

TESTE DE PROGÊNIES DE POLINIZAÇÃO LIVRE DE *Pinus tecunumanii*
(Eq. et Per.) Styles DE SAN RAFAEL DEL NORTE, NA REGIÃO DE SÃO SIMÃO, SP*

Alexandre Magno SEBBENN**
Cesario Lange da Silva PIRES**
Hernani Xavier SALDANHA***
Antonio Carlos Scatena ZANATTO**

RESUMO

Um teste de 20 progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles, de origem San Rafael del Norte, Nicarágua, foi implantado na Estação Experimental de Bento Quirino, SP, do Instituto Florestal de São Paulo, no ano de 1986, em blocos casualizados, com 6 repetições, 25 plantas por parcela, 3 linhas de bordadura externa e espaçamento 3 x 2 metros, objetivando o estudo do comportamento genético da espécie, análise de seu potencial no local de ensaio, estimativa dos componentes de variância, e parâmetros genéticos, visando o melhoramento da espécie. O incremento médio anual (IMA) em volume real do *P. tecunumanii* relativamente ao *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Gol. e o *P. caribaea* Mor. var. *caribaea* Bar. et Gol., apresentou-se bem superior, mostrando seu potencial adaptativo na região de experimentação. As análises de variâncias revelaram variações genéticas entre progênies (σ^2_p) significativas para as características DAP aos 2 anos de idade, altura para todas as idades estudadas e forma do tronco. Por sua vez os coeficientes de herdabilidades, ao nível de médias de famílias (h^2_m), indicaram que a melhor estratégia de seleção, seria entre famílias de meios-irmãos. As correlações entre as idades nas características DAP e altura, mostraram valores altos, positivos e significativos, revelando um comportamento relativamente homogêneo das progênies nas idades estudadas, portanto, potencialmente aptas à seleção em idades precoces. Da mesma forma, as correlações entre características aos 7 anos de idade, revelaram-se altas, indicando a possibilidade de avanços genéticos simultâneos para mais de uma característica, a partir da seleção de um caráter.

Palavras-chave: Teste de progênies; variação genética; parâmetros genéticos; *Pinus tecunumanii*; San Rafael del Norte, correlações genéticas, ambientais e fenotípicas.

ABSTRACT

A progeny test with 20 half-sib families of *Pinus tecunumanii* (Eq. & Per.) Styles, from San Rafael del Norte, Nicaragua, were tested at the Bento Quirino Experimental Station - SP, of the São Paulo Forestry Institute. The experiment was established in 1986, in block randomized trials with 20 progenies, 25 plants per plot, 3 rows of the external edge in a spacing of 3 x 2 m, with the objectives of studying the species behaviour at the region, genetic parameters, heritability, genetic gains, variations coefficients, correlations coefficients among ages of mensurations and characteristics. The annual average increase behaviour for real volume of *P. tecunumanii* relative to *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Gol. and *P. caribaea* Mor. var. *caribaea* Bar. et Gol., showed more adaptative potential for the region. The analyses of variances revealed significant genetic variation among progenies (σ^2_p) for D.B.H. in 2 ages, for height in all the studied ages, and for trunk form. The coefficients of heritability for family average (h^2_m), revealed the family selection as the best strategy. The age correlations in D.B.H. and height, were high, positive and significant, revealing a relative homogeneity of the behaviour in progenies in the studied ages and, therefore, potentiality apt for the selection in precocious age. The characteristics among correlations in the 7 years old revealed to be high, indicating the possibility of simultaneous genetic advancements for more than one characteristic, with the selection of one character.

Key words: Progeny test; genetic parameters; genetic variation; *Pinus tecunumanii*; San Rafael del Norte, correlations genetics, genetics not and fenotipics.

(*) Aceito para publicação em dezembro de 1995.

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

(***) Universidade Federal de Santa Maria, 97111-970, Santa Maria, RS, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos plantios comerciais de *Pinus* spp no Brasil ocorreu durante o período em que existia o incentivo fiscal. Após sua extinção, os reflorestamentos e florestamentos, vêm diminuindo gradualmente até o momento atual, motivados principalmente pela crise econômica que assola o país nestas últimas décadas. Presume-se que até meados do ano 2000, ocorra um colapso no mercado madeireiro de *Pinus* spp, destinado à produção de móveis, chapas de compensado, construção civil e produção de resina (FERREIRA, 1993).*

O *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles foi diferenciado pela primeira vez por Schawerdtfefer, em 1953, mas sua classificação não teve aceitação científica internacional, por não cumprir as exigências do Código Internacional de Nomenclatura Botânica. Por um longo tempo, o *P. tecunumanii* foi confundido com o *P. oocarpa* Sch., mais especificamente com o *P. oocarpa* Sch. var. *ochoterenae* Mart. e *P. patula* Sch. et Dep. spp. *tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles, porém Equiluz e Perry em 1983 classificaram corretamente a espécie (MARTINEZ, 1991).

As origens Yucul, San Rafael del Norte e Mountain Pine Ridge têm se mostrado igualmente as melhores nos diversos países em que foi implantado o experimento de origens de *P. oocarpa/P. tecunumanii* do Instituto Florestal de Oxford. A espécie galgou um nível de importância tal que motivou o aludido Instituto inglês a organizar um trabalho de seleção das árvores superiores encontradas nos países envolvidos e o plantio dos clones em centros regionais, para a posterior distribuição aos países interessados. Algumas das árvores do ensaio originalmente implantadas nas Estações Experimentais de Mogi Mirim, Bebedouro e

Assis, do Estado de São Paulo, encontram-se incluídas neste trabalho a nível internacional.

