

Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 233

Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas

Ananda Virgínia de Aguiar
Valderês Aparecida de Sousa
Elenice Fritzsons
José Elidney Pinto Junior

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2011

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,
83411-000, Colombo, PR - Brasil
Caixa Postal: 319
Fone/Fax: (41) 3675-5600
www.cnpf.embrapa.br
sac@cnpf.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos
Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida
Membros: Álvaro Figueredo dos Santos, Antonio Aparecido
Carpanezi, Cláudia Maria Branco de Freitas Maia, Dalva Luiz
de Queiroz, Guilherme Schnell e Schuhlí, Luís Cláudio Maranhão
Froufe, Marilice Cordeiro Garrastazu, Sérgio Gaiad

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos
Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté
Normalização bibliográfica: Francisca Rasche
Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté
Foto da capa: Ananda Virgínia de Aguiar

1ª edição

Versão digital (2011)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) ***Embrapa Florestas***

Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas [recurso eletrônico] / Ananda Virgínia de Aguiar... [et al.]. - Dados eletrônicos - Colombo : Embrapa Florestas, 2011. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 233)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

< <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc233.pdf> >

Título da página da web (acesso em 10 abr. 2012).

1. Pinus. 2. Melhoramento genético vegetal. 3. Embrapa Florestas. I. Aguiar, Ananda Virgínia de. II. Sousa, Valderês Aparecida de. III. Fritzsons, Elenice. IV. Pinto Junior, José Elidney. V. Título. VI. Série.

CDD 634.6751 (21. ed.)

Autores

Ananda Virgínia de Aguiar

Engenheira-agrônoma, Doutora
Pesquisadora da Embrapa Florestas
ananda@cnpf.embrapa.br

Valderês Aparecida de Sousa

Engenheira Florestal, Doutora
Pesquisadora da Embrapa Florestas
valderes@cnpf.embrapa.br

Elenice Fritzsons

Engenheira-agrônoma, Doutora
Pesquisadora da Embrapa Florestas
elenice@cnpf.embrapa.br

José Elidney Pinto Junior

Engenheiro Florestal, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
zeito@cnpf.embrapa.br

Apresentação

Os plantios de pinus tem grande importância para o setor florestal brasileiro, atendendo ao mercado interno em vários segmentos socioeconômicos e também ao mercado externo. Estão presentes nas cadeias produtivas de diferentes produtos, como laminados, madeira serrada, papel e celulose, chapas e energia, sendo produzido desde pequenos produtores até segmentos industriais. Sua principal área de abrangência é a Região Sul e Sudeste, mas já existem muitas experiências positivas de plantios em regiões tropicais, com espécies adequadas.

A produtividade dos plantios de pinus tem aumentado nos últimos anos. No entanto, ainda existe uma forte demanda para ampliação da base florestal existente, sendo importante a ampliação de novas áreas com material genético melhorado.

Nesse documento são abordados aspectos relevantes do melhoramento de pinus e ações futuras propostas pela Embrapa Florestas.

Washington L. E. Magalhães
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Introdução	9
Objetivos do programa de melhoramento	15
Recursos genéticos das espécies	16
<i>Pinus maximinoi</i>	18
<i>P. tecunumanii</i>	20
<i>Pinus elliottii</i>	22
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	24
<i>Pinus taeda</i>	26
<i>Pinus oocarpa</i>	28
<i>Pinus chiapensis</i>	30
<i>Pinus greggii</i>	31
Histórico do melhoramento de pinus no Brasil	33
Estratégias de melhoramento	36
Aspectos gerais do gênero	36
Estratégia geral de melhoramento.....	38
Desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias	46
Ferramentas para a propagação vegetativa de pinus	46
Indução de florescimento precoce	47
Coleta e manuseio de pólen de pinus.....	48
Polinização controlada	51
Aplicações de marcadores genéticos, NIR, seleção genômica ampla e transgenia	55
Zoneamento edafoclimático	58
Desenvolvimento experimental	61

Estratégias de conservação genética	63
Perspectivas Futuras	69
Referências.....	71

Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas

Ananda Virgínia de Aguiar

Valderês Aparecida de Sousa

Elenice Fritzsos

José Elidney Pinto Junior

Introdução

O gênero *Pinus* apresenta um grande potencial silvicultural e apesar de ser composto por cento e dez espécies, poucas são exploradas economicamente (DVORAK et al., 2000f). Em escala comercial, o plantio de pinus no Brasil iniciou-se na década de 1960, principalmente na Região Sul e Sudeste do país. As plantações florestais deste gênero foram importantes fontes de matéria prima para o desenvolvimento da indústria florestal brasileira, nas décadas de 1970 e 1980, sendo que o primeiro setor a ser beneficiado foi o de celulose e, posteriormente na década de 1990, as indústrias de madeira sólida (TUOTO; HOEFLICH, 2008).

Até o final de 2010, as florestas plantadas totalizavam uma área de 6,97 milhões de hectares, para atender o mercado de celulose e papel, serrados, energia e painéis de madeira, sendo que 1,76 milhões de ha são plantações de pinus concentradas na Região Sul (79,8%) do país (ANUÁRIO..., 2011).

O gênero *Pinus* representa atualmente 27,2% do total da área plantada, mas nos últimos seis anos, conforme relatado pela ABRAF (ANUÁRIO..., 2011), tem havido o decréscimo da área cultivada, evidenciando uma tendência de ligeira redução das áreas de plantio, quando comparada àquela de anos anteriores, em parte devido à substituição dessas áreas por eucalipto, cujo rendimento em volume de madeira é bem superior ao de pinus.

A produção madeireira anual sustentada de eucalipto e pinus no Brasil, segundo a ABRAF (ANUÁRIO..., 2011) é potencialmente estimada em 258,65 milhões de metros cúbicos, sendo que pinus representa aproximadamente um quarto desse total. Algumas espécies desse gênero têm sido importantes fontes de fibras longas de madeira, imprescindíveis à fabricação de papéis que exigem maior resistência mecânica e melhor qualidade para impressão gráfica (PINUS, 2007).

Mesmo diante da redução da área de plantio, ocorrida principalmente no período de 2005 a 2009, a utilização de pinus na indústria madeireira brasileira tem crescido (ANUÁRIO..., 2011). A madeira serrada proveniente de pinus tem sido responsável pelo abastecimento de aproximadamente duas mil serrarias em várias regiões do país (TUOTO; HOEFLICH, 2008). A maior parte da madeira serrada dessa espécie é destinada ao mercado nacional, em substituição à madeira de espécies nativas como o pinho (*Araucaria angustifolia*). A produção brasileira de celulose e pasta de alto rendimento de fibra longa (pinus) tem sido modesta (2,4%) em relação ao crescimento de celulose de fibra curta (eucalipto), que nas últimas décadas teve um crescimento de 7,5% (MARTO et al., 2006; TUOTO; HOEFLICH, 2008). O consumo anual de madeira em toras de eucalipto e pinus, para uso industrial no Brasil, em 2010, segundo estimativas fornecidas pela ABRAF (ANUÁRIO..., 2011), foi da ordem de 169,12 milhões de metros cúbicos, sendo que a participação da madeira de pinus representou aproximadamente

um terço desse total, ao atendimento dos segmentos de celulose e papel (13,6%), painéis reconstituídos (66,4%), indústria da madeira (89,2%), lenha (22,1%) e outros (14,5%).

Os principais produtores da madeira de pinus, em termos de área plantada, localizam-se respectivamente no Paraná (39,1%), Santa Catarina (31,1%), Rio Grande do Sul (9,6%), São Paulo (9,2%), Minas Gerais (7,8%) e outros estados (3,3%). As indústrias de celulose, painéis e de móveis que consomem a maior quantidade de madeira de pinus estão situadas nesses estados que somam aproximadamente 89% do total da área plantada com esse gênero. De acordo com Rosa et al. (2007), os Estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná participam com 15,2%, 12,5% e 13,2%, respectivamente da produção brasileira de móveis, sendo a maioria com madeira de pinus. Conforme autores, os estados que mais exportam móveis são Santa Catarina (43,7%) e Rio Grande do Sul (27,31%).

A distribuição do plantio de pinus no Brasil divide-se em duas principais grandes zonas: as regiões de clima temperado e a de clima tropical e subtropical. Na primeira zona, onde se observa a predominância de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, abrangem principalmente a Região Sul e parte do Sudeste do Estado de São Paulo. As duas espécies apresentam resistência à geada e alta produtividade nas regiões onde são plantadas, que incluem os planaltos da Região Sul, até o norte do Paraná, com *Pinus taeda*, e a Região Sul, como um todo, parte do Sudeste, no Estado de São Paulo e nas regiões serranas do sul de Minas Gerais, com *Pinus elliottii* (SHIMIZU, 2006; SHIMIZU; SEBEN, 2008). A segunda zona abrange uma área maior, onde se encontram os plantios das espécies subtropicais e tropicais, como *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. tecunumanii*, *P. kesiya* e *P. patula*. Estas áreas são caracterizadas pela inexistência de geadas, estando sujeitas a um

período de deficiência hídrica e mostrando um grande potencial para a produção de madeira e resina (SHIMIZU, 2006; SHIMIZU; SEBBEN, 2008).

O programa de melhoramento de pinus no Brasil concentra-se naquelas espécies de maior valor econômico e, portanto, para a produção de celulose e papel, nas Regiões Sul e Sudeste. Dentre estas, destacam-se *P. taeda*, *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. elliotii* (para produção de resina – Instituto Florestal de São Paulo - IFSP). Para outras espécies com potencial produtivo, o programa de melhoramento genético ainda é incipiente devido à falta de informações sobre técnicas silviculturais, sementes com qualidade genética e características da madeira. O melhoramento genético, principalmente das espécies de maior valor econômico, tais como *P. taeda*, *P. elliotii* e *P. caribaea* var. *hondurensis*, possibilitou significativos ganhos de produtividade de madeira, contribuindo também para a melhoria da qualidade da matéria prima. De maneira geral, o melhoramento genético do gênero *Pinus* tem se restringido à avaliação de características relacionadas ao desenvolvimento (altura, diâmetro a 1,30 m do solo - DAP, volume) e forma do fuste, sendo que os estudos das características da qualidade da madeira têm sido direcionados mais para o setor de celulose e papel e apresentam pouca ou nenhuma aplicabilidade à indústria de transformação mecânica da madeira (MARTO et al., 2006). Houve, assim, pouco progresso das pesquisas visando à melhoria da qualidade de resina e da madeira destinada à fabricação de fibras, painéis e outros produtos de maior valor agregado.

Apesar da pesquisa florestal da Embrapa ter sido iniciada oficialmente somente em 1978, os trabalhos de melhoramento genético vêm sendo conduzidos desde o início da década de 1970, por meio da rede experimental herdada do ex-IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (atual IBAMA) (PINTO JÚNIOR; FERREIRA, 2008) época em que a atividade

florestal estava se intensificando. Isto ocorreu em função dos incentivos fiscais proporcionados pelo governo federal, visando estimular a produção de matéria-prima florestal, principalmente para o abastecimento de carvão vegetal para as indústrias siderúrgicas e de madeira e para as indústrias de celulose e papel (PINTO JÚNIOR; FERREIRA, 2008). Os resultados obtidos da avaliação dos ensaios de introdução de espécies e procedências, efetuadas pelo PRODEPEF-IBDF, sem dúvida subsidiaram significativamente inúmeros temas da pesquisa florestal realizada por diferentes instituições de pesquisa e empresas florestais privadas, contribuindo grandemente para o desenvolvimento do setor florestal brasileiro. Pinto Júnior e Ferreira (2008) citam exemplos da contribuição do ex-IBDF ao setor florestal brasileiro, com o gênero *Pinus*.

O programa de melhoramento genético de coníferas da Embrapa Florestas passou a ser implementado basicamente em 1988. Inicialmente foram instalados vários testes de espécies, seguidos pelos testes combinados de procedências e progênies, com o material genético disponibilizado por instituições internacionais e nacionais, com o propósito de selecionar árvores, dentro de famílias, com o maior valor genético e, em seguida, transformá-los em pomar de semente por mudas (PSM). A intensidade de seleção adotada foi mais branda, atentando-se para dois objetivos, avançar no melhoramento da produtividade e da qualidade, em cada local, e conservar uma ampla base genética para futuras recombinações. A Embrapa Florestas e seus parceiros dispõem de várias áreas de produção de sementes de primeira geração de diferentes espécies e pomares clonais de *P. elliotii*. A falta de tecnologias para propagação em larga escala tem contribuído negativamente para o programa de melhoramento de pinus. Atualmente, com o advento da embriogênese somática, a implementação de novas estratégias de melhoramento, como a implantação de testes clonais, o desenvolvimento e manipulação de híbridos e a multiplicação

de genótipos superiores via propagação vegetativa para plantios comerciais vem se concretizando nos programas de melhoramento deste gênero.

Para atendimento à maior diversidade de situações de plantio e de uso do componente florestal, várias espécies foram incluídas na estratégia de melhoramento, tais como: *P. taeda*, *P. elliottii*, *P. patula*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. tecunumanii*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. greggii*, *P. pringlei*, *P. kesiya*, *P. palustris* e *P. chiapensis*, pois apresentam particularidades importantes para tal fim. Por exemplo, *P. patula* e *P. greggii* produzem madeira densa e com alta resistência e se adaptam bem às regiões temperadas e subtropicais; *P. chiapensis* produz madeira de baixa densidade e de excelente qualidade para marcenaria; *P. oocarpa*, *P. maximinoi* e *P. tecunumanii* produzem madeira de alta densidade e resistência mecânica, crescendo bem na região tropical e *P. elliottii* e *P. caribaea* var. *hondurensis* são usados para produção de resina.

A rede experimental da Embrapa Florestas, é composta por testes de procedências e progênies, áreas de produção de sementes, bem como bancos de conservação genética instalados nos três Estados do Sul, em São Paulo, Minas Gerais, Distrito Federal, Bahia, Pará e Rondônia. Após a observação da produção dos materiais genéticos de testes e plantios comerciais, ficou evidente que, nas regiões de climas temperado e subtropical, as espécies de pinus mais produtivas são *P. taeda*, *P. elliottii* e *P. patula*. Esta última, especificamente em locais de maior altitude (acima de 1.000 m). Além dessas, começam a despontar outras como *P. greggii* e *P. maximinoi* como alternativas de alta produtividade. Na região tropical, as mais produtivas têm sido *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *P. kesiya* e *P. chiapensis* (SHIMIZU, 2007; SHIMIZU; SEBBENN, 2008). De maneira geral, as procedências de locais com altitude e longitudes semelhantes às regiões do Brasil onde foram introduzidas expressaram um melhor desempenho em altura, diâmetro e forma do fuste.

Desde o início do programa de melhoramento de pinus, a Embrapa Florestas difundiu muito a cultura a partir de inúmeras publicações, softwares, dias de campo e palestras. Os principais softwares desenvolvidos pela Embrapa Florestas foram SisPinus, Planin (OLIVEIRA, 2008) e Selegen (RESENDE, 2006). Os dois primeiros são usados para simulação do manejo, do crescimento e da produção de *Pinus* e têm auxiliado na tomada de decisões de manejo de povoamentos. Estes foram amplamente difundidos entre os produtores de pínus do Brasil e de outros países. Com eles, os produtores podem, para cada condição de clima e solo, simular no computador as opções de manejo da floresta, fazer prognoses de produções presente e futura, efetuar análises econômicas e, com base nisso, implementar a alternativa mais favorável (OLIVEIRA, 2008). O software Selegen também tem sido utilizado por várias empresas, para a seleção de indivíduos de maior valor genético e genotípico. Com base nesta tecnologia é possível estimar os parâmetros genéticos das populações estudadas e prever os ganhos futuros com a seleção dos melhores genótipos superiores.

