

## Produção de Resina de *Pinus* e Melhoramento Genético

Alexandre Magno Sebbenn, Jarbas Yukio Shimizu, Ananda Virgínia de Aguiar

### 1. Introdução

A adoção e a domesticação de espécies florestais exóticas para produção comercial no Brasil vêm proporcionando grandes benefícios para o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões do País, principalmente nas áreas onde as características do solo e clima não são propícias para outras atividades agrícolas (MISSIO et al., 2004).

Dentre as espécies de rápido crescimento que tiveram sucesso como produtoras de madeira, celulose e resina, destacam-se as coníferas do gênero *Pinus*. As plantações comerciais, no Estado de São Paulo, começaram na década de 1960, feitas pelo Instituto Florestal de São Paulo e seguidas por empresas florestais, visando à produção de chapas de aglomerados e laminados, madeira para embalagens, móveis e celulose. Posteriormente, foi iniciada a exploração da resina, seguida de programas de melhoramento genético para aumentar a sua produtividade (MORAES, 2001).

Parte do sucesso do cultivo de pínus, atualmente no Brasil, deve-se aos programas de melhoramento genético visando ao aumento da produtividade e à melhoria da

qualidade dos produtos explorados. As principais características consideradas no melhoramento genético de pínus têm sido o incremento volumétrico, a forma do fuste, a intensidade e a espessura das ramificações, a densidade básica da madeira, o teor de celulose e a produção de resina, com ênfase na adaptabilidade aos ambientes em plantios comerciais.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de breu a partir da goma-resina de pínus, embora responda por apenas 7 % da produção mundial. Atualmente, a produção brasileira é de 106 mil t/ano (ARESB, 2007). Isso corresponde a um faturamento de US\$57 milhões, incluindo o produto *in natura* e os derivados da sua destilação como o breu e a terebintina. O preço da resina bruta, embora oscile anualmente, tem sido crescente nos últimos anos. Em 2003, era de US\$241,00/t, chegando a US\$539,00/t em 2006.

Os estados brasileiros produtores de resina de pínus são Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Tocantins. São Paulo é o maior produtor, gerando, anualmente, 43 mil t de resina de *Pinus elliottii* var. *elliottii* e 2 mil t de resina de pínus tropicais, principalmente *Pinus caribaea* var. *bahamensis*,

*P. caribaea* var. *caribaea*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. oocarpa* e *P. tecunumanii*. Em Minas Gerais, produz-se 23 mil t/ano e, no Rio Grande do Sul, 19 mil t/ano.

A liderança do Estado de São Paulo na produção de resina se deve às grandes extensões dos povoamentos de pinus, especialmente *P. elliottii* var. *elliottii* e os programas de melhoramento genético que possibilitaram grandes avanços na produtividade comercial. Além dessa espécie, *P. caribaea* var. *bahamensis* também figura como grande produtora de resina no estado. A produtividade de resina varia amplamente, desde menos de 1 kg/árvore.ano até mais de 8 kg/árvore.ano entre árvores individuais.

Visto que a herdabilidade da produção de resina varia de média a alta ( $h_i^2 = 0,20-0,60$ ) (ROMANELLI, 1988; GURGEL GARRIDO; KAGEYAMA, 1993; GURGEL GARRIDO et al., 1999a; SHIMIZU; SPIR, 1999; ROMANELLI; SEBBENN, 2004), existe perspectiva de aumento substancial na sua produtividade, mediante seleções e cruzamentos seletivos, explorando-se as variações entre espécies, procedências e indivíduos dentro de procedências.

Os programas de melhoramento genético para a produção de resina, no Estado de São Paulo, têm proporcionado um aumento na produtividade de até 60 % (ROMANELLI, 1995). Nos Estados Unidos, também, há relatos de sucessos em programas de melhoramento para essa característica (SQUILLACE, 1966). Além disso, as pesquisas têm mostrado que é fácil melhorar, simultaneamente, para alta produção de resina e outras características favoráveis como forma de fuste e caracteres de crescimento em *Pinus*.

## 2. Resina e Resinagem

A resina de pinus é uma secreção formada especialmente nos canais resiníferos das plantas da família Pinaceae. Ela tem várias funções, inclusive como a de cicatrizante de ferimentos, proteção contra ataque de insetos e fungos, além de possibilitar a eliminação de acetatos. Em seu estado flexível, ela é conhecida como óleo-resina (caso de pinus). Quando contém ácido benzóico ou ácido cinâmico, ela é chamada de bálsamo.

A destilação da resina de pinus resulta em uma fração volátil denominada terebintina e uma fixa conhecida como breu. A terebintina é utilizada como solvente de tintas e como matéria-prima na indústria química e farmacêutica. O breu é utilizado na fabricação de tintas, vernizes, plásticos, lubrificantes, adesivos, inseticidas e germicidas. Uma de suas utilizações mais importantes é na fabricação de cola de breu, de uso generalizado na indústria de papel (BRITO et al., 1978).

A exploração comercial da resina se inicia em árvores com oito a dez anos de idade e segue até aproximadamente 30 anos ou mais. No Brasil, todo o processo de extração da resina é manual. Inicialmente, raspa-se a camada externa da casca à altura de aproximadamente 20 cm do solo, numa área (painel) de 60 cm de altura por 15 cm a 20 cm de largura. Nessa área, faz-se uma estria, removendo-se uma faixa da casca até expor o tecido cambial. Nessa estria, aplica-se uma pasta ácida, composta de ácido sulfúrico, água e farelo de arroz, para impedir a cicatrização dos canais resiníferos. A resina escorre pela estria e é coletada em uma bolsa plástica, previamente fixada com fios de arame (Figura 1). Quinzenalmente, são feitas estrias sucessivas

para ativar novos canais resiníferos. As bolsas plásticas onde a resina é coletada são mantidas com um pouco de água para evitar a volatilização da terebintina. A extração da resina (resinagem) se processa na seguinte seqüência (GARRIDO et al., 1998):

- Escolha da árvore: como a produção de resina está diretamente relacionada ao diâmetro da árvore, deve-se escolher aquelas com, pelo menos, 15 cm de diâmetro no tronco a 20 cm de altura do solo;

- Limpeza do tronco onde será instalado o painel: utilizando-se de um raspador de casca, faz-se o nivelamento na casca, procurando-se deixar uma superfície lisa, sem ferimento no lenho;

- Formação do “bigode”: faz-se uma incisão na casca da árvore para a fixação da bolsa plástica para a coleta da resina;

- Colocação do coletor: a bolsa plástica é fixada com arame, de maneira que não permita o escorrimento da resina entre a bolsa e a casca da árvore;

- Estriagem: consiste em um corte, usando-se um ferro estriador, para remover a casca até a região do câmbio vascular, expondo, assim, os canais resiníferos. Em geral, a estria é feita com 2 cm a 3 cm de largura e de comprimento que depende do tamanho da bolsa coletora e do diâmetro da árvore. A estriagem é iniciada em meados de setembro ou quando a temperatura começa a aumentar e prossegue até o final de maio. Atualmente, muitos produtores estriam durante quase o ano todo;

- Estimulação química: o fluxo da resina é estimulado mediante aplicação de uma pasta ácida, com o auxílio de uma bisnaga (pisseta).



