

# VARIAÇÃO GENÉTICA EM PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* NO NOROESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO\*

Alexandre Magno SEBBENN\*\*  
Miguel Luiz Menezes FREITAS\*\*\*  
Eurípedes MORAIS\*\*\*  
Antonio Carlos Scatena ZANATTO\*\*\*

## RESUMO

Um teste de procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii* foi estabelecido na Estação Experimental de Bento Quirino, São Simão, Estado São Paulo, no delineamento de “blocos de famílias compactas”, com 10 procedências e 6 a 20 progênies por procedência, 4 plantas por parcela e 7 repetições. A variação genética entre e dentro de procedências e progênies e parâmetros genéticos foram investigadas para DAP, altura e forma do fuste aos 14 anos após o plantio. As análises de variância revelaram diferenças significativas entre procedências, para todos os caracteres, e diferenças significativas entre progênies dentro de procedências para altura e forma de fuste. A avaliação dos componentes da variância mostrou que os efeitos de procedência (variando de 1,25 a 4,56%) e progênie dentro de procedência (variando de 0,61 a 3,97%) contribuíram pouco para a variância total e, portanto, a maior parte da variação reside dentro de progênies, dentro de procedências (variando de 91,47 a 98,14%). A avaliação do crescimento em DAP e da altura mostrou, respectivamente, as procedências San Esteban e Villa Santa, de Honduras, como as melhores e a Las Piedrecitas, do México, como a pior para o local de ensaio. A avaliação da forma do fuste mostrou a procedência San Rafael del Norte, da Nicarágua, como a melhor e a Mount Pine Ridge, de Belize, como a pior. Os valores das herdabilidades no sentido restrito, em nível de plantas individuais ( $h_i^2$ ) e dentro de progênies ( $h_d^2$ ), foram baixos para todos os caracteres, variando de 0,0125 para o DAP, a 0,1107 para a forma do fuste. Os valores da herdabilidade em nível de progênies ( $h_m^2$ ) variaram de baixo (0,1148) para DAP, a alto (0,4199) para a forma do fuste. Os ganhos esperados para DAP, altura e forma do fuste foram 6,36, 5,59 e 20,48%, respectivamente. Esses ganhos são para plantios de *P. patula* ssp. *tecunumanii* aos 14 anos de idade e em ambientes similares ao do local do experimento.

Palavras-chave: melhoramento florestal; parâmetros genéticos; seleção; coancestria; número *status*.

## ABSTRACT

A combined provenance-progeny test of *P. patula* ssp. *tecunumanii* was established in Bento Quirino Experimental Station, São Simão, São Paulo State, Brazil, in a “compact family” blocks design with 10 provenances, 6 to 20 families per provenance, four individuals per subplot and seven replications. Variation among and within provenances and families and genetic parameters for DBH, height and stem form were investigated, about 14 years after planting. Analyses of variation for all traits revealed significant differences among provenances and height and stem form revealed significant differences among families within provenances. The evaluation of components of variation showed that provenance (ranging from 1.25 to 4.56%) and family/provenance effects (ranging from 0.61 to 3.97%) had little contribution to total variance and, thus, the high portion of the variation is found within family/provenance (ranging from 91.47 to 98.14%). The evaluation of DBH and height growth showed, respectively, San Esteban and Villa Santa, provenances from Honduras with the best and Las Piedrecitas, provenance from Mexico, with the worst for site of trial. The evaluation of stem form showed San Rafael del Norte provenance from Nicaragua, with the best and the Mount Pine Ridge, provenance from Belize, with the worse. Narrow sense individual ( $h_i^2$ ) and within family ( $h_d^2$ ) heritability values were low for all traits, ranged from 0.0125 to 0.1107 for stem form. Family heritability ( $h_m^2$ ) ranged from low (0.1148) to high (0.4199) for stem form. For DBH, height and stem form, the expected genetic gains were 6.36, 5.59 and 20.48%, respectively. These gains are for *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* plantations at 14 years of age and in similar environments to the trial site.

Key words: tree breeding; genetic parameters; selection; coancestry; status number.

(\*) Aceito para a publicação em junho de 2005.

(\*\*) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil. Autor para correspondência: alexandresebbenn@yahoo.com.br

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

## 1 INTRODUÇÃO

*Pinus patula* Schiede & Deppe ssp. *tecunumanii* (Equilez & Perry) Styles é uma interessante conífera da América Central e América do Norte para reflorestamentos, nas regiões tropicais brasileiras, por seu rápido crescimento, boa forma do fuste e baixa ocorrência de rabo-de-raposa. A árvore pode atingir 50 m de altura e 120 cm de DAP. O tronco é reto e geralmente livre de galhos até 20 a 30 m de altura. A madeira é de excelente qualidade (Styles & Hughes, 1988) e apresenta boas características para a produção de pasta mecânica e celulose Kraft (Silva Jr. *et al.*, 1993).

A classificação de *P. patula* ssp. *tecunumanii* é objeto de discórdia entre botanistas e taxonomistas (Styles & Hughes, 1988). Alguns acreditam que *P. patula* ssp. *tecunumanii* deve ser considerada como uma espécie à parte, *P. tecunumanii*, e outros como uma subspecie de *P. patula* (Equilez & Perry, 1983). Neste trabalho será adotada a classificação de Equilez & Perry (1983), ou seja, *P. patula* ssp. *tecunumanii*.

*P. patula* ssp. *tecunumanii* ocorre naturalmente em altitudes variando de 600 a 2.400 m, mas principalmente em altitudes maiores do que 1.500 m, formando populações pequenas e isoladas, em forma de ilhas, no alto das montanhas (Bierks & Barnes, 1990). Às vezes, a espécie é encontrada em talhões puros, mas geralmente ocorre associada a *P. oocarpa* var. *ochoterenai*, *P. patula* var. *longepedunculata*, *P. maximinoi*, *P. oaxacana*, *P. nubicola* e *P. ayaraciflua* (Styles & Hughes, 1988).

Um amplo estudo internacional conduzido pelo Oxford Forestry Institute - OFI (Inglaterra), envolvendo quatro procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii* (Camélias, Yucul e San Rafael del Norte, todas da Nicarágua, e Mountain Pine Ridge, de Belize), em 11 locais (Austrália, Brasil, Congo, Equador, Fiji, Costa do Marfim, Quênia, Porto Rico, África do Sul, Tailândia e Zâmbia), detectou diferenças significativas entre procedências para altura e volume, em vários locais de experimentação (Bierks & Barnes, 1990). Contudo, as três procedências nicaragüenses apresentavam comportamento similar entre si para todos os caracteres avaliados (DAP, altura, volume, bifurcação, dentre outros), e a procedência Mountain Pine Ridge teve menor produtividade,

grande tendência a rabo-de-raposa e alta proporção de  $\alpha$ - e  $\beta$ -pireno, e menor  $\Delta$ -3-careno (Bierks & Barnes, 1990). Na comparação da forma do tronco das procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii* com a *P. oocarpa*, entre as quatro procedências da primeira espécie, as três nicaragüenses, Camélias, Yucul e San Rafael del Norte, superam todas as de *P. oocarpa*, embora a quarta procedência, Mount Pine Ridge, tenha sido classificada entre as piores de *P. oocarpa* (Bierks & Barnes, 1990). *P. patula* ssp. *tecunumanii*, comparado com *P. oocarpa*, apresentou maior produtividade, em termos de volume de madeira, menor densidade da madeira, menos bifurcação e múltiplos troncos, maior comprimento de internódios, menor  $\alpha$ - e  $\beta$ -pireno e maior proporção de  $\Delta$ -3-careno (Bierks & Barnes, 1990). Igualmente, Wright *et al.* (1989) observaram, em Agudos-SP, maior crescimento em volume sem casca e índice de matéria seca de *P. patula* ssp. *tecunumanii* em relação a *P. oocarpa*, e Lima (1991), estudando procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii* em Felixlândia-MG, observou baixa taxa de rabo-de-raposa e superioridade na forma do fuste e diâmetro dos ganhos em relação a *P. oocarpa*. Tais resultados mostram que a espécie tem potencial para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético e reflorestamentos comerciais no Sudeste brasileiro.

