

## Divergência genética entre progênies de polinização aberta de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a partir de caracteres quantitativos

Wanderley dos Santos<sup>1\*</sup>, Elton Gean Araújo<sup>1</sup>, Danilla Cristina Lemos Souza<sup>2</sup>, Janaína Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Camila Regina Silva Baleroni Recco<sup>3</sup>, Mário Luiz Teixeira de Moraes<sup>1</sup>, Ananda Virginia de Aguiar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Av. Brasil, 56, C P 31, CEP15.385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Rua José Barbosa de Barros, nº. 1780, C P 237, CEP 18610-307, Botucatu, SP, Brasil

<sup>3</sup>Faculdades Integradas Stella Maris de Andradina, Rua Amazonas, 571, CEP 16901-160, Andradina, SP, Brasil

<sup>4</sup>Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, C P 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

### \*Autor correspondente:

wanderley.dossantos@hotmail.com

### Termos para indexação:

Melhoramento genético  
Distância generalizada de Mahalanobis  
Otimização de Tocher

### Index terms:

Genetic breeding  
Generalized Mahalanobis distance  
Tocher optimization

### Histórico do artigo:

Recebido em 22/05/2015  
Aprovado em 13/05/2015  
Publicado em 30/06/2016

doi: 10.4336/2016.pfb.36.86.920

**Resumo** - Este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar a divergência genética entre progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, por meio de caracteres quantitativos. O experimento foi instalado em delineamento látice 10 x 10, triplo, com 100 tratamentos (96 progênies oriundas de polinização aberta de um pomar clonal da espécie e quatro testemunhas). Foram avaliados os caracteres: diâmetro a 1,30 m do solo, altura total de planta, volume cilíndrico, produção de resina total e resina por área de painel. Utilizou-se a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) e o método de otimização de Tocher. A maior distância genética observada entre as progênies foi de 100% ( $D^2 = 65,51$ ) e a menor foi de 0,09% ( $D^2 = 0,15$ ). O caráter volume foi o que mais contribuiu para a divergência genética entre os grupos avaliados. O agrupamento a partir do método de otimização de Tocher possibilitou a separação das progênies em quatro grupos, com concentração de 96,9% das progênies em um único grupo. Para que estas progênies possam ser incluídas em programas de melhoramento genético para produção de resina e madeira, cruzamentos controlados deverão ser priorizados entre indivíduos mais produtivos, que apresentaram maior divergência genética.

## Genetic divergence between *Pinus caribaea* var. *hondurensis* progenies based on quantitative traits

**Abstract** - The proposal of this study was to estimate the genetic divergence among *Pinus caribaea* var. *hondurensis* progenies through quantitative traits. Trial was established in lattice design 10 x 10, triple, with 100 treatments (96 progenies from clonal seed orchard of *P. caribaea* var. *hondurensis* and four controls). The genetic divergence was estimated using the generalized Mahalanobis distance ( $D^2$ ) and Torcher's optimization method. Diameter at 1.30 above the ground, total plant height, cylindrical volume, total resin production and resin per panel area were evaluated. The largest genetic distance observed between the progenies was 100% ( $D^2 = 65.51$ ) and the lowest was 0.09% ( $D^2 = 0.15$ ). Clustering by Torcher's optimization method separated the progeny in four groups, with a concentration of 96.9% of the progenies in a single group. Volume was the largest contributor to the genetic divergence among groups. To include these progeny in breeding programs for resin and wood production controlled crossings should be prioritized among the most productive individuals that presented greater genetic divergence.

## Introdução

*Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet é uma conífera tropical de importância econômica, plantada em vários países (Shimizu, 2008; Sebbenn et al., 2010; Aguiar et al., 2011). No Brasil, as variedades de *Pinus caribaea*, principalmente a var. *hondurensis*, estão sendo plantadas com sucesso nas regiões quentes, com baixa ocorrência de geadas e déficit hídrico (Sebbenn et al., 2008; Shimizu, 2008). O melhoramento genético da variedade *hondurensis* é aplicado com o objetivo de aumentar a produção de madeira e resina, de modo a atender as demandas das indústrias de papel e celulose de fibra longa, de madeira serrada e do setor resinífero. A seleção de genitores produtivos e divergentes geneticamente vem sendo priorizada, visando à obtenção de cruzamentos mais promissores, tanto intra quanto interespecíficos.