Figura 1. Painel de resinagem com estrias sucessivas e bolsa coletora fixada com fio de arame.  
Foto: Jarbas Yukio Shimizu.

### 3. Espécies de *Pinus* para Resinagem

Dentre mais de uma centena de espécies de *Pinus*, as mais indicadas para extração de resina são: *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. elliotii* var. *elliotii*, *P. hartwegii*, *P. kesiya*, *P. leiophylla*, *P. maximinoi*, *P. merkusii*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. palustris*, *P. patula*, *P. pinaster*, *P. ponderosa*, *P. pseudostrobus*, *P. roxburghii*, *P. tecunumanii* e *P. sylvestris*. Porém, nem todas são capazes de se adaptar às condições ecológicas (climáticas e edáficas) do Brasil. *Pinus elliotii* é a espécie mais plantada para esse propósito, tanto no Brasil quanto nos

Estados Unidos. Ela oferece a mais alta produção de goma-resina e de maior valor no mercado devido ao alto teor de pineno. Nas regiões tropicais, destacam-se *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *P.*

*caribaea* var. *hondurensis*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi* e *P. tecunumanii* como as mais importantes para a produção de madeira e resina (Figura 2).

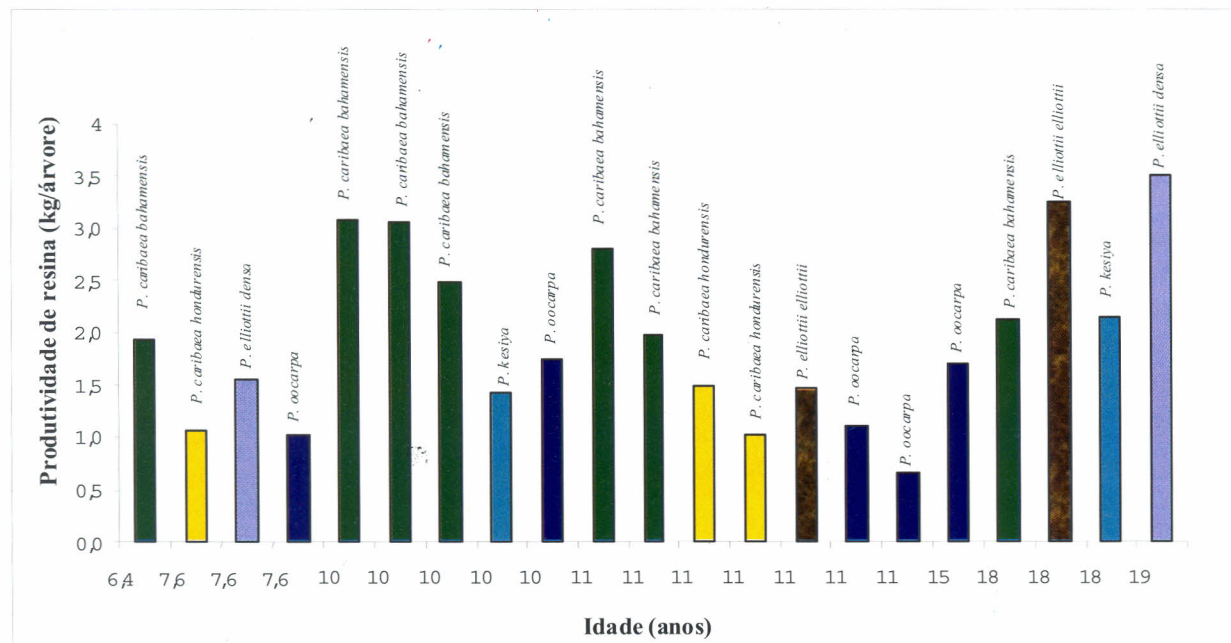


Figura 2. Potencial resineiro (kg/árvore.ano) de diversas espécies de pínus (BRITO et al., 1978; BERTOLANI; NICOLIELO, 1978; CAPITANI et al., 1980; GURGEL GARRIDO et al., 1982; GURGEL GARRIDO et al., 1983; 1996; RIBAS et al., 1983).

À semelhança das demais espécies de coníferas, os pínus são polinizados pelo vento. O grão de pólen de pínus é transportado por grandes distâncias, favorecido pelo tamanho reduzido e pela presença de sacos de ar que facilitam a flutuação. O sistema de reprodução em pínus é bissexual monóico (estruturas reprodutivas masculinas e femininas produzidas na mesma planta, mas, em estróbilos ("flores") distintos (Figura 3). Em geral, na parte superior da copa, as "flores" são femininas e, na parte inferior, masculinas. Esta distribuição é, provavelmente, parte do

mecanismo natural para minimizar a autofecundação.

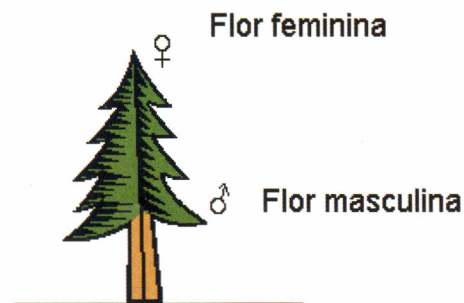


Figura 3. Localização das "flores" de cada sexo em pínus.

O sistema de reprodução das espécies da família Pinaceae é, geralmente, misto. A reprodução pode ocorrer tanto por cruzamento entre indivíduos distintos quanto por autofecundação, embora haja um predomínio de reprodução cruzada.

