi* H. E. Moore foi implantado em março de 1989 na Floresta Estadual de Angatuba, Estado de São Paulo, situada às coordenadas 23°29' de latitude Sul, 48°25' de longitude Oeste, altitude de 800 a 1.000 m, temperatura média de 15°C a 23°C e precipitação média anual de 1.169,4 mm, sendo o clima do tipo Cfa conforme classificação de Köppen (Ventura *et al.*, 1965/66).

As sementes foram coletadas pela CAMCORE nas áreas de ocorrência natural da espécie, no México, e plantadas pelo Instituto Florestal, em parceria com a Embrapa Florestas. Detalhes das procedências envolvidas no estudo estão descritos na TABELA 1.

TABELA 1 – Procedências de *P. maximinoi*, número de progênes e características geográficas das áreas de colheita de sementes no México.

PROCEDÊNCIAS	Nº PROGÊNES	ALTITUDE (m)	LATITUDE	LONGITUDE
Altamirano	13	1.280 – 1.350	16°44'N	92°03'W
Coapilla	16	1.300 – 1.510	17°17'N	93°09'W
Cienega de Leon	9	1.050 – 1.240	16°41'N	93°52'W
Monte Cristo	10	800	15°44'N	92°33'W

A instalação do experimento seguiu as orientações emanadas da CAMCORE para os testes internacionais, conforme descrito por Dvorak (1984) e Dvorak *et al.* (1996). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos de famílias compactas, com o efeito de procedências alocado nas parcelas e o efeito de progênes dentro de procedência alocado nas subparcelas. Cada progênie foi distribuída em linhas de seis plantas, em nove blocos. O espaçamento adotado foi 3,0 m x 3,0 m, com três linhas de bordadura externa. No intuito de comparar o desempenho de *P. maximinoi* com outra espécie já conhecida no setor florestal, duas testemunhas de *Pinus oocarpa*

foram acrescentadas ao experimento, sendo uma de sementes provenientes da Floresta Estadual Águas de Santa Bárbara (SP) do Instituto Florestal, e outra proveniente da então Companhia Agro-Florestal Monte Alegre em Agudos (SP), atual Duratex.

Medições de altura e diâmetro à altura do peito (DAP), avaliação da sobrevivência e de caracteres relativos à qualidade das árvores, quais sejam, retidão de fuste, número de ramos por verticilo e diâmetro dos ramos, foram efetuadas aos 11 anos de idade e procedidas as análises de variância. Baseado em Kageyama *et al.* (1977), o caráter retidão de fuste recebeu notas 1, 2, 3 e 4, respectivamente para tronco tortuoso e bifurcado,

para tronco bifurcado ou tortuoso, para tronco levemente tortuoso e, para tronco com acentuada retidão; o número de ramos por verticilo foi contado em um verticilo acima e um abaixo do DAP e calculada a média; o diâmetro dos ramos foi medido de todos os ramos em um verticilo acima e um abaixo do DAP e calculada a média. A análise dos dados de retidão de fuste e número de ramos por verticilo foi feita com os valores observados transformados em $\sqrt{x+0,5}$, exceto para o coeficiente de variação experimental e média.

A análise de variância foi realizada considerando, inicialmente, somente o efeito de procedências, e em seguida, considerando o efeito de progênes dentro de procedências. Com base nessas análises foram estimados os componentes da variância. Devido ao desbalanceamento do experimento ocasionado pelo número desigual de progênes por procedência e de árvores sobreviventes nas subparcelas, foi utilizado o método "Restricted Maximum Likelihood - REML" para as estimativas dos componentes da variância, associado ao procedimento VARCOMP do programa estatístico SAS (S.A.S., 1999). As testemunhas não foram incluídas nas análises de variância por não estarem presentes em todas as parcelas, sendo suas médias e erro padrão da média calculados apenas para fins de comparação entre as espécies.