A utilização de indivíduos de grupos de progênes mais divergentes, em cruzamentos controlados, é muito aplicada para exploração da heterose ou vigor híbrido (Humphreys, 1991; Silva et al., 2012). A caracterização de germoplasma é uma importante atividade para subsidiar a utilização dos recursos genéticos, pois possibilita que novos materiais de interesse sejam incluídos em programas de melhoramento genético (Souza, 2015).

Os estudos de divergência genética entre progênes e/ou em nível de procedências baseados em caracteres quantitativos são importantes em várias etapas do melhoramento genético. O conhecimento e direcionamento dos cruzamentos de genótipos superiores devem ser feitos com base nas características de interesse a serem obtidas de forma que se tenha pureza e contraste entre os genitores (Singh & Sofi, 2012; Luz, 2014; Sampson, 2015).

A divergência genética pode ser estimada a partir de caracteres de crescimento e marcadores moleculares utilizando-se metodologias multivariadas. A proposta dessa metodologia é unificar múltiplas informações de um conjunto de caracteres a fim de viabilizar a escolha de genitores divergentes (Sudré et al., 2005). Vários métodos de agrupamentos aplicados nesses estudos visam agrupar indivíduos mais similares. O método de otimização de Tocher, por exemplo, adota o critério em que as medidas de distâncias dentro de cada grupo devem ser menores que as distâncias médias entre quaisquer grupos (Miranda et al., 2001). Portanto, o objetivo

desse trabalho foi estimar a divergência genética entre progênes de polinização aberta de *P. caribaea* var. *hondurensis* visando identificar as mais divergentes e produtivas para serem utilizadas em programas de melhoramento genético, especificamente para produção de híbridos.

## Material e métodos

Para formação do teste de progênes foram coletadas sementes de 96 matrizes de *P. caribaea* var. *hondurensis* de um pomar clonal do Centro de Conservação Genética e Melhoramento de Pinheiros Tropicais, localizado em Aracruz, ES (19°49'S, 40°16'W, e altitude de 50 m). Foram utilizadas também quatro testemunhas comerciais provenientes de árvores matrizes da Duratex, em Agudos, SP, (22°22'S, 48°52'W e altitude de 550 m). O teste de progênes foi instalado em junho de 1986 em área experimental da Universidade Estadual Paulista, localizada no município de Selvíria, MS (20°20'S, 51°23'W, e altitude de 370 m). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com temperatura média anual de 24,5 °C, precipitação pluviométrica média anual de 1.200 mm, umidade média anual de 64,8% e insolação média de 7,3 h dia<sup>-1</sup> (Hernandez et al., 1995). O solo no local é do tipo Latossolo Vermelho distrófico álico, com textura argilosa (Santos et al., 2006).

O delineamento experimental utilizado foi o látice 10 x 10, triplo. As parcelas foram lineares com 10 plantas, em espaçamento de 3 m x 3 m. Aos 12 anos após o plantio, foi realizado desbaste seletivo dentro de progênes, com base nos caracteres diâmetro a 1,30 m do solo (DAP), forma do fuste das árvores, presença de rabo de raposa (*foxtail*) e sobrevivência, permanecendo apenas seis matrizes de melhor desempenho por parcela.

As árvores remanescentes de cada parcela foram avaliadas com relação aos caracteres: DAP (cm) e altura total (m), sendo calculado o volume cilíndrico de cada planta (m<sup>3</sup> arv<sup>-1</sup>). A produção de resina (kg arv<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) de todas as árvores remanescentes foi avaliada no período de abril de 2011 a maio de 2012. Além da quantidade de resina, a área do painel também foi mensurada após realização das últimas 20 estrias. A partir dessas avaliações, foi obtida a produção de resina por área de painel (g cm<sup>-2</sup>).

A divergência genética entre as progênes foi estimada por meio da distância generalizada de Mahalanobis (D<sup>2</sup>).

Na análise de dados quantitativos, essa metodologia é a mais indicada, pois considera as matrizes de variâncias e covariâncias residuais existentes entre os caracteres mensurados.

Após a obtenção da matriz de distância ( $D^2$ ), foi realizada a análise de agrupamento pelo método de otimização de Tocher, descrito por Cruz & Regazzi (2001), tendo como critério que a média dos valores de  $D^2$  (intracluster) deve ser menor que os valores de  $D^2$  (inter-cluster). A divergência genética e o agrupamento de Tocher foram obtidos pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o software genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2007). A contribuição dos caracteres para a formação dos grupos foi obtida com o uso do programa computacional GENES (Cruz, 2006).