O Instituto Florestal do Estado de São Paulo vem trabalhando com o *P. tecunumanii* desde 1972, quando o *P. oocarpa* incluía o *P. patula* spp. *tecunumanii*, hoje *P. tecunumanii*, enfocando a produção de sementes melhoradas em pomares clonais e a implantação de bancos clonais, já que a espécie encontra-se em perigo de extinção em algumas de suas áreas de ocorrência natural (DVORAK & DONAHUE, 1992).

Esta espécie de pinus é muito utilizada na América Central na indústria moveleira e de celulose e papel, por apresentar madeira muito branca, desenvolver-se melhor que qualquer outra espécie de pinus em altitudes de 1200 a 2200 metros e apresentar um incremento médio anual comparável ao do *P. patula* Sch. et Dep., espécie preferencialmente de altitudes de 1500 a 3000 metros. Em contrapartida suas vantagens diminuem com o aumento da altitude (ENDO, 1992).

O *P. tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles é uma conífera tropical de grande valor econômico e promissora para países como a Colômbia e Venezuela e para o Estado de São Paulo e Estados vizinhos.

Um teste de vinte progênies de meios-irmãos de *P. tecunumanii*, origem San Rafael del Norte, Nicarágua, foi instalado em São Simão, SP, em 1986 objetivando:

- a) analisar o comportamento genético da espécie e pesquisar seu potencial nas condições de São Simão, SP;
- b) estimar os componentes de variância, os parâmetros genéticos e não genéticos, bem como as correlações entre idades e características silviculturais mensuradas, visando seu melhoramento genético.

(*) FERREIRA, M. 1993. ESALQ/USP, Piracicaba-SP, informação pessoal.

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O *P. tecunumanii* tem sua ocorrência natural desde a parte sul do Estado de Chiapa, México, passando pelas montanhas centrais da Guatemala e Honduras, ao norte de El Salvador, indo até o centro da Nicarágua, em uma série de pequenas e disjuntas populações (Piedra & Perry e Dvorak & Raymond, citados por DVORAK & DONAHUE, 1992). Por sua vez, OSORIO & DVORAK (1993), acrescentam que a espécie encontra-se localizada nestas regiões em altitudes de 470 a 2700 metros.

ROSA (1982) e CHAGALA & GIBSON (1984), apontam as origens Yucul e Mountain Pine Ridge do experimento de *P. oocarpa* como sendo as melhores. Os dois últimos autores salientam ainda que estas origens não seriam exatamente *P. oocarpa* e sim *P. tecunumanii*

Por sua vez, BIRKS & BARNES (1985), usando análise de variância multivariada, ao estudar as origens inicialmente classificadas como *P. oocarpa* em experimentos internacionais (implantado em 1977 pela Universidade de Oxford), reclassificam as origens de Camélias, San Rafael, Mountain Pine Ridge e Yucul, incluídos no experimento, como *P. patula* spp. *tecunumanii*, sugerindo a possibilidade de novas reclassificações.

WRIGHT *et al.* (1986), comparando volume com casca entre procedências de *P. tecunumanii* de Camélias, San Rafael del Norte (Nicarágua) e Mountain Pine Ridge (Belize), com procedências de *P. oocarpa* da Guatemala e Honduras, na região de Agudos, SP, encontraram valores superiores para a primeira espécie.

Da mesma forma, ROSA (1982) e ROSA *et al.* (1986), apontam o *P. tecunumanii* de San Rafael del Norte como uma das melhores procedências comerciais a serem plantadas nas áreas quentes do Estado de São Paulo. Observações fenotípicas efetuadas em populações base da espécie, têm demonstrado sua superioridade sobre o *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Gol. tanto de Culmi, como Karawala e Alami-

camba. Por sua vez, ENDO (1992) coloca que o *P. tecunumanii* tem um incremento médio anual (IMA) em altura de 2,5, e 30 m³/ha em volume, até os oito anos de idade, quando plantados em sítios apropriados. Já OSORIO & DVORAK (1993), em ensaio de procedências/progênies encontraram na Colômbia um IMA para volume de 45,93 a 48,18 m³/ha até os 8 anos de idade, com procedências de baixas altitudes do México e América Central. Ainda neste trabalho, os autores obtiveram, a partir da seleção de 41 árvores em 31 das 120 famílias testadas, um ganho estimado sobre a média da população de 32%. O potencial da espécie é adequado, o que está amplamente demonstrado em áreas da SCC (Smurfit Cartón de Colombia), em altitudes de 1200 a 2200 m, com procedências de Yucul, Villa Santa, Mountain Pine Ridge, San Rafael del Norte (procedências de baixas altitudes), e San Jerónimo (procedência de alta altitude), sendo as procedências mais prometedoras comercialmente disponíveis como coloca ENDO (1992).

Os resultados dos ensaios da CAMCORE têm permitido identificar o *P. tecunumanii* como um substituto do *P. oocarpa* nos programas da SCC (WRIGHT, 1992). Este autor salienta ainda neste trabalho, igualmente como OSORIO & DVORAK (1993) que, um sério problema desta espécie é a quebra do ponteiro em locais de ventos fortes e a não produção de sementes em determinadas condições ambientais.