Este documento tem como objetivo fornecer informações compiladas sobre o *Pinus*, apresentar resultados de pesquisas da Embrapa Florestas e de seus parceiros e estabelecer uma estratégia de conservação e melhoramento genético a ser adotada nos próximos quinze anos, para as principais espécies de pínus exploradas comercialmente no Brasil.

Objetivos do programa de melhoramento

Considerando o potencial madeireiro do gênero *Pinus* e sua adaptação às diversas condições edafoclimáticas brasileiras, pretende-se:

- Propor uma estratégia ao programa de melhoramento de pinus da *Embrapa Florestas*, para obter genótipos superiores de usos

múltiplos, em ambientes tropicais, subtropicais e temperados, que apresentem tolerância às condições de deficiência hídrica e excesso de umidade do solo e ao ataque de pragas;

- Desenvolver e adotar novas tecnologias para acelerar a obtenção de matrizes de alta produtividade e qualidade da madeira e da resina, para a produção de semente melhorada;
- Desenvolver híbridos interespecíficos de maior potencial para as principais regiões brasileiras de cultivo do gênero, para avaliações de produtividade, qualidade da madeira e adaptabilidade às condições ambientais adversas, bem como avaliá-los com referência à sua tolerância aos fatores de deficiência hídrica, excesso de umidade do solo e ao ataque de pragas; e
- Desenvolver tecnologias para a propagação vegetativa massal visando viabilizar o uso intensivo dos genótipos superiores gerados dessas espécies.

Recursos genéticos das espécies

A rede experimental de pinus sob a responsabilidade da Embrapa Florestas e seus parceiros conta com várias espécies subtropicais e tropicais, que foram introduzidas a partir de testes de procedências e progênes, procedentes principalmente da América Central e México, por meio da Cooperativa de Recursos de Coníferas da América Central e México (CAMCORE), OFI (*Oxford Forestry Institute*), USDA-FS (*US Department of Agriculture - Forest Service*), FAO (*Food and Agriculture Organization*) e DANIDA (*Danish International Development Agency*) e material genético de povoamentos comerciais. Maiores detalhes sobre as principais espécies potenciais para o programa de melhoramento genético da Embrapa Florestas são encontrados nos trabalhos de Shimizu e Sebbenn (2008), Etori et al. (2004), Klock et al. (2002), Vieira e Shimizu (1998), Cornacchia et al. (1998), Sampaio (1996), Fier (2001), Dvorak e

Donahue (1992), Romanelli (1988), Garrido e Kageyama (1993a; 1993b), Garrido et al. (1999), Romanelli e Sebbenn (2004), Shimizu e Spir (1999) e Shimizu (2006).

Para ampliar a oferta de materiais potenciais à silvicultura de pinus no Brasil, várias espécies foram incluídas nas atividades de pesquisa da Embrapa Florestas, tais como: *P. taeda*, *P. elliottii*, *P. patula*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. tecunumanii*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. greggii*, *P. pringlei*, *P. kesiya* e *P. palustris*. Cada espécie apresenta características específicas que podem ser melhor estudadas e exploradas. Conforme relatam Shimizu (2008) e Shimizu e Sebbenn (2008):

- a) *P. caribaea* var. *hondurensis* - rápido crescimento em baixas altitudes, com volume superior ao de *P. elliottii*, madeira de baixa densidade, ramos finos e bem distribuídos que facilitam o seu processamento industrial. Porém, esta espécie não tolera geadas e nem solos sujeitos ao encharcamento, sendo ainda suscetível ao tombamento pelo vento, em alguns sítios;
- b) *P. oocarpa* - boa capacidade de rebrota pela touça, madeira densa, suscetível ao tombamento pelo vento em alguns sítios, melhor desempenho em altas altitudes e baixa tolerância aos locais com lençol freático superficial;
- c) *P. tecunumanii* - apresenta rápido crescimento, madeira densa, suscetível à quebra de fuste pelo vento em alguns sítios, baixa tolerância aos locais com lençol freático superficial;
- d) *Pinus elliottii* - produz madeira de boa qualidade física e mecânica para processamento mecânico e uso em estruturas, marcenaria, embalagens e construção civil, apesar de não ser a espécie mais produtiva em madeira; apresenta boa adaptabilidade às várias condições ambientais, incluindo solos rasos e pedregosos, encharcados e sujeitos a inundações periódicas;

tolerante às geadas; a árvore produz poucos ramos, implicando em maior rendimento no processamento de madeira livre de nós; produz grande quantidade de resina que pode ser explorada comercialmente; praticamente não é atacada pela vespa-da-madeira;

e) *P. taeda* - é a espécie mais plantada na Região Sul do Brasil para a produção de madeira visando o processamento industrial; desenvolve-se bem nas regiões com clima ameno e inverno frio;

f) *P. maximinoi* - produz madeira de cor clara, resistente e de alta qualidade, tanto para processamento mecânico quanto para a produção de celulose e papel; apresenta alta incidência de rabo-de-raposa ("*fox-tail*"), especialmente quando cultivada em locais de baixas altitudes.

Com base nas características das espécies, do clima e solo das regiões com potencial para atividade florestal e da demanda do mercado foram selecionadas algumas espécies para dar continuidade ao programa de melhoramento de pinus. Assim, algumas sugestões mais detalhadas sobre essas espécies foram descritas nos próximos parágrafos.

Pinus maximinoi

Os plantios de *P. maximinoi* no Brasil têm se restringido apenas à pesquisa. Ainda não é plantado comercialmente devido à falta de sementes com qualidade genética adequada no mercado. Por apresentar alta taxa de crescimento e madeira com potencial para usos gerais, como a fabricação de celulose e papel, painéis de fibras, serrados, resinas, além de lenha para energia (PERRY, 1991), a espécie apresenta um grande potencial econômico. Sua madeira é leve, macia e de coloração clara, sendo muito resistente (SHIMIZU, 2008). Além disso, apresenta fibras mais curtas e espessas, qualidade essencialmente requerida para produção de papel. Uma das principais características de *P. maximinoi* é o rápido crescimento, podendo chegar a 20 ou

até 40 metros de altura, com um DAP de 100 cm. Seu tronco geralmente é reto, possui poucas ramificações e sua madeira é resistente, com densidade maior que de *P. patula*, sendo considerada de alta qualidade, tanto para processamento mecânico, quanto para produção de celulose e papel (AGUIAR et al., 2011).

A região de ocorrência desta espécie vai desde o México, passando pela Guatemala, Honduras, El Salvador, até o noroeste da Nicarágua, com altitudes variando de 600 m a 2.400 m (DVORAK et al., 2000a; DVORAK; DONAHUE, 1992). No Brasil, apresenta boa adaptação em regiões de clima subtropical e tropical. Em regiões de clima temperado, uma das limitações para o seu plantio é a baixa resistência às geadas (SHIMIZU; SEBEN, 2008). *P. maximinoi* começa a produzir sementes aos 14 anos de idade, mas a produção abundante só ocorre aos 20 anos.

As áreas experimentais de *P. maximinoi*, sob responsabilidade da Embrapa Florestas, foram estabelecidas nos Estados do Paraná e de São Paulo. Essas áreas abrangem um total em torno de 20 hectares. As principais procedências introduzidas no Brasil vieram do México, Honduras e Guatemala. O *P. maximinoi* apresentou um ótimo desempenho em altura e diâmetro na região de Telêmaco Borba, PR, sendo 48,9% superior aos plantios comerciais de *P. taeda* e *P. elliottii* (FIER, 2001). A autora detectou variações genéticas significativas entre e dentro de procedências e progênies nas características de crescimento, retidão do fuste e diâmetro dos ramos. A espécie também apresentou um bom desempenho em altura e diâmetro em Ventania e Tibagi, no Estado do Paraná (KLOCK et al., 2002; SAMPAIO, 1996). Conforme Sampaio (1996), as procedências Tapiquil e San Jerônimo, do México apresentaram maior produtividade volumétrica. Em Ponta Grossa, PR, o desempenho de *P. maximinoi* foi considerado semelhante ao de outros locais, mesmo sendo um local mais frio, onde a ocorrência de

geadas é mais frequente. Dvorak e Donahue (1992) estudaram o crescimento em altura de 13 procedências de *P. maximinoi*, em testes no Brasil, Venezuela e Colômbia e concluíram que as maiores alturas foram apresentadas pelas procedências Cobán, Altamirano, Tatumbla e San Jerónimo (Guatemala). As procedências San Jerónimo (Guatemala) e Cobán apresentaram bom desempenho em altura no Brasil (San Jerónimo = 5% acima da média; Cobán = 4% acima da média), Colômbia (San Jerónimo = 5% acima da média) e África do Sul (Cobán = 7% acima da média; San Jerónimo = 5% acima da média) (GAPARE, 1999 citado por DVORAK et al., 2000a). A procedência San Jerónimo também foi mencionada por Crockford et al. (1991) e Nyoka (1994) citados por Dvorak et al. (2000a), em estudos na África do Sul, como uma das procedências de crescimento consistentemente superior às demais, juntamente com Dulce Nombre de Copan e Tatumbla. Em Angatuba, SP, a procedência que apresentou melhor desempenho foi Coapilla (México). Nos cerrados dos planaltos central e sul do Brasil, a espécie também tem demonstrado bom desempenho, principalmente em elevações de, aproximadamente, 800 m (DVORAK et al., 2000a). Mas, nas regiões onde ocorre deficiência hídrica o seu plantio não é recomendado, visto que seu desenvolvimento pode ser afetado.

Pinus tecunumanii

Pinus tecunumanii juntamente com *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* são as espécies tropicais mais adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras (SHIMIZU, 2008; MOURA; VALE, 2002). Ele apresenta boa forma do fuste, madeira densa (acima de $0,40 \text{ g cm}^{-3}$) e de alta qualidade, baixa incidência de rabo-de-raposa ("fox-tail"), suscetibilidade à quebra de fuste pelo vento em alguns sítios, baixa tolerância à falta de água (lençol freático raso) e baixa produção de sementes, exceto em alguns locais específicos (SHIMIZU; SEBEN, 2008). A espécie ocorre desde o Sul do México até a Nicarágua, em altitudes

variando de 600 m a 2.400 m. As árvores adultas das regiões de altitudes elevadas (acima de 1.500 m) podem atingir 55 m, aproximadamente, e DAP maior que 100 cm, com fuste reto. As árvores de populações de altitudes abaixo de 1.500 m geralmente apresentam altura entre 20 m e 30 m, DAP de aproximadamente 60 cm na fase adulta, e fuste com um pouco de tortuosidade (DVORAK et al., 2000e).

Segundo Shimizu e Sebbenn (2008), a madeira de *P. tecunumanii* apresenta pouca variação de densidade interna da madeira, nos dois sentidos medula-casca e também longitudinalmente, e maior homogeneidade nas características físicas da madeira, o que lhe confere alta qualidade para processamento industrial. Uma limitação do plantio desta espécie em nível comercial é a baixa produção de sementes. Essa pode ser melhorada, com a implantação de ensaios em locais favoráveis à produção de sementes. Híbridos interespecíficos entre esta espécie e *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. taeda* vêm sendo desenvolvidos por empresas privadas e instituições públicas.

Variações significativas entre procedências foram observadas em testes de procedências em vários países, sendo que os materiais procedentes da Nicarágua apresentaram melhor desempenho em altura e volume (BIRKS; BARNES, 1990). Sebbenn et al. (2005) observaram em um teste de procedências e progênes estabelecido no Município de São Simão, SP, aos 18 anos de idade, que as procedências San Esteban e Villa Santa (Honduras) são as mais produtivas e a de San Rafael del Norte (Nicarágua) apresentou a melhor forma do fuste. Em regiões de Cerrado brasileiro, o desenvolvimento de *P. tecunumanii* foi superior ao de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* (MOURA; VALE, 2002). Nesta região, os materiais genéticos oriundos da parte mais meridional da sua área de distribuição natural, com altitudes em torno de 1.000 m foram os que apresentaram melhor desempenho (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

Em um teste de procedências de *P. Tecunumanii*, proveniente de regiões de baixa altitude, em Correntina, BA, a espécie apresentou um desempenho silvicultural superior ao de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* (CORNACCHIA et al., 1998). Resultados semelhantes foram relatados por LIMA (1991) na região de Felixlândia, MG, em área de Cerrado. O Autor também observou boa taxa de sobrevivência, baixa incidência de “foxtail” e qualidade de fuste superiores ao *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis*. As procedências com melhor crescimento foram àquelas provenientes das zonas de altitude menor (em torno de 1.500 m) (LIMA, 1991).

Para a região de Vilhena, RO, as procedências originárias de Honduras (altitudes menores que 800 m) são as mais apropriadas para a obtenção de altas produtividades e possíveis melhoramentos genéticos (VIEIRA; SHIMIZU, 1998). No município de Presidente Castelo Branco, PR, Sousa et al. (2011) verificaram que as progênies das procedências Yucul e San Rafael del Norte da Nicarágua se adaptaram muito bem às condições edafoclimáticas da região. Os valores médios de altura, DAP e volume cilíndrico aos cinco anos após o plantio foram 9 m, 12,7 cm e 0,07 m³ árvore⁻¹, respectivamente.

Pinus elliottii

Pinus elliottii var. *elliottii* é a segunda conífera mais plantada para fins industriais, nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Os materiais genéticos introduzidos no Brasil são procedentes dos estados norte-americanos da Carolina do Sul, Flórida e do Mississippi. Essa espécie é subtropical, originária da Região Sul e Sudeste dos Estados Unidos, ocorrendo desde a Planície Costeira do Sul da Carolina do Sul (33° N) até o centro da Flórida e sudoeste do Estado da Louisiana (30° N) (DORMAN; SQUILLACE, 1974). Apesar de apresentar menor produtividade que *P. taeda*, em termos de volume de madeira, essa espécie possui características de extrema importância para

o setor florestal, tais como: madeira de boa qualidade física e mecânica para processamento e uso em estruturas, marcenaria, embalagens e construção civil, sendo indicada para diversas condições ambientais, incluindo solos rasos e pedregosos, áreas encharcadas e sujeitas às inundações periódicas e geadas. Além disso, produz um menor número de ramos comparativamente a outras espécies indicadas para a mesma região bioclimática, implicando em maior rendimento no processamento de madeira livre de nós; produz grande quantidade de resina que pode ser explorada comercialmente e, praticamente, não é atacada pela vespa-da-madeira (SHIMIZU, 2007).

Esta espécie apresenta alta capacidade de crescer mesmo em solos com alta umidade, tolerando, inclusive, alagamentos temporários, deficiências hídricas e geadas. Porém, seu desenvolvimento é menor que o de *P. taeda* em ambientes mais frios, como o Planalto Sulino. Também é plantada na Região Sul e parte do Sudeste do Brasil, para a produção de madeira visando o processamento mecânico e à extração de resina. Um diferencial desta espécie é que a produção de madeira adulta inicia-se mais cedo do que em *P. taeda*, com idade variando de sete a oito anos. Portanto, sua madeira apresenta melhor qualidade física e mecânica do que aquela de *P. taeda* (SHIMIZU, 2008).

Um programa de melhoramento genético para esta espécie deve contemplar dois propósitos: produção de madeira serrada e resina. O caráter produção de resina apresenta alta herdabilidade, o que propiciaria ganhos genéticos significativos, após gerações de seleções. A produtividade média de resina em povoamentos comerciais não melhorados pode chegar a 2,5 kg árvore⁻¹ ao ano (SHIMIZU et al., 2008). Mas, por ser uma característica que apresenta herdabilidade variando de moderada à alta (ROMANELLI, 1988), espera-se um aumento significativo de produtividade em futuras gerações de melhoramento.