Tradicionalmente, testes genéticos florestais de campo têm sido conduzidos sequencialmente com ensaios de espécies, procedências e progênes (Zheng *et al.*, 1994). Contudo, em programas tradicionais de melhoramento florestal, na prática, existe forte pressão econômica para reduzir o intervalo de tempo dos testes entre esses estágios (Zheng *et al.*, 1994). A combinação de procedências e progênes em um mesmo ensaio permite detectar e avaliar, além dos efeitos de origem geográfica das sementes (procedências), o efeito materno (progênes) presente dentro de cada origem. As principais vantagens desse tipo de ensaio são as reduções no tempo para obtenção de árvores superiores (Wright, 1978) e capitalização de ganhos em três níveis de seleção: *i*) entre procedências; *ii*) entre progênes dentro das melhores procedências, e *iii*) entre as melhores árvores das melhores progênes das melhores procedências (Sebbenn *et al.*, 2003).

Um teste de procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii* foi estabelecido em 1990 na Estação Experimental de Bento Quirino, município de São Simão, no Estado São Paulo, a partir de sementes coletadas nas Américas Central (Honduras, Nicarágua e Belize) e do Norte (México) pelo OFI (Inglaterra). O presente estudo descreve a variação genética entre essas procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, nas condições ambientais da Estação Experimental de Bento Quirino, com o propósito de melhoramento genético. Pretende-se a transformação desse ensaio em um pomar de sementes por mudas. Assim, os objetivos foram avaliar a quantidade e os padrões de variação genética existentes entre e dentro de procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, e estimar parâmetros genéticos em nível de procedências, progênies e dentro de progênies, e com base em tais estimativas determinar o melhor método de seleção e estratégias de melhoramento para a espécie.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Amostragem e Delineamento Experimental

O material genético (sementes de polinização aberta) utilizado no ensaio foi obtido junto ao OFI (Inglaterra) (TABELA 1). Trata-se do experimento internacional de procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, número nove, daquele Instituto. As sementes foram enviadas em 05-02-1988 e o plantio no campo ocorreu em 17-08-1990 na Estação Experimental de Bento Quirino. As sementes foram coletadas nas procedências de 6 a 20 árvores matrizes, espaçadas entre si por, pelo menos, 100 metros em cada uma das dez procedências naturais de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, sendo duas da Nicarágua, seis de Honduras, uma do México e uma de Belize (TABELA 1). Na coleta das sementes e no plantio, a identidade das progênies foi mantida. As sementes foram germinadas em sacos de polietileno e depois transplantadas para o campo.

TABELA 1 – Tamanho amostral (número de progênies) e coordenadas geográficas de dez procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*.

Nº OFI*	Procedência	Nº de progênies	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)
06/82	San Rafael del Norte – Nicarágua	13	13°14'	85°08'	1.200
07/82	Yucul, Matagalpa – Nicarágua	8	12°55'	85°48'	850-1.000
03/83	La Paz, San Pedro de Tutule – Honduras	11	14°55'	85°48'	1.750-2.000
05/83	Villa Santa – Honduras	6	14°11'	86°20'	850-950
06/83	Dulce Nombre de Culmi, Olancito – Honduras	16	15°06'	85°21'	555-650
08/85	San Esteban, Olancito – Honduras	20	15°22'	85°36'	700-800
09/85	San Francisco de La Paz, Olancito – Honduras	15	15°05'	86°20'	870-1.100
10/85	Vocón, Yoro – Honduras	15	15°15'	85°53'	850-1.100
14/85	Las Piedrecitas, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas – México	13	16°46'	92°35'	2.300-2.600
52/85	Mount Pine Ridge, Cayo – Belize	13	17°00'	88°55'	700-720

(\*) Nº OFI é o número da procedência segundo Oxford Forest Institute.

O experimento foi estabelecido na Estação Experimental de Bento Quirino, do Instituto Florestal de São Paulo, localizada no município de São Simão, situado nas coordenadas 21°29'S, 47°33'W e a 640 m de altitude. A temperatura média do mês mais quente é 24°C (janeiro) e do mês mais frio 18°C (junho), com precipitação média anual de 1.452 mm e o clima é do tipo AW (Ventura *et al.*, 1965/1966). O delineamento experimental adotado foi o de blocos de famílias compactas (compact family block design, Wright, 1978), com 7 repetições, 10 procedências (parcelas), 6 a 20 progênes por procedência (subparcelas) e 4 plantas por subparcela, segundo o espaçamento 3 x 2 m. Para reduzir o efeito de borda sobre os tratamentos, foram utilizadas duas linhas de bordadura com a mesma espécie. Durante e após o plantio não foi realizada nenhuma adubação e o ensaio não foi submetido a nenhum tratamento silvicultural como desbaste, desrama, etc. O ensaio foi medido em fevereiro de 2005 (14 anos após o plantio). Os caracteres medidos foram DAP (diâmetro à altura do peito, a 1,3 m), altura total, forma do fuste (notas de 1 a 5, sendo 1 a pior e 5 a melhor forma).

## 2.2 Análise e Estimativa de Componentes da Variância

As análises da variância foram conduzidas utilizando-se o método REML (Restricted Maximum Likelihood) para as estimativas dos componentes da variância, devido ao desbalanceamento experimental em termos do número desigual de árvores sobreviventes por subparcelas e ao desigual número de progênes testadas por procedências. O procedimento REML do programa estatístico SAS (S.A.S., 1999) foi usado para encontrar os componentes da variância pelo modelo de máxima verossimilhança restrita, combinado com o comando VARCOMP. Os valores perdidos foram estimados, e os componentes da variância foram ajustados para estes. Para a análise de variância e estimativa de componentes de variância, adotou-se o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = m + b_i + t_j + f_{jk} + (tb)_{ij} + (fb)_{ijk} + e_{ijkl},$$

em que,  $Y_{ijkl}$  é o valor fenotípico do  $l$ -ésimo indivíduo da  $k$ -ésima progênie da  $j$ -ésima procedência na  $i$ -ésima repetição;  $m$  é o termo fixo da média geral;  $b_i$  é o efeito aleatório da  $i$ -ésima repetição;