Segundo BRUNE (1979), o teste de progênies é o método de seleção pelo qual os indivíduos são selecionados para o melhoramento na base do desempenho médio de suas progênies, portanto, dando uma medida direta do valor dos indivíduos para estes fins, sendo assim um método preciso de seleção. A instalação de um teste de progênies, tanto a partir de sementes de polinização livre como de cruzamento controlado, representa uma das mais úteis ferramentas para o melhorista florestal (BRUNE, 1979; KAGEYAMA, 1983).

VENCOVSKY (1969), afirma que os parâmetros genéticos podem ser utilizados para:

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP.

parâmetros genéticos podem ser utilizados para: a) obter-se informações sobre o tipo de ação dos genes em caracteres quantitativos; b) dar orientação sobre o esquema mais adequado de seleção a ser adotado, e c) dar orientação do progresso esperado na seleção. Neste mesmo trabalho o autor ressalta que a variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) é para o melhorista a mais útil de todas as componentes, pois é de sua magnitude que o sucesso de seleção depende. Para que este processo de seleção possa dar resultado é preciso que haja variabilidade genotípica ou que existam diferentes expressões fenotípicas numa população. Porém, as medidas fenotípicas são indicadores bastantes bons dos respectivos valores genotípicos em plantas (VENCOVSKY, 1978).

Um importante parâmetro a ser estimado é o coeficiente de herdabilidade, o qual orienta o geneticista ou melhorista sobre a quantidade relativa de variância genética que é utilizável no melhoramento (VENCOVSKY, 1969). Sua expressão, depende do conjunto de genes que estão se expressando na fase de estudo, assim, varia nas diferentes etapas de desenvolvimentos das plantas, bem como, entre espécies. Neste sentido, FALCONER (1972), coloca que este estimador não é uma propriedade de um carácter, em si, mas a propriedade de um carácter numa dada população.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Material

O material genético (sementes) utilizados no ensaio, foi obtido junto ao Instituto Florestal de Oxford, Inglaterra (referência K142). As progênies utilizadas no ensaio foram originadas, a partir da seleção e coleta de sementes de 20 árvores de polinização livre em população base de *P. tecunumanii*, localizadas no distrito de San Rafael Del Norte, Nicarágua. O local de coleta das sementes encontra-se na latitude 13°14' N, 86°08'

W, altitude de 1200 m, precipitação média anual de 1362 mm, com inverno seco (novembro a abril).

3.2 Método

3.2.1 Instalação do teste de progênies

O experimento foi implantado em 1986 na Estação Experimental de Bento Quirino, município de São Simão - SP, situado a 21°29' S, 47°33' W, altitude média de 640 m. A temperatura média do mês mais quente é 24 °C (janeiro) e do mês mais frio 18 °C (junho), respectivamente com uma precipitação média anual de 1452 mm e clima do tipo AW (VENTURA *et al.*, 1965/66).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 20 tratamentos, 6 repetições, parcelas quadradas com 25 plantas (9 úteis) e espaçamento de 3 x 2 m. Utilizou-se uma bordadura externa de 3 linhas com a mesma espécie. O relevo no local de ensaio apresenta uma inclinação em torno de 8%.

As árvores do ensaio foram avaliadas no 1° e 2° ano para altura total, 4° ano para altura total e diâmetro a altura do peito (DAP) e no 7° ano para DAP, altura total, forma do tronco (método proposto por ELDRIDGE, 1972) e volume real com casca por hectare pela equação, $Vr=0,047123889xDAP^2xh$.

3.2.2 Análise estatística

a) Análise de Variância

As análises de variâncias individuais por características foram realizadas ao nível médias de parcelas conforme modelo da TABELA 1. A característica forma do tronco foi transformada a nível de planta em $\sqrt{X+1}$ e a característica mortalidade transformou-se a nível de médias de parcelas em $\sqrt{X+1}$, para análises de variância. Foram, então, testadas as hipóteses sobre as variâncias e estimados seus componentes, por característica, segundo modelo e expressões:

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP.

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

onde,

m é a média geral

b_j é o efeito do bloco j ; $E(b_j) = 0$, $E(b_j^2) = \hat{\sigma}_b^2$

t_i é o efeito da progênie i ; $E(t_i) = 0$, $E(t_i^2) = \hat{\sigma}_p^2$

e_{ij} é o erro experimental (ou erro entre), ou ainda, o efeito da progênie i no bloco j ;

$E(e_{ij}) = 0$, $E(e_{ij}^2) = \hat{\sigma}_e^2$

d_{ijk} é o erro amostral (ou erro dentro), ou ainda,

o efeito relativo ao indivíduo k na progênie i

e no bloco j ; $E(d_{ijk}) = 0$, $E(d_{ijk}^2) = \hat{\sigma}_d^2$

$\hat{\sigma}_d^2 = QM3 =$ variância fenotípica dentro da parcela
cela

$\hat{\sigma}_e^2 = QM2 - QM3/\bar{n} =$ variância ambiental entre parcelas ao nível de plantas individuais

$\hat{\sigma}_p^2 = (QM1 - QM2)/J =$ variância genética entre progênies

$\hat{\sigma}_A^2 = 4\hat{\sigma}_p^2 =$ variância genética aditiva

$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2 =$ variância fenotípica entre plantas dentro do bloco

TABELA 1- Quadro da análise da variância com as esperanças dos quadrados médios para *P. tecunumanii* na região de São Simão, SP, baseado em KAGEYAMA (1980) e STORCK *et al.* (1993).