A média das estimativas da taxa de cruzamento em 28 espécies do gênero *Pinus* (Figura 4) é de 88 % e 12 % de autofecundação. Estudos em populações naturais têm revelado, também, a ocorrência de cruzamentos entre indivíduos aparentados (CHANGTRAGOON; FINKELDEY, 1995; MITTON et al., 1997; ZHENG; ENNOS, 1997; LEDIG et al., 2001; ROBLEDO-ARNUNCIO et al., 2004), indicando a ocorrência de estrutura genética espacial em que indivíduos localizados espacialmente próximos têm maior probabilidade de serem parentes. A causa disso, em populações naturais, é a

predominância da dispersão de sementes por pequenas distâncias, levando à maior frequência de regeneração próxima à árvore matriz.

Tem-se observado que uma fração importante dos cruzamentos em populações naturais é correlacionada (MITTON et al., 1997; LEDIG et al., 2001; ROBLEDO-ARNUNCIO et al., 2004), de maneira que, parte das sementes produzidas é aparentada no grau de irmãos-completos. Autofecundações, cruzamentos entre parentes e cruzamentos correlacionados produzem desvios em relação aos cruzamentos aleatórios e promovem aumento na endogamia das gerações subseqüentes. Se uma árvore não for endogâmica ( $F = 0$ ), a sua autofecundação gera, no mínimo, 50 % de endogamia nos descendentes.

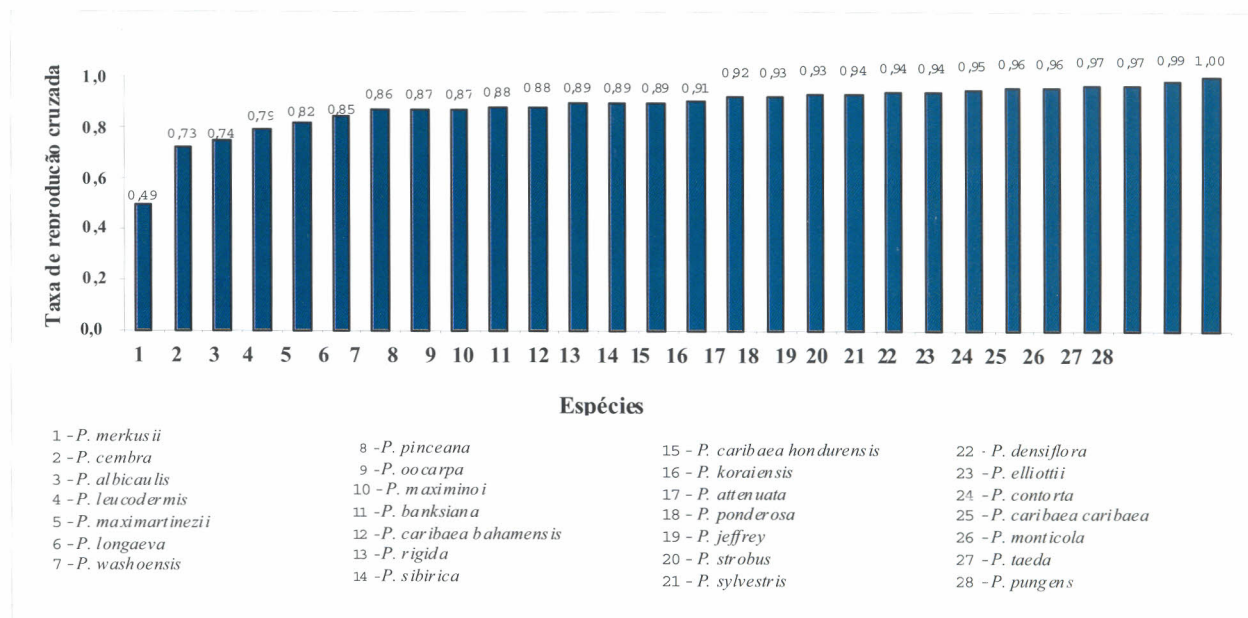


Figura 4. Estimativas da taxa de reprodução cruzada em espécies de *Pinus*, a partir de dados de marcadores genéticos (isoenzimas e microssatélites).

O cruzamento entre indivíduos aparentados gera endogamia biparental igual ao coeficiente de coancestria entre os parentais cruzados. Assim, progênies ou sementes coletadas de polinização aberta de uma árvore serão compostas por uma mistura de parentescos como irmãos de autofecundação, irmãos-completos e meios-irmãos. Portanto, o tamanho efetivo nas sementes é menor do que o esperado por cruzamentos aleatórios, pois progênies de polinização aberta não geram, exclusivamente, meios-irmãos como se pressupõe muitas vezes. Assim, para se estimar parâmetros genéticos, deve-se considerar um grau de parentesco maior entre os descendentes. Em vista disso, Bridgwater (1992) sugeriu utilizar o coeficiente de parentesco ( $r_{xy}$ ) entre plantas dentro de progênies de 0,33 ao invés de 0,25, para corrigir as estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos na seleção.

#### 4. Melhoramento Genético de Pinus para Produção de Resina

Apesar da sua ampla distribuição geográfica, experiências com *P. elliottii*, no Brasil, não têm demonstrado variação significativa entre origens geográficas das sementes quanto aos caracteres de crescimento (FONSECA, 1978; ARAÚJO, 1980). Em contraste, Rockwood et al. (2001) detectaram variações significativas entre procedências em volume, tanto no Brasil quanto na Argentina. Porém, não existem informações deste tipo quanto à produtividade de resina de *P. elliottii*.

##### 4.1. Herdabilidade

Em *P. caribaea* var. *bahamensis*, foi detectada, em Paraguaçu Paulista, Estado de

São Paulo, variação genética entre origens das sementes quanto à produção de resina (GURGEL GARRIDO et al., 1999b). Altas variações genéticas entre progênies têm sido detectadas nos caracteres de crescimento e produção de resina em *P. elliottii* e *P. caribaea* var. *bahamensis* (ROMANELLI, 1988; GURGEL GARRIDO; KAGEYAMA, 1993; GURGEL GARRIDO et al., 1999a; SHIMIZU; SPIR, 1999; ROMANELLI; SEBBENN, 2004). Estimativas de parâmetros genéticos em testes de progênies de *P. elliottii* têm revelado que a produção de resina é de herdabilidade moderada a alta (SQUILLACE; GANSEL, 1968; SQUILLACE; BENGTSON, 1961?; SQUILLACE, 1966; PETERS, 1971; TADESSE et al., 2001; ROBERDS et al., 2003), podendo ser maior que 60 %, com coeficiente de variação genética maior que 10 %. Isso tem proporcionado estimativas de ganhos genéticos de até 60 % (ROMANELLI, 1995; GURGEL GARRIDO et al., 1999a), mediante seleção de matrizes.

