

Melhoramento genético de espécies arbóreas na Embrapa Florestas: uma visão histórica

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

Documentos 259

Melhoramento genético de espécies arbóreas na Embrapa Florestas: uma visão histórica

José Elidney Pinto Júnior
Paulo Eduardo Telles dos Santos
Ananda Virginia de Aguiar
Antonio Nascim Kalil Filho
Estefano Paludzyszyn Filho
José Alfredo Sturion
Marcos Deon Vilela de Resende
Valderês Aparecida de Sousa

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2013

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

cnpf.sac@embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos

Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida

Membros: Alvaro Figueredo dos Santos, Claudia Maria

Branco de Freitas Maia, Elenice Fritzsos, Guilherme

Schnell e Schuhli, Jorge Ribaski, Luis Claudio Maranhão

Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello

Penteado

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos

Revisão de texto: Patrícia Póvoa de Mattos

Normalização bibliográfica: Francisca Rasche

Editoração eletrônica: Rafele Crisostomo Pereira

1ª edição

Versão digital (2013)

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

Melhoramento genético de espécies arbóreas na Embrapa Florestas : uma visão histórica [recurso eletrônico] / José Elidney Pinto Júnior... [et al.]. Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2013. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 259)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

Título da página da web (acesso em: 17 fev. 2014).

1. Melhoramento genético vegetal. 2. Espécie florestal. 3. Pesquisa. 4. Embrapa Florestas. I. Pinto Júnior, José Elidney. II. Santos, Paulo Eduardo Telles dos. III. Aguiar, Ananda Virginia de. IV. Kalil Filho, Antonio Nascim. V. Paludzyszyn Filho, Estefano. VI. Sturion, José Alfredo. VII. Resende, Marcos Deon Vilela de. VIII. Sousa, Valderês Aparecida de. IX. Série.

CDD 581.35 (21. ed.)

Autores

José Elidney Pinto Júnior

Engenheiro florestal, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
elidney.pinto-junior@embrapa.br

Paulo Eduardo Telles dos Santos

Engenheiro florestal, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
paulo.telles@embrapa.br

Ananda Virginia de Aguiar

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

Antonio Nascim Kalil Filho

Engenheiro-agrônomo, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
antonio.kalil@embrapa.br

Estefano Paludzyszyn Filho

Engenheiro-agrônomo, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
estefano.filho@embrapa.br

José Alfredo Sturion

Engenheiro Florestal, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
jose.sturion@embrapa.br

Marcos Deon Vilela de Resende

Engenheiro-agrônomo, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
marcos.resende@embrapa.br

Valderês Aparecida de Sousa

Engenheira florestal, Doutora
Pesquisadora da Embrapa Florestas
valderes.souza@embrapa.br

Apresentação

A presente publicação é o resultado de uma iniciativa de pesquisadores da Embrapa Florestas afeitos à área de genética, melhoramento e conservação, que procuraram resgatar informações contidas em publicações técnico-científicas, relatórios e demais documentos gerados em mais de três décadas de atuação na área florestal, e também mostrar as perspectivas vislumbradas para a continuidade das pesquisas no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Além das fontes habituais de informação, vale destacar que o conhecimento não impresso, porém valorosamente armazenado na memória dos empregados mais antigos, ou que já não pertencem mais ao quadro funcional atual, foi bastante aproveitado na composição da presente publicação.

Ao longo do tempo, profissionais das mais diversas instituições contribuíram de forma determinante para que avançássemos de modo consistente na melhoria dos níveis de produtividade florestal, qualidade dos produtos florestais, diversificação de usos e tantas outras contribuições em prol da silvicultura intensiva. Da mesma forma, o reconhecimento que o Brasil possui atualmente, pelo seu destacado padrão de qualidade no cultivo de espécies florestais, deve-se a uma conjunção

de fatores, como a potencialidade de nossas terras e clima favorável, abordagem multidisciplinar no trato dos desafios e das dificuldades, forte integração interinstitucional e formação de profissionais de alto nível.