FV	GL*	QM	E(QM)
Blocos	J-1		
Progênies	I-1	QM1	$(1/\bar{n}) \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + J\hat{\sigma}_p^2$
Erro entre parcelas	(J-1)(I-1)	QM2	$(1/\bar{n}) \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2$
Dentro de parcelas	$\sum NI$	QM3	$\hat{\sigma}_d^2$

* J = repetições; I = progênies; \bar{n} = média harmônica do n° de plantas por parcela; $\sum NI$ = somatório do número de graus de liberdade dentro de parcelas.

Foi ainda avaliado a quebra de ponteiros no ensaio, estimando-se apenas o percentual total de ocorrência.

b) Estimativas dos parâmetros genéticos e correlações entre idades e características

As fórmulas matemáticas para as estimativas dos coeficientes de herdabilidade para seleção ao nível plantas individuais (\hat{h}^2_i), entre médias de famílias de meios-irmãos (\hat{h}^2_m), dentro de famílias de meios-irmãos (\hat{h}^2_d), coeficientes de variações genéticos entre progênies (CV_g), ambientais entre parcelas (CV_e), fenotípicos dentro de parcelas (CV_d), fenotípicos ao nível de planta (CV_f), experimentais (CV_{exp}), razões $\hat{b} = CV_g/CV_{exp}$, e progressos esperados na seleção (\hat{GS}) por médias nas progênies e massais dentro de progênies de meios-irmãos, encontram-se em VENCOVSKY (1978) e KAGEYAMA (1980).

As correlações entre as idades foram estimados pelo "coeficiente de correlação de Spearman" (r_s) entre as características DAP e altura, conforme KAGEYAMA (1977). Já as correlações entre características aos 7 anos foram estimadas pelos coeficientes de correlações, segundo KAGEYAMA (1983).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As médias para as características nas idades avaliadas, resultados do teste F da análise de variância, coeficientes de variações experimentais e os componentes genéticos e não genéticos obtidos a partir da decomposição das esperanças dos quadrados médios da análise de variância para as características silviculturais são apresentados na TABELA 2.

TABELA 2 - Estimativas das médias totais, testes F da análise de variância, coeficientes de variações experimentais (CV_{exp}), variâncias fenotípicas dentro de parcela ($\hat{\sigma}_d^2$), ambientais entre parcelas ($\hat{\sigma}_e^2$), genéticas entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$), aditivas ($\hat{\sigma}_A^2$), fenotípicas ao nível de planta ($\hat{\sigma}_f^2$) variância genética entre progênies em percentual ($\hat{\sigma}_p^2\%$) para algumas características silviculturais em *P. tecunumanii* na região de São Simão - SP.

Variável	Idade anos	Média	F	CV_{exp} (%)	$\hat{\sigma}_d^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_p^2$	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_p^2\%$
DAP (cm)	4	9,64	2,08**	7,41	0,2523	0,0109	0,0039	0,0155	0,2671	1,46
	7	14,26	1,27	7,83	1,0997	0,0184	0,0071	0,0283	1,1251	0,63
	1	1,65	2,17**	15,22	0,0236	0,0045	0,0015	0,0060	0,0296	5,07
Altura (m)	2	3,58	2,50**	13,16	0,0738	0,0181	0,0065	0,0259	0,0985	6,60
	4	7,29	3,60**	7,29	0,0758	0,0103	0,0060	0,0239	0,0921	6,51
	7	12,42	2,14**	5,00	0,1534	0,0289	0,0091	0,0365	0,1914	4,75
Forma do tronco	7	2,08	1,42*	7,80	0,0083	0,0010	0,0001	0,0006	0,0094	1,06
Volume real (m ³ /ha)	7	120,76	1,20	20,02	139,608	55,1892	2,4769	9,9074	197,2740	1,26

* e **, significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente.

As análises de variâncias na TABELA 2 revelaram variações genéticas entre progênies ao nível de 1% de significância para os caracteres DAP aos 4 anos, altura em todas as idades avaliadas e ao nível de 5% para forma do tronco. As diferenças entre as médias das características que não apresentaram variações genéticas significativas pelo teste F podem ser atribuídas ao efeito de ambiente.

A análise de variância para mortalidade de plantas no ensaio, não se revelou significativa pelo teste F (1,20).

O incremento médio anual (IMA) para altura e DAP até o 7º ano de idade foi de 1,77 m e 2,04 cm, respectivamente. Quando comparado com os resultados obtidos para a mesma espécie na Estação Experimental de Anhembi, SP, por SILVA JUNIOR *et al.* (1993), apresentaram um crescimento diamétrico quase idêntico (2,05 cm). Já o incremento em altura, apresentou-se 9,7% inferior ao encontrado por este autor (1,96 m). Contudo, estas diferenças podem ser atribuídas, provavelmente, a diferentes condições edáficas entre os sítios de experimentação. Por sua vez, as variações observadas entre progênies

para altura aos 7 anos, não foram tão expressivas. A diferença entre a progênie de melhor crescimento relativamente a de pior crescimento para altura foi de 11,20%.

Já o IMA para o volume real, para a espécie, foi de 17,25m³/ha. Este dado mostra-se bem superior ao IMA encontrado para o *P. caribaea* var. *caribaea* (11,34m³/ha) e para o *P. caribaea* var. *hondurensis* (13,87m³/ha) crescendo na mesma estação experimental onde está sendo conduzido o ensaio.

O comportamento destes incrementos, a mortalidade de plantas no ensaio (9,3%), juntamente com as observações do desenvolvimento da espécie no campo, permitem afirmar que esta adaptou-se perfeitamente às condições do local de ensaio, revelando-se assim, como altamente potencial para o cultivo nesta região.