$t_j$  é o efeito aleatório da  $j$ -ésima procedência;  $f_{jk}$  é o efeito aleatório da  $k$ -ésima progênie na  $j$ -ésima procedência;  $(tb)_{ij}$  é o efeito da interação entre a  $j$ -ésima procedência e a  $i$ -ésima repetição;  $(fb)_{ijk}$  é o efeito da interação entre a  $k$ -ésima progênie da  $j$ -ésima procedência na  $i$ -ésima repetição, e  $e_{ijkl}$  é o efeito da  $l$ -ésima árvore dentro da  $k$ -ésima progênie da  $j$ -ésima procedência na  $i$ -ésima repetição. Este último termo inclui os efeitos do erro dentro;  $i = 1...b$  ( $b$  é o número de repetições, no caso blocos);  $j = 1...t$  ( $t$  é o número de procedência);  $k = 1...f$  ( $f$  é o número de progênes dentro de procedência);  $l = 1...n$  ( $n$  é o número de árvores por progênie). Com exceção da média, todos os efeitos foram assumidos como aleatórios. Da análise de variância, foram decompostos os componentes de variância:  $\hat{\sigma}_p^2$  = variância genética entre procedências;  $\hat{\sigma}_{p(p)}^2$  = variância genética entre progênes dentro de procedência;  $\hat{\sigma}_e^2$  = variância da interação entre blocos e progênes dentro de procedência (variância ambiental), e  $\hat{\sigma}_d^2$  = variância fenotípica dentro de progênes.

A associação entre caracteres e características dos locais de origem das procedências foi estimada pelo coeficiente de correlação linear de Sperman ( $\hat{r}$ ), calculado usando o PROC REG do programa SAS (SAS, 1999).

## 2.3 Estimativa de Parâmetros Genéticos

Dos componentes de variância, foram estimadas a divergência genética entre procedências ( $\hat{Q}_{ST}$ ), divergência genética entre progênes dentro de procedências ( $\hat{Q}_{p(p)}$ ) e a diversidade fenotípica dentro de progênes ( $\hat{Q}_d$ ):

$$\hat{Q}_{ST} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_{p(p)}^2 + \hat{\sigma}_p^2},$$

$$\hat{Q}_{p(p)} = \frac{\hat{\sigma}_{p(p)}^2}{\hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_{p(p)}^2 + \hat{\sigma}_p^2},$$

$$\hat{Q}_d = 1 - \hat{Q}_{p(p)} - \hat{Q}_{ST}.$$

O cálculo da variância genética, das herdabilidades e dos ganhos esperados na seleção segue Namkoong (1979). As progênies foram assumidas como sendo mistas, envolvendo diferentes proporções de meios-irmãos, irmãos-completos e irmãos de autofecundação, devido às espécies do gênero *Pinus* serem monóicas, autocompatíveis e muitas vezes ocorrerem cruzamentos biparentais (Mitton *et al.*, 1997). Assim, assumiu-se que o coeficiente de parentesco entre plantas dentro de progênies ( $r_{xy}$ ) era igual a 0,333, conforme sugere Bridgwater (1992), e a variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) foi então estimada por:  $\hat{\sigma}_A^2 = \hat{\sigma}_{p(p)}^2 / r_{xy}$ . A variância fenotípica total ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) foi estimada por:  $\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_{p(p)}^2$ .

O coeficiente de variação genética ( $CV_g$ ) foi estimado por:

$$CV_g = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{p(p)}^2}}{\bar{x}} \times 100,$$

em que,  $\bar{x}$  é a média do caráter.

Os coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais ( $\hat{h}_i^2$ ), média de progênies ( $\hat{h}_m^2$ ) e dentro de progênies ( $\hat{h}_d^2$ ) foram estimados por:

$$\hat{h}_i^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_F^2},$$

$$\hat{h}_m^2 = \frac{\hat{\sigma}_{p(p)}^2}{\frac{\hat{\sigma}_d^2}{nb} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{b} + \hat{\sigma}_{p(p)}^2},$$

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

em que,  $r_{xy}$  é o coeficiente de parentesco entre plantas dentro de progênies.

A resposta à seleção foi estimada objetivando a formação de um pomar de sementes por mudas. A resposta entre e dentro de progênies ( $\hat{R}_{ed}$ ) foi calculada por:

$$\hat{R}_{ed} = i_e \hat{\sigma}_F \hat{h}_m^2 + i_d \hat{\sigma}_d \hat{h}_d^2,$$

em que,  $i_e$  e  $i_d$  são as intensidades de seleção em unidade de desvio-padrão aplicada entre e dentro de progênies e  $\hat{\sigma}_F$  e  $\hat{\sigma}_d$  são os desvios-padrão da variância fenotípica total e dentro de progênies. Para a formação de um pomar de sementes por mudas foram selecionadas 50 progênies (50:130, 38,5% -  $i_e = 2,1718$ ) e as quatro melhores árvores dentro das melhores progênies (4:28: 14,3% -  $i_d = 1,5066$ ). A resposta à seleção em porcentagem [ $\hat{R}(\%)$ ] foi estimada por:

$$\hat{R}(\%) = \frac{\hat{R}_{ed}}{\bar{x}} \times 100,$$

em que,  $\bar{x}$  é a média do caráter.

#### 2.4 Coancestria de Grupo, Número Status

O coeficiente de coancestria de grupo ( $\hat{\Theta}$ ) foi estimado assumindo duas pressuposições: i) considerando que a amostragem das progênies no local de origem das procedências seguiu as recomendações de amostrar sementes em árvores espaçadas por pelo menos 100 m, para evitar coletar sementes de árvores parentes, supõe-se que a coancestria entre plantas de diferentes progênies é zero ( $\theta_p = 0$ ); ii) assumindo-se que existe depressão endogâmica na espécie, e que plantas de autofecundação e de cruzamentos endogâmicos foram eliminadas do teste ou não foram selecionadas, admitiu-se que a coancestria dentro de progênies de polinização aberta está entre meios-irmãos ( $\theta_{xy} = 0,125$ ) e irmãos-completos ( $\theta_{xy} = 0,25$ ), com média de  $\theta_{xy} = 0,1665$  (Bridgwater, 1992). Assim, o coeficiente de coancestria de grupo ( $\hat{\Theta}_{xy}$ ) pode ser estimado pela expressão:

$$\hat{\Theta}_{xy} = \frac{[mn0,5(1 + F) + \hat{\theta}_{xy} mn(n - 1)]}{(mn)^2},$$

sendo  $F$  o coeficiente de endogamia na população parental, assumido como zero, e  $m$  e  $n$  o número de progênies selecionadas e o número de plantas selecionadas por progênies, respectivamente.

De posse do coeficiente de coancestria de grupo estimou-se o número *status* ( $N_s$ ) da população de recombinação após a seleção. O número *status* refere-se ao número de indivíduos de uma população de cruzamentos aleatórios, sem endogamia e parentesco, que a população sob consideração representa (Lindgren *et al.*, 1996). Esse parâmetro foi definido por Lindgren *et al.* (1996) como o inverso do coeficiente de coancestria de grupo ( $N_s = 0,5 / \Theta_{xy}$ ) e pode ser aplicado para as mais diversas situações, desde que se conheça ou se presuma a coancestria entre todas as árvores da população.