Parte do sucesso alcançado pela silvicultura brasileira deve-se à atuação da Embrapa, especialmente daquelas Unidades envolvidas com pesquisa florestal, por intermédio de seus gestores, pesquisadores, analistas, técnicos e pessoal de apoio, que assumiram firmemente responsabilidades em momentos decisivos e que utilizaram toda a sua capacidade para, em conjunto, definirem prioridades, estratégias e diretrizes que pudessem trazer benefícios ao aproveitamento racional do potencial de muitas espécies arbóreas que representam oportunidades, emprego e renda para muitos brasileiros.

É com esse propósito que, ao completar 35 anos de atuação em 2013, disponibilizamos à sociedade o registro das principais contribuições da Embrapa e suas instituições parceiras no contexto das atividades de pesquisa relacionadas à genética, melhoramento e conservação. Certamente teremos um longo caminho pela frente e esperamos, nessa trajetória que se segue, continuar colaborando para o desenvolvimento da nação.

Sergio Gaiad
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Florestas

Sumário

| | |
|---|-----------|
| 1. Síntese das principais contribuições | 9 |
| 1.1. Erva-mate | 9 |
| 1.2. Acácia-negra | 9 |
| 1.3. Araucária | 9 |
| 1.4. Pupunha | 10 |
| 1.5. Paricá | 10 |
| 1.6. Eucalipto | 10 |
| 1.7. Pínus | 10 |
| 1.8. Grevília | 10 |
| 1.9. Liquidambar | 11 |
| 1.10. Produtos desenvolvidos | 11 |
| 1.11. Publicações técnico-científicas específicas | 11 |
| 2. Introdução | 12 |
| 3. Histórico e resultados dos programas de melhoramento genético | 15 |
| 3.1. Erva-mate | 15 |
| 3.2. Acácia-negra | 21 |
| 3.3. Araucária | 28 |
| 3.4. Pupunha | 34 |
| 3.5. Paricá | 41 |
| 3.6. Eucalipto | 45 |
| 3.7. Pínus | 61 |
| 3.8. Grevília | 79 |
| 3.9. Liquidambar | 82 |
| Agradecimentos | 87 |
| Referências | 87 |

Melhoramento genético de espécies arbóreas na Embrapa Florestas: uma visão histórica

José Elidney Pinto Júnior

Paulo Eduardo Telles dos Santos

Ananda Virginia de Aguiar

Antonio Nascim Kalil Filho

Estefano Paludzyszyn Filho

José Alfredo Sturion

Marcos Deon Vilela de Resende

Valderês Aparecida de Sousa

1. Síntese das principais contribuições

1.1. Erva-mate

- Programa de melhoramento coordenado pela Embrapa Florestas;
- Produção de material genético melhorado por sementes e por estaquia;
- Criação de novos clones selecionados para qualidade da bebida.

1.2. Acácia-negra

- Criação de programa de conservação genética e melhoramento da espécie na Região Sul.

1.3. Araucária

- Criação de programa de conservação genética e melhoramento da espécie na Região Sul.

1.4. Pupunha

- Criação do primeiro programa de melhoramento da espécie em nível nacional;
- Criação de novos cultivares por via de sementes e de clones.

1.5. Paricá

- Criação do primeiro programa de melhoramento da espécie na Região Norte.

1.6. Eucalipto

- Introdução e adaptação de 12 espécies tropicais potenciais ao Brasil;
- Introdução e adaptação de cinco espécies temperadas potenciais ao Brasil;
- Criação de fontes de sementes dessas espécies;
- Desenvolvimento de clones experimentais e pré-comerciais.

1.7. Pínus

- Introdução e adaptação de seis espécies tropicais potenciais ao Brasil;
- Criação de novas cultivares dessas espécies, por via de sementes.

1.8. Grevílea

- Introdução de material genético procedente da Austrália;
- Implantação de testes de procedências e progênies nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil;
- Produção de materiais genéticos melhorados.

1.9. Liquidambar

- Introdução e adaptação de materiais procedentes dos Estados Unidos e da América Central;
- Produção de clones e de genótipos melhorados.

1.10. Produtos desenvolvidos

- Desenvolvimento do programa "Selegen-REML/BLUP" para a seleção genética computadorizada, software amplamente usado no Brasil e na América Latina por diversos institutos de pesquisa, universidades e empresas privadas;
- Desenvolvimento do software "Selegen Genômica" para a seleção genômica ampla em plantas e animais domésticos.