Para *P. elliottii*, as melhores procedências para produção de resina são procedentes do norte da Flórida, enquanto que as de baixa produção são procedentes da Região Centro-sul da Geórgia (SHIMIZU; SPIR, 1999). O maior potencial de crescimento do material da Flórida também foi constatado na Região Sul e Sudeste do Brasil (FONSECA et al., 1978; SHIMIZU, 1979). Além disso, também foi constatado que outras procedências dos estados mais ao norte dos Estados Unidos também apresentaram baixo desempenho na Região Sul do Brasil (SHIMIZU, 1979). Variações genéticas altamente significativas entre procedências e progênies para produção de resina, bem como para caracteres de crescimento também foram detectadas em vários trabalhos (ROMANELLI, 1988; GARRIDO; KAGEYAMA, 1993a; GARRIDO et al., 1999, ROMANELLI; SEBBENN, 2004). Por outro lado, para alguns testes de procedências ou progênies com certo grau de melhoramento não foram observadas diferenças genéticas significativas para os caracteres de produção volumétrica, mas somente para produção de resina (FONSECA et al., 1978; ARAUJO, 1980; SHIMIZU; SPIR, 1999).

Pinus caribaea var. hondurensis

P. caribaea var. hondurensis é uma das espécies de pinus mais explorada economicamente no mundo para produção de madeira. Além disso, a espécie tem potencial para produção de resina em quantidade viável economicamente. Sua madeira é usada para fabricação de painel, compensado, carvão, lenha, papel e madeira para construção civil. A densidade média de sua madeira varia de 0,510 a 0,600 g cm⁻³, decrescendo com o aumento da altitude (DVORAK et al., 2000b; WRIGHT, 1990). A árvore adulta pode atingir até 38 m de altura com DAP entre 30 cm a 60 cm (DVORAK et al., 2000b).

A distribuição natural do *P. caribaea var. hondurensis* é muito ampla, entre 18° 15' N em Ejido Caobas, Quintana Roo, México a 12° 13' N em Laguna Del Pinar, Zelaya, Nicarágua,

com precipitação pluviométrica de 670 mm (Los Limones, Honduras) a 4.000 mm (Laguna Del Pinar, Nicarágua) (DVORAK et al., 2000b). Porém, a espécie cresce melhor em locais com precipitação média anual acima de 1.500 mm. Esta variedade não está sujeita a geada em sua área de ocorrência natural, com temperatura média variando de 22 °C a 27 °C em vários locais (DVORAK et al., 2000a). O florescimento da espécie no Brasil ocorre nos meses de junho a agosto e a produção de sementes em dezembro e janeiro. Na região litorânea, como na Bahia e Espírito Santo, a produção de sementes é abundante (DVORAK et al., 2000b).

Devido à ampla distribuição de ocorrência, essa espécie adapta-se muito bem às diferentes condições edafoclimáticas, principalmente em solos de baixa fertilidade. Em alguns sítios, a aplicação de fertilizantes tem contribuído positivamente para o aumento de volume de madeira (25%) (GONÁLEZ; LONGART, 1995 citado por DVORAK et al., 2000b). Testes de procedências de sementes de *P. caribaea* var. *hondurensis* foram implantados em Rondônia, Pará, Minas Gerais e Paraná. Os materiais que mais se destacaram são aqueles procedentes da Guatemala e de Honduras. Em Brasília, a média de crescimento da procedência Guanaja, Honduras foi de 16 m³ ha⁻¹ano⁻¹ (MOURA; DVORAK, 1997 citado por DVORAK et al., 2000b). No Espírito Santo a produtividade média aos 11 anos foi de 27 m³ ha⁻¹ano⁻¹ (dados não publicados).

A espécie apresenta *foxtail* (rabo-de-raposa) com maior frequência em regiões com maior precipitação anual média (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Ainda assim, como a madeira do *foxtail* apresenta densidade similar a madeira normal e tem menor porcentagem de hemicelulose, para alguns produtos o efeito da madeira de *foxtail* será mínimo (DVORAK et al., 2000b).

De acordo com os resultados dos testes de procedências e progênies na América Latina as procedências que apresentaram melhor desempenho para se implantar nestes sítios são de Limón, Guanaja, e Gualjoco, Honduras, Alamikamba, Nicarágua e Melinda, Belize (DVORAK et al., 2000b). As procedências foram divididas em dois grupos: as de regiões mais secas (< 1.250 mm) e aquelas das mais úmidas (> 1.250 mm). No geral, os materiais procedentes das regiões costeiras crescem melhor em sítios mais úmidos do que as das regiões do interior (Gualjoco, Honduras). Já essas últimas apresentaram melhor desempenho em sítios mais secos. Além disso, nesses sítios, os materiais procedentes de regiões mais secas apresentaram menor porcentagem de bifurcação e *foxtail* do que as procedentes das regiões úmidas, principalmente a procedência Los Limones (menos de 30%) (DVORAK et al., 2000b).

O híbrido interespecífico entre esta espécie e *P. elliotii* tem apresentando um desenvolvimento melhor comparado aos genótipos superiores das próprias espécies nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e na Austrália (Queensland). Portanto, na estratégia de melhoramento desta espécie deve-se explorar a superioridade dos híbridos interespecíficos de *P. elliotii* com *P. caribaea* var. *hondurensis*, mediante polinizações controladas. Com isso, pode-se gerar árvores com alto incremento volumétrico, semelhante ao de *P. caribaea* var. *hondurensis*, e madeira de qualidade física e mecânica semelhante à de *P. elliotii* (SHIMIZU, 2008).

Pinus taeda

O *Pinus taeda* é a principal conífera plantada para produção de papel, celulose e madeira serrada no Brasil, principalmente na Região Sul do país. Isso se deve ao seu potencial de crescimento (altura e diâmetro), de adaptação às condições de baixa temperatura e às características específicas de sua madeira (fibra

longa). A principal aplicação da madeira de *P. taeda* tem sido para produção de papel e celulose, bem como na construção civil, indústria moveleira e serrados (ALCÂNTARA et al., 2007).

A espécie ocorre naturalmente no sul e sudeste dos Estados Unidos, entre as latitudes 29 °N a 38 °N e longitudes 75 °W a 95 °W (BARRICHELO et al. 1977). A altura média das árvores de *P. taeda* é de 25 a 35 metros, podendo atingir até 50 metros de altura e DAP de 90 cm a 120 cm, atingindo no máximo 140 cm (HARTMAN, 1982). Na região de origem, nos Estados Unidos, sua madeira é uma das principais fontes de matéria prima para as indústrias do setor madeireiro. A espécie também é plantada em vários países para produção de madeira. Nestes países, as procedências do sul da região de distribuição natural da espécie têm apresentado desempenho em altura e diâmetro superiores às do norte, principalmente às da Flórida, da Carolina do Norte e da Geórgia.

O primeiro material genético utilizado para plantios comerciais no Brasil foram procedentes dos Estados Unidos. Porém, não se tinha conhecimento da procedência destes materiais, e o desempenho em crescimento altura e diâmetro e a forma do fuste eram muito variáveis. Na década de 1970 iniciaram-se os ensaios experimentais de testes de procedências e progênies com esta espécie, principalmente nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Com base nessa rede experimental foi possível identificar as procedências mais produtivas e melhor adaptadas às condições edafoclimáticas do Brasil.

No Brasil, na Região Sul e Sudeste do país, principalmente em locais onde as geadas são moderadas, os materiais genéticos mais produtivos são procedentes da Carolina do Sul. Porém, onde a ocorrência de geada é mais severa, como na serra gaúcha e no planalto catarinense, as procedências da Carolina do Norte são mais indicadas (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). No geral, a

espécie se desenvolve bem em regiões de clima temperado (frio e úmido) e em solo bem drenados, porém sem deficiência hídrica (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Algumas empresas florestais têm alcançado uma produtividade média em torno de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, podendo chegar a $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ou mais com a aplicação de tecnologia de clonagem via embriogênese somática e enraizamento de miniestaquias. A principal praga desta cultura é a vespa-da-madeira. Porém, com o avanço das pesquisas, atualmente é facilmente controlada com o uso do controle biológico.

Na década de 80, a Embrapa e seus parceiros implantou uma rede de testes de progênies de *P. taeda*. As sementes eram procedentes das matrizes de melhor desempenho (altura e diâmetro) de vários plantios comerciais. Atualmente, sementes e propágulos destes testes estão sendo utilizados para implantação de novos testes de progênies e pomares de sementes clonais, e também para implantação de sistema silvipastoril.

Pinus oocarpa

Pinus oocarpa é a espécie de pinus com maior variação de distribuição sentido norte-sul, indo desde o sul do México ($28^\circ 10' \text{N}$) ao norte da Nicarágua ($12^\circ 40' \text{N}$), totalizando 3.000 km de distância, onde é encontrada em várias condições climáticas, de temperado-seco a subtropical-úmido, com precipitação pluviométrica anual acumulada variando de 500 mm a 2.500 mm e altitude de 200 m a 2.500 m (PERRY, 1991; DVORAK et al., 2000c). Porém, a espécie apresenta melhor crescimento em solos bem drenados de encostas sob condições de clima temperado quente a subtropical, em altitude de 1.500 m e precipitação pluviométrica anual de 1.500 mm a 2.000 mm. Portanto, o plantio da espécie em locais de baixa altitude não é favorável para o seu desenvolvimento (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

A árvore adulta pode atingir até 35 m de altura e DAP de 50 cm a 70 cm (PERRY, 1991). A tonalidade de sua madeira é amarela clara e o cerne marrom claro, apresenta alta resistência, com densidade de 0,490 g cm⁻³ aos 13 anos (BRASIL et al., 1980). Sua madeira é utilizada na construção civil e para lenha e outros fins. Além disso, apresenta um conteúdo elevado de celulose (59,1% de α -celulose, 21,2% de hemiceluloses A e B) (MORAIS et al., 2005; PERRY, 1991). A espécie também apresenta potencial resinífero, tanto que no México, Honduras e Guatemala é a principal espécie produtora de resina (PERRY, 1991).

A espécie é tolerante ao fogo e geadas moderadas, principalmente na fase adulta. Na parte sul da sua distribuição natural, o calor do fogo e as altas temperaturas do ar contribuem para a abertura de seus cones serótinicos e formação dos bancos de plântulas (PERRY, 1991).

Apesar de não apresentar uma plasticidade tão ampla quanto o *P. caribaea* var. *hondurensis*, no Brasil, a espécie tem apresentado boa adaptação, principalmente nos Estados de São Paulo, Pará e Rio Grande do Sul (ROSA, 1982; WOESSNER, 1983; BERTOLANI, 1983). Em Angatuba, SP, na base física do Instituto Florestal de São Paulo o material procedente da Guatemala e Honduras tem apresentado um crescimento muito homogêneo em altura e diâmetro, com DAP médio e altura dominante de 41,9 cm e 31,9 m, respectivamente. Além disso, a espécie apresenta poucos galhos e excelente forma do fuste.

Comercialmente *P. oocarpa* tem sido plantada em altitude de 1.500 m a 1.800 m. No Brasil, a espécie tem apresentado bom desempenho na região de Cerrado (13° S a 20° S), em altitude de 550 a 1.000 metros de altitude e precipitação pluviométrica anual de 1.300 mm a 1.500 mm (DVORAK et al., 2000c). A produção de sementes desta espécie é abundante.

Pinus chiapensis

P. chiapensis pertence ao subgênero *Haploxylon*, espécies que produz madeira de cor clara de excelente qualidade devido à sua maciez e baixa densidade ($0,340 \text{ g cm}^{-3}$ a $0,360 \text{ g cm}^{-3}$) (PIERRY, 1991), sendo facilmente modelada manualmente para fabricação de móveis, janelas, portas e outros. Uma das características importante desta espécie é a baixa variação da densidade, tanto no sentido medula-casca quanto no sentido longitudinal (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). Outra característica da espécie é a exsudação de resina de seus cones quando maduros.

A árvore adulta de *P. chiapensis* pode atingir 25 m a 60 m de altura e 60 cm a 120 cm de DAP (DVORAK et al., 2000d). Conforme os autores, nos três primeiros anos após o plantio seu crescimento é lento, necessitando de medidas de controle mais efetivo da vegetação invasora. A espécie também apresenta uma tendência a produzir fustes múltiplos (DVORAK; DONAHUE, 1992)

P. chiapensis é encontrada em várias populações disjuntas ou altamente degradadas em Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla e Veracruz no México e no departamento de Huehuetenango e El Quiche, na Guatemala. A espécie é mais proeminente em altitudes de 1.200 m a 1.800 m, porém ocorre até 150 m em Oaxaca (DONAHUE et al., 1991 citado por DVORAK et al., 2000d). Ocorre naturalmente em áreas de clima subtropical e tropical com precipitação pluviométrica de 1.500 mm a 2.000 mm e temperatura de 18 °C a 23 °C (DVORAK et al., 2000d).

As populações naturais destas espécies estão ameaçadas de extinção, principalmente as de Sierra Madre Del Sur em Oaxaca, Guerrero e Sierra Madre Oriental em Puebla e Veracruz e outras ocorrem em uma área muito restrita, menos de 15 hectares, como as de Chiapas e Guatemala (DVORAK et al., 2000d).

Na década de 1980 foram implantados vários testes de procedências e progênies no Brasil, Colômbia e África do Sul. As sementes foram coletadas em seis locais no México e Guatemala. As avaliações aos oito anos de idade sugerem que as procedências de La Trindad, Chiapas e Teotlaxco, Oaxaca foram as mais produtivas (DVORAK et al., 2000d). Na Colômbia, a procedência mais produtiva foi a de Juan Cotzal da Guatemala, que produziu $18 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aos oito anos de idade (DVORAK; DONAHUE, 1992). No Brasil, a espécie apresentou ótimo desenvolvimento na região sul e sudeste do país onde foram implantados os ensaios experimentais com materiais procedentes do México e da Guatemala. Nestas áreas, a produção de sementes é boa e encontram-se indivíduos com excelente desenvolvimento (altura dominante de 32,6 m e DAP médio de 46,9 cm).

Pinus greggii

Pinus greggii é endêmico do México e ocorre em duas distintas regiões: na parte norte do país, nos estados de Nuevo Leon e de Coahuila (latitude 24° N a 25° N , em altitudes entre 2.300 m até 2.700 m) e nos estados de Puebla, San Luis Potosi, Hidalgo, Queretaro e Veracruz (20° N a 21° N , em altitudes entre 1.200 m e 1.800 m) na região central. Apresenta uma distribuição descontínua pelas montanhas da Sierra Madre Oriental (DONAHUE; LÓPEZ-UPTON, 1996; 1999; RAMIREZ-HERRERA et al., 2005). As procedências do segundo grupo têm apresentado maior adaptabilidade e desenvolvimento em plantios no Sul do Brasil. As procedências da região Norte do México, tem apresentado baixa adaptabilidade, expressa na forma de árvores de baixo vigor, com acículas mais curtas e rígidas do que nas procedências da região central, além de deformações severas no fuste e ramos (SHIMIZU; SEBBENN, 2008). De maneira geral, as populações do sul apresentam maior variação genética em nível molecular e maior variação com relação à acícula, ao cone e à morfologia das sementes (RAMIREZ HERRERA, 1993; DONAHUE; LOPEZ-UPTON, 1996).

Entre as particularidades desta espécie, encontram-se a resistência às geadas severas e a precocidade do florescimento. Desde o primeiro ano de crescimento no campo, já podem ser observados primórdios de estróbilos femininos. Portanto, esta espécie tem grande potencial para a geração de híbridos interespecíficos, visando à combinação de suas características favoráveis com as de outras espécies plantadas comercialmente na região (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

O desempenho de *P. greggii* tem sido observado em ensaios de campo em vários países. Nestes, a espécie tem apresentado rápido crescimento em altura e diâmetro (NEIL, 1990; DWIVEDI; THAPAR, 1990; ALBA-LANDA et al., 1998; LOPEZ et al., 1999; SALAZAR et al., 1999; AZAMAR et al., 2000), potencial para adaptar-se a condições secas e à baixa temperatura (VARGAS-HERNÁNDEZ; MUÑOZ, 1988, 1991; LOPEZ-UPTON; MUÑOZ, 1991; KIETZKA, 1997, citado por DVORAK, 2002), além de alta taxa de sobrevivência (96,2% e 97,4%) (DVORAK et al., 1996; ALBA-LANDA et al., 1998). No México, devido à boa adaptabilidade às condições de baixa temperatura (0 °C) e de deficiência hídrica, *P. greggii* pode ser muito promissor para ocupar as regiões com altitude variando de moderada à alta, tanto nos trópicos quanto nos subtropicais, como alternativa a *P. patula*, *P. elliotii* e *P. taeda* (DVORAK et al., 1996).