A partir dos quadrados médios da análise de variância foram estimadas as variâncias genéticas entre procedências ($\hat{\sigma}_p^2$) e entre progênes dentro de procedências ($\hat{\sigma}_{pg/p}^2$), a variância fenotípica entre

plantas dentro de progênes ($\hat{\sigma}_d^2$) e a variância da interação entre progênes dentro de procedências e repetições ($\hat{\sigma}_c^2$). Foram estimadas, também, as correlações genéticas entre caracteres de crescimento e forma, os coeficientes de herdabilidade ao nível de plantas (\hat{h}_i^2), ao nível de média de progênes (\hat{h}_m^2) e dentro de progênes (\hat{h}_d^2), e a resposta esperada à seleção (\hat{R}) para cada caráter, com base em Namkoong (1979).

A variância genética aditiva, coeficientes de herdabilidade e ganhos genéticos esperados com a seleção foram estimados pressupondo que as progênes são resultantes de sistema misto de reprodução, conforme taxa de cruzamento de 0,65 apresentada por Matheson *et al.* (1989). Assim, considerou-se que 65% das plantas dentro de progênes eram aparentadas como meios-irmãos e 35% como irmãos de autofecundação. A variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) foi estimada considerando-se o coeficiente de correlação de parentesco entre plantas dentro de progênes, conforme Ritland (1989).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias observadas para cada procedência de *P. maximinoi* e para o tratamento testemunha *P. oocarpa*, segundo o caráter analisado, são apresentadas na TABELA 2, com o correspondente erro padrão da média.

TABELA 2 – Média e erro padrão da média da altura (ALT), do diâmetro à altura do peito (DAP), da retidão de fuste (FU), do número de ramos (NR) e do diâmetro dos ramos (DR), e sobrevivência (SOBR), das quatro procedências de *P. maximinoi* e do tratamento testemunha *P. oocarpa*, aos 11 anos de idade, em Angatuba, SP.

CARÁTER	Procedências de <i>P. maximinoi</i>				<i>P. oocarpa</i>
	Altamirano	Coapilla	Cienega de Leon	Monte Cristo	
ALT (m)	18,03 ± 0,59	17,87 ± 0,53	17,90 ± 0,75	17,63 ± 0,62	17,77 ± 0,26
DAP (cm)	23,61 ± 1,66	23,16 ± 1,48	23,57 ± 1,98	23,65 ± 1,81	22,99 ± 0,60
FU	2,41 ± 0,27	2,45 ± 0,25	2,32 ± 0,34	2,35 ± 0,31	2,30 ± 0,11
NR	3,42 ± 0,28	3,40 ± 0,24	3,37 ± 0,33	3,47 ± 0,31	3,20 ± 0,12
DR (cm)	2,74 ± 0,29	2,82 ± 0,25	2,84 ± 0,35	2,77 ± 0,32	2,50 ± 0,12
SOBR (%)	75,64	75,81	70,37	74,07	73,14

Cada procedência de *P. maximinoi* apresentou superioridade num ou noutro caráter, sem, contudo, diferenciação acentuada, indicando que todas têm valor para plantio na região de estudo. Na comparação de seu desempenho com o de *P. oocarpa*, notou-se semelhança entre as médias de cada caráter, inclusive na sobrevivência. O fator negativo nessa comparação entre as espécies é quanto ao número e diâmetro médio dos ramos que foram mais elevados para *P. maximinoi*.

O desempenho observado foi comparável ao relatado por Pires *et al.* (1987), com outras procedências plantadas em Campos do Jordão (SP) e Itararé (SP), mas inferior ao *P. oocarpa* plantado em Angatuba (César *et al.*, 1988) e às procedências de *P. maximinoi* plantadas na Colômbia (Wright *et al.*, 1993).