Pelas observações de campo, até esta fase de experimentação, em relação a produção de sementes, verificou-se que a mesma é quase nula, confirmando desta forma o que a literatura afirma: que essa espécie quase não produz sementes em determinadas condições ambientais.

SEBBENN, A. M. et al. Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP.

Em muitos plantios comerciais da CAMCORE, testando procedências/progênies desta espécie, fora de sua região de ocorrência natural, produziram pouco cones e estes por sua vez sementes, suspeitando-se que este fato seja devido a fatores genéticos da espécie combinado com plantios relativamente jovens (5 a 10 anos de idade), espaçamento entre árvores ou fatores climáticos e/ou edáficos (DVORAK & LAMBERTH, 1992). As estratégias para minimizar este problema como coloca OSORIO & DVORAK (1993), seria o estabelecimento de pomares de sementes em países onde a espécie produz sementes mais rápida, abundantes e consistentemente ano a ano.

Outra forma de minimizar este ponto negativo, seria a formação de jardins clonais para a posterior propagação vegetativa via estaquia e/ou cultura de tecidos. Ou ainda, reside a possibilidade de testar a espécie em locais do Estado de São Paulo, ou até em outros, em altitudes acima de 1200 metros, como é, no caso, a região sudeste (Itararé) e no vale do Paraíba (Campos do Jordão).

Os coeficientes de variações experimentais (CV_{exp}), da análise de variância, mostraram valores consideravelmente baixos para DAP

nas idades estudadas (7,4 e 7,8%, respectivamente), altura aos 4 e 7 anos (7,3 e 5 %, respectivamente), forma do tronco (7,8%) e mortalidade (4,26%); médios para altura no 1 e 2 ano (15,2 e 13,2%, respectivamente) e volume real (20%), o que vem a demonstrar a precisão estatística das estimativas dos parâmetros no ensaio.

As variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_p^2$) para as características DAP e altura apresentaram uma tendência de aumentar com a maturidade das plantas, revelando uma maior expressão gênica nas idades mais avançadas, mas em porcentual ($\hat{\sigma}_p^2/\%$) relativamente a variância fenotípica (ver TABELA 2), o comportamento foi justamente oposto, com uma menor expressão gênica, sendo revelada com a maturação das plantas. Esta redução das variâncias genéticas, provavelmente é a causa das baixas estimativas de herdabilidades (TABELA 3), já que a variância ambiental entre e dentro de parcelas não sofrem alterações pelo processo de seleção.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidades e de variações genéticas e não genéticas, bem como do índice de seleção no ensaio (\hat{b}), segundo VENCOVSKY & BARRIGA (1992), são apresentados na TABELA 3.

TABELA 3 - Estimativas dos coeficientes de herdabilidades para seleção ao nível de plantas individuais (h^2_i), entre médias de famílias (h^2_m) e dentro de famílias (h^2_d), coeficientes de variação fenotípicos dentro de progênies (CV_d), ambiental entre parcelas (CV_e), genéticos entre progênies (CV_g), fenotípicos a nível de plantas (CV_f), e as razões $\hat{b}=CV_g/CV_{exp}$ para *P. tecunumanii*, na região de São Simão - SP.

Variável	idade	\hat{h}^2_i	\hat{h}^2_m	\hat{h}^2_d	CV_d^*	CV_e^*	CV_g^*	CV_f^*	\hat{b}
DAP (cm)	4 anos	0,06	0,52	0,02	5,21	1,08	0,65	5,36	0,09
	7 anos	0,03	0,22	0,02	7,35	0,95	0,59	7,44	0,08
Altura (m)	1 ano	0,20	0,55	0,19	9,30	4,07	2,33	10,42	0,15
	2 anos	0,26	0,59	0,25	7,59	3,76	2,25	8,76	0,17
	4 anos	0,26	0,75	0,24	3,78	1,39	0,99	4,16	0,14
	7 anos	0,19	0,53	0,18	3,15	1,37	0,77	3,52	0,15
Forma do tronco	7 anos	0,06	0,23	0,05	5,52	1,96	0,73	5,88	0,09
Volume real (m ³ /ha)	7 anos	0,05	0,17	0,05	9,78	6,15	1,30	11,63	0,06

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade a nível de planta (h^2_i), média de famílias (h^2_m) e dentro de famílias de meios-irmãos (h^2_d), para as características DAP

apresentaram uma redução em seus valores com a maturidade das árvores. Os valores de herdabilidades para a característica altura aumentaram do 1° ao 4° ano, vindo a diminuir

no 7º ano de vida das plantas. Esta oscilação das estimativas de herdabilidades são coerentes com a literatura (FALCONER, 1972), que afirma que estes coeficientes são propriedades de uma população em um determinado ambiente e não propriedades de um carácter em si. Por outro lado, este comportamento sugere que neste ensaio o melhor momento para a seleção do carácter DAP seria no 4º ano de idade e para altura da plantas seria no 2º e 4º ano, maximizando desta forma os ganhos genéticos. Ainda, a característica altura apresentou uma estimativa de herdabilidade ao nível de planta (sentido restrito), razoável (0,26 no 2º e 4º ano), indicando que provavelmente a melhor estratégia de melhoramento seria a seleção massal dentro do ensaio, a fim de obter-se maiores avanços genéticos. Por sua vez, as características DAP, forma do tronco e volume real, apresentaram as estimativas de herdabilidades a nível de planta e dentro de famílias de meios-irmãos muito baixas, mostrando desta forma, um baixo controle do componente genético de suas variâncias fenotípicas, descartando assim a possibilidade de utilização da seleção massal para seu melhoramento. Por outro lado, suas estimativas de herdabilidades a nível de médias de famílias, variaram de 0,17 para volume real a 0,75 para altura aos 4 anos, revelando assim um forte controle genético para as características, assim, a seleção entre médias de famílias é a estratégia mais indicada para o melhoramento destes caracteres até este momento de experimentação.