O coeficiente de coancestria de grupo e o número *status* foram avaliados em diferentes cenários de seleção: cenário 1 - seleção de 30 progênies e 1 a 7 plantas por progênie; cenário 2 - seleção de 40 progênies e 1 a 7 plantas por progênie, assim sucessivamente até o cenário 5 - com a seleção de 70 progênies e 1 a 7 plantas por progênie.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Variação Genética Entre Procedências

As análises de variância revelaram diferenças altamente significativas ( $P < 1\%$ ) entre procedências para todos os caracteres avaliados (TABELA 2), mostrando que a média dos caracteres em, pelo menos, duas procedências são diferentes entre si e, portanto, existem possibilidades de progressos genéticos com a seleção entre procedências. Observando-se a média dos caracteres nas procedências (TABELA 3), verifica-se que as procedências de Honduras, San Esteban e Villa Santa foram as que apresentaram o melhor crescimento em DAP (28,58 cm) e altura (20,26 m), e a procedência nicaragüense San Rafael del Norte apresentou a melhor forma do fuste (3,32 de uma escala de 1 a 5, sendo 1 a pior e 5 a melhor).

As procedências de pior performance para caracteres de crescimento foram Las Piedrecitas, do México, que teve o pior crescimento em DAP (26,47 cm) e altura (18,60 m), e Mount Pine Ridge, de Belize, que apresentou a pior forma do fuste (2,74). A diferença entre a melhor e a pior procedência para DAP, altura e forma do fuste foram, 7,3%, 8,2% e 17,5%, respectivamente. De acordo com a média e o erro-padrão da média a 95% de probabilidade para o caráter DAP, as quatro procedências de melhor performance, San Esteban, San Francisco de La Paz, Mount Pine Ridge e Vocón, não diferem estatisticamente entre si, mas diferiram da procedência de pior performance, que foi Las Piedrecitas. Para a altura, as procedências Villa Santa, Dulce Nombre de Culmi, San Esteban, San Rafael del Norte, San Francisco de La Paz, Yucul, La Paz, Mount Pine Ridge e Vocón não diferem estatisticamente entre si e apenas as três procedências de melhor crescimento em altura (Villa Santa, Dulce Nombre de Culmi e San Esteban) diferem estatisticamente da procedência de pior performance, ou seja, Las Piedrecitas. Embora a procedência Las Piedrecitas tenha apresentado o pior crescimento em DAP e altura, ela tem uma das melhores formas de fuste, ficando classificada como a terceira procedência de melhor forma de fuste. Para a forma do fuste, as procedências de melhor performance, San Rafael del Norte, Vocón, Las Piedrecitas, La Paz, San Francisco e Yucul, não diferem estatisticamente entre si, mas diferem da procedência de pior performance, que foi a Mount Pine Ridge. Essa diferença na performance dos caracteres nas diversas procedências dificulta a seleção de uma única procedência para a região de São Simão, visto que todos os três caracteres são importantes para a seleção, ou seja, desejam-se árvores com rápido crescimento em DAP e altura e boa forma de fuste. Assim, indica-se para a região de São Simão a seleção das procedências San Esteban (1° DAP, 3° altura, 7° forma), San Francisco de La Paz (2° DAP, 5° altura, 5° forma), San Rafael del Norte (7° DAP, 4° altura, 1° forma) e Vocón (4° DAP, 9° altura, 2° forma) como as de melhor performance global para os caracteres.

TABELA 2 – Resultados da análise de variância, componentes da variância e estimativa de parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura e forma do fuste (Forma), em procedência de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, crescendo em São Simão–SP.

Fonte de Variação	GL	DAP	Altura	Forma
Procedência	9	93,3561**	82,2045**	0,6575**
Progênies/Procedência	120	26,1123	12,2814**	0,0725**
Resíduo	664	26,7460	8,4378	0,0539
Dentro	1732	22,3810	7,4296	0,0529
Coeficiente de variação – $CV_{exp}$ (%)		24,10	9,74	13,3
Média no experimento		28,00	19,63	3,10

(\*\*)  $P \leq 0,01$ .TABELA 3 – Médias ( $\pm$  erro padrão) em DAP, altura e forma do fuste (Forma) em procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, em São Simão–SP.

Procedência	DAP	Altura	Forma
San Rafael del Norte – Nicarágua	27,51 $\pm$ 0,54 (7)	19,88 $\pm$ 0,59 (4)	3,32 $\pm$ 0,11 (1)
Yucul, Matagalpa – Nicarágua	27,34 $\pm$ 0,66 (8)	19,22 $\pm$ 0,80 (6)	3,09 $\pm$ 0,12 (6)
La Paz, San Pedro de Tutule – Honduras	27,72 $\pm$ 0,63 (6)	19,11 $\pm$ 0,76 (7)	3,22 $\pm$ 0,13 (4)
Villa Santa – Honduras	27,25 $\pm$ 0,75 (9)	20,26 $\pm$ 0,92 (1)	3,03 $\pm$ 0,15 (8)
Dulce Nombre de Culmi – Honduras	27,84 $\pm$ 0,34 (5)	20,14 $\pm$ 0,48 (2)	2,98 $\pm$ 0,09 (9)
San Esteban – Honduras	28,58 $\pm$ 0,24 (1)	20,08 $\pm$ 0,43 (3)	3,06 $\pm$ 0,08 (7)
San Francisco de La Paz – Honduras	28,56 $\pm$ 0,30 (2)	19,86 $\pm$ 0,55 (5)	3,14 $\pm$ 0,08 (5)
Vocón, Yoro – Honduras	28,32 $\pm$ 0,40 (4)	19,04 $\pm$ 0,52 (9)	3,31 $\pm$ 0,08 (2)
Las Piedrecitas – México	26,47 $\pm$ 0,77 (10)	18,60 $\pm$ 0,99 (10)	3,25 $\pm$ 0,15 (3)
Mount Pine Ridge – Belize	28,33 $\pm$ 0,39 (3)	19,05 $\pm$ 0,60 (8)	2,74 $\pm$ 0,19 (10)

A performance inferior da procedência de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, Las Piedrecitas, em termos de crescimento em DAP e altura e boa performance em termos de forma de fuste, foi também observada aos cinco anos de experimentação em teste de procedência implantado em Felixlândia–MG por Lima (1991). O autor estudou dez procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, sendo quatro do México e seis da América Central.

Entre essas, apenas a mexicana Las Piedrecitas era comum a este ensaio e teve a mesma classificação apresentada no presente trabalho entre as de pior crescimento em DAP e altura, embora tenha sido classificada entre as três melhores em termos de forma de fuste e como a de maior sobrevivência. Tais resultados reforçam que a procedência Las Piedrecitas não é adequada para a seleção entre as de melhor produtividade para a região de São Simão.