Os últimos autores ressaltam a importância de se verificar o desempenho de um grande número de procedências, uma vez que a expressão fenotípica nas origens não assegura o mesmo desempenho em plantios fora de sua área de ocorrência natural. Citam, como exemplo, a procedência Coapilla como de melhor aparência fenotípica no México, mas que não apresentou crescimento satisfatório na Colômbia, em contraste à procedência Tatumbla, de Honduras, que é considerada fenotipicamente inferior na origem, mas apresentou alta produtividade volumétrica na Colômbia.

As análises de variância para os caracteres avaliados em *P. maximinoi* são apresentadas na TABELA 3.

TABELA 3 – Análises de variância, quadrados médios (QM), coeficientes de variação experimental (CV_{exp}) e médias de altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), retidão de fuste (FU), número de ramos (NR) e diâmetro dos ramos (DR), em procedências e progênes de *P. maximinoi*, à idade de 11 anos, em Angatuba, SP.

FV	GL	QM				
		ALT	DAP	FU	NR	DR
Procedências	3	12,7164*	30,5901 ^{ns}	0,1808 ^{ns}	0,0476 ^{ns}	0,9609 ^{ns}
Prog./Proc.	44	9,4550**	56,4898**	0,1536**	0,0840*	2,2047**
Prog./Proc. A	12	14,3455**	81,9931**	0,1005 ^{ns}	0,1040*	2,9512**
Prog./Proc. C	15	4,2900 ^{ns}	58,5231*	0,1032 ^{ns}	0,0837 ^{ns}	3,0283**
Prog./Proc. CL	8	13,8761**	39,3519 ^{ns}	0,2510**	0,1198*	1,5831 ^{ns}
Prog./Proc. MC	9	6,5710*	42,8887 ^{ns}	0,1875**	0,0356 ^{ns}	0,7655 ^{ns}
Erro entre	1917	6,9306	33,5288	0,1044	0,0684	1,1671
Erro dentro	1500	3,7011	33,6919	0,0812	0,0553	0,9307
CV_{exp}		11,81%	24,94%	41,17%	28,53%	35,96%
Média		17,87 m	23,46 cm	2,39	3,41	2,79 cm

A: Altamirano; C: Coapilla; CL: Cienega de Leon; MC: Monte Cristo; * e **: $P < 0,05$ e $P < 0,01$, respectivamente; ns: $P > 0,05$.

Entre as procedências houve diferença somente para altura, ao nível de 5%; a variação entre procedências, para os demais caracteres, não foi significativa, demonstrando pouca variação genética e a reduzida possibilidade de ganhos genéticos por seleção de procedência. As diferenças entre progênes dentro de procedências foram significativas em todos os caracteres, demonstrando a possibilidade de se obter ganhos genéticos mediante seleção de progênes. Pelo desdobramento da variância entre progênes

por procedência individualmente (A, C, CL, MC), verificou-se que a variação nem sempre ocorreu para o mesmo caráter. Urrego & Lambeth (1988) e Wright *et al.* (1993) relataram variações significativas entre procedências e entre progênes de *P. maximinoi*, na Colômbia, para altura, DAP e volume, indicando potencial para melhoramento genético.

As estimativas dos componentes de variância e suas porcentagens em relação à variância total são apresentadas na TABELA 4.

TABELA 4 – Estimativas de variância genética entre procedências de *P. maximinoi* ($\hat{\sigma}_p^2$), entre progênes dentro de procedências ($\hat{\sigma}_{pg/p}^2$), de variância fenotípica entre plantas dentro de progênes ($\hat{\sigma}_d^2$) e porcentagem em relação à variância total, em Angatuba, SP, aos 11 anos.