Os coeficientes de variação genéticos entre progênies (CV_g) oscilaram de 0,59 a 0,65% para DAP e de 0,77 a 2,33% para altura em um gradiente decrescente com o aumento da idade, comportando-se assim semelhante as estimativas de herdabilidades, sugerindo que o efeito acentuado da competição entre plantas reduziu as expressões genéticas destes caracteres. Dentro desta linha de raciocínio, pode se prever uma mudança no comportamento das estimativas destes parâmetros com a redução da competição entre plantas no estancamento de seus crescimentos na idade do 1º desbaste (ponto em

que a curva do incremento corrente anual atinge a curva do incremento médio anual).

Continuando, estes coeficientes apresentaram valores baixos para todas as características aqui estudadas, mostrando desta forma, que a seleção no ensaio poderá ser pouco efetiva até esta fase de experimentação. Ainda, estes baixos valores, podem ser atribuídos, provavelmente, ao fato de que as progênies foram selecionadas na população base, visando o melhoramento genético das características de crescimento e forma, portanto, alterando as frequências gênicas, que por sua vez alteraram as frequências genotípicas da população selecionada. Como os genes que afetam as características aqui avaliadas, agem de maneira aditiva, tanto a nível de alelo como de loco, a seleção tende a aumentar a frequência dos alelos que produzem o genótipo desejado, portanto, causando o afinilamento de genes neste sentido, ou em outras palavras, reduzindo a variabilidade genética da população (BRUNE, 1979).

Outro fator interessante a ressaltar, é que estes coeficientes de variação apresentaram-se superiores para altura em relação a DAP, tendência esta discordante da maioria dos autores em trabalhos semelhantes.

Os coeficientes de variações fenotípicas dentro de progênies (CV_d) apresentaram-se aproximadamente o dobro para a altura, fator de forma e volume real, e cinco vezes maiores para DAP, em relação aos coeficientes de variações ambientais entre progênies (CV_e), o que é comum esperar neste tipo de ensaio, sugerindo que a seleção deva ser mais intensa dentro de progênies relativamente a entre progênies, obtendo-se assim maiores progressos genéticos. Porém, não se deve esquecer que estes avanços genéticos são diretamente dependentes das estimativas de herdabilidade do carácter a ser selecionado.

Ainda na TABELA 3, a razão CV_g/CV_{exp} (b) variou de 0,06 para volume real a 0,17 para altura de planta aos 2 anos, portanto, muito abaixo da unidade, indicando que o controle genético das características é fraco,

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanji* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP.

logo, a seleção poderá ser ineficiente. Este impasse poderá, provavelmente, ser sanado praticando-se a seleção a nível de médias de famílias, já que suas herdabilidades foram relativamente altas para todas as características aqui estudadas.

Uma prática comum para produção de sementes melhoradas, em um espaço de tempo relativamente curto, na área florestal, consiste em no próprio ensaio de progênies, selecionar com base nos dados de médias das melhores famílias (1ª unidade de seleção), sendo após, selecionados

os indivíduos fenotípicamente superiores dentro destas famílias (2ª unidade de seleção), transformado desta forma o ensaio em um pomar de sementes por mudas.

A TABELA 4 apresenta as estimativas de ganhos entre famílias, dentro de famílias e o total (entre e dentro) para as características avaliadas. Estes ganhos foram estimados praticando-se a seleção de 40% das melhores famílias ($i=0,95$) e 22,2% das melhores plantas dentro de famílias ($i=1,35$). O índice i foi obtido de HAL-LAUER & MIRANDA FILHO (1988).

TABELA 4 - Estimativas de ganhos esperados na seleção (nos dois sexos), entre progênies, dentro de progênies e totais em *P. tecunumanii* para várias características silviculturais, na região de São Simão, SP.

Variável	Idade (anos)	Ganhos (%)		
		Entre	Dentro	Total
DAP (cm)	4	0,45	0,32	0,77
	7	0,26	0,19	0,45
Altura (m)	1	1,68	2,35	4,03
	2	1,67	2,69	4,36
	4	0,82	1,12	1,94
Forma do tronco	7	0,28	0,40	0,68
	7	0,52	0,70	1,22
Volume real (m ³ /ha)	7	0,52	0,70	1,22

A estimativa destes ganhos foi realizada praticando-se a seleção nos dois sexos. Sendo que, os ganhos esperados na seleção dentro de progênies foram superiores para fator de forma, volume real e altura em todas idades, em relação aos ganhos entre progênies. Já o caracter DAP apresentou um comportamento oposto a estes, devido provavelmente, aos valores altos de herdabilidade ao nível de média de famílias relativamente aos baixos valores deste parâmetro a nível de planta e dentro de famílias. Porém, os ganhos totais obtidos com a seleção entre e dentro de famílias variaram de 0,45% para DAP aos 7 anos a 4,36% para altura aos 2 anos, revelando-se pouco expressivos para a maioria das características.

Cabe ainda ressaltar, que o comportamento destas estimativas, juntamente com as estimativas de herdabilidade e variações

genéticas, sugerem que o melhor momento para a seleção do caractere DAP seria no 4º ano e para altura seria no 2º e 4º ano, otimizando desta forma os ganhos genéticos.