1.11. Publicações técnico-científicas específicas

- "Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas", livro amplamente usado no Brasil e América Latina por diversos institutos de pesquisa, universidades e empresas privadas;
- "Melhoramento genético da erva-mate", livro pioneiro sobre o assunto, publicado no País;
- Livro "Pínus na silvicultura brasileira", uma das principais publicações sobre esse gênero no Brasil;
- Livro "Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético", livro amplamente usado no melhoramento de espécies florestais, fruteiras, forrageiras e plantas anuais;
- Livro "Melhoramento de plantas de propagação assexuada", amplamente usado no melhoramento da cana e do eucalipto;
- Livro "Seleção genômica ampla", inovação tecnológica que

vem sendo validada nos programas de melhoramento genético florestal, de fruteiras e de plantas forrageiras;

- Capítulo de livro "*Genetics of oleoresin production with focus on brazilian planted forests*", um dos documentos pioneiros sobre a produção de resina no Brasil;
- Artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais, relatando resultados experimentais das pesquisas conduzidas;
- Série Documentos, Comunicados técnicos e outros documentos versando sobre os aspectos teóricos e práticos do melhoramento florestal.

2. Introdução

O alto nível tecnológico alcançado pelos cultivos comerciais no país deve-se, entre outros aspectos, à introdução de espécies de vários gêneros e ao aproveitamento do potencial produtivo das espécies nativas realizados pela Embrapa, nos últimos 40 anos. O conjunto de ações da silvicultura e do melhoramento genético tem sido o grande diferencial, garantindo a competitividade necessária aos produtos florestais nos mercados nacional e internacional.

Dentre outras áreas da ciência florestal, o melhoramento genético tem sido uma das principais ferramentas, contribuindo para o rápido alcance desse patamar tecnológico, em que o respeito ao meio ambiente tem sido considerado, reconhecido e atestado pelos certificados de manejo florestal sustentável emitidos às empresas florestais. Soma-se a este a exploração da variabilidade fenotípica e genética, por meio de seleção do germoplasma de raças locais, para uso em plantios de empreendedores, o que vem assegurando o aproveitamento adequado dos recursos naturais, das inovações tecnológicas,

principalmente materiais geneticamente melhorados e o correto manejo dos insumos aplicados. Essa gestão integrada, seja no âmbito das empresas de base florestal e/ou familiar, vem sendo implementada pela silvicultura de precisão, de modo a incrementar os patamares atuais de produtividade e qualidade das florestas plantadas.

A Embrapa Florestas tem sido uma das principais instituições de pesquisa florestal que, tratando-se do melhoramento e conservação genética, apresenta um diversificado portfólio de espécies nativas e introduzidas, desde o início de suas atividades, ocorrido em em 1978. Criada para atuar no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), concentrou tais atividades, inicialmente, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Em função da demanda e importância à época, a pesquisa desenvolvida tratou predominantemente da avaliação e seleção de espécies arbóreas introduzidas e nativas, com potencial econômico à silvicultura brasileira, um importante requerimento ao início dos programas de melhoramento florestal. As diretrizes e orientações estratégicas para o desenvolvimento da pesquisa florestal emanaram do Programa Nacional de Pesquisa de Florestas-PNPF, criado pela Embrapa em 1978, ao seu sistema cooperativo de pesquisa. Com abrangência nacional, o PNPF coordenou a pesquisa florestal de outras regiões brasileiras, conduzida por Unidades Descentralizadas como a Embrapa Amazônia Oriental (CPATU), Embrapa Semiárido (CPATSA) e Embrapa Cerrados (CPAC). Mais de uma centena de espécies potenciais, introduzidas e nativas, foram investigadas num primeiro momento. Posteriormente, prosseguiu-se à seleção das melhores procedências de sementes, já no início da década de 1980, com maior atenção voltada às espécies de eucaliptos, pínus, acácia-negra, bracatinga e araucária.