##### 4.2. Correlação entre caracteres

A avaliação da produtividade de resina de árvores individuais é uma operação trabalhosa e sujeita a muitos erros. Portanto, se houvesse uma forma indireta de seleção, com base em uma variável mais fácil e de maior precisão para ser avaliada, o trabalho de melhoramento genético da produtividade de resina seria mais simplificado. Para isso, é necessário que haja correlação genética entre alguma variável de fácil avaliação com a produtividade de resina. Estudos têm revelado valores positivos, mas altamente variáveis, nas correlações genéticas entre caracteres de crescimento com a produtividade de resina, desde praticamente nula ( $r_g = 0,05$ ) até alta ( $r_g = 0,69$ ) (GURGEL GARRIDO; KAGEYAMA, 1993; ROMANELLI;

SEBBENN, 2004; ROBERDS et al., 2003). Isto sugere que, algumas vezes, é possível selecionar indivíduos com grande mérito genético na produtividade de resina com base nas suas características de crescimento, obtendo-se, assim, ganhos genéticos indiretos substanciais na produtividade de resina.

#### 4.3. Interação genótipo-ambiente para produção de resina

A despeito da importância da interação genótipo-ambiente no melhoramento florestal, existem poucos estudos nesse aspecto, quanto à produtividade de resina. Interações significativas na produtividade de resina, em progênies de polinização livre de *P. elliotii*, com os locais de plantio (Itapeva, Itapetininga e Angatuba, no Estado de São Paulo), têm sido observadas, aos 12 anos de idade (ROMANELLI; SEBBENN, 2004). Neste caso, a seleção individual por local foi sugerida como a mais indicada, em um esquema de melhoramento de multipopulações em que genótipos específicos são selecionados para cada ambiente para maximizar os ganhos genéticos.

#### 4.4. Seleção precoce

Estudos com *P. elliotii* têm revelado correlações genéticas entre a fase juvenil (3,5 anos) e a idade de exploração na produção de resina, variando de 0,57 a 0,91, sugerindo a possibilidade da seleção precoce (GURGEL GARRIDO et al. 1993; 1994). Da mesma forma, foram relatadas correlações entre as idades de 4 e 12 anos, variando de 0,39 a 0,85 (ROMANELLI; SEBBENN, 2004). Estimativas de respostas correlacionadas em *P. elliotii* entre idades têm mostrado a possibilidade da aplicação de seleções precoces para o melhoramento genético da

produção de resina (GURGEL GARRIDO et al. 1993). Contudo, as estimativas de ganhos genéticos tenderam à redução, à medida que se aumentou a diferença entre a idade de seleção e a da exploração (GURGEL GARRIDO et al. 1993).

#### 4.5. Clonagem

A clonagem é uma ferramenta muito importante em programas de melhoramento florestal e pode ser usada para aumentar a produção de resina de pinus. Ela pode ser usada tanto para a multiplicação vegetativa de árvores geneticamente superiores, para uso em plantios comerciais, quanto para o estabelecimento de pomares de sementes. No caso do emprego de clonagem para plantios em grande escala, é importante ressaltar que o objeto da clonagem é a árvore selecionada e não as plântulas originadas de suas sementes. Mesmo que a árvore matriz seja superior, suas sementes não serão, necessariamente, superiores, pois podem ter sido geradas por fecundação com pólenes de indivíduos de baixo valor genético para as características desejadas.

A clonagem de pinus pode ser feita por micropropagação, estaquia ou enxertia. A enxertia é mais utilizada para o estabelecimento de pomares clonais, normalmente por garfagem no topo, visando obter florescimento precoce e produção de sementes melhoradas, no prazo mais curto possível. Porém, plantios comerciais com propágulos vegetativos dependem da eficiência da clonagem e isso envolve a estaquia ou a micropropagação, incluindo tecnologias em rápida expansão como a embriogenia somática. Exceto em espécies como *P. radiata* e *P. patula*, a clonagem de

pínus por micropopagação ou por estaquia é um grande problema devido à dificuldade de enraizamento.

#### 4.6. Hibridação

A hibridação interespecífica é uma ferramenta poderosa que pode ser utilizada no melhoramento florestal e seu êxito depende da compatibilidade entre as espécies envolvidas. No gênero *Pinus*, existem evidências de hibridações naturais entre várias espécies como, por exemplo, *P. montezuma* x *P. oaxacana*, *P. ponderosa* x *P. jeffreyi*, *P. ponderosa* x *P. washoensis*, *P. ponderosa* x *P. engelmannii*, *P. strobus* x *P. monticola*, *P. ponderosa* x *P. arizonica* (MIROV, 1967) e *P. taeda* x *P. palustris* (DORMAN, 1976). Todas as espécies do gênero apresentam o mesmo número de cromossomos,  $n = 12$  e  $2n = 24$  (MIROV, 1967) e similaridade na sua morfologia (SANTAMOUR, 1960). Essa é uma característica que facilita a hibridação interespecífica.

Estudos citológicos de híbridos  $F_1$  de várias espécies de *Pinus* (*P. griffithii* x *P. strobus*; *P. griffithii* x *P. parviflora*; *P. parviflora* x *P. strobus*; *P. holfordiana* x *P. parviflora*) têm revelado a ocorrência de meiose aproximadamente normal, gerando indivíduos vigorosos de alta fertilidade (SAX, 1960). Uma das grandes vantagens da hibridação interespecífica é a possibilidade de explorar a heterose ou o vigor dos híbridos. Este é o oposto da: a) depressão por endogamia, que resulta da homozigose de alelos idênticos por descendência, cuja frequência aumenta em decorrência de cruzamentos entre indivíduos aparentados e por autofecundações; e b) depressão por exogamia, que resulta do cruzamento entre indivíduos cujos genomas

sejam muito divergentes, ao ponto de dificultar o pareamento dos alelos. Híbridos gerados de cruzamentos desse tipo, normalmente, resultam em indivíduos defeituosos, de baixo vigor e desempenho.