A seleção em idades precoces é possível de ser realizada apenas quando o caracter a ser melhorado apresenta correlações positivas altas e significativas entre as idades juvenis e adultas, justificando assim sua aplicação. Porém, uma espécie do gênero *Pinus*, com 7 anos de idade, não pode ser considerada adulta, mas a estimativa destas correlações até esta idade podem servir como um bom indicador do seu comportamento.

A quantificação da associação entre os resultados obtidos para altura e DAP, nas idades avaliadas, é apresentada na TABELA 5, através do coeficiente de correlação de Sperman.

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP.

TABELA 5 - Coeficientes de correlação de Spermán para as características DAP e altura nas idades 1, 2, 4 e 7 anos, ao nível de médias de parcelas para *P. tecunumanii*

Caracter	Idades	2 anos	4 anos	7 anos
Altura	1 ano	0,72**	0,58**	0,57**
	2 anos	-	0,90**	0,82**
	4 anos	-	-	0,86**
DAP	4 anos	-	-	0,45**

c **, significativo ao nível de 5 e 1% pelo teste t, respectivamente.

Observando-se os dados do ensaio até os 7 anos de idade (TABELA 5), percebe-se pouca interação de progênies por idades para altura e DAP, revelando um padrão mais ou menos uniforme de crescimento das progênies. Por outro lado, as correlações obtidas entre as diferentes idades, demonstram uma tendência para menores associações entre idades afastadas, sugerindo que alterações podem ocorrer com a evolução do ensaio. Por sua vez, até o momento atual, a seleção em idades precoces, justifica-se por estas estimativas.

O trabalho de seleção para o melhoramento das características, deve ser conduzido para uma ou poucas características por ciclo, porém, para que se possa selecionar indivíduos superiores para mais de uma característica, devem existir da mesma forma que para correlações entre idades, valores de correlações fenotípicas e genéticas positivas, altas e significativas entre estas características.

São apresentadas na TABELA 6 as correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para as características de crescimento avaliadas aos 7 anos de idade.

TABELA 6 - Coeficientes de correlações genéticos (rg), fenotípicos (rf) e ambientais (re) para algumas características aos 7 anos de idade em *P. tecunumanii*.

Caracteres		Altura	DAP
Vr/ha	rg	0,82**	0,89**
	rf	0,32	0,94**
	re	0,27	0,95**
Altura	rg	-	0,20
	rf	-	0,62**
	re	-	-0,67**

** Significativo ao nível de 1% pelo teste t.

Os valores das correlações apresentaram-se positivos, para todas as características estudadas, porém, as correlações genéticas dos caracteres altura x volume real e DAP x volume real, mostram valores altos e significativos pelo teste t, como já era de se esperar, já que a estimativa da variável volume é diretamente dependente do DAP e altura. Por sua vez, a correlação genética altura x DAP não se apresentou significativa, o que é discordante de estudos similares, contudo, sua correlação fenotípica apresentou-se alta e significativa, revelando uma certa dependência entre estes caracteres. Finalizando estes valores altos de correlações genéticas e fenotípicas, indicam a possibilidade de melhoramento de todas as características pela seleção de apenas uma dessas. Mediante aos valores de herdabilidades e correlações obtidos para altura, deverá ser essa a característica escolhida para a seleção, devendo ser bem eficiente também para aumentar o volume real e o DAP da população melhorada.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos a partir da avaliação do teste de progênies de polinização livre de *P. tecunumanii*, para as características de crescimento e forma, permitem concluir sobre o potencial da população para as características em questão.

Os dados do incremento médio anual, as observações de campo e a mortalidade de plantas no ensaio, permitem afirmar que a espécie adaptou-se perfeitamente, até este momento de experimentação ao local de ensaio, e é potencialmente apta ao reflorestamento e florestamento nas condições ecológicas estudadas.

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP.

As características DAP aos quatro anos de idade, altura total em todas as idades estudadas e forma do tronco apresentaram variações genéticas significativas entre progênies, mostrando perspectivas de avanços genéticos pela seleção.

A magnitude dos coeficientes de herdabilidades ao nível de médias de famílias, expressaram um forte controle genético para as características estudadas, sugerindo que a estratégia de seleção mais indicada seria ao nível de média de famílias, maximizando desta forma os avanços genéticos.

Os ganhos genéticos para a seleção entre e dentro de famílias não foi muito expressivo para a maioria das características, exceção apenas para o DAP, o que juntamente com as estimativas de índice ou potencial de seleção pressupões que a seleção poderá ser pouco efetiva.