Os programas de melhoramento genético dessas espécies, desenvolvidos pela Embrapa Florestas e suas instituições parceiras do setor florestal público e privado, ganharam um maior impulso somente a partir de meados da década de 1980, com a instalação de redes experimentais nacionais ou regionais, para a seleção de famílias (progênies) e indivíduos dentro de famílias das referidas espécies, visando ao estabelecimento de pomares produtores de sementes melhoradas.

Atualmente, tais programas concentram seus esforços em espécies de eucalipto (*Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. pellita*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. brassiana*, *E. dunnii*, *E. benthamii*, *E. badjensis*), corímbias (*Corymbia citriodora* e *C. torelliana*) e os híbridos *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. benthamii* x *E. dunnii*; pínus (*Pinus taeda*, *P. elliottii* var. *elliottii*, *P. tecunumanii*, *P. maximinoi*, *P. caribaea* var. *hondurensis* e os híbridos *P. elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. taeda* x *P. greggii*, *P. tecunumanii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. maximinoi* x *P. tecunumanii*), grevélea (*Grevillea robusta*), liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), erva-mate (*Ilex paraguariensis*), araucária (*Araucaria angustifolia*), pupunha (*Bactris gasipaes* var. *gasipaes*), paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*), guapuruvu (*Schizolobium parahyba* var. *parahyba*), guanandi (*Callophyllum brasiliensis*), pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*) e teca (*Tectona grandis*). Com exceção da erva-mate, araucária e pupunha, os programas de melhoramento das espécies nativas paricá, guapuruvu, guanandi e pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum*) conduzidos pela Embrapa Florestas e instituições parceiras encontram-se ainda nos estágios iniciais de coleta e disseminação de germoplasma. Particularmente no caso da bracatinga (*Mimosa scabrella*), as ações da Embrapa Florestas restringiram-se apenas à avaliação de duas procedências paranaenses (Bocaiúva do Sul e Campo Largo) e respectivas progênies em uma localidade (Colombo, PR).

Adiante são apresentados o histórico, os resultados mais significativos dos programas de melhoramento genético conduzidos pela Embrapa Florestas e instituições parceiras para as principais espécies estudadas e os direcionamentos futuros. Informações detalhadas destes programas são encontradas nos relatos de Paludzyszyn Filho e Santos (2011) para eucaliptos e corímbias, Aguiar et al. (2011) para pínus, Sousa e Aguiar (2012) para araucária, Sturion e Resende (2010) para erva-mate e Kalil Filho et al. (2010) para pupunha.

3. Histórico e resultados dos programas de melhoramento genético

3.1. Erva-mate

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é uma espécie de grande importância econômica, ambiental, social e cultural para regiões do Brasil, Argentina e Paraguai, onde ocorre naturalmente. A espécie integra um dos mais tradicionais sistemas agroflorestais, concorrendo de modo economicamente viável para a manutenção do pequeno produtor no meio rural. No Brasil, é explorada em cerca de 486 municípios dos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, englobando perto de 180 mil propriedades rurais, a maioria familiares, congregando cerca de 725 empresas processadoras e mais de 710 mil trabalhadores, com uma produção industrializada anual de, aproximadamente, 700 mil toneladas por ano de folhas beneficiadas, o que equivale a aproximadamente dois milhões de toneladas de folhas verdes (DA CROCE; FLOSS, 1999). Dados mais atualizados devem advir de novos levantamentos. Apresenta um mercado potencial que ultrapassa o seu uso como bebida, sendo a área dos fármacos um deles (WINGE et al., 1996). Suas folhas estão sendo utilizadas, também, para o desenvolvimento de cosméticos, novas bebidas e alimentos.

O cultivo da espécie é realizado predominantemente por produtores rurais e por algumas empresas ervateiras que visam à comercialização dos produtos, principalmente o chimarrão. Em função do desmatamento, expansão da fronteira agrícola ou do aumento do consumo, a erva-mate está sendo plantada em cultivos homogêneos puros ou em associação. Estima-se que mais de 15 milhões de mudas de erva-mate são produzidas anualmente no Brasil, com sementes oriundas, em sua maioria, de ervais nativos ou implantados, sem qualquer critério de seleção.