VARIÂNCIA	ALT	%	DAP	%	FU	%	NR	%	DR	%
$\hat{\sigma}_p^2$	0,0182	0,48	0,0048	0,01	0,0002	0,24	0	0	0,0001	0,01
$\hat{\sigma}_{pg/p}^2$	0,0575	1,52	0,5726	1,67	0,0011	1,33	0,0004	0,72	0,0254	2,66
$\hat{\sigma}_d^2$	3,7011	98,00	33,6919	98,32	0,0812	98,42	0,0553	99,28	0,9307	97,33

ALT: altura; DAP: diâmetro à altura do peito; FU: retidão de fuste; NR: número de ramos; DR: diâmetro dos ramos.

A variação genética presente entre procedências foi baixa, inferior a 0,5% da variação total. Apesar disso, essa variação genética entre procedências indica que a significância detectada pelo teste F (TABELA 3) não foi devida ao acaso. Entre progênes dentro de procedências a variação genética foi maior, mas ainda baixa, representando de 0,72% a 2,66% da variação total. A significância estatística para todos os caracteres nesse nível da análise de variância (TABELA 3) indica que, apesar de baixa, a variação genética pode ser explorada por seleção das melhores progênes, obtendo-se ganhos genéticos. A maior parte da variação foi detectada entre plantas dentro de progênes, com um mínimo de 97,33% da variação total. Embora esta variação seja fenotípica,

ela acomoda, em média, 54,4% da variância genética aditiva. Portanto, pode-se esperar ganho genético com a seleção das melhores árvores dentro de progênes.

Correlações genéticas positivas foram detectadas entre altura e DAP, altura e retidão de fuste, DAP e retidão de fuste, e DAP e diâmetro dos ramos, apresentadas na TABELA 5. Nesse caso, a seleção em um desses caracteres pode resultar em ganho indireto em outro. Entretanto, a seleção para DAP ocasionará aumento no diâmetro dos ramos, o que é indesejável em madeira destinada ao desdobro. O caráter número de ramos não apresentou correlação com os demais caracteres, devendo-se dar atenção às árvores com menor número de ramos por ocasião da seleção, proporcionando plantios de melhor qualidade.

TABELA 5 – Estimativas de correlações genéticas entre caracteres de crescimento e forma: altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), retidão de fuste (FU), número de ramos (NR) e diâmetro dos ramos (DR), para procedências de *P. maximinoi* aos 11 anos de idade, em Angatuba, SP.

CARACTERES	DAP	FU	NR	DR
ALT	0,45**	0,30*	-0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}
DAP	–	0,29*	0,02 ^{ns}	0,30*

* e **: $P < 0,05$ e $P < 0,01$, respectivamente; ns: $P > 0,05$.

Na TABELA 6 são apresentadas as estimativas de herdabilidade, em diferentes níveis, para cada caráter analisado e a resposta esperada à seleção.

As maiores estimativas de herdabilidade, para os cinco caracteres, foram observadas entre

médias de progênes, com valores variando de 0,18 a 0,45, enquanto nos outros níveis não alcançou 0,06. As baixas estimativas de herdabilidade entre plantas e dentro de progênes indicam que poucos progressos podem ser esperados com estratégias de seleção massal ou seleção somente dentro de progênes.

TABELA 6 – Estimativas de herdabilidade dos caracteres altura (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), retidão de fuste (FU), número de ramos (NR) e diâmetro dos ramos (DR), e resposta esperada à seleção entre e dentro de progênies de *P. maximinoi* aos 11 anos de idade, em Angatuba, SP.

PARÂMETROS	ALT	DAP	FU	NR	DR
Herdabilidade ao nível de plantas - \hat{h}_i^2	0,0281	0,0366	0,0277	0,0150	0,0553
Herdabilidade ao nível de média de progênies - \hat{h}_m^2	0,2316	0,4036	0,2907	0,1844	0,4537
Herdabilidade dentro de progênies - \hat{h}_d^2	0,0256	0,0280	0,0223	0,0119	0,0449
Resposta esperada à seleção - \hat{R} (%)	1,11	8,42	0,16	0,04	3,14

As estimativas de variância (TABELA 4) entre plantas dentro de progênie ($\hat{\sigma}_d^2$) e de herdabilidade (TABELA 6) ao nível de média de progênies (\hat{h}_m^2) indicam que os melhores progressos genéticos poderão ser obtidos por seleção das melhores progênies seguida de seleção dentro de progênies. Em função disto, estima-se que a seleção de 20 progênies ($i = 0,916$) e nove plantas por progênie ($i = 1,54$) deverá proporcionar ganhos genéticos de cerca de 8,42% em DAP a 0,04% em número de ramos, aos 11 anos.