Heterose refere-se ao desempenho maior dos híbridos em relação à média de seus parentais. Como exemplos de híbridos de *Pinus* de grande importância econômica citam-se o cruzamento entre *P. nigra* e *P. resinosa* (DUFFIELD; SNYDER, 1958), assim como o híbrido entre *P. elliotii* e *P. caribaea* na Austrália (NIKLES, 1964) e o de grande resistência ao frio e rápido crescimento, utilizado na Coreia do Sul, resultante do cruzamento entre *P. taeda* e *P. rigida* (HYUN, 1976).

A maioria dos sucessos na hibridação em pínus tem sido obtida pela combinação de espécies da mesma subseção taxonômica. Por exemplo, *P. elliotii* var. *elliotii* com espécies de pínus tropicais (*P. caribaea*, *P. tecunumanii* e *P. oocarpa*), que pertencem à mesma subseção *Australes* (WRIGHT, 1976). Como estas espécies são produtoras de resina, existe a oportunidade para se obter híbridos que combinem as características de alta produtividade e qualidade de resina com rápido crescimento e adaptação aos diferentes tipos de ambientes. No entanto, existem, também, evidências de incompatibilidade entre espécies, como no caso de *P. caribaea* x *P. nigra*, *P. rigida* x *P. resinosa*, *P. nigra* x *P. rigida* e *P. rigida* x *P. elliotii*. Isso tem sido atribuído, em alguns casos, à inabilidade de o tubo polínico chegar ao óvulo (MIROV, 1967).

A hibridação interespecífica pode trazer grandes progressos genéticos em programas de melhoramento para a produção de resina.

Por exemplo, entre as espécies com destaque na produção de resina, tem-se *P. elliottii* e *P. caribaea* var. *bahamensis*. A primeira produz maior quantidade e melhor qualidade de resina do que a segunda. Porém, *P. elliottii* tem crescimento menor que *P. caribaea* var. *bahamensis*. Portanto, o híbrido *P. elliottii* x *P. caribaea* var. *bahamensis* pode dar origem a indivíduos que combinem alta qualidade e quantidade de resina com rápido crescimento, além da capacidade de crescer bem em ambientes propícios para cada uma das espécies parentais. Para se obter isso, primeiramente, é necessário selecionar, de cada espécie, árvores superiores em termos de produtividade de resina e, posteriormente, fazer cruzamentos controlados para gerar os híbridos.

#### 4.7. Estratégias de melhoramento genético para produção de resina

A maioria das espécies de pínus plantadas para produção de resina, no Brasil, já apresenta algum grau de domesticação. Em muitos casos, já se conhecem as espécies mais indicadas, em termos de crescimento, nas diversas regiões brasileiras. No entanto, praticamente não há informação quanto às variações entre procedências na produtividade de resina.

Uma estratégia para se avançar rapidamente na produtividade de resina é a seleção massal nos próprios plantios comerciais. Grande variação fenotípica individual na produção de resina tem sido observada em plantios comerciais, em especial nas espécies tropicais. Esta variação é a base do melhoramento florestal e pode ser explorada mediante seleção de matrizes. A herdabilidade de magnitude moderada a alta

indica que grande parte da variação fenotípica observada entre plantas é de natureza genética e pode ser explorada mediante seleção de matrizes.

Existem diversos relatos de êxito no melhoramento genético da produtividade de resina (SQUILLACE, 1966). Estudos têm mostrado que árvores de alta produtividade de resina geram descendentes, também, altamente produtivas, chegando a produzir 66 % mais resina do que as descendentes de matrizes de produtividade mediana (McREYNOLDS; GANSEL, 1985). Isso evidencia a eficiência da seleção de matrizes na transferência do caráter para a geração seguinte. A rápida resposta sugere que o número de genes envolvido no controle da produtividade de resina seja pequeno e de grande efeito.

Evidências de correlação genética positiva e significativa entre a produção de resina e os caracteres de crescimento (ROBERDS et al., 2003; GURGEL GARRIDO; KAGEYAMA, 1993; ROMANELLI; SEBBENN, 2004) mostram que existe possibilidade de seleção indireta, com perspectivas de ganhos na produtividade de resina, mediante seleção de matrizes de maior crescimento. Assim, sugerem-se duas formas alternativas para o melhoramento da produtividade de resina:

##### a) Esquema clássico

O esquema clássico é baseado na seleção massal (seleção de matrizes em povoamentos comerciais, seguida da coleta de sementes de polinização livre e de propágulos vegetativos) para a implantação simultânea de um teste de progênies e de um pomar clonal não testado (Figura 5). O teste de progênies

servirá para se estimar o valor genético das matrizes. Com base nessa informação, efetua-se a seleção genética no pomar, transformando-o em um pomar clonal testado. Com base nos resultados do teste de progênies, selecionam-se, no próprio teste, as progênies e indivíduos de maior valor. A

remoção de famílias (progênies) inteiras e de árvores não selecionadas permite transformar o teste de progênies em um pomar de sementes por mudas. Tanto as sementes produzidas no pomar clonal testado quanto no pomar por mudas poderão ser usadas diretamente para os plantios comerciais.