O teste de progênies de meios irmãos foi analisado considerando o delineamento de blocos completos ao acaso (quando não há diferença entre blocos no modelo látice), várias plantas por parcela, um só local e uma única população, seguindo o modelo:  $y = Xb + Za + Wc + \mathcal{E}$ ; em que:  $y$  = vetores de dados;  $b$  = vetores dos efeitos de blocos (fixos);  $a$  = vetores dos efeitos genéticos aditivos (aleatórios);  $c$  = vetores dos efeitos de parcela (aleatórios);  $\mathcal{E}$  = vetores dos efeitos de erros aleatórios.  $X$ ,  $Z$  e  $W$  = matrizes de incidência para  $b$ ,  $a$  e  $c$ . No modelo estatístico, foi assumido que as progênies *P. caribaea* var. *hondurensis* são de polinização livre (meios-irmãos) (Resende, 2007).

## Resultados e discussão

As medidas de distâncias entre os pares de progênies de *P. caribaea* var. *hondurensis* para caracteres de crescimento e produção de resina evidencia para cada progênie, qual a sua maior e menor distância em relação as demais progênies (Tabela 1). A distância máxima observada entre as progênies foi de 100% ( $D^2 = 65,51$ ) entre as progênies 42 e 14 e a mínima foi de 0,09% ( $D^2 = 0,15$ ) entre as progênies 33 e 22, e 93 e 38. Com base nesses resultados serão selecionados os indivíduos das progênies mais divergentes e que com maior desempenho produtivo e/ou maior valor genotípico para realização dos cruzamentos controlados.

As distâncias generalizadas de Mahalanobis podem ser consideradas altas, se comparadas com os valores

obtidos para *P. caribaea* var. *hondurensis* (Moraes, 2001), *P. caribaea* var. *bahamensis* Morelet (Missio et al., 2007) e *P. caribaea* var. *bahamensis* (Silva et al., 2012). Esse resultado não era esperado, visto que essa população já passou por desbaste seletivo. Por outro lado, deve-se considerar que diferentes caracteres foram incluídos na análise e que os indivíduos podem apresentar comportamento diferenciado em relação ao seu desempenho produtivo em outras idades. Moraes (2001) estudou a mesma população aos 13 anos de idade após 40% de desbaste seletivo com base nos caracteres altura, DAP e volume. O autor observou maior distância entre as progênies 10 e 85 ( $D^2 = 20,9468$ ) e a menor ( $D^2 = 0,0145$ ) entre as progênies 56 e 98. No entanto, aos 14 anos observou valor mais divergente entre as progênies 51 e 82 ( $D^2 = 21,0948$ ) e menor entre as progênies 8 e 74 ( $D^2 = 0,003$ ).

O desbaste seletivo dessa população proporcionou maior desempenho nas progênies remanescentes, contribuindo dessa forma para o aumento da divergência genética entre os pares de progênies dessa população. Valores similares de divergência entre as progênies *P. caribaea* var. *bahamensis* Morelet antes e após o desbaste do teste foram constatados por Missio et al. (2007). A participação relativa de cada caráter para a obtenção da divergência genética é de suma importância para se identificar o caráter com maior e menor contribuição, e pode auxiliar na seleção de progênies mais promissoras em produtividade. O volume ( $m^3 \text{ arv}^{-1}$ ) foi o que mais contribuiu para a divergência genética entre os grupos avaliados (98%). A produção de resina total (0,007%) foi o que menos contribuiu, com baixa contribuição também para DAP (1,51%), altura total (0,26%) e resina por área de painel (0,14%).

A progênie 51 apresentou melhor valor genético aditivo para o volume superior à média (0,95). Conforme Santos (2014) para os caracteres produção de resina total e resina por área de painel a progênie 7 obteve os melhores valores genéticos em relação à média geral (2404,42 e 35,94). Os valores médios observados nos genótipos para DAP, altura, produção de resina total, volume e resina por área de painel foram de 30,67 cm, 30,31 m, 4,83 kg  $\text{arv}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , 1,49  $m^3 \text{ arv}^{-1}$  e 68,63 g  $\text{cm}^2$ , respectivamente (Tabela 2). Os valores observados para o coeficiente de variação foram 15,4% (altura e incremento médio anual) e 48,2% (resina total).