O padrão de distribuição da variação genética e estimativas de herdabilidade estão em concordância com os observados em trabalhos com espécies arbóreas. Incluem-se aqui estudos com *P. maximinoi* (Wright *et al.*, 1993), com *P. elliottii* var. *elliottii* (Gurgel Garrido *et al.*, 1999a), com *P. caribaea* var. *bahamensis* (Gurgel Garrido *et al.*, 1999b; Sebbenn *et al.*, 1994) e com *Acacia mearnsii* (Resende *et al.*, 1991).

Informações sobre desenvolvimento, produção, aspectos silviculturais e variação genética são necessidades supridas através de estudos de espécies, procedências e progênies, que indicam a potencialidade e a escolha de espécies adequadas à exploração econômica e ao melhoramento genético. Nesse sentido, *P. maximinoi* demonstrou potencial para reflorestamentos na região, e os plantios originados de sementes coletadas no presente experimento, após realizada a seleção, resultarão em produtos de melhor qualidade, visto o grau de melhoramento genético superior. Sob o ponto de vista da investigação científica, o material genético aqui estudado apresenta condições de ser utilizado em programas de melhoramento mais avançados.

4 CONCLUSÕES

P. maximinoi apresenta crescimento e desempenho satisfatórios na região de Angatuba (SP), podendo ser recomendado para plantios comerciais na região.

Não há diferenças expressivas entre as procedências estudadas, de forma que qualquer delas pode ser utilizada.

Existe variação genética a ser explorada mediante seleção de progênies, seguida de seleção de indivíduos dentro das progênies, aumentando-se a possibilidade de ganhos genéticos.

A seleção sobre altura poderá trazer aumento indireto em DAP e em retidão de fuste. Não se recomenda a seleção sobre DAP, visto que poderá acarretar aumento no diâmetro dos ramos. Árvores com o menor número de ramos por verticilo também devem ser selecionadas, visando aumentar a qualidade do fuste, sem que afete negativamente os demais caracteres.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a valiosa colaboração do Engenheiro Florestal Dr. Alexandre Magno Sebbenn.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUDELO C., N. de J. **Caracterización de *Pinus caribaea* Morelet, *Pinus oocarpa* Schiede y *Pinus maximinoi* H. E. Moore.** Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, 1990. 51 p.

CÉSAR, E. R. G.; SHIMIZU, J. Y.; ROMANELLI, R. Variação entre procedências e progênes de *Pinus oocarpa* em Angatuba, SP. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 17, p. 13-24, 1988.

DVORAK, W. S. Seed collections of coniferous species in central America and Mexico: a summary of activities of the Camcore Cooperative since 1980. In: BARNES, R. D.; GIBSON, G. L. (Ed.). **PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES IN TROPICAL FOREST TREES**, Mutare, 1984. **Proceedings...** Oxford: University of Oxford and Zimbabwe Forestry Commission, 1984. p. 500-509. (Oxford Forestry Institute Conference Proceedings, 5).

DVORAK, W. S.; DONAHUE, J. K.; HODGE, G. R. Fifteen years of *ex situ* gene conservation of Mexican and Central American Forest Species by the Camcore Cooperative. **Forest Genetic Resources**, Rome, n. 24, p. 15-21, 1996.

EARLE, C. J. (Ed.). ***Pinus maximinoi* Moore 1966**. Disponível em: <<http://www.botanik.uni-bonn.de/conifers/pi/pin/maximinoi.htm>>. Acesso em: 23 abr. 2001.