No Paraná, aos três anos de idade, *P. greggii* apresentou crescimento em altura e diâmetro igual ou maior do que *P. taeda* e *P. elliotii*. Por outro lado, a forma de fuste não foi boa (DVORAK et al., 1996). Em ensaios de procedências/progênieis de *P. greggii*, Borsato (2000) verificou um baixo desempenho das procedências do norte. O DAP, aos três anos de idade, da procedência Jamé (região norte) foi de 4,21 cm, e o DAP médio nas procedências do centro leste foi de 9,5 cm. No ensaio de Ponta Grossa, foi observado um valor de DAP maior que aquele de outros locais e também maior que o DAP de *P.*

taeda e *P. elliottii* na mesma idade (BORSATO, 2000). Segundo essa mesma autora, 60% das árvores com má forma de fuste estão associadas a uma única procedência (Laguna Seca). Por outro lado, verificou-se ainda que 50% das progênies que apresentaram as melhores formas de fuste são da procedência Laguna Atezca.

Segundo Vargas-Hernández e Muñoz (1988), *Pinus greggii* tem alto potencial para ser plantado em locais marginais. Portanto, os genótipos a serem gerados ou selecionados devem ser tolerantes à seca, de rápido crescimento e com boas características madeiras. No Brasil, com base nos resultados de produtividade e adaptabilidade de ensaios experimentais, sugere-se que as progênies da região central do México devem ser preferenciais, em relação às do norte, para plantios em regiões de clima subtropical quente com poucas geadas e precipitação pluviométrica anual acima de 900 mm (AGUIAR et al., 2010).

Histórico do melhoramento de pinus no Brasil

O pinus foi introduzido no Brasil há mais de um século, mas somente a partir da década de 1960 iniciou-se o plantio em escala comercial, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país. O valor econômico de sua madeira se destacou nas décadas de 1970 e 1980, onde as plantações florestais deste gênero foram as principais fontes de matéria-prima para o desenvolvimento da indústria florestal, abastecendo um mercado altamente diversificado. Destacou-se ainda por apresentar algumas características específicas, tais como: madeira de cor clara variando de branca a amarelada; madeira de fibra longa apropriada para a fabricação de papel de alta resistência para embalagens, papel de imprensa e outros tipos; possibilidade de extração de resina, em escala comercial; rusticidade e tolerância em ambientes diversos, possibilitando o plantio em solos marginais para a agricultura. (AGUIAR et al., 2011)

Na década de 1970, uma rede experimental com espécies de pinus foi implantada na África do Sul, Colômbia, Zimbábue, Índia, Honduras e Brasil, por meio de um programa de cooperação internacional organizado pelo *Instituto Nacional de Investigación Forestal* do México - INIF e pelo *Oxford Forestry Institute* da Inglaterra - OFI, para promover a conservação *ex situ* (WOOD; GREAVES, 1977). Em 1980 foi criada a *Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative* - CAMCORE - para promover a conservação dos recursos genéticos *ex situ* de espécies florestais nativas da América Central e do México, com os objetivos específicos de: conservar espécies e populações florestais nativas; testar as espécies amostradas em diversas condições ambientais nos trópicos e subtropicos; e desenvolver programas de cruzamentos e de melhoramento visando genótipos com melhor potencial (DVORAK et al., 1996). A Embrapa Florestas, dentre outras empresas públicas e privadas do setor florestal brasileiro, participou ativamente desses programas cooperativos, o que lhe possibilitou o acesso a uma das maiores coleções mundiais de material genético *ex situ* do gênero *Pinus*.

O objetivo da estratégia inicial de melhoramento do gênero *Pinus* foi identificar as espécies e procedências mais promissoras e adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas. No período de 1970 a 1990, foram implantados os testes de procedências e progênies de polinização livre com diversas espécies. As sementes de espécies tropicais de pinus foram coletadas na América Central e México e as de climas temperados vieram da América do Norte (Estados Unidos, principalmente) e de plantios comerciais selecionados. A CAMCORE e OFI foram as duas principais instituições difusoras do material experimental de pinus no Brasil.

O melhoramento do pinus no Brasil foi implementado por empresas florestais, principalmente indústrias de celulose e papel, instituições públicas federais e estaduais, como a

Embrapa, Ibama, IFSP e as universidades UNESP, ESALQ/USP, UFPR, UFV e UFLA. A estratégia inicial adotada foi a seleção recorrente intrapopulacional (SRI), onde foram estabelecidas as populações bases (ou experimentais) de várias espécies de pinus. A partir dessa base genética, foram selecionadas as matrizes para a obtenção de material genético melhorado, levando-se em conta não somente as características de crescimento e forma do fuste, mas também as características físicas da madeira.

No Brasil, sementes ou mudas de *P. taeda*, *P. elliottii* e *P. caribaea* com grau de melhoramento genético superior às demais espécies são encontradas para comercialização em instituições públicas e empresas privadas. As procedências de *P. taeda* oriundas da América do Norte foram intensamente avaliadas e selecionadas com base em várias características de interesse econômico, principalmente visando a produção de celulose e papel. Atualmente, é a única espécie que se tem plantios comerciais via reprodução vegetativa (embriogênese somática). A maioria das outras espécies encontra-se no estágio de pré-melhoramento, onde vem sendo selecionados genitores para a implantação de testes de segunda geração e para cruzamentos controlados intraespecíficos e interespecíficos.

Assim, como as empresas privadas, a estratégia de melhoramento adotada pela Embrapa Florestas e seus parceiros, ao longo dos anos, foi a seleção recorrente intrapopulacional, onde testes de procedências e progênies de várias espécies de pinus foram avaliados e selecionados em diversas condições ambientais, para a formação de áreas produtoras de sementes (APS ou PSM), onde desbastes seletivos são feitos visando manter nessas áreas somente os indivíduos da melhor qualidade para a produção de sementes. Para as espécies de maior interesse econômico, como *P. elliottii* e *P. taeda*, já foram implantados pomares de sementes clonais (PSC), onde indivíduos foram selecionados nos testes de procedências/progênies e

transferidos via enxertia, para um pomar de recombinação para a produção de sementes. Os pomares de sementes clonais podem ser definidos como uma plantação efetuada a partir da propagação vegetativa de árvores superiores selecionadas de um teste de progênies (SCHMIDT, 1993; LEONARDECZ NETO, 1998).

Estratégias de melhoramento

Aspectos gerais do gênero

O gênero *Pinus* engloba mais de 100 espécies com grande potencial a ser explorado (MIROV, 1967). As espécies de pinus são monóicas, apresentando flores unissexuais, mas distribuídas no mesmo indivíduo. O sistema reprodutivo é alógomo ou misto com tendência à alogamia, onde a taxa de autofecundação pode variar de 0% (*P. pungens* e *P. taeda*) a 51% (*P. merkusii*), porém, na maioria das espécies, há um predomínio de reprodução cruzada (88%) (SHIMIZU et al., 2008). As espécies que se adaptaram melhor no Brasil são as dos subgêneros *Haploxylon* e *Diploxylon*. Neste primeiro encontram-se as espécies produtoras de madeira de baixa densidade, considerada “madeira mole”, como *P. chiapensis*. No subgênero *Diploxylon* estão as produtoras de “madeira dura”, que engloba as demais espécies plantadas com sucesso para fins comerciais no Brasil (SHIMIZU; SEBBENN, 2008).

Em algumas espécies de pinus ocorre o fenômeno denominado poliembriõnia zigótica, fecundação de um óvulo por mais de um grão de pólen, este poderiam gerar indivíduos geneticamente diferentes, porém ocorre uma absorção proembriônica ou embriônica, sobrevivendo somente um embrião por óvulo (LAGOS, 1998). Acredita-se que este fenômeno tem evitado o desenvolvimento de indivíduos aparentados (LILL e SWEET, 1977 citado por LAGOS, 1998).

O sucesso do programa de melhoramento de pinus dependerá de alguns ajustes, tendo em vista algumas características peculiares das espécies envolvidas, tais como: longo período para atingir a maturidade sexual; período de até dois anos demandado desde a polinização até a maturação das sementes; dificuldade de propagação vegetativa devido à maturidade fisiológica (dificuldade de enraizamento); forte efeito da depressão por endogamia; e estado praticamente selvagem do material genético, caracterizado pela alta variabilidade individual nos povoamentos.

De acordo com as exigências climáticas das espécies, o programa de melhoramento foi direcionado para duas zonas principais: uma zona de clima temperado, que se refere à região sul e parte do sudeste do estado de São Paulo (altitude), onde encontram-se os plantios de *P. elliotii* e *P. taeda* que apresentam como característica principal, além de boa produtividade de madeira, a resistência à geadas. A segunda zona, que engloba a região de clima tropical, onde as características mais importantes são a resistência à deficiência hídrica e intolerância à geadas. Para esta região, as espécies que vêm se destacando são *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii* e *P. kesiya*. A espécie *P. maximinoi* pode ser priorizada para as regiões de clima subtropical e geração de híbridos interespecíficos. *P. patula* para locais de clima temperado e de altitude.

As metas do programa serão executadas considerando uma estratégia geral de melhoramento e de conservação genética das populações bases. Para isso, serão considerados dois tipos de populações: as populações puras das cinco espécies de pinus priorizadas e as populações sintéticas (híbridas) que serão geradas ou resgatadas de plantios comerciais.

Estratégia geral de melhoramento

Inicialmente, o programa de melhoramento genético de pinus da Embrapa Florestas concentrou-se em características básicas, como: incremento volumétrico de madeira, forma de fuste, produção de sementes e resistência ou tolerância aos efeitos abióticos, as quais são fundamentais para qualquer finalidade de uso da madeira. Nas próximas etapas do programa de melhoramento genético serão priorizadas as espécies mais adaptadas e produtivas no Brasil, visando a produção de madeira para serraria ($m^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e para celulose ($tSA \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e a produção de resina.

O programa de melhoramento de pinus contempla mais de um objetivo, portanto torna-se imprescindível adotar mais de uma estratégia de seleção. Com o avanço do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, outras estratégias também poderão ser somadas às básicas. Nas etapas subsequentes será adotada a seleção recorrente intrapopulacional (SRI), considerando as populações puras constituídas por indivíduos selecionados de cada espécie envolvida na hibridação, bem como materiais genéticos de populações híbridas existentes e as que serão geradas (*P. elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. tecunumanii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) e raças locais (coletadas em plantios comerciais). Assim, inicialmente, a estratégia geral de melhoramento de pinus englobará a seleção recorrente intrapopulacional e a seleção recorrente intrapopulacional em população sintética (SRIPS). As duas etapas do processo serão executadas simultaneamente.

A estratégia básica de melhoramento neste caso será baseada na seleção dentro de cada espécie ou de populações sintéticas advindas de povoamentos comerciais (raças locais), programas de melhoramento, clones, cultivares, etc., visando à obtenção de um maior grau de heterozigose e também de variabilidade genética nos ciclos seletivos subsequentes.

No geral, a SRI é usada para melhorar caracteres quantitativos de espécies anuais e perenes, alógamas e com sistema reprodutivo misto, com base no valor genético aditivo médio da população, bem como no valor genotípico (aditivo + dominância), por meio de vários ciclos seletivos, visando à obtenção de sementes ou clones (RESENDE; BARBOSA, 2005). Cada ciclo de seleção recorrente será constituído de quatro etapas: obtenção de progênies, avaliação destas em experimentos com repetições, seleção das progênies superiores e recombinação destas ou de outros tipos de progênies ou genótipos relacionados àqueles selecionados (SOUZA JÚNIOR, 2001).

Outra estratégia de seleção que se pretende adotar é a seleção recorrente via cruzamentos rotacionais (SRCR). Neste caso, em cada geração os melhores indivíduos da seleção sintética poderão ser cruzados com os indivíduos da população pura (espécie) (RESENDE; BARBOSA, 2005). Antes da aplicação dessa estratégia, características de produção e qualidade da madeira de todos os genitores selecionados serão analisadas para um melhor direcionamento dos cruzamentos.

As estratégias propostas acima são aplicadas em espécies que não permitem uma propagação vegetativa eficiente e/ou que os caracteres a serem melhorados não apresentam heterose ou capacidade específica de combinação suficiente para serem explorados (RESENDE; BARBOSA, 2005). Na prática, tem-se observado genótipos sintéticos (intra e interespecíficos) com volume superior aos genitores em populações comerciais (híbridos de *P.elliottii* x *P.caribaea* var. *hondurensis* e *P.tecunumanii* x *P.caribaea* var. *hondurensis*). O sucesso da hibridação em pinus pode ser explicado pelos efeitos aditivos (GRONINGER et al., 2000), ou devido aos efeitos da sobredominância (NIKLES, 1970). Como se trata de híbrido interespecífico, o vigor híbrido poderia ser melhor explicado pela heterose funcional. Assim, com o desenvolvimento de

tecnologias que viabilizem a propagação vegetativa por estaquia de pinus, novas estratégias que garantam a manutenção do padrão heterótico poderão se adotadas. Portanto, acredita-se que a seleção recorrente recíproca entre populações divergentes poderá ser empregada eficientemente no pinus, devido à divergência alélica entre as espécies, à viabilidade da propagação vegetativa e à facilidade de polinização controlada em pomares clonais bem conduzidos. Para melhoria de algum caráter específico, como resistência à deficiência hídrica e a baixas temperaturas, poderá ser adotada a seleção recorrente recíproca individual, onde é possível obter maior capacidade específica de combinação.

A seleção recorrente recíproca é a principal ferramenta para melhorar a média de cruzamentos interpopulacionais (RESENDE; BARBOSA, 2005). A estratégia básica de melhoramento neste caso será baseada na seleção dentro de cada espécie e cruzamento entre indivíduos superiores para a formação de híbridos. Novos testes de progênies com as matrizes selecionadas de cada espécie serão estabelecidos, e em cada geração os indivíduos superiores de cada espécie serão intercruzados para o desenvolvimento das populações sintéticas (formação de híbridos), a partir de cruzamentos controlados entre diferentes populações e indivíduos, visando à obtenção de um maior grau de heterozigose e também de variabilidade genética nos ciclos seletivos subsequentes. Segundo estes autores, esta estratégia conduz ao melhoramento do híbrido interpopulacional. Portanto, uma das populações puras envolvidas no cruzamento deve ser melhorada também. No caso, pretende-se para algumas espécies de pinus, relacionadas anteriormente, adotar o esquema misto (SRM - seleção recorrente mista) citado por Resende e Barbosa (2005), onde as duas populações envolvidas no cruzamento e a heterose são melhoradas em taxa similar. Segundo esses autores, neste esquema são utilizadas progênies interpopulacionais para seleção e orientação da recombinação

de genitores em uma população e progênes intrapopulacionais para seleção e orientação da recombinação de genitores na outra população.

A princípio, será adotado o modelo SRM ou a seleção recorrente recíproca de genitores com híbridos intermediários (SRR-G-HI) proposta por Resende e Higa (1990). Tal estratégia se baseia na seleção de genitores com base na progênie híbrida e estes são novamente cruzados para formar uma nova população híbrida simultaneamente à recombinação dos genitores. Híbridos superiores poderão ser gerados antes da recombinação dos genitores.