Os coeficientes de correlações de Sperman entre as idades das árvores para as características DAP e altura, sugerem a possibilidade de se praticar a seleção em idades precoces. Da mesma forma os coeficientes de correlações genéticos e fenotípicos revelaram a dependência de uma característica em relação a outra, indicando juntamente com a herdabilidade que a característica altura deva ser escolhida para a seleção, o que trará avanços genéticos simultâneos para o DAP e o volume real na população melhorada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIRKS, J. S. & BARNES, R. D. 1985. Multivariate analysis of data from international provenance trials of *Pinus oocarpa*/*Pinus patula* ssp. *tecunumanii* *Commonw. For. Rev.*, Oxford, 64(4):367-374.
- BRUNE, A. 1979. *Seleção em ensaios de progênies*. Viçosa, COOPASUL. 6p. (mimeografado)
- CHAGALA, E. M. & GIBSON, G. L. 1984. *Pinus oocarpa* Sch., international provenance trial in Kenya at eight years. In: BARNES, R.D. & GIBSON, G. L. (ed.). *Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees* mutare, 9-14 April, 1984. (Proceedings of a joint Work Conference).
- DVORAK, W. S. & LAMBERTH, C. C. 1992. Results of a survey to determine the cone and seed production of *Pinus tecunumanii* in the tropics and subtropics. In: IUFRO, Proc. on Breeding Tropical Trees, Cartagena and Cali, Colombia, Oct. 1992. 6p.
- DVORAK, W. S. & DONAHUE, J. K. 1992. *Camcore Cooperative Research Review 1980/1992*. North Carolina State University, Raleigh, NC. 93p.
- ELDRIDGE, K. G. 1972. *Genetic variation in the growth of Eucalyptus regnans* from an altitudinal transect of Mount Erica, Victoria. Canberra, Aust. Gov. Serv. 72p.
- ENDO, M. 1992. *CAMCORE - Once anos de contribuciones a la reforestacion de Smurfil Cartón de Colombia*. Cali, Colombia, CARTON DE COLOMBIA S.A. 12p. (Investigacion Florestal - Informe de Investigacion n° 139).
- FALCONER, D. S. 1972. *Introduccion a la genetica cuantitativa*. México, Ed. CECSA. 430p.
- HALLAUER, A. R. & MIRANDA FILHO, J. B. 1988. *Quantitative genetics in maize breeding*. Iowa State University Press/Ames. 468p.
- KAGEYAMA, P. Y. 1977. *Varição genética entre procedências de Pinus oocarpa* Shiede na região de Agudos, SP. Piracicaba, ESALQ/USP. 83p. (Dissertação de Mestrado)
- KAGEYAMA, P. Y. 1980. *Varição genética em progênies de uma população de Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. Piracicaba, ESALQ/USP. 125p. (Tese de Doutorado)
- KAGEYAMA, P. Y. 1983. *Seleção precoce a diferentes idades em progênies de Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. Piracicaba, ESALQ/USP. 147p. (Livro Docência)
- MARTINEZ, A. S. 1991. *Pinus tecunumanii*, uma espécie diferente do *Pinus oocarpa*. Piracicaba, SP. 10p. (Seminário apresentado no curso de Pós-Graduação em Ciências

SEBBENN, A. M. *et al.* Teste de progênies de polinização livre de *Pinus tecunumanii* (Eq. et Per.) Styles de San Rafael del Norte, na região de São Simão, SP.

- Florestais, ESALQ/USP)
- OSORIO, L. F. & DVORAK, W. 1993. Volume y densidad de la madera de *Pinus tecunumanii* em Colombia. Resultados a 8 anos de edad. SCC, Informe de Investigación n° 153. Cali, Colômbia. 8 p.
- PIEDRA & PERRY. 1983. *Pinus tecunumanii* uma Espécies Nueva de Guatemala. Rev. Ciências Florestal n° 41, vol. 8: Janeiro-Fevereiro.
- ROSA, P. R. F. DA, PIRES, S. L. da S.; TOLEDO FILHO, D. V. de, & GARRIDO, M.A. de O. 1986. Teste de Procedências de *Pinus oocarpa* Sch. na Região de Bebedouro, SP. In: Congresso Florestal Brasileiro, 5. Olinda-PE, nov. 23-28, 1986. Resumos, Silvicultura, São Paulo, XI (41):118.
- ROSA, P. R. F. da. 1982. Teste de Procedências de *Pinus oocarpa* Schiede em Três Regiões do Estado de São Paulo. UNESP, Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. 84 p. (Dissertação de Mestrado, FLAVJ/UNESP).
- SILVA JUNIOR, F.G.; BARRICHELO, L.E.G.; SHIMOYAMA, V.R.S. & WIECHETECK, M.S. S. 1993. Avaliação da Qualidade da Madeira de *Pinus patula* var. *tecunumanii*, Visando a Produção de Celulose KRAFT e Pasta Mecânica. In: 26 Congresso Anual de Celulose e Papel da ABTCP. São Paulo. p. 357-365.
- STORCK, L.; ESTEFANE, V. & GARCIA, D. C. 1993. Experimentação. Santa Maria: Depart. de Fitotecnia - UFSM, 231 p.
- VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. 1992. Genética Biométrica no Fitomelhoramento. Sociedade Brasileiro de Genética. São Paulo. 496 p.
- VENCOVSKY, R. 1969. Genética Quantitativa. In: KERR, W.E. Melhoramento e Genética. São Paulo, Edições Melhoramento. pag. 17-38.
- VENCOVSKY, R. 1978. Herança Quantitativa. In: PATERNIANI, E. (coord). Melhoramento e de Milho no Brasil. Piracicaba, Fundação Cargill, 122-199.
- VENTURA, A.; BERENGUD, G. & VICTOR, M. A. M. 1965/1966. Características Edafoclimáticas das Dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. Silvicultura. São Paulo. 4:57-139.
- WRIGHT, J. A. 1992. Viente Anos de Mejoramento Genético Industrial de Arborles em Smurfit Cartón de Colombia. Cali, Colombia. 4p. (Investigación Forestal Informe de Investigacion, No. 146).
- WRIGHT, J. A.; GIBSON, G. L. & BARNES, R. D. 1986. Variation of Stem Volume and Wood Density of Provenances of *Pinus oocarpa* and *Pinus tecunumanii* at Agudos, São Paulo, Brazil. IPEF, ESALQ/USP, Piracicaba, (32):21-23.