**Tabela 1.** Distâncias de Mahalanobis entre progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para os caracteres quantitativos aos 27 anos em Selvíria, MS.

| Prog. | Maior (%) |       | Menor (%) |       | Prog. |       | Maior (%) |       | Menor (%) |       | Prog.  |       | Maior (%) |       | Menor (%) |       | Prog. |       |    |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-----------|-------|--------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|----|
|       | Prog.     | Prog. | Prog.     | Prog. | Prog. | Prog. | Prog.     | Prog. | Prog.     | Prog. | Prog.  | Prog. | Prog.     | Prog. | Prog.     | Prog. | Prog. | Prog. |    |
| 61    | 3,85      | 14    | 1,10      | 33    | 56    | 52,91 | 14        | 0,53  | 81        | 73    | 67,47  | 14    | 2,27      | 37    | 4         | 71,91 | 14    | 2,43  | 28 |
| 1     | 4,55      | 14    | 0,96      | 5     | 76    | 64,54 | 14        | 1,66  | 50        | 93    | 62,95  | 14    | 0,23      | 38    | 44        | 53,24 | 14    | 1,28  | 21 |
| 21    | 2,22      | 14    | 0,93      | 77    | 6     | 51,81 | 14        | 0,78  | 23        | 33    | 63,70  | 14    | 0,23      | 22    | 14        | 01,36 | 68    | 32,07 | 89 |
| 51    | 4,94      | 14    | 8,52      | 58    | 26    | 94,02 | 14        | 0,95  | 18        | 3     | 74,48  | 14    | 1,89      | 37    | 64        | 66,25 | 14    | 0,31  | 79 |
| 71    | 7,89      | 14    | 2,79      | 5     | 66    | 76,81 | 14        | 1,21  | 94        | 53    | 74,90  | 14    | 1,25      | 78    | 74        | 83,59 | 14    | 1,28  | 1  |
| 11    | 8,86      | 14    | 1,39      | 12    | 36    | 64,72 | 14        | 1,05  | 67        | 63    | 67,87  | 14    | 0,32      | 5     | 24        | 64,51 | 14    | 0,72  | 70 |
| 81    | 5,70      | 14    | 0,50      | 77    | 86    | 74,95 | 14        | 4,66  | 19        | 13    | 51,93  | 14    | 1,89      | 30    | 5         | 68,57 | 14    | 0,32  | 63 |
| 31    | 2,62      | 14    | 1,27      | 19    | 96    | 61,23 | 14        | 0,67  | 64        | 60    | 86,93  | 14    | 0,84      | 20    | 45        | 51,84 | 14    | 1,04  | 46 |
| 41    | 3,83      | 14    | 1,40      | 45    | 46    | 48,86 | 14        | 1,04  | 45        | 20    | 75,55  | 14    | 0,84      | 60    | 65        | 73,23 | 14    | 1,02  | 55 |
| 91    | 6,95      | 14    | 2,24      | 39    | 38    | 65,23 | 14        | 0,23  | 93        | 50    | 60,16  | 14    | 1,43      | 21    | 95        | 81,61 | 14    | 3,94  | 53 |
| 27    | 5,09      | 10    | 3,65      | 72    | 78    | 73,21 | 14        | 0,75  | 15        | 70    | 66,31  | 14    | 0,72      | 24    | 15        | 68,58 | 14    | 0,52  | 63 |
| 67    | 0,36      | 14    | 1,05      | 36    | 28    | 84,05 | 14        | 1,42  | 78        | 10    | 76,86  | 90    | 12,03     | 95    | 55        | 61,56 | 14    | 1,21  | 75 |
| 87    | 0,20      | 14    | 1,39      | 11    | 48    | 77,90 | 14        | 2,56  | 65        | 80    | 72,52  | 80    | 4,82      | 39    | 25        | 54,57 | 14    | 0,81  | 40 |
| 17    | 1,94      | 14    | 2,98      | 92    | 88    | 59,91 | 14        | 4,59  | 2         | 30    | 47,37  | 14    | 1,10      | 54    | 75        | 72,32 | 14    | 1,21  | 55 |
| 37    | 1,88      | 14    | 1,89      | 3     | 58    | 71,74 | 14        | 2,08  | 24        | 40    | 51,61  | 14    | 0,81      | 25    | 85        | 73,70 | 14    | 3,04  | 9  |
| 77    | 3,50      | 14    | 0,50      | 81    | 8     | 90,03 | 14        | 6,17  | 43        | 90    | 76,86  | 10    | 16,46     | 87    | 35        | 68,89 | 14    | 0,56  | 33 |
| 47    | 6,22      | 14    | 1,54      | 50    | 18    | 87,88 | 14        | 0,95  | 26        | 72    | 53,70  | 14    | 1,39      | 34    | 49        | 73,70 | 14    | 3,01  | 4  |
| 7     | 8,97      | 14    | 3,72      | 94    | 68    | 01,36 | 14        | 2,23  | 74        | 12    | 77,18  | 14    | 1,39      | 11    | 89        | 34,56 | 90    | 2,37  | 41 |
| 57    | 0,23      | 14    | 1,01      | 5     | 94    | 84,43 | 14        | 1,21  | 66        | 32    | 77,91  | 14    | 1,40      | 92    | 9         | 79,51 | 14    | 3,04  | 85 |
| 83    | 80,00     | 14    | 4,52      | 77    | 34    | 48,30 | 14        | 1,30  | 77        | 62    | 84,09  | 14    | 1,14      | 63    | 39        | 59,76 | 14    | 2,24  | 91 |
| 23    | 53,03     | 14    | 0,78      | 6     | 54    | 44,63 | 10        | 1,10  | 30        | 82    | 90,37  | 14    | 1,36      | 16    | 59        | 63,87 | 14    | 3,53  | 49 |
| 43    | 75,90     | 14    | 1,36      | 66    | 84    | 41,86 | 10        | 3,50  | 52        | 22    | 61,84  | 14    | 0,23      | 33    | 69        | 60,54 | 14    | 1,31  | 64 |
| 52    | 43,15     | 10    | 1,28      | 54    | 79    | 72,07 | 14        | 0,31  | 64        | 92    | 79,80  | 14    | 1,40      | 32    | 19        | 66,86 | 14    | 1,27  | 31 |
| 2     | 64,66     | 14    | 2,63      | 46    | 16    | 81,48 | 14        | 0,98  | 20        | 42    | 100,00 | 14    | 4,32      | 60    | 29        | 71,41 | 14    | 4,12  | 59 |