A maior parte da hibridação bem sucedida em pinus tem sido obtida pela combinação de espécies da mesma subseção taxonômica (SHIMIZU et al., 2008). Como por exemplo, *P. elliotii* var. *elliotii* com espécies de pinus tropicais (*P. caribaea*, *P. tecunimanii* e *P. oocarpa*), que pertencem à mesma subseção *Austroales* (WRIGHT, 1976). Vários são os exemplos de vigor de híbridos observados em híbridos interespecíficos de pinus (GRONINGER et al., 2000; NIKLES, 1970; SNYDER; SQUILLACE, 1966; DIETERS et al. 1997). A CAMCORE vem desenvolvendo vários híbridos de pinus, com o objetivo de obter híbridos resistentes aos fatores bióticos e abióticos (doenças, secas, geadas, etc.), com melhores propriedades da madeira e maior produtividade. Informações publicadas pela CAMCORE em 2007 noticiaram a implantação de ensaios com sete híbridos, a saber: *P. patula* x *P. elliotii*; *P. patula* x *P. greggii*; *P. patula* x *P. pringlei*; *P. elliotii* x *P. tecunimanii*; *P. elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*; *P. caribaea* var. *hondurensis* x *P. tecunimanii*; *P. caribaea* var. *hondurensis* x *P. oocarpa* (BOLETIN DE NOTÍCIAS CAMCORE PARA O MÉXICO E CENTROAMÉRICA, 2007). Os autores relataram que os cruzamentos interespecíficos têm apresentado desempenho superior ao dos parentais, principalmente em caracteres de crescimento. Com base nessas

informações, serão desenvolvidos híbridos interespecíficos entre *P. tecunumanii*, *P. maximinoi* e *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. elliotii* e *P. taeda*, de alto valor econômico, que combinem as características de rápido crescimento, boa forma de fuste, boa qualidade da madeira e adaptabilidade às condições ambientais adversas. Para isto, serão desenvolvidos os seguintes híbridos interespecíficos: *P. tecunumannii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. maximinoi* x *P. tecunumanii*, *P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. elliotii* var. *elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* (x os dois) e *P. taeda* x *P. greggii*. A produção de híbridos será adotada em cada geração, após a obtenção de genitores superiores das espécies a serem cruzadas.

Para o desenvolvimento de híbridos de pinus, há problemas que devem ser solucionados, tais como: (i) falta de tecnologia para a indução de florescimento, principalmente para espécies com maior dificuldade de produção de sementes, como *P. maximinoi* e *P. tecunumanii* e (ii) falta de protocolos de propagação vegetativa e de embriogênese somática para a produção de mudas de híbridos.

Os cruzamentos controlados (híbridos intraespecíficos) serão efetuados entre os genitores selecionados, nos testes de progênies ou pomares clonais testados. A partir das sementes originadas desses cruzamentos, serão estabelecidos os testes de progênies híbridas. Por incorporar neste esquema tanto as variâncias genéticas aditivas quanto não-aditivas, capacidade geral de combinação e a capacidade específica, espera-se obter maiores ganhos genéticos do que no esquema de polinização livre. Os delineamentos de cruzamentos para a implementação da seleção recorrente visando o melhoramento de genitores e híbridos a partir de ciclos seletivos serão importantes para a determinação da capacidade geral de hibridação, identificação dos genitores e dos cruzamentos superiores e possibilidade de avaliar maior número de genitores possíveis para desenvolver

novos híbridos e outros cruzamentos superiores. Para atender esses requisitos, segundo Resende e Barbosa (2005), pode-se adotar um delineamento do tipo fatorial desconexo 3 x 3 ou o dialélico parcial 5 x 5, envolvendo cinco genótipos superiores de cada espécie ou grupo, ou o delineamento em V (Tabela 1), usado para os genitores de maiores valores genéticos aditivos (RESENDE, 2002). Para viabilizar a realização de um grande número de cruzamentos, explorar melhor o potencial dos indivíduos superiores e aumentar a probabilidade de obtenção de indivíduos superiores nas progênies pretende-se adotar delineamento em V para desenvolvimento de híbridos de pinus. Nas tabelas 1 e 2, pode-se verificar o número cruzamentos entre os indivíduos e os números de cruzamentos por genitor.

Tabela 1. Delineamento em V sugerido por Resende (2002).

Genitor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		X	X	X	X	X	X	X	X	X
2			X	X	X	X	X	X	X	
3				X	X	X	X	X		
4					X	X	X			
5						X				
6										
7										
8										
9										
10										

Tabela 2. Resultados dos melhores cruzamentos e o número de genitores por cruzamento.

Genitor	Nº Cruzamentos	Genitor	Nº de Cruzamentos
1	9	6	5
2	8	7	4
3	7	8	3
4	6	9	2
5	5	10	1

Para a implantação dos futuros testes de progênies híbridas, progênies de segunda geração e clonais será utilizado o delineamento experimental de uma planta por parcela com 30 a 60 repetições. Segundo Resende e Barbosa (2005), o uso de delineamento de uma planta por parcela é mais eficiente que várias plantas por parcela por gerar maior acurácia seletiva, maior herdabilidade individual, atenuar os efeitos de competição (mais vizinhos) e menor superestimativa da herdabilidade e do ganho genético em um local. Os genitores para geração de novas progênies serão selecionados com base no valor genético aditivo ($u + a$) ou, quando clones, nos valores genotípicos ($u + a + d$). Para avaliação e seleção de genótipos superiores, procedimentos estatísticos adequados são imprescindíveis visando maximizar os efeitos genéticos e a acurácia seletiva. Resende (1999) constatou que o procedimento ótimo de avaliação genética de espécies arbóreas é o REML/BLUP, denominado de metodologia de modelos mistos.

Desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias

Nas próximas etapas pretende-se adotar novas estratégias de melhoramento e desenvolver tecnologias para acelerar e orientar as fases principais do programa (Tabela 3). Um dos fatores que dificulta a agilidade do melhoramento e restringe o uso de clones e híbridos de pinus, em larga escala, é a falta de protocolos de macro e micropropagação vegetativa, além do longo período demandado para o início do florescimento. Portanto, para que as estratégias futuras sejam possíveis de se concretizar em curto prazo, pesquisas na área de indução de florescimento precoce, embriogênese somática e micro e macropropagação vegetativa deverão ser desenvolvidas concomitantemente, visando atender principalmente as etapas de multiplicação dos híbridos e instalação de testes clonais. Dessa forma, será possível o rápido avanço no melhoramento genético de pinus.

Tabela 3. Linha do tempo dos principais acontecimentos do programa de conservação e melhoramento de pinus.

1978	Transferência de material genético que pertencia ao antigo IBDF.
1980	Colheita de sementes em plantios comerciais e difusão de materiais via CAMCORE e OFI.
1988-1994	Implantação de teste de procedências e progênies em várias regiões do Brasil.
1989-2010	Avaliações de caracteres fenotípicos.
1996-2002	Desbaste seletivos de testes de procedências e progênies.
2000 - 2006	Implantação de pomares clonais.
1995-2011	Colheita de sementes dos PSM.
2007 e 2015	Implantação de teste de segunda geração de seleção e primeira geração de material de plantios comerciais.
2010 e 2015	Formação de híbridos interespecíficos.
2012 a 2015	Identificação de genótipos mais produtivos e divergentes a partir de marcadores moleculares. Aplicação de seleção genômica ampla.
2012 a 2017	Desenvolvimento de protocolos para a multiplicação vegetativa e criopreservação.
2012 a 2017	Formação de pomares “indoor”.
2008 a 2017	Avaliações dos testes de progênies de segunda geração.
2017	Obtenção de genótipos elite de pinus.

Ferramentas para a propagação vegetativa de pinus

Protocolos de macro e micropropagação vegetativa serão adotados para viabilizar a instalação de testes clonais, pomares de semente clonal, rejuvenescimento fisiológico das plantas, formação de pomares “indoor” para a formação de híbridos e jardins clonais para facilitar a multiplicação dos genótipos

para áreas de observação e outros tipos de ensaios. Estas técnicas permitirão o avanço nos programas de melhoramento e conservação das espécies de pinus, visto que será possível acelerar o rejuvenescimento fisiológico das plantas, resgatar germoplasmas, independentemente da disponibilidade de sementes, bem como multiplicar genótipos de valor superior e formação de híbridos. Para isto, serão trabalhados diversos tipos de ferramentas de clonagem: a embriogênese somática, a micropropagação de várias partes das sementes e plântulas (cotilédones, acículas, indução de calo, etc.) e a macropropagação por via da estaquia ou da enxertia. Para o estabelecimento de testes clonais será usada estaquia ou a micropropagação, incluindo tecnologias de rápida expansão como a embriogenia somática. Já a garfagem de topo, a enxertia em raízes de árvores adultas, a embriogênese e a indução de florescimento precoce serão utilizadas para o estabelecimento de pomares clonais, jardins clonais e pomares “*indoor*” de indivíduos superiores (híbridos) visando a produção de sementes melhoradas em curto prazo.

Indução de florescimento precoce

A indução do florescimento precoce é uma atividade muito importante para os programas de melhoramento de espécies perenes, pois permite acelerar as etapas dos procedimentos de polinização controlada para recombinação de genótipos superiores. Com base nesta tecnologia, será possível reduzir o tempo dos ciclos de seleção e, conseqüentemente, obter de ganhos genéticos maiores em curto prazo (FONSECA et al., 2010).

O modelo convencional de indução de florescimento de espécies de *Eucalyptus* é baseado na aplicação de 0,25 g i.a. do regulador de crescimento paclobutrazol (PBZ) por planta em vaso ou 0,25 g i.a. por centímetros de circunferência em árvores adultas no campo (FONSECA et al., 2010). Para as espécies de pinus

serão utilizados dois reguladores de vegetais o paclobutrazol e a giberelina (4/7). A aplicação destes produtos será feita em várias concentrações, em plantas jovens envasadas e clonadas e árvores adultas. Um dos procedimentos a ser testado será o proposto por Fonseca et al. (2010), que consiste em produzir as plantas em recipientes de 3 L a 5 L e aplicar os reguladores quando as plantas estiverem com uma copa de 60 cm a 70 cm de DAP. Após a expressão do sintoma do regulador, essas serão transferidas para um recipiente de 50 L de capacidade (complementar com substrato sem o produto). Nas plantas adultas, no campo, o produto será aplicado no caule (injeção de giberelina) e na projeção externa da copa. Para eucalipto usa-se uma concentração de 1 mL de paclobutrazol para 1 L de água e aplica-se em uma faixa de 50 cm na projeção externa da copa. Segundo estes autores, a melhor época de aplicação é logo após o término do florescimento.

Coleta e manuseio de pólen de pinus

Outra ferramenta que será enfatizada no programa de melhoramento de pinus será a coleta, manuseio e armazenamento de pólen. Durante todo o procedimento de coleta e manuseio do pólen, serão tomados todos os cuidados necessários para que estes não sejam misturados ou contaminados e que a viabilidade do pólen a ser utilizado seja mantida adequadamente durante todo o processo de armazenagem. Assim, a esterilização do local e dos utensílios usados será adotada quando o pólen de genótipos diferentes forem manuseados. O pólen de pinus é provido de asas para a sua melhor dispersão e, portanto, é necessário cuidado especial para o seu manuseio.

A utilização do pólen pode ser feita de duas maneiras: diretamente no campo a partir da obtenção de pólen fresco ou o uso de pólen armazenado em laboratório. No campo são selecionados galhos em estágio avançado de maturidade

dos amentilhos. Coleta-se somente o pólen dos amentilhos em pré-antese (Figura 1), identificando-os, isolando-os (em sacos de papel Kraft) por árvore e conduzindo-o ao laboratório para que a liberação do pólen seja completada. Neste caso, deve-se tomar cuidado para evitar a contaminação. Após a liberação do pólen dos amentilhos (de 1 a 3 dias), o pólen é passado por uma peneira (53 um mm^{-1} ou USS/ASTM 270 ou TYLERMESH 270) e colocado em placa de petri. A secagem pode ser feita em dessecador com sílica-gel, por 24-48 horas e sob vácuo ou feita em estufa, de preferência com circulação forçada de ar (máximo $30 \text{ }^\circ\text{C}$), ou ainda no Liofilizador para a redução drástica da umidade, visando o armazenamento em temperaturas baixas (criopreservação). Após a secagem, estes são colocados em frascos plásticos ou de vidros (Figura 2) e armazenados em $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ ou ainda a $-196 \text{ }^\circ\text{C}$, no caso de secagem drástica. Testes de avaliação da viabilidade de grãos de pólen serão realizados logo após a coleta e o processo de secagem e durante o armazenamento. Os métodos mais utilizados são: *in vitro* e *in vivo*. No método *in vitro*, a germinação é obtida procurando-se reproduzir as condições naturais de germinação do grão de pólen. Para isso, utilizar-se-á ágar como agente solidificante (0,8%) e sacarose (10%) com a adição de alguns nutrientes (B, Ca, Mn e K), que serão testados. A possibilidade do uso de corantes específicos não é descartada (especialmente o cloreto de 2,3,5 trifenil tetrazólio), que deverá ser mais investigado quanto às doses a serem empregadas.

No caso de se coletar o pólen fresco no campo, escolher-se-á um galho em que a maioria dos amentilhos ainda está fechada e remover-se-ão todos os amentilhos abertos. O galho será isolado para evitar a contaminação pela nuvem de pólen existente e a coleta será feita quando ocorrer a liberação do pólen.

Concomitantemente aos procedimentos de polinização controlada em pinus, será testada a eficiência do emprego de três tipos de

pólen: pólen seco, úmido (seco e spray de água) e solução de pólen com água, conforme pesquisas conduzidas por Sweet et al. (1993) que mostram haver uma polinização mais eficiente quando se poliniza com água os estróbilos femininos nos pomares de sementes por mudas.

Foto: Ananda Virginia de Aguiar



Figura 1. Amentilhos de *P. elliottii*.

Foto: Ananda Virginia de Aguiar



Figura 2. Frascos para o armazenamento de pólen de *Pinus*.

Polinização controlada

No campo, a polinização controlada em pinus será realizada conforme os procedimentos propostos por Bramlett e O'Gwynn (1981). De acordo com os critérios indicados por estes autores, o primeiro passo é a escolha dos galhos onde se encontram os botões florais. Estes devem ser verticais e de maiores diâmetros, para proteger os estróbilos femininos isolados que serão polinizados pelo vento.

Um importante passo é a definição do estágio ideal para efetuar a polinização. No caso de pinus, segundo Bramlett e O'Gwynn (1981), há dois sistemas de classificação: o de Snow et al. (1943) e o de Cumming e Righter (1948) e Wakeley e Campbell (1954) (Tabela 4). Com base na informação contida na tabela 4, é possível verificar que, no estágio 5, os estróbilos femininos estão completamente emergidos das escamas. Neste estágio, os coneletes apresentam o máximo de receptividade e o acesso do pólen é maior. Portanto, reconhecer este estágio é muito importante para se ter sucesso com a polinização controlada em pinus. Este estágio pode demorar de um dia a uma semana, dependendo da temperatura e umidade do ar. Segundo Bramlett e O'Gwynn (1981) muitos melhoristas polinizam várias vezes um estróbilo feminino, no entanto, os melhores resultados são obtidos com a polinização efetuada com os maiores números de estróbilos femininos no estágio 5.

Os procedimentos para a polinização controlada em pinus são: (i) selecionar os galhos com os estróbilos femininos; (ii) verificar onde poderão ser fixados os sacos de isolamento no galho, para evitar injúrias nos galhos mais finos. As acículas dos galhos não devem ser removidas, visto que estas ajudam a proteger as flores e no fornecimento de carboidratos aos galhos; As acículas devem ser aparadas para não encobrir os botões, facilitando assim todo o processo de polinização controlada. Usar sacos resistentes e espessos para evitar a contaminação (tecido não

tramado e plástico transparente, papel, plástico) com 14,5 cm de largura e 60 cm a 75 cm de comprimento (o tamanho pode ser menor, dependendo da espécie); envolver algodão hidrófobo na base do galho isolado, para evitar a entrada de pólen e insetos; amarrar o saco com arame e colocar e identificar devidamente a polinização. Os sacos podem ser removidos duas semanas após a polinização e quando os coneletes atingirem o estágio 6 (dez dias após o início do estágio 5); deixar somente a identificação no galho. Os cones devem ser desenvolvidos nos próximos 18 meses após a polinização.