Nos últimos anos, pesquisas relacionadas ao melhoramento genético e ao manejo da cultura consideraram prioritariamente o aumento da produtividade do erval, deixando a qualidade do produto em segundo plano. Com a evolução das relações mercadológicas, o consumidor passou a exigir um produto altamente padronizado e de qualidades específicas em função do objetivo de consumo. Essa demanda está sendo paulatinamente levada em conta pelo produtor que, cada vez mais, vem exigindo um material de melhor qualidade genética.

O melhoramento genético da espécie teve início em 1974 na Argentina e no início da década de 1990 no Brasil. Basicamente, quatro programas de melhoramento estão em desenvolvimento na América do Sul: o do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária-INTA, na Argentina (BELINGHERI; PRAT KRICUN, 1997), o da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina-EPAGRI (FLOSS, 1997), o da Embrapa (RESENDE et al., 1995b, 2000; STURION; RESENDE, 1997) e o da Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT (COSTA et al., 2005). De maneira geral, esses programas têm enfatizado as seguintes características silviculturais: adaptação, produção de massa foliar, resistência a pragas e doenças, queda de folhas e tipo de ramificação ou arquitetura da copa. Recentemente, características associadas à qualidade dos produtos da erva-mate também estão sendo consideradas nos programas de

melhoramento (CASSOL et al. 2006; CARDOZO JÚNIOR, 2006; FRIEDRICH et al., 2006; STURION et al., 2004).

O programa de melhoramento genético da erva-mate coordenado pela Embrapa Florestas baseou-se na avaliação de 14 procedências, amostradas em populações naturais e em plantios, com um número total de 256 progênies, em sete experimentos. Esses experimentos foram instalados nas seguintes localidades paranaenses: Colombo (dois experimentos em propriedade da Embrapa Florestas), Ponta Grossa (dois experimentos em propriedade da Embrapa), Ivaí, Guarapuava e Rio Azul, em propriedades de empresas ervateiras e de um produtor rural. Adicionalmente, a Embrapa Florestas contribuiu com os programas de melhoramento da EPAGRI e da UFPR (Departamento de Genética) fornecendo mudas de 138 e 64 progênies, respectivamente, de sete procedências da espécie, para a instalação de ensaios em Chapecó, SC (EPAGRI) e em Pinhais, PR (UFPR). Quanto aos trabalhos de melhoramento genético da erva-mate no Brasil, o seguinte histórico pode ser considerado: (i) Embrapa Florestas inicia a avaliação e seleção de procedências, progênies, indivíduos e clones (RESENDE et al., 1995b) do programa iniciado em 1988 (CARPANEZZI et al., 1988); (ii) publicação dos resultados da seleção de procedências pela EPAGRI (DA CROCE; FLOSS, 1999) e seleção de indivíduos dentro de procedências (DA CROCE et al., 1994); (iii) UCDB e UFMT iniciam programa de melhoramento no Mato Grosso do Sul (COSTA et al., 2005); (iv) uma estratégia ao programa de melhoramento simples da erva-mate, adequada à situação de pequenos produtores, é proposta por Resende e Silva (1991)

Na Argentina, o melhoramento genético da espécie iniciou-se por volta de 1974 (PRAT KRICUN, 1985). O método adotado foi a seleção fenotípica de clones para os caracteres produção de massa foliar, densidade e distribuição da folhagem, resistência às pragas, doenças e fatores climáticos adversos. Existem

três cultivares (Kaainta, Raido INTA e Barbaquá INTA) já disponibilizados do programa de melhoramento argentino, que se encontra em um estágio mais avançado que o programa da espécie no Brasil. Entretanto, em termos de possibilidades de utilização do material genético argentino no Brasil, essa vantagem pode não ser interessante aos produtores brasileiros, uma vez que tais cultivares foram selecionadas e desenvolvidas especificamente para as condições ambientais da Argentina

Estudos complementares aos de genética básica, com respeito ao conhecimento da biologia da erva-mate, têm sido conduzidos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Embrapa Florestas, os quais objetivam o conhecimento da embriogênese e da evolução de espécies neotropicais de erva-mate (ASSMANN et al., 1992; REVERS; WINGE, 1991, 1992), a quantificação da variabilidade isoenzimática em populações naturais da espécie (WOLLHEIM; WINGE, 1991; WENDT, 2005; WENDT et al., 2007, 2009a, 2009b), o estudo de padrões de fluxo gênico intra e interpopulacionais (WOLLHEIM; WINGE, 1992; WENDT, 2005; WENDT et al., 2009a) e o conhecimento da biologia reprodutiva, manuseio de pólen e polinização controlada (GARCIA, 2009; SPOLADORE, 2011; GRABIAS, 2011). Tais estudos têm sido importantes para o entendimento de padrões de variabilidade genética entre e dentro de populações e, conseqüentemente, no estabelecimento de estratégias ideais de conservação genética, de formação de bancos de germoplasma e de populações base para o melhoramento, bem como o desenvolvimento de híbridos.

O programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela Embrapa Florestas foi concebido no final de 1993. Aproveitando apenas um teste de progênie estabelecido em 1988, tal programa enfatizou inicialmente a coleta de germoplasma e a produção de mudas para a instalação de uma rede experimental. Em 1994, foram coletadas sementes nos municípios paranaenses de Quedas do Iguaçu, Bocaiúva do Sul e Colombo, seguida

de sua estratificação e respectiva produção de mudas, ações essas que culminaram com a instalação de dois testes de procedência e progênie em Ponta Grossa, PR. Em 1995 foram coletadas sementes nos municípios paranaenses de Cascavel, Ivaí, Quedas do Iguaçu, Pinhão, Antônio Olinto e Colombo e também no Município de Barão de Cotegipe, RS, as quais foram estratificadas. Posteriormente foram produzidas as respectivas mudas para a implantação de testes combinados de procedências e progênies em Ivaí, Guarapuava, Rio Azul, Pinhais (municípios do Paraná) e Chapecó, SC, no ano de 1997.

Os resultados obtidos vêm subsidiando o programa de melhoramento da espécie, tendo em vista o comportamento do germoplasma em diferentes ambientes (principalmente solos) e as informações sobre o controle genético da produção de massa foliar. Adicionalmente, os próprios resultados da avaliação genética vêm orientando a seleção com vista à obtenção de material genético adaptado aos diferentes ambientes estudados. Neste sentido, as perspectivas são ótimas em função dos ganhos de produtividade estimados. A seleção e recombinação do material genético conduziu à formação de populações de melhoramento propriamente ditas, populações estas com bom nível de produtividade e com ampla e adequada variabilidade genética. Estas populações estão sendo utilizadas para o melhoramento gradativo da espécie para plantios com fins industriais.

Uma avaliação de dois experimentos de melhoramento de ervamate instalados no Paraná, nos Municípios de Ivaí e Rio Azul, mostrou que, dentre os materiais avaliados e procedentes de Antônio Olinto, PR (21 progênies), Barão de Cotegipe, RS (21 progênies), Cascavel, PR (25 progênies), Colombo, PR (25 progênies), Ivaí, PR (25 progênies), Pinhais, PR (25 progênies) e Quedas do Iguaçu, PR (25 progênies), as populações oriundas de Ivaí, Quedas do Iguaçu, Cascavel e Barão de Cotegipe

foram as mais produtivas. Ivaí foi o local que propiciou a maior produção de massa foliar. As médias das estimativas da herdabilidade no sentido restrito, em nível de indivíduo, foram de média magnitude em Ivaí (0,24) e Rio Azul (0,38). Em Ivaí a manutenção de 500 árvores selecionadas para recombinação e produção de sementes melhoradas propiciou, aos 12 anos de idade, com poda bienal, um incremento de 49% em relação à testemunha local (procedência de Ivaí: 10,4 kg árvore⁻¹; árvores selecionadas: 15,5 kg árvore⁻¹). Contudo, as cinquenta árvores mais produtivas e candidatas à multiplicação vegetativa para a implantação de povoamentos clonais reduziram em média 25 kg árvore⁻¹, o que se traduz em cerca de 40 toneladas de massa foliar por hectare, considerando uma lotação de 1.666 árvores no espaçamento de plantio de 3 m x 2 m. Ganhos contínuos poderão ser ainda obtidos com o melhoramento gradativo desse material genético, médio e longo prazos. O potencial da utilização de clones necessita ser melhor elucidado por meio de estudos básicos sobre controle genético do caráter "massa foliar", principalmente quanto ao parâmetro grau médio de dominância. Trabalhos empíricos de campo, comparando produtividades de plantios clonais e por sementes também serão essenciais para a complementação desses estudos.