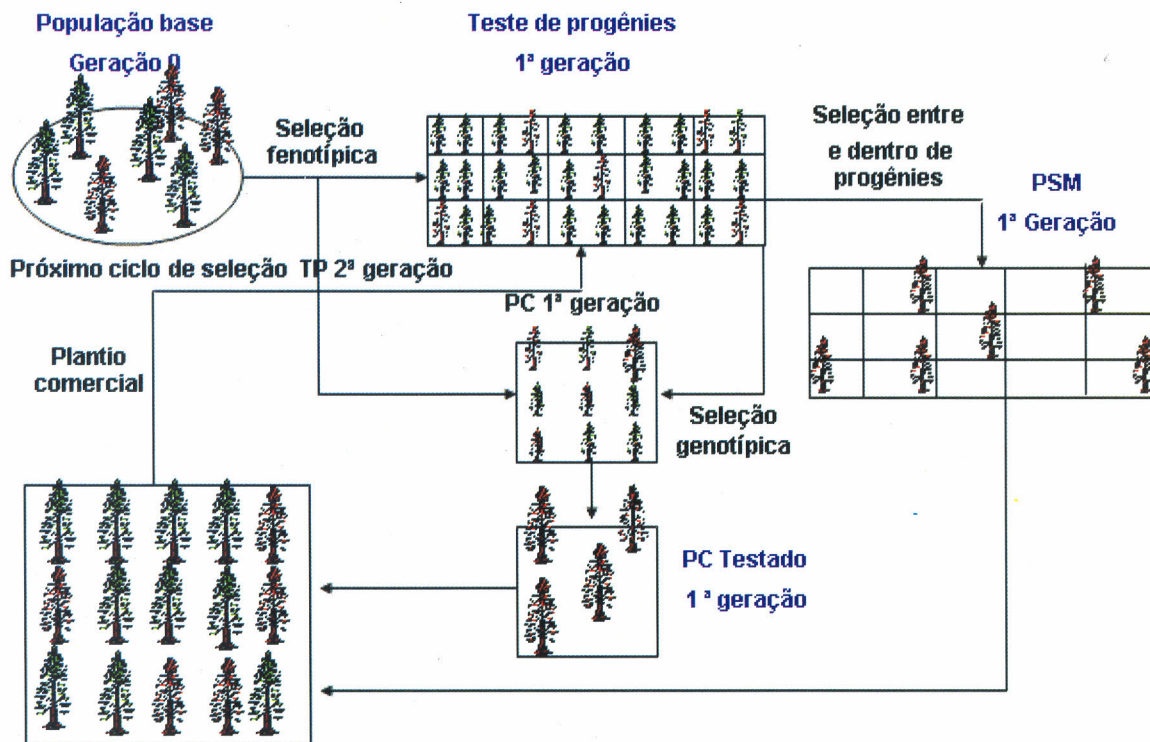


Figura 5. Esquema clássico de seleção no melhoramento de *Pinus*, para produção de resina.

Os povoamentos estabelecidos com a finalidade de exploração de resina têm, também, outras formas de utilização. Normalmente, após o período de resinagem, as árvores são abatidas para o aproveitamento da madeira. Por isso, é necessário que os programas de melhoramento da produtividade de resina sejam implementados procurando-se combinar essa característica com o rápido crescimento e a forma de fuste (fuste reto) (SEBBENN, 2005). Uma proposta recente é a estratégia que inclui a seleção de árvores superiores em níveis independentes para fuste reto e alta produtividade de resina, baseado em três fases: *i*) identificação de árvores possivelmente superiores; *ii*) pré-seleção, e *iii*) seleção de árvores superiores.

b) Cruzamentos controlados

As árvores envolvidas nos cruzamentos controlados são identificadas na seleção massal. Os cruzamentos controlados são efetuados entre as árvores selecionadas, no próprio povoamento comercial. Com as sementes originadas desses cruzamentos, implantam-se testes de progênies de polinização controlada (Figura 6). Esperam-se ganhos genéticos maiores neste esquema do que no esquema clássico, visto que poderão ser determinadas as melhores combinações entre os parentais. Neste esquema de seleção, exploram-se tanto a capacidade geral de combinação quanto a capacidade específica que incorpora as variâncias genéticas aditiva e não-aditiva.

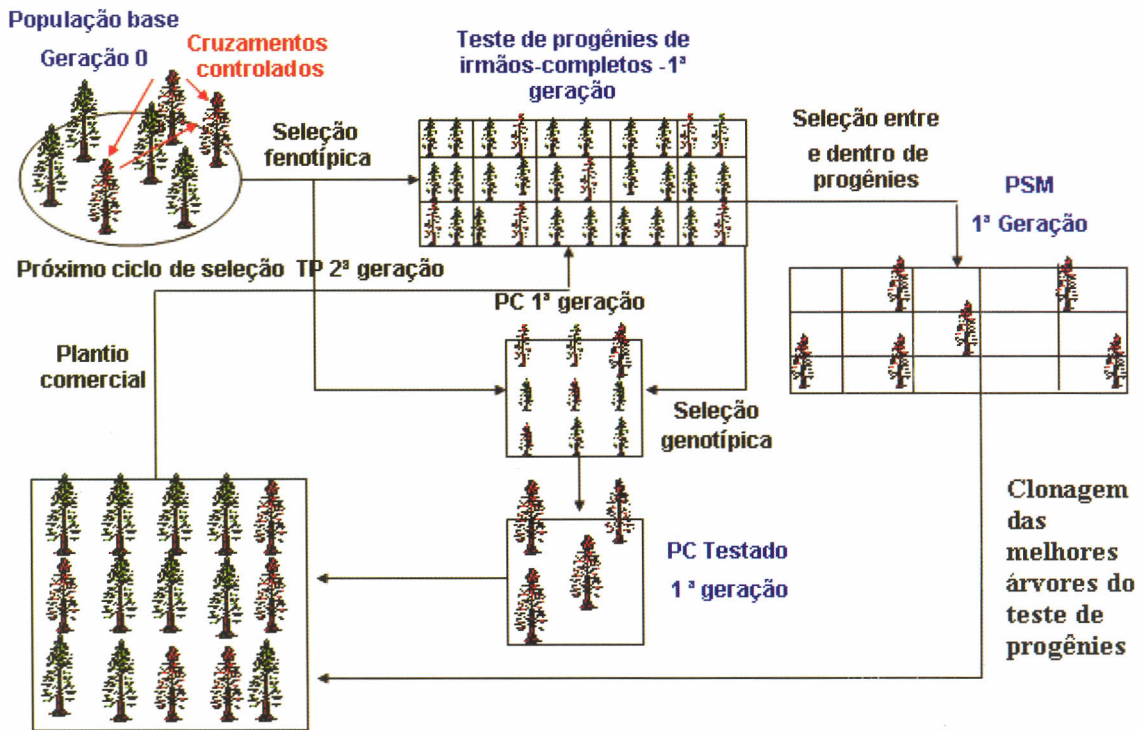


Figura 6. Esquema de seleção em *Pinus* para o melhoramento da produção de resina, com base em cruzamentos controlados entre matrizes, diretamente na população base.