Tabela 4. Estágio de desenvolvimento dos estróbilos femininos do gênero *Pinus*.

Sistema de Snow et al (1943)	Sistema de Cumming e Righter (1948) e Wakeley e Campbell (1954)	Descrição	Etapas para o melhoramento
I	1	Primórdios de estróbilos femininos cobertos por firmes escamas.	Identificar os galhos que serão polinizados.
	2	Primórdios de estróbilos femininos maiores estão cobertos pelas escamas . O ápice dos primórdios de estróbilos femininos apresenta uma coloração clara.	Os primórdios de estróbilos femininos devem ser protegidos (isolados) com sacos de tecido não tramado.

Tabela 4. Continuação

Sistema de Snow et al (1943)	Sistema de Cumming e Righter (1948) e Wakeley e Campbell (1954)	Descrição	Etapas para o melhoramento
II	3	Os estróbilos femininos estão emergindo dos brotos. Coneletes rudimentares são observados.	Evitar ensacamento de estróbilos femininos pois a contaminação por pólen não desejável pode ocorrer.
	4	Os estróbilos femininos se estendem além das escamas das gemas; escamas do conelete são pequenas.	Muito tarde para ensacar os estróbilos femininos. Alguns estróbilos podem ter sido polinizados, mas a produção de sementes pode ser reduzida.
III	5	Estróbilos femininos com receptividade máxima; grandes aberturas entre as escamas de coneletes; as escamas formam um ângulo reto com o eixo do conelete.	A polinização dos estróbilos femininos até o estágio seis é eficiente.

Fotos: Arielen Virgínea de Araújo dos Santos



Figura 3. Estróbilos femininos de *Pinus elliottii* em diferentes estágios de maturação.

Aplicações de marcadores genéticos, NIR, seleção genômica ampla e transgenia

O uso de marcadores genéticos e bioquímicos em atividades relacionadas ao melhoramento genético de várias espécies, incluindo as espécies florestais, é empregado desde a década de 1980. Esta tecnologia associada às metodologias tradicionais de conservação e melhoramento vem sendo efetiva para acelerar os programas de melhoramento e de pré-melhoramento destas espécies. Sua aplicação é ampla, tal como, no monitoramento da variabilidade genética e do tamanho efetivo nos subseqüentes ciclos seletivos, na identificação de genitores (parentais) e clones durante o desenvolvimento de híbridos, na estimativa de fluxo gênico e do sistema de reprodução, em programa de seleção assistida, na aplicação de seleção precoce e identificação de material elite, na duplicidade de acesso, na proteção de cultivares, na contaminação via pólen, etc. Atualmente os marcadores estão sendo utilizados na seleção genômica ampla (SGA), mapeamento e detecção de QTL's, mapeamento associativo e microarray.

Em pinus, os marcadores moleculares vêm sendo aplicados em várias etapas de melhoramento. Porém, um pouco mais restrito que o eucalipto devido a algumas características específicas do gênero, como a complexidade do genoma e pouca disponibilidade

de marcadores do tipo SSR (microssatélites), DArT (Diversity Array Technology) e SNP (polimorfismo de único nucleotídeo) para as diferentes espécies. Porém, essas limitações vêm sendo transpostas, principalmente com a possibilidade de acesso a novas tecnologias devido ao custo mais acessível. A maioria dos trabalhos com marcadores moleculares para pinus no Brasil foram aplicados para monitorar a variabilidade genética de testes de progênies e identificação de genitores divergentes. Há vários tipos de marcadores que vem sendo aplicados desde a década de 1980 em programas desta natureza. Atualmente, os mais utilizados são SSR, DArT e SNP. Na estratégia de melhoramento genético estes podem contribuir direta e indiretamente na obtenção de resultados promissores.

Em espécies de maior valor econômico, uma das técnicas mais atuais aplicada em melhoramento de espécies florestais, especificamente em eucalipto, é a seleção genômica ampla (GWS) (FONSECA et al., 2010; GRATTAPAGLIA; RESENDE, 2011). Com base nesta técnica os ganhos a serem obtidos poderão ser maiores que os esperados no melhoramento convencional, visto que o tempo entre cada ciclo de seleção poderá ser metade do tempo gasto nos procedimentos convencionais. Esta técnica requer a utilização de marcadores moleculares que permitam ampla cobertura do genoma e alta densidade de genotipagem (FONSECA et al., 2010). Para isto, os marcadores que melhor poderão satisfazer essa demanda são SNP e DArT.

Para implementação da seleção genômica ampla, três populações ou conjunto de dados são necessárias: a população de descoberta, a de validação e a de seleção (RESENDE et al., 2008; FONSECA et al., 2010). A quantidade de dados na população de descoberta é bem maior que nas demais, tanto de marcadores quanto fenotípicos, visto que nesta população é que serão descobertos os locos que controlam o caráter,

com base no procedimento estatístico BLUP. Na população de validação, o conjunto de dados é menor e, nesta, as equações de predição dos valores genéticos genômicos são testadas com base na computação da acurácia. Na população de seleção são considerados somente os indivíduos candidatos à seleção e os dados dos marcadores. A aplicação desta técnica é viável para quaisquer espécies. Acredita-se que futuramente esta técnica será adotada em vários programas de melhoramento, incluindo também o melhoramento de espécies de *Pinus* para a produção de madeira e resina. Com base na seleção genômica ampla é possível a aplicação da seleção precoce em pinus.

A aplicação da técnica de seleção genômica ampla será muito promissora com o domínio de tecnologias de propagação vegetativa (como embriogênese somática) e indução precoce de florescimento. E, também, com a fenotipagem mais efetiva das populações de melhoramento (descoberta). Para isso, além das avaliações corriqueiras de produtividade, outros caracteres deverão ser incluídos, principalmente nas populações com certo grau de melhoramento. Com advento da tecnologia de Espectroscopia do Infravermelho Próximo (NIRS) serão avaliados alguns caracteres relacionados às características da madeira. Primeiramente são construídos os PCAs (espectros) com base na amostra de madeira de várias árvores da população. Em seguida, os genótipos mais produtivos são priorizados para aplicação da análise mais detalhada. As medições são realizadas a partir de amostras (bagaetas). Com base nessa tecnologia é possível avaliar as características químicas (holocelulose e lignina), física (densidade da madeira) e anatômicas (comprimento da fibra e espessura da parede). As características mecânicas serão priorizadas quando proceder ao corte raso das árvores. Essas características serão avaliadas em idades juvenis (a partir dos cinco anos de idade) até a idade de corte. A identificação e a determinação da magnitude de variação e grau de controle genético para esses caracteres permitirão definir as estratégias

para o melhoramento da qualidade da madeira. Essas informações serão fundamentais na busca de novas opções de aplicação da madeira das espécies de pinus.

Para aplicação da transgenia em pinus será necessário um avanço, principalmente, nas técnicas de microprogação e embriogênese somática. Como o gênero apresenta um genoma mais complexo que algumas espécies florestais folhosas, isto também poderá dificultar a detecção das vias de expressão relacionadas aos genes inseridos. Porém, os estudos recentes têm mostrado genótipos transgênicos mais produtivos de *Pinus taeda*. Além disso, a identificação de genes relacionados à estresses abióticos (tolerância a frio), produtividade (genes relacionados à melhor alocação de carbono e uso eficiente do nitrogênio), aumento de lignina, bem como relacionados a outras características de interesse da indústria poderão ser inseridos em genótipos elite de pinus.

Algumas famílias de genes envolvidos na ativação de genes que respondem a estresses abióticos vêm sendo inseridos em plantas anuais e, atualmente, em algumas espécies perenes, como da família DREB (*Dehydration Responsive Element Binding Protein*). Estes também poderão ser utilizados em espécies do gênero Pinus, porém, devido ao seu ciclo de vida longo e as características peculiares destas espécies, estudos mais específicos devem ser conduzidos. Como as espécies de pinus apresentam uma boa adaptabilidade a várias condições edafoclimáticas, acredita-se que a descoberta de genes promissores deve ser contemplada, bem como o descobrimento de genes-alvo via genética de associação ou análise de expressão diferencial de genes.

No universo da transgenia dois temas devem ser priorizados: a avaliação dos impactos dos genótipos modificados e também pesquisas na área de ecologia e genética de populações de

árvores geneticamente modificadas (FONSECA et al., 2010). Como o pólen de pinus apresenta características específicas (asas e produção em abundância), pode alcançar grande distâncias, portanto essas pesquisas se tornam ainda mais importantes, principalmente, considerando-se que hoje são poucos os estudos desta natureza.

Zoneamento edafoclimático

Apesar do gênero *Pinus* ser composto de espécies rústicas e tolerantes à diferentes condições edafoclimáticas, há materiais que respondem de maneira diferente, de acordo com a qualidade do sítio. Dessa maneira, o programa de melhoramento genético de pinus deve de forma prioritária, considerar os aspectos climáticos (regime de chuvas e estiagem, temperatura, ocorrência de geadas, vento e evapotranspiração, etc.), uma vez que estes aspectos apresentam influência diretamente no desenvolvimento vegetal e na produtividade das espécies. Assim, como para a maioria das espécies florestais, o clima é um fator limitante e condicionante do cultivo das coníferas e a definição de áreas aptas ao cultivo se baseia na junção das informações do ambiente físico e das necessidades ambientais das espécies visadas. Esta dualidade requer a identificação de variáveis relevantes do ponto de vista biológico, capazes de serem medidas, estimadas ou mapeadas em território (ECHEVERRÍA et al., 2006). Desta forma, um aspecto muito importante dos programas de melhoramento genético é o zoneamento, pois ele fornece subsídios para a escolha dos locais para a instalação dos testes de progênies. Os zoneamentos para plantios florestais tem sido instrumento importante de planejamento, como efetuados por Carpanezzi (1986) e Carpanezzi et al. (1988) para os Estados do Paraná e Santa Catarina, pois servem como fonte de orientação para plantios comerciais e experimentais. Outro zoneamento importante é o Zoneamento Edafoclimático para plantios florestais no Estado do Paraná (FRITZSONS et al., 2011a) que norteará, entre outras, a seleção de regiões

divergentes para o estabelecimento de ensaios experimentais, considerando não somente o clima, mas também, o aspecto edáfico, que é fundamental para as espécies perenes, como as florestais.

A Embrapa Florestas vem desenvolvendo o zoneamento climático para várias espécies de pinus de maior valor econômico, como *P. taeda* e *P. elliottii* (ALFONSI et al., 2011; HIGA; WREGGE, 2011). Um exemplo de zoneamento, organizado pela Embrapa Florestas em parceria com o Instituto florestal (IFSP) foi elaborado para *P. maximinoi* e *P. tecunumanii* para o Estado de São Paulo. Neste zoneamento foram identificados grupos de estações experimentais que podem ser consideradas climaticamente homogêneas para subsidiar o planejamento da implantação dos experimentos. Foram selecionadas 30 áreas experimentais e os dados climáticos referentes a cada estação foram organizados em planilhas, submetidos às análises de agrupamento e os resultados interpretados a partir da visualização dos dendrogramas. As exigências climáticas das espécies foram verificadas na literatura científica disponível e também nos resultados obtidos de diversos plantios experimentais. As estações experimentais preferenciais para o plantio de *P. maximinoi* concentram-se em torno do município de Angatuba (porção sul do estado), representadas pelas estações de Buri, Pirajú, Itapeva, Avaré, Itapetininga e Itararé, as quais apresentam clima Cwa (classificação de Köppen). As estações do grupo de Bebedouro, São José do Rio Preto e Ilha Solteira não são recomendadas ao plantio dessa espécie por se situarem em clima mais quente e pela deficiência hídrica nos meses de verão. As áreas de Campos do Jordão não são recomendadas, devido à ocorrência frequente de geadas. Para as áreas intermediárias, poderiam ser identificados genótipos adaptados a cada região, de acordo com suas particularidades climáticas (Figura 4).

Este trabalho foi feito para os ensaios a serem implantados nas estações experimentais do Estado de São Paulo, entretanto, ele pode ser estendido para outras áreas, dentro e fora do Estado de São Paulo, pois as informações contidas neste documento podem ser utilizadas para verificar a viabilidade do plantio, desde que se tenha o conhecimento do clima e altitude destas áreas.

Novos zoneamentos estão sendo programados e na metodologia proposta há também um resgate das informações sobre o desempenho de procedências e progênies nos diferentes ambientes pedoclimáticos, provenientes de ensaios efetuados no Brasil, informações estas de grande utilidade para o melhoramento das espécies.

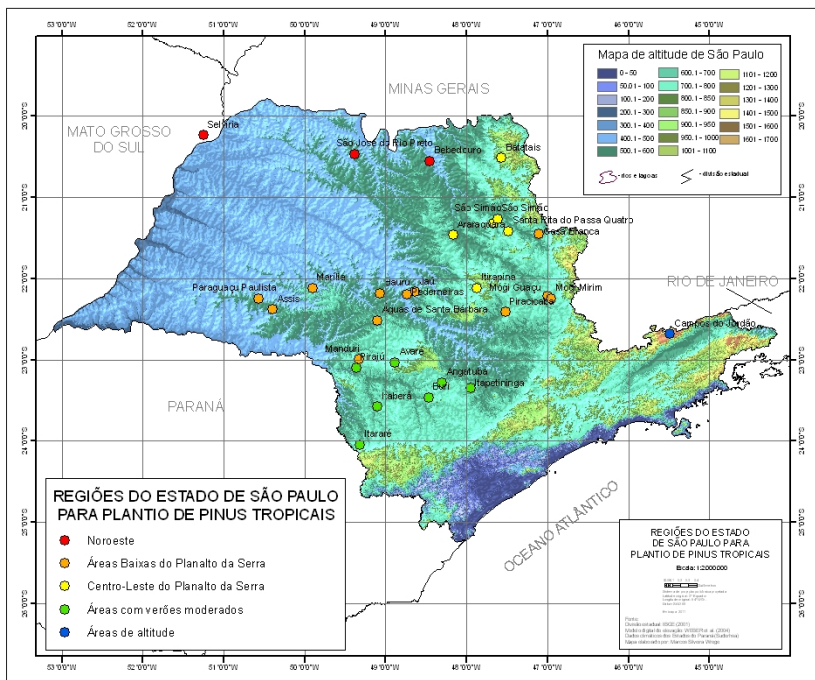


Figura 4. Localidades com características climáticas semelhantes do Estado de São Paulo (FRITZSONS et al., 2011b)

Desenvolvimento experimental

Para estabelecimento de um programa de melhoramento florestal as parcerias com instituições públicas e privadas e produtores rurais devem ser priorizadas, considerando o ciclo longo das espécies e o tempo necessário para obtenção dos resultados da pesquisa.

A definição dos locais de plantios de novas áreas experimentais deve ser norteada pelo zoneamento climático florestal ou pelas cartas edafoclimáticas, de acordo com as características de cada espécie de pinus.

As atividades relacionadas ao processo de implantação de testes de progênies e clones devem ser bem planejadas. Após o estabelecimento dos testes, estes terão que ser avaliados principalmente para caracteres relacionados ao incremento volumétrico, mediante desbastes seletivos, e as árvores de baixa qualidade ou vigor serão removidas, com o objetivo de formar o pomar de sementes por mudas. Os testes com progênies híbridas e clones além dos caracteres volumétricos, devem considerar os vários aspectos físicos, químicos, anatômicos e mecânicos da madeira, que refletem na sua qualidade e, conseqüentemente, nos seus diversos usos. Além disso, a seleção individual de árvores destinadas ao melhoramento genético para produção e qualidade da madeira será baseada também na forma do fuste, ausência de bifurcações, aspectos fitossanitários e capacidade reprodutiva.