Máxima: 100,00 Progênes 42 e 14; Mínima: 0,09 Progênes 33 e 22, e 93 e 38

O agrupamento de Tocher, com base na distância de Mahalanobis das progênies, possibilitou a formação de quatro grupos com concentração de aproximadamente 96,9% das progênies em um único grupo (Tabela 2). No grupo 2 encontra-se a progênie (10), que apresentou o melhor desempenho médio para os caracteres estudados, e no grupo 1 a progênie (7), com registro de maior produção de resina .

Em um programa de melhoramento, é desejável que se dê prioridade ao cruzamento de materiais que tenham elevada média e diversidade genética entre si, ou seja, cruzar bons e divergentes, para que se identifiquem materiais produtivos que se complementem e, desta forma, façam uso da fração não aditiva existente na variância genética (Nascimento et al., 2014). Quanto mais divergentes forem os genitores, maior a possibilidade de ocorrer a variabilidade na população segregante e maior possibilidade de reorganização dos alelos com novas combinações favoráveis (Manfio et al., 2012).

Essa população apresenta indivíduos com desempenho produtivo superior à média geral e que poderão ser selecionados para compor pomares clonais e de sementes por mudas. Assim, os indivíduos da progênie 10 poderão ser priorizados para cruzamentos controlados com os de outros grupos mais divergentes e produtivos para caracteres de crescimento. Para a ciclos futuros de melhoramento genético, tendo por objetivo a produção de resina, os indivíduos da progênie 7 deverão ser priorizados para realização de polinização controlada.