Para efeito de ilustração, pode-se tomar como exemplo a produção hipotética de resina de um plantio comercial composto por apenas nove árvores (Figura 7). Neste exemplo, a produtividade de resina, no âmbito individual, varia de 0,8 até 7,2 kg/árvore.ano, com média de 3 kg/árvore.ano e desvio padrão de  $\pm 2,5$ . A seleção poderia ser realizada usando-se a medida de um desvio padrão maior que a média ( $3 + 2,5 = 5,5$  kg/árvore.ano) como limite, de maneira que seriam selecionadas as árvores **6** (6,4 kg/árvore.ano), **8** (5,6 kg/

árvore.ano) e **9** (7,2 kg/árvore.ano) para participarem dos cruzamentos controlados em que cada matriz é cruzada com todas as demais, inclusive em cruzamentos recíprocos. Com um esquema balanceado, poderão ser determinados não só os melhores pares de cruzamentos, mas também, se o desempenho de uma árvore seria melhor como polinizadora ou como produtora de sementes. Adicionalmente, as progênes geradas com os melhores cruzamentos poderão ser clonadas e utilizadas nos plantios comerciais.

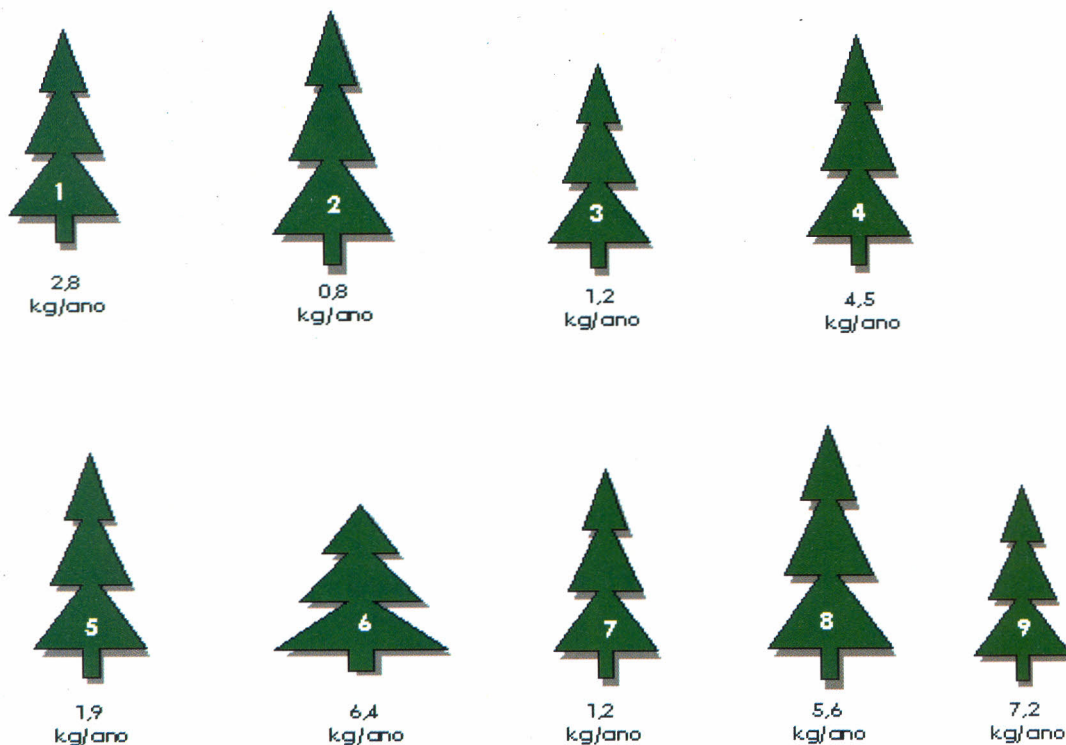


Figura 7. Representação hipotética da produtividade individual de resina em um povoamento de *Pinus*.

## 5. Referências

ARAÚJO, A. J. Early results of provenance studies of loblolly and slash pines in Brazil. 1980. 115 f. Thesis (Ph.D.) - Dept. of Forestry, Michigan State University, East Lansing.

ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL. **ARESB**: [home page]. Disponível em: <<http://www.aresb.com.br>>. Acesso em: 1 set. 2007.

- BERTOLANI, F.; NICOLIELO, N. Performance and tree improvement programme of tropical pines in the region of Agudos, SP, Brazil. In: NIKLES, D. G.; BURLEY, J.; BARNES, R. D. **Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees**. Oxford: CFI: 1978. v. 2, p. 808-818.
- BRIDGWATER, F. Mating designs. In: FINS, L.; FRIEDMAN, S. T.; BROTSCHOL, J. V. **Handbook of quantitative forest genetics**. London: Kluwer Academic Publ., 1992. p. 69-95.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; TREVISAN, J. F. Condições climáticas e suas influências sobre a produção de resinas de pinheiros tropicais. **IPEF**, n. 16, p. 37-45, 1978.
- CAPITANI, L. R.; SPELTZ, G. E.; BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. A potencialidade de resinagem de quatro espécies de *Pinus* tropicais, na região de Sacramento – MG. **IPEF. Circular Técnica**, Piracicaba, n. 110, p. 1-10, 1980.
- CHANGTRAGOON, S.; FINKELDEY, R. Patterns of genetic variation and characterization of the mating system of *Pinus merkusii* in Thailand. **Forest Genetics**, v. 2, p. 87-97, 1995.
- DORMAN, K. W. **The genetics and breeding of southern pines**. Washington, D.C.: USDA, Forest Service, 1976. 407 p. (USDA. Agriculture Handbook, 471).
- DUFFIELD, J.; SNYDER, B. Benefits from hybridizing American forest trees. **Journal of Forestry**, v. 58, p. 809-815, 1958.
- FONSECA, S. M. Síntese do programa de melhoramento florestal que vem sendo conduzido pelo IPEF-Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, na Região Sul do Brasil. **Silvicultura em São Paulo**, v. 2, p. 241-244, 1978.
- GARRIDO, M. A. O.; DAL POZ, R.; FEITAS, J. A.; ROCHA, F. T.; GURGEL GARRIDO, L. M. A. **Resinagem**: manual técnico. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente: Instituto Florestal, 1998. 23 p.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; GARRIDO, M. A. O.; KAGEYAMA, P. Y. Teste de progênies precoce de meios-irmãos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. de árvores superiores para a produção de resina. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 20/22, p. 31-39, 1986/88.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; ROMANELLI, R. C.; GARRIDO, M. A. O. Variabilidade genética de produção de resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et. Golf. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, p. 89-98, 1996.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; CRUZ, S. F.; RIBAS, C. Interação genótipos por locais em *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 11, p. 1-12, 1999a.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; GARRIDO, M. A. O.; PIRES, C. L. S.; PALOMO, M. Variação genética em progênies e procedências de *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis*. Barr. et Golf. para produção de resina e características de crescimento. **Revista do Instituto Florestal**, v. 11, p. 105-121, 1999b.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; KAGEYAMA, P. Y. Evolução, com a idade, de parâmetros genéticos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm., selecionados para a produção de resina. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, p. 21-37, 1993.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; RIBAS, C.; GARRIDO, M. A. O. Variabilidade da produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. **Revista do Instituto Florestal**, v. 6, p. 113-128, 1994.
- HYUN, S. K. Interspecific hybridization in pines with special reference to *P. rigida* x *taeda*. **Silvae Genetica**, v. 25, n. 5-6, p. 188-191, 1976.
- LEDIG, F. T.; MIGUEL, A.; CAPÓ-ARTEAGA, A.; HODGSKISS, P. D.; SBAY, H.; FLORES-LÓPEZ, C.; CONCKLE, M. T.; BERMEJO-VALÁZQUEZ, B. Genetic diversity and the mating system of a rare mexican piñon, *Pinus pinceana*, and a comparison with *Pinus maximartinezii* (Pinaceae). **American Journal of Botany**, Oklahoma, v. 88, n. 11, p. 1977-1987, 2001.
- McREYNOLDS, R. D.; GANSEL, C. R. High-gum-yielding slash pine: performance to age 30. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 9, p. 29-32, 1985.
- MIROV, N. T. **The genus Pinus**. New York: The Ronald Press Company, 1967. 638 p.
- MISSIO, R. F.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L. T.; PAULA, R. C. Seleção simultânea de caracteres em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis*. **Scientia Forestalis**, n. 66, p. 161-166, 2004.