### 3.2 Taxa de Crescimento das Procedências

Por não terem sido incluídas testemunhas comerciais no experimento a comparação do crescimento da espécie será feita com outras do gênero *Pinus*. Comparando-se os crescimentos médios aqui observados para *P. patula* ssp. *tecunumanii* aos 14 anos de idade em DAP (28,00 cm) e altura (19,63 m) com os observados por Ferreira & Kageyama (1977), na mesma idade, em *P. oocarpa* (DAP = 24 cm; altura = 21 m), *P. caribaea* var. *hondurensis* (DAP = 22,4 cm; altura = 20,5 m), *P. elliotii* var. *densa* (DAP = 26,6 cm; altura = 18,3 m) e para *Pinus patula* aos 16 anos de idade (DAP = 19,3 cm; altura = 18,9 m), crescendo em Agudos-SP e *P. caribaea* var. *hondurensis* (DAP = 21,14 cm; altura = 22,46 m, Toledo Filho & Pires, 1983), crescendo em Mogi Mirim-SP, verifica-se que *P. patula* ssp. *tecunumanii* supera todas as espécies em crescimento em DAP, tanto aos 14 como aos 16 anos de idade, e supera em altura *P. elliotii* var. *densa* e *P. patula*, mas perde para *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis* neste último caráter. Ainda, comparando-se os crescimentos em DAP e altura aqui observados com os descritos por Moraes (2001) em *P. caribaea* var. *hondurensis* aos 14 anos, em Selvíria-MS (DAP = 25,04 cm; altura = 23,20 m), novamente se observa que

*P. patula* ssp. *tecunumanii* supera os crescimentos em DAP, mas é superado em altura por *P. caribaea* var. *hondurensis*. Em suma, a comparação dos crescimentos indica que *P. patula* ssp. *tecunumanii* tem potencial para reflorestamentos na região de São Simão, apresentando crescimentos em DAP superior à espécie do gênero *Pinus* mais recomendada para a região, *P. caribaea* var. *hondurensis*, embora seus crescimentos em altura sejam inferiores a esta.

### 3.3 Sobrevivência das Procedências

A sobrevivência média no ensaio foi de 78,3%, variando entre procedências de 37,8% (Las Piedrecitas) a 93,6% (Villa Santa). Em geral, as procedências apresentaram sobrevivência maior que 75% (FIGURA 1), indicando boa adaptação da espécie ao local de experimentação. A sobrevivência observada é similar à descrita por Lima (1991) em teste de procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii* aos cinco anos (sobrevivência variando de 79 a 89%), crescendo nas condições de Felixlândia-MG. Contudo, ao contrário do observado pelo autor, a procedência Las Piedrecitas apresentou, neste trabalho, a menor taxa de sobrevivência, enquanto em Felixlândia ocorreu a maior taxa de sobrevivência em relação às procedências testadas.

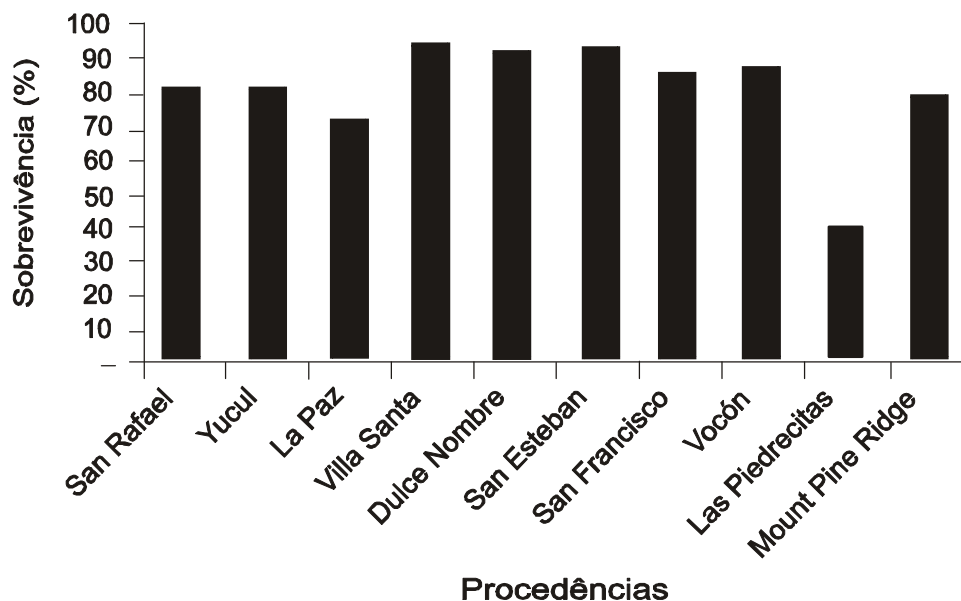


FIGURA 1 – Sobrevivência aos 14 anos de idade de diferentes procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, em São Simão-SP.



### 3.4 Variação Genética Entre e Dentro de Procedências

Embora tenham sido detectadas diferenças significativas entre as procedências, a estimativa da divergência genética entre procedências ( $\hat{Q}_{ST}$ ) indicou que estas diferenças são geralmente pequenas para os caracteres (TABELA 4). O caráter forma do fuste foi o que apresentou maiores diferenças entre procedências, sugerindo que existe 4,56% de divergência entre procedências, e o caráter DAP foi o que revelou menor divergência genética entre procedências, indicando que existe 1,25% de diferença entre as procedências. A divergência genética entre progênies dentro de procedências ( $\hat{Q}_{p(p)}$ ) acomodou menor variação genética do que entre procedências (TABELA 4), sendo que os caracteres DAP, altura e forma do fuste acomodaram 0,61, 2,13 e 3,97% da variação total.

A maior parte da variação reside dentro de progênies, dentro de procedências, como pode ser observado pela estimativa da diversidade fenotípica dentro de progênies ( $\hat{Q}_d$ ). Portanto, conclui-se que a maior parte da variação genética reside dentro de procedências, mais especificamente entre plantas dentro de progênies (mínimo 91,47% para forma do fuste) e maiores ganhos poderão ser obtidos pela seleção entre plantas, dentro das melhores progênies. Baixa diferenciação genética entre procedências também tem sido relatada em outras espécies do gênero *Pinus*. Em 16 procedências mexicanas de *P. oocarpa*, crescendo em três locais do Estado de São Paulo (Batatais, Itapetininga e Pederneiras), foram observados, aos 18 anos de idade, maiores níveis de diferenciação genética entre procedências para os caracteres DAP e altura do que neste trabalho, com valores variando de 3,8% (DAP em Batatais) a 17,0% (altura em Pederneiras) (Ettori *et al.*, 2002).

TABELA 4 – Componentes da variância e parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura e forma do fuste (Forma), em procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, crescendo em São Simão–SP.

Estimativas	DAP	Altura	Forma
<i>Componentes da variância</i>			
Varição genética entre procedências – $\hat{\sigma}_p^2$	0,2934	0,2032	0,0026
Varição genética entre progênies – $\hat{\sigma}_{p(p)}^2$	0,1439	0,1697	0,0023
Varição ambiental – $\hat{\sigma}_e^2$	2,0208	0,0071	3,5616
Varição fenotípica dentro – $\hat{\sigma}_d^2$	23,0166	7,6026	0,0531
<i>Parâmetros genéticos</i>			
Divergência genética entre procedências – $\hat{Q}_{ST}$	0,0125	0,0255	0,0456
Divergência genética entre progênies – $\hat{Q}_{pp}$	0,0061	0,0213	0,0397
Diversidade fenotípica dentro de progênies – $\hat{Q}_d$	0,9814	0,9532	0,9147

A divergência genética entre procedências é determinada por fatores evolutivos, como seleção natural, fluxo gênico (imigração) e deriva genética. O fluxo de pólen é um dos fatores mais importantes, influenciando a estrutura genética de espécies arbóreas polinizadas pelo vento (Burczyk *et al.*, 2004), como *P. patula* ssp. *tecunumanii*. O extensivo fluxo gênico via pólen promove altos níveis de diversidade genética dentro de populações e

baixa diferenciação entre populações e é, muitas vezes, considerado como o maior mecanismo, mantendo a coesão genética de uma espécie. Em populações naturais, o fluxo gênico intenso pode efetivamente contrapor os efeitos deletérios da deriva genética (endogamia biparental e aumento da coancestria) ou seleção direcional (redução na diversidade genética) e pode ser a origem de novos alelos nas populações (Burczyk *et al.*, 2004).