Outras ferramentas biotecnológicas poderão ser aplicadas em todas as etapas do programa de melhoramento genético. A indicação mais apurada de genótipos superiores necessita da utilização de técnicas de biologia molecular, notadamente a análise de QTL (locos controladores de características quantitativas), visando à seleção auxiliada por marcadores (MAS) e a seleção genômica ampla-SGA (LANDE; THOMPSON, 1990, citado por RESENDE, 2007). O refinamento no estudo dos efeitos ambientais, por sua vez, refere-se ao emprego de técnicas de análise espacial, as quais permitem uma análise mais detalhada da variabilidade espacial dos solos, propiciando uma melhor estratificação ambiental (identificação de estratos mais

homogêneos) para a comparação dos genótipos estudados. Apesar da pesquisa com erva-mate na Embrapa Florestas ser ainda recente, em termos dos ciclos reprodutivos e de exploração comercial da espécie, os resultados do seu programa de melhoramento já permitiram a geração de uma tecnologia inédita. Trata-se de uma bebida funcional mista obtida de extrato de erva-mate não torrado, de extrato seco hidrossolúvel de soja e aditivos. O produto desenvolvido com a participação da Universidade Federal do Paraná resultou em uma bebida aceita sensorialmente, estável para armazenamento sob refrigeração e fonte dos compostos bioativos e nutricionais oriundos da sinergia da mistura de erva-mate e soja. O produto tem, segundo Frizon (2011), como principais campos de aplicação, uma nova utilização das folhas de erva-mate pela produção de uma bebida diferenciada, com teor de compostos antioxidantes superiores aos contidos em bebidas tradicionais, além do conteúdo melhorado nutricionalmente em proteínas, fibras e lipídios. A nova bebida de erva-mate agrega ainda elementos nutricionais e antioxidantes de grande relevância à dieta e saúde humana. Análises químicas efetuadas a partir de folhas de erva-mate revelaram ser possível a seleção de clones, principalmente para altos e baixos teores de cafeína e de teobromina, abrindo a possibilidade de novos produtos diferenciados.

3.2. Acácia-negra

A acácia-negra (*Acacia mearnsii*), originária da Austrália, vem sendo plantada com sucesso em muitos países, principalmente na Austrália, África do Sul, China, Brasil, Madagascar, Argentina, Chile e Estados Unidos.

A história da introdução da acácia-negra no Brasil foi detalhadamente descrita por Oliveira (1968). As primeiras introduções no Brasil datam de 1918, no Município de São Leopoldo, RS, com sementes provenientes da África do Sul e Austrália (SOTTA; AUER, 1996), mas só a partir de

1930 a espécie passou a ser cultivada em pequenos plantios homogêneos em Estrela, RS, destinados à produção de madeira. Em 1931, foram trazidas da Europa para o Rio Grande do Sul cinco espécies de acácias, incluindo *A. mearnsii*. Em 1932, dez árvores remanescentes da introdução realizada em 1918, em função da qualidade da casca das árvores, forneceram sementes para plantios subsequentes (MORA, 2002).

Os primeiros plantios ocorreram em áreas próximas à encosta da Serra Gaúcha. Com a comprovação do potencial da espécie para a produção de tanino, as empresas Sociedade Extrativa Tanino da Acácia Ltda. (SETA) e TANAC S.A. Indústria de Tanino (TANAGRO), fundadas em 1941 e 1948, respectivamente, impulsionaram o cultivo da acácia-negra no Brasil. Nas décadas de 1970 e 1980, os plantios foram estendidos às áreas da depressão central e, mais recentemente, vêm sendo plantados nessas duas regiões e também em áreas da Serra do Sudeste ou Escudo Sul Riograndense. Segundo a empresa TANAC S.A., as plantações de acácia-negra concentravam-se em aproximadamente 50 municípios do Estado e se espalharam por um raio de aproximadamente 300 quilômetros, a partir do Vale do Rio Café (ASPECTOS..., 1991).