- MITTON, J. B.; LATTA, R. G.; REHFELDT, G. E. The pattern of inbreeding in washoe pine and survival of inbred progeny under optional environmental conditions. *Silvae Genetica*, v. 46, p. 215-219, 1997.
- MORAES, M. L. T. **Variação genética e aplicação de análise multivariada em progênies de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* Barret e Golfari.** 2001. Tese (Livro Docência em Silvicultura) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira.
- NIKLES, D. G. Cross progenies of *P. elliottii* x *P. caribaea*. *Australian Forest Research*, v. 1, p. 32-33, 1964.
- PETERS, W. J. Variation in oleoresin yielding potential of selected slash pines. *Forest Science*, v. 17, n. 3, p. 306-307, 1971.
- RIBAS, C.; GURGEL GARRIDO, L. M. A.; GARRIDO, M. A. O.; ASSINI, J. L.; ROCHA, A. D. Resinagem de *Pinus* – comparação entre técnicas operacionais e estimulantes químicos. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, v. 38, n. 1, p. 35-46, 1984.
- ROBERDS, J. H.; STROM, B. L.; HAIN, F. P.; GWAZE, D. P.; McKEAND, S. E.; LOTT, L. H. Estimates of genetic parameters for oleoresin and growth traits in juvenile loblolly pine. *Canadian Journal Forest Research*, v. 33, p. 2469-2476, 2003.
- ROBLEDO-ARNUNCIANO, J. J.; E SMOUSE, P. E.; GIL, L.; ALÍA, R. Pollen movement under alternative silvicultural practices in native population of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in central Spain. *Forest Ecology and Management*, v. 197, p. 245-255, 2004.
- ROCKWOOD, D. L.; HUBER, D. A.; WHITE, T. L. Provenance and family variability in slash pine (*Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm.) grown in southern Brazil and northeastern Argentina. *New Forest*, v. 21, n. 2, p. 115-125, 2001.
- ROMANELLI, R. C. Seleção precoce em progênies de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 7, p. 101-103, 1995.
- ROMANELLI, R. C. **Variabilidade genética para produção de resina associada às características de crescimento em uma população de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. na região de Itapetininga-SP.** 1988. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ROMANELLI, R. C.; SEBBENN, A. M. Parâmetros genéticos e ganhos na seleção para produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii*, no Sul do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, v. 16, p.11-23, 2004.
- SANTAMOUR Jr., F. S. New chromosome counts in *Pinus* and *Picea*. *Silvae Genetica*, v. 9, p. 87-88, 1960.
- SAX, K. Meiosis in interspecific pine hybrids. *Forest Science*, v. 6, p. 135-138, 1960.
- SEBBENN, A. M. Método para a seleção de árvores superiores para forma do fuste e produção de resina em plantios comerciais de *Pinus sp.* *IF Série Registros*, São Paulo, n. 28, p. 1-11, jan. 2005.
- SHIMIZU, J. Y.; SPIR, I. H. Z. Seleção de *Pinus elliottii* pelo valor genético para alta produção de resina. *Boletim de Pesquisa Florestal*, n. 38, p. 103-117, 1999.
- SQUILLACE, A. E. Combining superior growth and timber quality with high gum yield in slash pine. In: SOUTHERN CONFERENCE ON FOREST TREE IMPROVEMENT, 8., 1965, Savannah. *Proceedings*. [S.l.: s.n. 1966]. p. 73-76. Disponível em: < <http://www.rngr.net/Publications/sftic> >. Acesso em: 1 set. 2007.
- SQUILLACE, A. E.; BENGTON, G. W. Inheritance of gum yield and other characteristics of slash pine. In: SOUTHERN FOREST TREE IMPROVEMENT CONFERENCE, 6., 1961, Gainesville. *Proceedings*. [S.l.: s.n. 1961]. p. 85-96. Disponível em: < <http://www.rngr.net/Publications/sftic> >. Acesso em: 1 set. 2007.
- SQUILLACE, A. E.; GANSEL, C. R. **Assessing the potential oleoresin yields in slash pine progenies at juvenile ages.** Asheville: USDA, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, 1968. 3 p. (USDA. For. Serv. Res. Note SE-95). Disponível em: < [http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/rn/rn\\_se095.pdf](http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/rn/rn_se095.pdf) >. Acesso em 1 set. 2007.
- TADESSE, W.; NANOS, N.; AUÑON, F. J.; ALÍA, R.; GIL, L. Evaluation of high resin yielders of *Pinus pinaster* Ait. *Forest Genetics*, v. 8, p. 271-278, 2001.
- WRIGHT, J. W. **Introduction to forest genetics.** New York: Academic Press, 1976. 461 p.
- ZHENG, Y.; ENNOS, R. Changes in the mating systems of populations of *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* under domestication. *Forest Genetics*, v. 4, p. 209-215, 1997.