Assim, a baixa divergência genética detectada entre as procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, para os caracteres quantitativos avaliados, pode ser um indicativo de intenso fluxo de genes entre as procedências, reduzindo os efeitos da seleção natural e deriva genética, o que explicaria a baixa diferenciação observada entre procedências.

### 3.5 Correlação entre Caracteres e Características Geográficas

A associação entre os caracteres com as características geográficas dos locais de origem das procedências foi avaliada com base no

coeficiente de correlação linear de Spearman (TABELA 5) e mostrou fraca associação. O coeficiente de correlação foi negativo e estatisticamente significativo a 5% de probabilidade apenas entre a altura e a longitude de origem das procedências ( $\hat{r} = -0,594$ ), sugerindo que a longitude determinou 35,3% ( $\hat{r}^2$ ) da variação observada no crescimento em altura das procedências em São Simão-SP, e que procedências de menor longitude tendem a crescer mais em altura em São Simão-SP. Contudo, de acordo com a magnitude da correção (-0,594) verifica-se que esta tendência é fraca e merece um estudo mais detalhado, envolvendo número maior de procedências.

TABELA 5 – Estimativas do coeficiente de correlação de Spearman ( $\hat{r}$ ) entre caracteres e características geográficas das origens das procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*.

Características	DAP	Altura	Forma do fuste
Latitude	0,321	-0,294	-0,134
Longitude	-0,407	-0,594*	-0,341
Altitude	-0,603	-0,230	0,473

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

### 3.6 Variação Genética Entre Progênies Dentro de Procedências

As análises de variância (TABELA 2) revelaram diferenças estatísticas altamente significativas ( $P < 1\%$ ) entre progênies, dentro de procedências, para os caracteres altura e forma do fuste, sugerindo a possibilidade de capitalizarem-se progressos genéticos com a seleção entre progênies, dentro de procedências. Contudo, o baixo número de progênies utilizadas por procedências (6 a 20) indica a necessidade de uma reamostragem dentro de procedências de melhor performance, incluindo um número maior de progênies (pelo menos 50 por procedência), para o desenvolvimento de um programa de seleção dentro das procedências de melhor desempenho. Outra alternativa é a seleção entre as progênies das procedências de melhor performance que não apresentaram diferenças entre si.

Outra alternativa, ainda, pode ser a seleção das melhores progênies, desconsiderando o efeito de procedências. Observando-se a FIGURA 2, nota-se que todas as procedências apresentaram progênies de ótima performance para DAP, altura e forma, permitindo a seleção de progênies em praticamente todas as procedências e a obtenção de uma população-base com ampla base genética. No entanto, ressalta-se que essa prática possa quebrar alguns blocos gênicos ou grupos de ligação altamente conservados que possam conferir alta adaptação para as procedências individualmente. As conseqüências disso são imprevisíveis, podendo não só aumentar a adaptabilidade e o vigor da nova população híbrida (híbridos interpopulacionais), como também levar à degeneração da população, por quebrar combinações alélicas entre e dentro de locos específicos que conferiam ótimas características adaptativas e silviculturais às procedências individualmente.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética em procedências e progênies de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São Paulo.

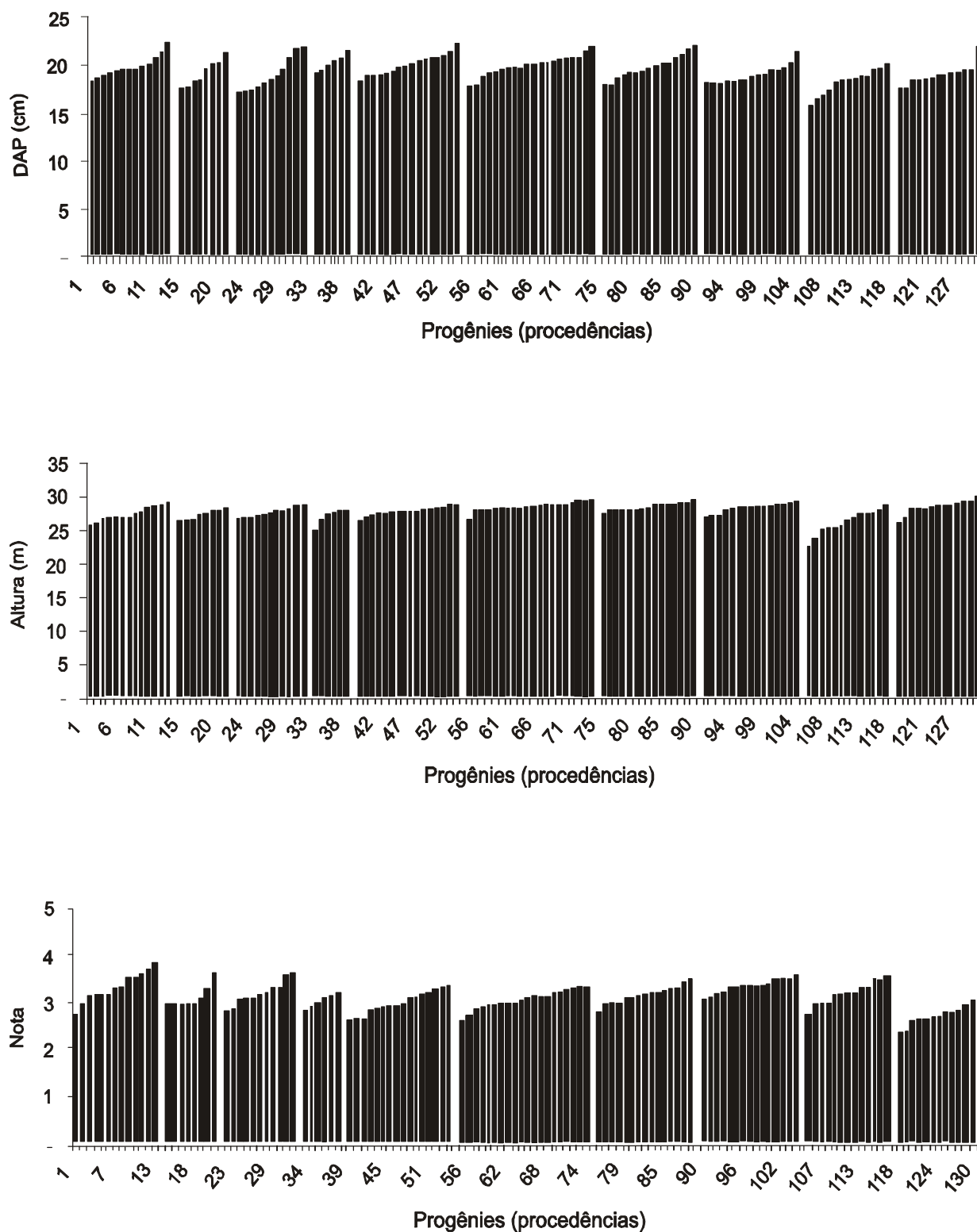


FIGURA 2 – Crescimento em DAP e altura e forma do fuste, aos 14 anos de idade, em procedências e progênies de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, em São Simão–SP. Da esquerda para a direita, encontram-se as procedências San Rafael del Norte (1-13), Yucul (14-21), La Paz (22-32), Villa Santa (33-38), Dulce Nobre de Culmi (39-54), San Esteban (55-74), San Francisco (75-89), Vocón (90-104), Las Piedrecitas (105-117) e Mount Pine Ridge (118-130).