Para a maioria das espécies de pinus, há a carência de protocolos de micro e macropropagação. Estes deverão ser definidos com base nos ensaios sistemáticos em laboratórios e em casa de vegetação. Serão desenvolvidas as modalidades de macropropagação vegetativa, por enraizamento de estacas (macro e miniestaqueia), e enxertia e micropropagação por cotilédono, acícula, indução de calo e embrião. Para isso, serão

testados vários tipos de substratos e meios de cultura, explantes de diferentes idades cronológicas, diferentes concentrações de hormônios e procedimentos de coleta de propágulos, além de testes relativos à espessura ideal de caule dos porta-enxertos. O desenvolvimento dessa tecnologia será essencial para viabilizar a coleta, o transporte e a propagação de genótipos de alto interesse para o melhoramento genético e a conservação das espécies de pinus. Além disso, com o desenvolvimento de técnicas confiáveis de propagação vegetativa, genótipos de alto interesse dessas espécies poderão ser multiplicados para fins de pesquisa e exploração econômica.

A geração e avaliação de híbridos interespecíficos dependerão da viabilidade de formação de pomar “indoor” e do desenvolvimento de pesquisas de propagação vegetativa. Para o desenvolvimento dos dois primeiros híbridos (intra e interespecíficos) serão selecionadas árvores geneticamente superiores, nos pomares de sementes por mudas de primeira geração de *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. elliotii*, *P. tecunumanii*, *P. maximinoi* e *P. taeda*. As progênies híbridas geradas serão testadas, visando identificar as combinações de matrizes que resultam em maior valor genético. A partir dessa informação, as matrizes híbridas de comprovado valor genético serão propagadas vegetativamente, para a sua conservação em bancos de germoplasma e para a produção de mudas destinadas ao estabelecimento de plantios comerciais.

Estratégias de conservação genética

O Brasil detém uma amostra representativa de recursos genéticos de espécies florestais exóticas. Os recursos genéticos, representados por várias categorias, como espécies, raças locais, variedades, progênies, clones, etc., são considerados estratégicos para um país devido aos seus valores sociais,

econômicos e ambientais, bem como à sua utilização em programas de melhoramento, conservação e outras áreas da ciência.

Os materiais genéticos utilizados em um programa de melhoramento genético devem ser conservados em condições apropriadas e de fácil acesso. A conservação *ex situ* de uma espécie pode ser concretizada de diferentes modos: coleção de base, coleção ativa, coleção de trabalho, coleção a campo, coleção *in vitro*, coleção em criopreservação, coleção nuclear e banco genômico (VALOIS, 2004). A maneira mais prática para conservação de recursos genéticos florestais, como pinus, é *in vivo* (campo). Assim, é possível aos melhoristas avaliá-los de maneira adequada, visando identificar materiais com características desejáveis para realizar os cruzamentos e obter os genótipos mais produtivos e de qualidade.

Amostras de sementes de alguns acessos de pinus vêm sendo conservadas em câmaras frias. Pelo fato das sementes de pinus serem ortodoxas, coleções de base de sementes vem sendo conservadas em níveis baixos de umidade e com baixas temperaturas (normalmente $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$), o que facilita a sua conservação por longos períodos (em torno de 20 anos). As sementes das coleções de base são usadas para regenerar coleções ativas. Além disso, pretende-se desenvolver protocolos de criopreservação (coleção em criopreservação) e de banco genômico para conservação de germoplasma *in vitro*.

A maior parte das coleções de germoplasma de pinus vem sendo conservada em campo (bancos ativos de germoplasma) com apoio da Embrapa e parceiros. Como a maioria das áreas experimentais encontra-se nas propriedades das empresas privadas, instituições públicas e produtores rurais, a conservação depende, principalmente, da colaboração efetiva dos parceiros.

Por serem as espécies de *Pinus* de ciclo longo e pelo fato dos plantios ocuparem uma área bem maior que aquela ocupada por uma cultura agrícola anual, a permanência deste recurso no campo dependerá do valor econômico do material genético e da disponibilidade de áreas que os parceiros dispenderem. Para os materiais genéticos de pinus que se encontram na propriedade da Embrapa Florestas, deverão ser adotados os seguintes modos de conservação: coleção de base, coleção a campo e coleção nuclear. Futuramente, pretende-se adotar a conservação *in vitro*, criopreservação e banco genômico. Esta estratégia de conservação será adotada para todas as espécies que apresentem ou não interesse econômico. Apesar de algumas espécies consideradas não apresentarem interesse socioeconômico para o homem na atualidade, no futuro poderão ser utilizados produtos derivados delas ou até mesmo genes e alelos existentes (VALOIS et al., 2001).

Para que os recursos genéticos de pinus possam ser melhor explorados pelas empresas, instituições e produtores, alguns requisitos são necessários: documentação e descrição adequada das coleções; avaliações mais detalhadas das coleções; disponibilização desta informação; e maior disponibilidade de sementes. Portanto, para compensar o custo operacional de manutenção e conservação dos recursos genéticos, bem como a produção e disponibilidade de amostras de modo a atender de imediato as necessidades dos programas, especialmente do melhoramento genético, é preciso desenvolver em maior escala as atividades de caracterização, documentação e informação. Para isso, descritores morfológicos e marcadores moleculares microssatélites estão sendo desenvolvidos para serem usados na caracterização das coleções de germoplasma de pinus. Muitas espécies de pinus não são utilizadas em plantios comerciais devido à falta de sementes com qualidade genética e à falta de informação mais detalhada das características dos acessos.

Para assegurar a conservação de várias espécies, procedências e progênies de pinus de maneira mais viável em termos econômicos serão estabelecidas as coleções nucleares ou “core collections” em diferentes regiões de plantios. A coleção nuclear ou coleção núcleo é uma amostra representativa da coleção de germoplasma, na qual se mantém a variabilidade genética com mínimo de redundância (COSTA et al., 2007).

Sementes dos BAGs (coleção de base) de cada espécie (Tabela 5) serão enviadas para Colbase na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen).

Além disso, será criado um banco de dados para documentação geral, registro de dados, gestão dos BAGs, alimentação do sistema de informação de banco de dados no Sistema Brasileiro de Informações de Recursos Genéticos (Sibrargen) e os sistemas de banco de dados internacionais, para facilitar o intercâmbio de informações e recursos genéticos.

Com o avanço das pesquisas, pretende-se firmar parcerias com outras instituições, tanto em nível nacional quanto internacional, visando maior divulgação das pesquisas e tecnologias desenvolvidas.

Tabela 5. Coleções de germoplasmas da Embrapa Florestas e parceiros que vem sendo conservadas *ex situ*.

Espécie	Local	Estratégia de conservação <i>ex situ</i>	Parceiros
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	Vilhena, RO, Barra Velha, SC	Coleção base e coleção a campo	Embrapa Rondônia, Comfloresta
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	Vilhena, RO, Ventania, PR, Santarém, PA, Felixlândia, MG, Presidente Castelo Branco, PR	Coleção base e coleção a campo	Embrapa Rondônia, Valor Florestal, CPATU, Epamig, Produtor Rural
<i>P. elliotii</i> x <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	Colombo, PR	Coleção base e coleção a campo	-
<i>P. greggii</i>	Ponta Grossa, PR, Campo do Tenente, PR	Coleção base e coleção a campo	Arauco Brasil, Embrapa SNT
<i>P. oocarpa</i>	Felixlândia, MG, Angatuba, SP	Coleção base e coleção a campo	Epamig, IFSP
<i>P. palustris</i>	Capão Bonito, SP, Três Barras, SC, Iratí, PR	Coleção a campo	Flona
<i>P. tecunumani</i>	Presidente Castelo Branco, PR, Vilhena, RO, Alagoinhas, BA, Ventanias, PR	Coleção base e coleção a campo	Produtor rural, Embrapa Rondônia, Bahia Pulp, Valor Florestal
<i>Pinus chiapensi</i>	Ventania, PR, Ponta Grossa, PR	Coleção base e coleção a campo	Valor Florestal, Embrapa SNT
<i>Pinus elliotii</i>	Ponta Grossa, PR, Ribeirão Branco, SP, Colombo, PR, Capão Bonito, SP, Itapetininga, SP, Telêmaco Borba, PR, Otacílio Costa, SC	Coleção base e coleção a campo, Coleção núcleo	Embrapa SNT, Pinara, IFSP, Flona de Capão Bonito, Flona de Três Barras, Klabin

Tabela 5. Continuação

Espécie	Local	Estratégia de conservação <i>ex situ</i>	Parceiros
<i>Pinus kesiya</i>	Vilhena, RO, Brasília, DF	Coleção base e coleção a campo, Coleção núcleo	Embrapa Rondônia, Embrapa SNT, Cernargen
<i>Pinus maximinoi</i>	Ponta Grossa, PR, Angatuba, SP, Ventania, PR	Coleção base e coleção a campo, Coleção núcleo	Embrapa SNT, IFSP, Valor Florestal
<i>Pinus merkusii</i>	Capão Bonito, SP	Coleção base e coleção a campo, Coleção núcleo	Ibama
<i>Pinus patula</i>	Campo do Tenente, PR, Ponta Grossa, PR, São Francisco de Paula, RS, Vargem Bonita, SC, Camanducaia, MG, Campina da Alegria, SC	Coleção base e coleção a campo, Coleção núcleo	Arauco, Embrapa SNT, Produtor rural, Celulose Irani, Cia. Melhoramentos de SP, Irani Papel e Celulose.
<i>Pinus taeda</i>	Ponta Grossa, PR, Rio Negrinho, PR, Colombo, PR, Telêmaco Borba, PR, Itapetininga, SP, Três Barras, SC, Campina da Alegria, SC	Coleção base e coleção a campo, Coleção núcleo	Embrapa SNT, Batistella, Klabin, IFSP, Ibama, Irani Papel e Celulose
<i>Pinus pringlei</i>	Ventania, PR	Coleção a campo	Valor Florestal

Perspectivas Futuras

Com a implementação do programa de melhoramento genético e produção de sementes melhoradas de espécies de pinus, a Embrapa Florestas e seus parceiros poderão se constituir numa unidade geradora e difusora de novas tecnologias. Um grande diferencial nesse aspecto é a disponibilidade de uma valiosa base genética, composta pela extensa rede de experimentos com espécies florestais potenciais, estabelecida ao longo dos anos, em várias regiões do país.

Para a implementação da rede de experimentos, a Embrapa Florestas vem incrementando as parcerias, tanto com empresas privadas quanto com as demais instituições de pesquisa florestal e universidades, visando às ações conjuntas de maior efetividade no atendimento às demandas da sociedade, no que se refere ao desenvolvimento e difusão de materiais genéticos melhorados. Assim, a elaboração de contratos de cooperação entre a Embrapa e seus parceiros deverá ser priorizada. Nestes contratos, serão enfatizados os direitos e obrigações das partes, tais como: orientação técnica, manutenção das áreas experimentais, orientação para a inscrição das espécies no Renasen e o registro de áreas de produção de sementes que venham a ser formadas, além de outros detalhamentos. As sementes melhoradas produzidas e resultantes de qualquer projeto em parceria com a Embrapa serão partilhadas com os parceiros, em proporções previstas nos respectivos contratos de cooperação técnica. Da proporção que couber à Embrapa, parte será destinada ao desenvolvimento de novas gerações de sementes melhoradas (multiplicação) e o restante destinado à distribuição para difusão da tecnologia junto aos produtores rurais e à comercialização direta.

Com o avanço das pesquisas, pretende-se firmar parcerias com outras instituições, tanto em nível nacional quanto internacional, visando maior divulgação das pesquisas e tecnologias desenvolvidas.

Referências

AGUIAR, A. V.; SHIMIZU, J. Y.; SOUSA, V. A. Seleção genética de progênies de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 107-118, maio/jul. 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.62.107.

AGUIAR, A. V. de; SOUSA, V. A. de; SHIMIZU, J. Y. **Sistemas de produção**: cultivo de pinus. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/index.htm>. Acesso em: 6 dez. 2011.

ALBA-LANDA, J.; MENDIZABAL-HERNANDEZ, L.; APARICIO-RENTERIA, A. Respuesta de un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en Coatepec, Veracruz, México. **Forestal Veracruzana**, v. 1, n. 1, p. 25-28, 1998.

ALCANTARA, G. B.; RIBAS, L. L. F.; HIGA, A. R.; RIBAS, K. C. Z.; KOEHLER, H. S. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31 n. 3, p. 399-404, 2007.

ALFONSI, W. M.; BOSCHI, R. S.; EVANGELISTA, B. A.; ALFONSI, R. R.; SANS, L. M. A.; WREGGE, M. S. Zoneamento agrícola de risco climático do pinus taeda para o estado de Minas Gerais e São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Riscos climáticos e cenários agrícolas futuros**: anais. Vitória: Incaper, 2011. v. 1.

ANUÁRIO Estatístico ABRAF. Brasília, DF: ABRAF, 2011. 80 p.

ARAUJO, A. J. **Early results of provenances studies of loblolly and slash pines in Brazil.** 1980. 115 f. Dissertation (Doctor of Philosophy) - Michigan State University.

AZAMAR, O. M.; LÓPEZ-UPTON, J.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J. J.; PLANCARTE, A. B. Evaluación de un ensayo de procedencias-progenies de *Pinus greggii* y su conversión a huerto semillero. In: CONGRESO NACIONAL DE REFORESTACIÓN, 1, Montecillo, 2000. **Memorias** Montecillo, México: Programa Nacional de Reforestación-Colegio de Postgraduados, 2000. 7 p.

BARRICHELO, L. E. G.; KAGEYAMA, P. Y.; SPELTZ, R. M.; BONISH, H. J.; BRITO, J. O.; FERREIRA, M. Estudos de procedências de *Pinus taeda* visando seu aproveitamento industrial. **IPEF**, Piracicaba, SP, n. 15, p. 1-14, 1977.

BERTOLANI, F. Programas em andamento e problemas básicos em florestas implantadas de pinheiros tropicais. **Silvicultura**, São Paulo, SP, v. 8, n. 29, p. 1-4, 1983.

BIRKS, J. S.; BARNES, R. D. **Provenance variation in *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii*.** Oxford: Oxford Forestry Institute, 1990. 40 p. (Tropical Forestry Papers, n. 21).

BOLETIN DE NOTICIAS CAMCORE PARA O MÉXICO Y CENTROAMÉRICA. Raleigh, NC: CAMCORE, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2007.

BORSATO, R. **Variação genética em *Pinus greggii* Engelm. e seu potencial para reflorestamento no sul do Brasil.** 2000. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BRAMLETT, D. L.; OGWYNN, C. H. Controlled pollination. In: FRANKLIN, E. C. **Pollen management handbook**. Washington, DC: USDA, Forest Service, 1981. p. 44-51. (Agriculture Handbook, n. 587).

BRASIL, M. A. M.; NICOLIELO, N.; VEIGA, R. A. de A. Variação da densidade básica da madeira de *Pinus oocarpa* Schiede em diversas idades na região de Agudos, S.P. **Floresta**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 33-40, 1980.

CARPANEZZI, A. A. (Coord.). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; Curitiba: EMBRAPA-CNPf, 1986. 89 p. (EMBRAPA-CNPf. Documentos, 17).

CARPANEZZI, A. A.; PEREIRA, J. C. D.; CARVALHO, P. E. C.; REIS, A.; VIEIRA, A. R. R.; ROTTA, E.; STURION, J. A. RAUEN, M. de J.; SILVEIRA, R. A. S.; CARPANEZZI, A. A. (Coord.). **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba: EMBRAPA-CNPf, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPf. Documentos, 21).