A população do presente trabalho apresentou um menor número de grupos do que observado por outros autores com as variedades de *P. caribaea* sem desbaste seletivo, como observado por Moraes (2001), Silva et al. (2012) e Missio et al. (2007). Esse resultado era esperado, visto que com a seleção a maioria dos indivíduos com produção abaixo da média é eliminada, permanecendo somente os mais produtivos para compor a população de melhoramento. Para desenvolvimento de híbridos intraespecíficos recomenda-se cruzar indivíduos de grupos que apresentam maior divergência genética, também maior desempenho produtivo ou caracteres complementares, visando obtenção de híbridos mais produtivos, como, por exemplo, as progênies do grupo 1 e 4 para ambas as formas de agrupamento. Vale ressaltar que superioridade híbrida pode ocorrer a partir da heterose, epistasia ou complementaridade de caracteres (efeito aditivo) (Nikles & Griffin, 1992). Todos esses efeitos poderão ser entre indivíduos de grupos divergentes. Quando o objetivo do programa de melhoramento visar à recuperação de genes do genitor recorrente, deve-se dar preferência aos retrocruzamentos com as progênies mais similares geneticamente, pois o emprego de genitores similares, diferenciados basicamente pelo gene a ser transferido, permite recuperar o genitor recorrente mais rapidamente (Dias & Resende, 2001; Moraes, 2001).

**Tabela 2.** Agrupamentos com base no método de Otimização de Tocher e estimativas das médias intragrupos para os caracteres DAP, altura total de plantas (ALT), volume cilíndrico (VOL), produção de resina total (RES/T) e resina por área de painel (RES/P) para progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 27 anos de idade em Selvíria, MS.

| Grupo | Progênies  | Total | DAP (cm) | ALT (m) | VOL (m <sup>3</sup> /arv <sup>-1</sup> ) | RES/T (kg.arv <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ) | RES/P (g.cm <sup>2</sup> ) |
|-------|--|-------|----------|---------|--|--|----------------------------|
| 1     | 61 1 21 51 71 11 81 31 41 91 27 67<br>87 17 37 77 47 7 57 83 23 43 73 93<br>33 3 53 63 13 60 20 50 70 80 30 40<br>72 12 32 62 82 22 92 42 52 2 16 56<br>76 6 26 66 36 86 96 46 38 78 28 48<br>88 58 8 18 68 94 34 54 84 4 44 64 74<br>24 5 45 65 95 15 55 25 75 85 35 49<br>89 9 39 59 69 19 29 79 | 93    | 30,57    | 30,22   | 1,47                                     | 4,88   | 69,10                      |
| 2     | 10   | 1     | 34,61    | 31,28   | 1,81                                     | 2,886  | 41,13                      |
| 3     | 90   | 1     | 30,03    | 28,74   | 1,71                                     | 3,832  | 58,03                      |
| 4     | 14   | 1     | 30,81    | 30,06   | 1,57                                     | 3,290  | 62,20                      |
| CV(%) |  |       | 17,77    | 15,44   | 44,75                                    | 48,18  | 47,86                      |
| TOTAL |  | 96    | 30,67    | 30,31   | 1,49                                     | 4,83   | 68,63                      |

CV = coeficiente de variação



Os retrocruzamentos futuramente poderão ser adotados em pinus, tendo em vista a demanda por materiais que sejam tanto produtivo em madeira quanto em resina. Como nos últimos anos o melhoramento genético de *Pinus* spp. permitiu a obtenção de genótipos mais promissores para produção de madeira, a adoção dos retrocruzamentos pode gerar ganhos mais efetivos e em menor tempo, se adotada essa estratégia para obter genótipos com bom desempenho em resina e volume de madeira. Os cruzamentos controlados entre os indivíduos dessa população, principalmente os procedentes de grupos divergentes, poderão compor os testes da próxima geração. Esses poderão ser superiores à média dos parentais, seja a partir do efeito de heterose *per se*, complementaridade ou heterose funcional (Lamkey, 1999). Tanta a heterose quanto a capacidade específica de combinação (CEC) entre dois pares genitores divergentes dependem da existência da dominância no controle do caráter e da presença de divergência (Falconer & Mackay, 1996). Para os grupos de genótipos mais divergentes existe a possibilidade de se avaliar a capacidade geral e específica de combinação dessas matrizes, bem como explorar a heterose com base nos efeitos aditivos e dominância com enorme possibilidade de progênes mais produtivas que seus parentais.

### Conclusões

As progênes de *P. caribaea* var. *hondurensis* apresentam alta divergência genética. O caráter volume foi o que mais contribuiu para a divergência genética entre os genótipos.

A maioria das progênes de *P. caribaea* var. *hondurensis* agruparam-se em apenas um grupo.

Com base na divergência genética estimada para população de *P. caribaea* var. *hondurensis* deve-se priorizar cruzamentos entre indivíduos de grupos de progênes divergentes para formação de híbridos e pouco divergentes para uso em programas de retrocruzamentos.