### 3.7 Coeficiente de Variação Genética e Herdabilidades

O coeficiente de variação genética (TABELA 6) foi baixo para todos os caracteres (variando de 1,47% para altura a 2,78% para forma), sugerindo a possibilidade de obterem-se baixos progressos genéticos. Igualmente, as estimativas dos coeficientes de herdabilidade em nível de plantas individuais ( $\hat{h}_i^2$ ) e dentro de progênies ( $\hat{h}_d^2$ ) foram baixos, indicando a possibilidade de obter-se pouco sucesso com a seleção massal no teste de procedências e progênies e entre plantas dentro de progênies, em especial para os caracteres

de crescimento (DAP e altura), onde as herdabilidades não superaram o patamar de 6%. Para o caráter forma do fuste, as herdabilidades em nível de plantas (0,1107) e dentro de progênies (0,0869) foram um pouco maiores, sugerindo que a seleção massal possa trazer progressos importantes na forma do fuste da população melhorada. Por outro lado, a estimativa do coeficiente de herdabilidade entre progênies ( $\hat{h}_m^2$ ) como esperada, foi superior aos demais coeficientes de herdabilidade, com valores de 0,1148 para DAP, 0,2207 para altura e 0,4199 para a forma do fuste, indicando a possibilidade de progressos genéticos com a seleção entre as melhores progênies, em especial para a forma do fuste.

TABELA 6 – Estimativa de parâmetros genéticos para os caracteres DAP, altura (ALT) e forma do fuste (Forma), aos 14 anos de idade, em procedências de *P. patula* ssp. *tecunumanii*, crescendo em São Simão–SP.

Parâmetros	DAP	Altura	Forma
Coeficiente de variação genética – $CV_g$ (%)	1,93	1,47	2,78
Herdabilidade individual – $\hat{h}_i^2$	0,0177	0,0520	0,1107
Herdabilidade entre progênies – $\hat{h}_m^2$	0,1148	0,2207	0,4199
Herdabilidade dentro de progênies – $\hat{h}_d^2$	0,0125	0,0447	0,0869
Resposta à seleção entre progênies – $\hat{R}_e^a$	6,27	5,36	13,22
Resposta à seleção dentro de progênies – $\hat{R}_d^a$	0,10	0,23	7,26
Resposta total à seleção – $\hat{R}_{ed}$	6,36	5,59	20,48

Obs.: Seleção de 38,5% ( $i = 2,1718$ ) das progênies (50:130) e 14% ( $i = 1,5066$ ) das melhores plantas, das melhores progênies (4:28).

### 3.8 Coancestria de Grupo, Número *Status* e Ganhos na Seleção

O presente teste de procedências e progênies representa o único material genético de *P. patula* ssp. *tecunumanii* com *pedigree* conhecido que o Instituto Florestal detém. Por isso, é importante selecionar para obterem-se ganhos genéticos, mas manter a variabilidade genética alta para desenvolver um programa de melhoramento de longo prazo para crescimento e forma, produção de resina (ainda não avaliado), hibridação interespecífica ou testá-la futuramente em outros ambientes. Para atingir esses objetivos, utilizou-se uma medida de representatividade genética do número de indivíduos de uma população, denominada número *status*,  $N_s$  (Lindgren *et al.*, 1996; 1997).

O número *status* refere-se ao número de indivíduos de uma população de cruzamentos aleatórios, sem endogamia e parentesco, que a população sob consideração representa (Lindgren *et al.*, 1996). Esse parâmetro pode ser utilizado para conhecer a representatividade genética de indivíduos de uma população para as mais diversas situações, desde que se conheça ou se suponha a coancestria entre todas as árvores da população. O número *status* permite o controle e o monitoramento do *pedigree* de populações tanto em programas de melhoramento como para conservação genética, de forma que é possível prever o futuro genético da população em termos de endogamia, tendo em vista que a endogamia de uma geração é igual a coancestria na precedente geração.

As estimativas do coeficiente de coancestria de grupo e do número *status* para diversos cenários, envolvendo a seleção de diferentes números de progênes e plantas por progênie, são apresentadas na FIGURA 3. Observa-se que, quanto menor o número de progênes e plantas por progênes selecionadas, maior é o coeficiente de coancestria de grupo e vice-versa. Isso acontece porque, com pequenas populações, o coeficiente de autoancestria passa a ter maior peso nas estimativas, aumentando o coeficiente de coancestria de grupo e vice-versa. A seleção de 50 progênes e 4 plantas por progênie parece ser uma opção razoável, por manter o coeficiente de coancestria em nível baixo ( $\hat{\Theta}_{xy} = 0,005$ ) e o

número *status* relativamente alto ( $\hat{N}_s = 101$ ). Assim, a endogamia esperada nas sementes coletadas do referido pomar será de 0,005, igual ao coeficiente de coancestria de grupo da presente geração (população selecionada).

O esquema de seleção proposto possibilita uma expectativa alta de progressos genéticos (TABELA 6), para a forma do fuste (20,5%) e razoáveis para DAP e altura (6,36% e 5,59%, respectivamente). Esses progressos genéticos esperados são válidos para plantios comerciais com *P. patula* ssp. *tecunumanii*, aos 14 anos de idade, no mesmo espaçamento aqui utilizado (3 x 2 m) e nas mesmas condições ambientais de São Simão.