CORNACCHIA, G.; CRUZ, C. D.; BORGES, R. C. G.; PIRES; I. E.; LÔBO, P. R. Variabilidade genética entre e dentro de procedências de pinheiros tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 919-928, jun. 1998.

DONAHUE, J. K.; LÓPEZ-UPTON, J. A new variety of *Pinus greggii* (Pinaceae) in Mexico. **Sida**, v. 18, n. 4, p. 1083-1093, 1999.

DONAHUE, J. K.; LÓPEZ-UPTON, J. Geographic variation in leaf, cone and seed morphology of *Pinus greggii* Engelm. in native forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 82, p. 145-157, 1996.

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

DVORAK, W. S.; DONAHUE, J. K. **Camcore Cooperative research review (1980-1992)**. Raleigh, N.C.: CAMCORE, 1992.

DVORAK, W. S.; GUTIÉRREZ, E. A.; GAPARE, W. J.; HODGE, G. R.; OSORIO, L. F.; BESTER, C.; KIKUTI, P. *Pinus maximinoi*. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative**. Raleigh, NC, 2000a. 234 p.

DVORAK, W. S.; JORDAN, A. P.; HODGE, G. R.; ROMERO, J. L.; WOODBRIDGE, W. C. The evolutionary history of the Mesoamerican oocarpae. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative**. Raleigh, NC: NC State University, 2000f. p. 1-11.

DVORAK, W. S. *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. In: VOZZO, J. A. **Tropical tree seed manual**: part. II: species descriptions. Washington, D.C.: USDA, Forest Service, [2002]. p. 615-617.. Disponível em: <http://www.rngr.net/publications/ttsm/species/PDF.2004-03-15.5136/at_download/file>. Acesso em: 10 jun. 2007.

DVORAK, W. S.; GUTIÉRREZ, E. A.; OSORIO, L. F.; MERWE, L. V.; KIKUTI, P.; DONAHUE, J. K. *Pinus chiapensis*. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative**. Raleigh, NC, 2000d. p. 34-51.

DVORAK, W. S.; JORDAN, A. P.; HODGE, G. R.; ROMERO, J. L.; WOODBRIDGE, W. C. The evolutionary history of the Mesoamerican oocarpae. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative.** Raleigh, NC: NC State University, 2000f. p. 1-11.

DVORAK, W. S.; GUTIÉRREZ, E. A.; OSORIO, L. F.; MERWE, L. V.; KIKUTI, P.; DONAHUE, J. K. Pinus chiapensis. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by CAMCORE Cooperative.** Raleigh, NC, 2000d. p. 34-51.

DVORAK, W. S.; JORDAN, A. P.; HODGE, G. R.; ROMERO, J. L.; WOODBRIDGE, W. C. The evolutionary history of the Mesoamerican oocarpae. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative.** Raleigh, NC, 2000e. p. 1-12.

DVORAK, W. S.; HODGE, G. R.; GUTIÉRREZ, E. A.; OSORIO, L. F.; MALAN, F. S. ; STANGER, T. K. Pinus tecunumanii. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative.** Raleigh, NC: NC State University, 2000e. p. 188-209.

DVORAK, W. S.; GUTIÉRREZ, E. A.; OSORIO, L. F.; MERWE, L. V.; KIKUTI, P.; DONAHUE, J. K. Pinus chiapensis. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative.** Raleigh, NC: NC State University, 2000d. p. 34-51.

DVORAK, W. S.; JORDAN, A. P.; HODGE, G. R.; ROMERO, J. L.; WOODBRIDGE, W. C. The evolutionary history of the Mesoamerican oocarpae. In: CAMCORE Cooperative. **Conservation & testing of tropical & subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative**. Raleigh, NC: NC State University, 2000f. p. 1-11.

DWIVEDI, A. P.; THAPAR, H. S. An evaluation of the performance of exotic pines a New Forest. **Indian Forester**, Dehra Dun, v. 16, n. 4, p. 268-277, 1990.

ECHEVERRÍA, J. C.; JOBBAGY, E. G.; COLLADO, A. D. **Aptitud Forestal de La Provincia de San Luis**. 2006. 110 p. Trabalho elaborado mediante convenio de cooperación técnica entre el INTA E.E.A. San Luis y Gobierno de la provincia de San Luis. Disponível em: < http://gea.unsl.edu.ar/pdfs/mapa_forestal_San_Luis/APT_%20FORESTAL_de_SLuis_2006.pdf >. Acesso em: 23 mar. 2011.

ETTORI, L. C.; SATO, A. S.; SHIMIZU, J. Y. Variação genética em procedências e progênes mexicanas de *Pinus maximinoi*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, SP, v. 16, n. 1, p. 1-9, jun. 2004.

FIER, I. S. N. **Variação genética e métodos de melhoramento para *Pinus maximinoi* H. E. Moore em Telêmaco Borba (PR)**. 2001. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FONSECA, S. M.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M.; JACOB, W. S. Síntese do programa de melhoramento genético de *Pinus* spp. que vem sendo conduzido sob a coordenação do IPEF, na região sul do Brasil. **Boletim Informativo do IPEF**, Piracicaba, SP, 1978.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 200 p.

FRITZSONS, E.; BOGNOLA, I. A.; MANTOVANI, L. E.; WREGGE, M. S.; CARVALHO JUNIOR, W. de; CHAGAS, C. da S. **Carta de unidades edafoclimáticas para o Estado do Paraná para plantios florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011a. 24 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 223).

FRITZSONS, E.; GRABIAS, J.; AGUIAR, A. V.; WREGGE, M. S. Proposta de zoneamento climático para plantio de *Pinus maximinoi* no Estado de São Paulo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, 2011b. No prelo.

GARRIDO, L. M. A. G.; CRUZ, S. F.; RIBAS, C. Interação de genótipos por locais em *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, SP, v. 11, n. 1, p. 1-12, 1999.

GARRIDO, L. M. A. G.; KAGEYAMA, P. Y. Alterações nas estimativas dos parâmetros genéticos de produção de resina de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*, em consequência de desbastes. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, SP, v. 5, n. 2, p. 123-131, 1993a.

GARRIDO, L. M. A. G.; KAGEYAMA, P. Y. Evolução, com a idade, de parâmetros genéticos de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*, selecionado para produção de resina. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, SP, v. 5, n. 1, p. 21-37, 1993b.

GRATTAPAGLIA, D., RESENDE, M. D. V. Genomic selection in forest tree breeding. **Tree Genetics & Genomes**, v. 7, n. 2, p. 241-255, 2011. DOI: 10.1007/s11295-010-0328-4.

HIGA, R. C. V.; WREGGE, M. S. Exigências Climáticas. In: AGUIAR, A. V. (Ed.). **Sistema de produção**: cultivo de Pinus. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus_2ed/Exigencias_climaticas.html>. Acesso em: 20 ago. 2011.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; NISGOSKI, S.; BITTENCOURT, E. Características dos traqueóides da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore e de *Pinus taeda* L. **SBPN: Scientific Journal**, Curitiba, v. 4, supl. 1, p. 73, 2000. Edição dos Anais da 8ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisadores Nikkeis, Curitiba, 2002. Resumos.

LEONARDECZ NETO, E. **Variação genética e métodos de seleção em progênies sul-africanas de *Pinus patula*** (Schiede & Deppe). 1998. 71 p. Dissertação (Mestrado em Genética) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LAGOS, R.V. Cruzamentos controlados em *Pinus radiata* D. Don In: IPINZA, R.; GUTIÉRREZ, B.; EMHART, B. **Curso de mejora genética forestal operativa**. Chile: Faculdade Austral do Chile, 1998. p. 187-199.

LIMA, R. T. Comportamento de espécies/procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia/MG-Brasil, região de cerrados: 2 – *Pinus patula* spp. *tecunumanii*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 1-9, 1991.

LÓPEZ, J. L. A.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J. J.; RÁMIREZ-HERRERA, C.; LÓPEZ-UPTON, J. Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal de *Pinus greggii* Engelm. **Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, Chapingo, v. 5, n. 2, p. 133-140, 1999.

LÓPEZ-UPTON, J.; MUNOZ, O. Selección familiar por tolerancia a sequía en *Pinus greggii* Engelm. I- Evolución en plantula. **Agrociencia**: Serie Fitotecnia, México, v. 2, p. 111-123, 1991.

MARTO, G. B. T.; BARRICHELO, L. E. G.; MÜLLER, P. H. **Indicações para escolha de espécies de Pinus**. Piracicaba, SP: IPEF, 2006. Disponível: <http://www.ipef.br/silvicultura/escolha_pinus.asp>. Acesso em: 22 de ago. 2009.

MIROV, N. T. **The genus Pinus**. New York: Ronald Press, 1967. 602 p.

MORAIS, A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa* parte I: estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 461-470, 2005.

MOURA, V. P. G.; VALE, A. T. Variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central, no cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 62, p. 104-113, 2002.

NEIL, P. E. Estimative of volume and biomass from *Pinus greggii* in Nepal. **Banko Janakari**, Nepal, v. 2, n. 4, p. 395-398, 1990.

OLIVEIRA, E. B. de. Planejamento e manejo da plantação de *Pinus*. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 111-130.

PERRY, J. P. **The Pines of Mexico and Central America**. Portland, OR: Timber, 1991. 231 p.

PINTO JÚNIOR, J. E.; FERREIRA, C. A. **A pesquisa florestal na Embrapa 1978-1993**: versão preliminar. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. (Embrapa Florestas. Documentos, 171).

PINUS: qual o potencial dessa madeira para o Brasil. Agropauta. <<http://www.agropauta.com.br/miudos.asp?todo=id&id=67>>. Acesso: 02 out. 2007.

RAMIREZ HERRERA, C. **Evaluación de la diversidad genética en poblaciones naturales de Pinus greggii**. 1993. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidad Autónoma Chapingo, México.

RAMÍREZ-HERRERA, C.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J. J.; LÓPEZ-UPTON, J. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de Pinus greggii. **Acta Botanica Mexicana**, v. 72, p. 1-16, 2005.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 817 p.

RESENDE, M. D. V. de. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.9.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P. **Melhoramento genético de plantas de propagação assexuada**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 130 p.

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Estratégias de melhoramento para Eucalyptus visando a seleção de híbridos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 21, p. 49-60, 1990.

RESENDE, M. D. V.; LOPES, P. S.; SILVA, R. L.; PIRES, I. E. Seleção genômica ampla (GWS) e maximização da eficiência do melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 56, p. 63-67, 2008.

ROMANELLI, R. C. **Variabilidade genética para produção de resina associada as características de crescimento em uma população de Pinus elliottii var. elliottii Engelm. na Região de Itapetininga - SP**. 1988. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

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**, São Paulo, SP, v. 16, n. 1, p. 11-23, jun. 2004.

ROSA, P. R. F. **Teste de procedências de Pinus oocarpa Schiede em três regiões do Estado de São Paulo**. 1982, 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ROSA, S. E. S.; CORREA, A. R.; LEMOS, M. L. F.; BARROSO, D. V. **O setor de móveis na atualidade: uma análise preliminar**. Rio de Janeiro: BNDES, 2007. Disponível em: <http://www.bnades.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2503.pdf>. Acesso em: 10 set. 2011.

SALAZAR, G. G. J.; VARGAS-HERNÁNDEZ, J. J.; MATA, J. J.; MOLINA, J. D. G.; RÁMIREZ-HERRERA, C.; H.; LÓPEZ-UPTON, J. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de Pinus en edades tempranas. **Madera y Bosques**, v. 5, n. 2, p. 19-34, 1999.

SAMPAIO, P. T. B. **Variação genética entre procedências e progênies de Pinus oocarpa Schiede, Pinus caribaea var. hondurensis barr. & Golf. e Pinus maximinoi H.E. Moore e métodos de seleção para melhoramento genético.** 1996. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SCHMIDT, L. **Seed orchards: guidelines on establishment and management practices.** Los Banos: FAO, 1993. 17 p. (RAS/91/004. Field Manual, 4).

SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAIS, E.; ZANATTO, A. C. S. **Variação genética em procedências e progênies de Pinus patula spp. tecunumanii no noroeste do Estado de São Paulo. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, SP, v. 17, n. 1, p. 1-15, 2005.**

SHIMIZU, J. Y., SPIR, I. H. Z. **Seleção de Pinus elliottii pelo valor genético para alta produção de resina. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 38, p. 103-117, 1999.**

SHIMIZU, J. H. **Pinus na silvicultura brasileira. Revista Madeira, Curitiba, ano 16, n. 99, p. 4-14, set. 2006.**

SHIMIZU, J. Y. **Introdução. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). Pinus na silvicultura brasileira. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 15-16.**

SHIMIZU, J. Y. **Melhoramento genético de coníferas florestais para produção de madeira e resina. Macroprograma 2- Competividade e sustentabilidade. 2007. No prelo.**

SHIMIZU, J. Y. **Presente situação das pesquisas de introdução de Pinus subtropicais no sul do Brasil. Curitiba, 1979. 59 p. Relatório não publicado.**

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de pínus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-74.

SHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M.; AGUIAR, A. V. Produção de resina de pínus e melhoramento genético. In: SHIMIZU, J. Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 193-206.

SOUZA JUNIOR, C. L. Melhoramento de espécies alógomas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S., VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 159-200.

SOUSA, V.A. ; MANTELLO, C.C. ; AGUIAR, A. V. ; KRESTING, D.R. ; CARDIN, L.T. . Identification of microsatellite loci in *Pinus tecunumanii*. In: IUFRO TREE BIOTECHNOLOGY CONFERENCE 2011- From genomes do integration and delivery, 2011, Arraial dájuda. IUFRO TREE BIOTECHNOLOGY CONFERENCE 2011- From genomes do integration and delivery, 2011. v. 1. p. 21-21.

SWEET, G. B.; DICKSON, R. L.; SETIAWATI, Y. G. B.; SIREGAR, I. Z. Liquid pollination in pínus. **Forest Genetic Resources Information**, Rome, n. 21, 1993.

TUOTO, M.; HOEFLICH, V. A. A indústria florestal brasileira baseada em madeira de pínus: limitações e desafios. In: SHIMIZU, J. Y. **Pínus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 17-47.

VALOIS, A. C. C.; NASS, L. L.; GOES, M. Conservação ex situ de recursos genéticos vegetais. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADRES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação-MT, 2001. p. 29-55.

VALOIS, A.C.C. A biodiversidade e os recursos genéticos. In: **RECURSOS genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. Disponível em: <www.cpatsa.embrapa.br/livrorg/temas.html>. Acesso em: 10 mar. 2004.

VARGAS-HERNÁNDEZ, J. J.; MUÑOZ, O. Crecimiento y supervivencia en plantulas de cuatro especies de Pinus. **Agrociencia**, México, v. 72, p. 197-208, 1988.

VARGAS-HERNÁNDEZ, J. J.; MUÑOZ, O. Potencial hídrico, transpiración y resistencia estomacal en plántulas de cuatro especies de Pinus. **Agrociencia: Serie Recursos Naturales Renovables**, v. 1, n. 3, p. 25-38, 1991.

VIEIRA, A. H.; SHIMIZU, J. Y. **Avaliação do potencial de produtividade de madeira de *Pinus tecunumanii* no sul de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1998. 16 p. (Embrapa Rondônia. Boletim de Pesquisa, 24).

WOESSNER, R. A. Programa de melhoramento genético de pinheiros em Jarí. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 29, p. 153-155, 1983.

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

WRIGHT, J. W. **Introduction to forest genetics**. New York: Academic Press, 1976. 461 p.

WRIGHT, J. A. Provenance variation in wood properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **New Zealand Journal of Forest Science**, Rotukua, v. 20, n. 2, p. 220-230, 1990.

Embrapa

Florestas

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 9812