### Agradecimentos

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo auxílio financeiro, a empresa Resineves Agroflorestal Ltda e a Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira (UNESP/FEIS) pelo apoio nas coletas de dados.

### Referências

- Aguiar, A. V. de et al. Variação genética em progênes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* em Barra Velha, SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. **Panorama atual e perspectivas do melhoramento de plantas no Brasil**. [Búzios]: SBMP, 2011. CD-ROM.
- Cruz, C. D. **Programa genes**: análise multivariada e simulação. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 175 p.
- Cruz, C. D. & Regazzi, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.
- Dias, L. A. S. & Resende, M. D. V. Estratégias e métodos de seleção. In: DIAS, L. A. S. (Ed.). **Melhoramento genético do cacaueteiro**. Viçosa, MG: FUNAPE, 2001. p. 217-287.
- Falconer, D. S. & Mackay, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4th. ed. Essex: Longman, 1996.
- Hernandez, F. B. T. et al. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS/Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p.
- Humphreys, M. O. A genetic approach to the multivariate differentiation of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) populations. **Heredity**, v. 66, p. 437-443, 1991. DOI: 10.1038/hdy.1991.53.
- Lamkey, K. R. Quantitative genetics of heterosis. In: Coors, J. G. & Pandey, S. (Ed.). **Genetics and exploitation of heterosis in crops**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soils Science Society of America, 1999. p. 31-43.
- Luz, O dos S. L. **Dissimilaridade genética entre matrizes de *Corymbia Citriodora* no Município de Dueré-TO**. 2014. 60 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi.
- Manfio, C. E. et al. Avaliação de progênes de macaúba na fase juvenil e estimativas de parâmetros genéticos e diversidade genética. **Revista Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 63-68, 2012. DOI: 10.4336/2012.pfb.32.69.63.
- Miranda, G.V. et al. Genetic diversity among elite Brazilian soybean cultivars with narrow genetic base. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, p. 115-23, 2001. DOI: 10.13082/1984-7033.v01n02a03.
- Missio, R. F. et al. Efeito do desbaste seletivo sobre a divergência genética em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Revista Scientia Forestalis**, n. 73, p. 27-36, 2007.
- Moraes, M. L. T. **Variação genética e aplicação da análise multivariada em progênes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret e Golfari**. 2001. 124 f. Tese (Livro Docência) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Nascimento, W. M. O. et al. Pré-melhoramento do camucamuzeiro: estudo de parâmetros genéticos e dissimilaridade, **Revista Ceres**, v. 61, n. 4, p. 538-543, 2014.
- Nikles, D. G. & Griffin, A. R. Breeding hybrids of forest trees: definitions, theory, some practical examples, and guidelines on strategy with tropical acacias. In: ACIAR Proceedings, 37. Canberra: ACIAR, 1992. p. 101-109.

- Resende, M. D. V. **Selegen-Reml/Blup**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.
- Sampson, J. F. et al. Long-term ‘islands’ in the landscape: low gene flow, effective population size and genetic divergence in the shrub *Hakea oldfieldii* (Proteaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 179, n. 2, p. 319–334, 2015. DOI: 10.1111/boj.12322.
- Santos, H. G. dos et al. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- Santos, W. **Varição genética e desempenho de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de madeira e resina**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- Sebbenn, A. M. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e var. *bahamensis*, EM Assis–SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 22, n. 2 p. 279-288, 2010.
- Sebbenn, A. M. et al. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 254, n. 2, p. 335-349, 2008. DOI: 10.1016/j.foreco.2007.08.009.
- Shimizu, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 223 p.
- Silva, J. M. et al. Divergência genética entre progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea* com base em caracteres quantitativos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 69-77, 2012. DOI: 10.4336/2012.pfb.32.69.69.
- Singh, O. & Sofi, A. H. Variability in seed traits and genetic divergence in a clonal seed orchard of *Dalbergia sissoo* Roxb. **Journal of Forestry Research**, v. 23, n. 1, p. 109–114, 2012. DOI: 10.1007/s11676-012-0240-x.
- Souza, D. C. L. Técnicas moleculares para caracterização e conservação de plantas medicinais e aromáticas: uma revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 495-503, 2015. DOI: 10.1590/1983-084X/13\_071.
- Sudré, C. P. et al. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 22-27, 2005. DOI: 10.1590/S0102-05362005000100005.