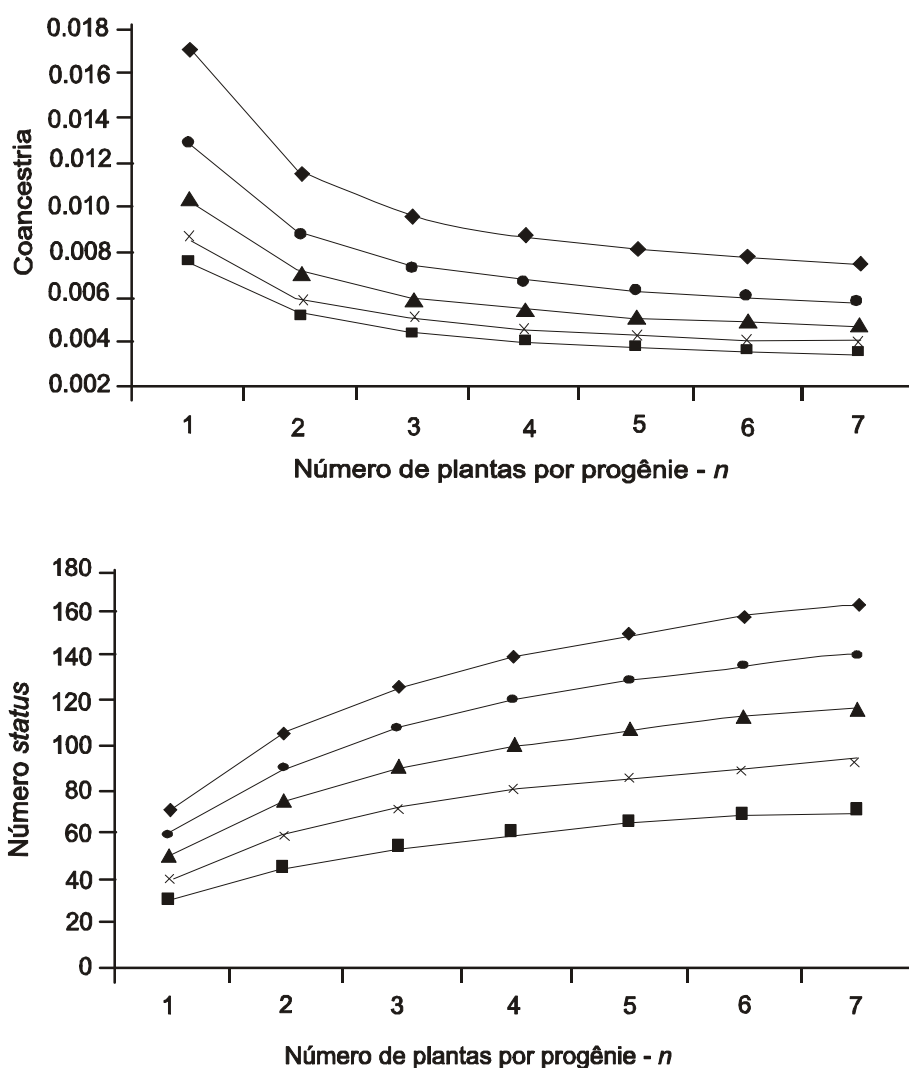


FIGURA 3 – Coeficiente de coancestria e número *status* para diferentes cenários de seleção de progênes (30 a 70) e plantas por progênes (1 a 7) em teste de procedências e progênes de *P. patula* ssp. *tecunumanii*. (■ - 30 progênes; × - 40; ▲ - 50; ● - 60; ◆ - 70).

#### 4 CONCLUSÕES

1. Existe variação genética entre e dentro de procedências e progênes de *P. patula* ssp. *tecunumanii* para DAP, altura e forma do fuste, aos 14 anos de idade, e, portanto, possibilidades de melhoramento genético.
2. As procedências de maior potencial para crescimento, na região de São Simão, são originadas de Honduras. As procedências San Esteban e San Francisco de La Paz são as mais indicadas para crescimento em DAP, e as procedências Villa Santa e Dulce Nombre del Culmi, para altura. As procedências San Rafael del Norte, da Nicarágua, e Vocón, de Honduras, são as mais indicadas para a obtenção de árvores com boa forma do fuste.
3. O controle genético dos caracteres em nível de progênes é razoável, portanto, existe a possibilidade de se obterem ganhos com a seleção entre progênes dentro de procedências, em especial para forma do fuste, onde foram observadas as maiores herdabilidades.
4. Os ganhos estimados pela seleção foram promissores para todos os caracteres, em especial para a forma do fuste.

#### 5 AGRADECIMENTOS

A realização deste estudo foi possível graças à concessão de bolsa CNPq de Produtividade em Pesquisa ao autor Alexandre Magno Sebbenn. Os autores são gratos aos Biólogos Clayton Martins Rangel de Sousa e Alessandro Chagas Fernandes (Faculdades Integradas de Bebedouro - FAFIBE), e ao estudante de Graduação em Agronomia Saulo Vannucci Lemas (Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - FEIS/UNESP), pela mensuração do experimento e digitação dos dados, e à Assistente Técnica de Pesquisa Científica e Tecnológica Yara Cristina Marcondes, pela revisão gramatical. Os autores também são gratos aos dois revisores anônimos pelas constritivas correções no primeiro manuscrito deste artigo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIERKS, J. S.; BARNES, R. D. **Provenance variation in *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii***. Oxford: Oxford Forestry Institute, University of Oxford, 1990. 40 p. (Tropical Forestry Papers, 21).
- BRIDGWATER, F. Mating designs. In: FINS, L.; FRIEDMAN, S. T.; BROTSCHOL, J. V. (Ed.). **Handbook of quantitative forest genetics**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992. cap. 3, p. 69-95.
- BURCZYK, J.; LEWANDOWSKI, A.; CHALUPKA, W. Local pollen dispersal and distant gene flow in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 197, p. 39-48, 2004.
- EQUILEZ, P. T.; PERRY Jr., J. P. *Pinus tecunumanii* una especie nueva de Guatemala. **Ciencia Forestal**, Lleida, v. 41, n. 8, p. 3-22, 1983.
- ETTORI, L. C. *et al.* Teste de procedências de *Pinus oocarpa* Schiede em três locais do Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 39-51, 2002.
- FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Programme for genetic improvement of populations of *Pinus oocarpa* Schiede in Brazil by the IPEF. In: NIKLES, D. G.; BURLEY, J.; BERNES, R. D. **PROCEEDINGS OF A JOINT WORKSHOP ON PROGRESS AND PROBLEMS OF GENETIC IMPROVEMENT OF TROPICAL FOREST TREES**. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1977. p. 643-654.
- LIMA, R. T. Comportamento de espécies/procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia/MG-Brasil, Região de Cerrado: 2 – *Pinus patula* ssp. *tecunumanii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 1-9, 1991.
- LINDGREN, D.; GEA, L.; JEFFERSON, P. Loss of genetic diversity by status number. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 45, p. 52-59, 1996.
- \_\_\_\_\_; LUIGI, D. G.; JEFFERSON, P. A. Status number for measuring genetic diversity. **Forest Genetics**, Svolen, v. 4, n. 2, p. 69-76, 1997.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética em procedências e progênes de *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* no noroeste do Estado de São Paulo.

MITTON, J. B.; LATTA, R. G.; REHFELDT, G. E. The pattern of inbreeding in washoe pine and survival of inbreed progeny under optional environmental conditions. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 46, n. 4, p. 215 - 219, 1997.

MORAES, M. L. T. **Variação genética e aplicação de análise multivariada em progênes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barret et Golfari**. 2001. 124 f. Tese (Livre Docência em Silvicultura) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 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.

SEBBENN, A. M. *et al.* Variação genética entre e dentro de procedências e progênes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no sul do Estado de São Paulo. **Rev. Inst. Flor.**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 109-124, 2003.

SILVA Jr., F. G. *et al.* Avaliação da qualidade da madeira de *Pinus patula* var. *tecunumanii* visando à produção de celulose Kraft e pasta mecânica. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 26., 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1993. p. 357-365.

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

TOLEDO FILHO, D. V. de ; PIRES, C. L. da S. Comportamento do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. aos 16 anos em diferentes espaçamentos sem desbaste. In: SIMPÓSIO IUFRO EM MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO, 1983, Águas de São Pedro. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS, 1983. p. 229-230. (Silvicultura, São Paulo, v. 29, 1983).

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. W. A simplified design for combined provenance and progeny testing. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 27, n. 2, p. 68-70, 1978.

\_\_\_\_\_.; GIBSON, G. L.; BARNES, R. D. Variación en volumen y densidad de la madera de ocho procedencias de *Pinus oocarpa* y *P. patula* ssp. *tecunumanii* en Conocoto, Ecuador. **IPEF**, Piracicaba, v. 41/42, p. 5-7, 1989.

ZHENG, Y. O.; ENNOS, R.; WANG, H. R. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* Morrelet var. *bahamensis* and Golf. **Forest Genetics**, Zvolen, n. 1, v. 3, p. 165-174, 1994.