FARJON, A.; FRANKIS, M. P. Proposal to conserve the name *Pinus maximinoi* (*Pinaceae*) against three competing binomials. **Taxon**, Vienna, n. 47, p. 733-734, 1998.

FERREIRA, M.; COUTO, H. T. Z.; MASCARENHAS SOBRINHO, J. Introdução de pinos mexicanos na região de Poços de Caldas. **IPEF**, Piracicaba, n. 4, p. 95-109, 1972.

GIBSON, G. L.; BARNES, R. D. Availability of Central America Pines for *ex situ* conservation stands, provenance resource stands, breeding populations and provenance testing. **Forest Genetic Resources**, Rome, n. 13, p. 37-41, 1985.

GURGEL GARRIDO, L. M. A.; CRUZ, S. F.; RIBAS, C. Interação genótipos por locais em *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 1-12, 1999a.

GURGEL GARRIDO, L. M. do 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, 1999b.

KAGEYAMA, P. Y. *et al.* Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos-SP. **IPEF**, Piracicaba, n. 14, p. 77-119, 1977.

KIETZKA, J. E. *Pinus maximinoi*: a promising species in South Africa. **South African Forestry Journal**, Menlo Park, v. 145, p. 33-38, 1988.

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, n. 3-4, p. 107-113, 1989.

NAMKOONG, G. **Introduction to quantitative genetics in forestry**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1979. 342 p. (Technical Bulletin, 1588).

PIRES, C. L. da S. *et al.* Variação genética de origens do complexo *Pinus pseudostrobus* Lindl. em Campos do Jordão e Itararé. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES FORESTALES, Buenos Aires, 1987. **Anales...** Buenos Aires: Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales, 1987. tomo V, p. 150-161.

RESENDE, M. D. V. *et al.* Estudos da variação genética e métodos de seleção em teste de progênes de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p. 45-59, 1991.

RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. **Evolution**, Lawrence, v. 43, n. 4, p. 848-859, 1989.

S.A.S. INSTITUTE INC. **SAS procedures guide**. Version 8 (TSMO). Cary, 1999. 454 p.

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, n. único, p. 63-73, 1994.

STEAD, J. W. Studies of variation in Central American Pines V: a numerical study of variation in the *Pseudostrobus* group. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 32, n. 3/4, p. 101-115, 1983.

STYLES, B. T.; HUGHES, C. E. **Variabilidad de los pinos centroamericanos: taxonomía y nomenclatura de los Pinos y otras Gimnospermas**. Honduras: Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Centro Nacional de Investigación Forestal Aplicada - CENIFA, 1988. 20 p.

ETTORI, L. de C.; SATO, A. S.; SHIMIZU, J. Y. Variação genética em procedências e progênes mexicanas de *Pinus maximinoi*.

URREGO, J. B.; LAMBETH, C. C. Diferencias en cola de zorro entre familias y procedencias de *Pinus maximinoi* H. E. Moore en las montañas de Colombia. **Investigación Forestal**, Cali, n. 121, 4 p, 1988.

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.

WRIGHT, J. A.; BAYLIS, B. Volume, pulp and paper-making traits of *Pinus maximinoi* provenances planted at two sites in South Africa. **South African Forestry Journal**, Menlo Park, n. 165, p. 37-40, 1993.

_____.; OSORIO, L. F.; LAMBETH, C. C. Development of a tree improvement program with *Pinus maximinoi* in Colombia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 62, p. 313-322, 1993.

WOOD, P. J.; GREAVES, A. Advances from international cooperation in tropical pines. In: WORLD CONSULTATION ON FOREST TREE BREEDING, 3., Canberra, 1977. **Annals, Documents...** Canberra: Commonwealth Scientific and Industrial Organization - CSIRO, 1977. v. 1, p. 127-141.