No Rio Grande do Sul, inicialmente, a principal finalidade de seu cultivo foi a obtenção de tanino extraído de sua casca, usado nas indústrias de couro. A produtividade de madeira das plantações de acácia-negra no Estado varia de 20 a 40 estéreos ha⁻¹ano⁻¹. Atualmente, cerca de 40% do tanino produzido no Brasil, concentrado no Estado do Rio Grande do Sul, é exportado para diversos países. Estima-se também que 50% do volume de madeira produzido anualmente pelo cultivo da acácia-negra no RS seja exportado (2 a 2,35 milhões de estéreos) na forma de cavacos, ou mesmo em toras, para a produção de celulose. A outra metade dessa produção anual de madeira tem sido destinada à produção de biomassa para energia e obtenção de carvão vegetal (MORA, 2002).

Atualmente, a área plantada com acácia-negra e acácia-mangium pelas empresas associadas da ABRAF no Brasil totaliza 148,31 mil hectares (ANUÁRIO..., 2013). Entretanto, alguns estudiosos consideram que a produção possa estar incluída no intervalo de 220 a 250 mil hectares, pelo fato de existirem muitas pequenas propriedades rurais cultivando a acácia-negra no Estado do Rio Grande do Sul. O seu cultivo apresenta uma grande importância socioeconômica, pois cerca de 60% das plantações pertencem a pequenos produtores rurais, com mais de 20 mil famílias envolvidas na respectiva cadeia produtiva. Somente duas grandes empresas do Rio Grande do Sul, que comercializam produtos da acácia-negra, são responsáveis pelo plantio dos restantes 40% da área existente.

Segundo Mora (2002), não há informações sobre qualquer ação de melhoramento genético da espécie realizada no Brasil, no período de 1932 a 1980, o que leva a acreditar que todas as sementes utilizadas nos plantios comerciais tenham sido coletadas em árvores que se originaram daquelas plantadas na década de 1930, sem o controle da base genética. Os principais problemas ocorridos no cultivo da acácia-negra, desde então, eram a baixa qualidade das sementes disponíveis (coleta em formigueiros) aos plantios; crescimento desuniforme das árvores; copas com significativos danos causados pela gomose e pelo cascudo-serrador; e sobrevivência de 50% das plantações, na idade de corte.

Em 1983, por meio de convênio firmado com a empresa TANAC S.A., para a realização de pesquisas com a acácia-negra, a Embrapa Florestas instalou a primeira área de produção de sementes (APS) em propriedade dessa empresa situada em Montenegro, RS, como parte dos estudos de seleção massal das populações comerciais. Os resultados da avaliação do crescimento de árvores oriundas dessa APS, aos seis anos de idade mostraram, além de uma maior sobrevivência das plantas,

uma superioridade de 16,8% na produção de madeira em relação à média de crescimento dos plantios comerciais da região.

Em 1984, a Embrapa Florestas deu continuidade aos estudos de melhoramento da espécie, com o início da seleção fenotípica e genética. Cerca de mil árvores foram selecionadas em talhões comerciais, considerando o vigor e a forma do tronco, a ramificação, a presença de frutificação, a ausência de doenças e a produção de tanino. No final de 1985 foi instalado um teste de progênie, também em Montenegro, RS, para aferir a efetividade da seleção fenotípica aplicada sobre as árvores selecionadas na região da depressão central do Rio Grande do Sul. Em 1991, o teste foi desbastado e, após os cruzamentos entre as árvores selecionadas, foram coletadas sementes para a instalação de novos testes de progênies (RESENDE et al, 1991). Dois outros testes instalados em 1994, nos Municípios de Cristal e Piratini, ambos do RS, foram posteriormente desbastados parcialmente, com o objetivo de ampliar a formação de copa para a produção de sementes. Em função da dificuldade de propagação vegetativa da espécie, e com base nos resultados obtidos dos testes de progênies, novos pomares de sementes por mudas foram instalados com sementes remanescentes de famílias selecionadas nesses testes de progênies (MORA et al., 2001). A introdução de germoplasmas de acácia-negra no Rio Grande do Sul pela Embrapa Florestas teve início em 1986, ocasião em que recebeu e coordenou a instalação no Brasil de experimentos com 63 procedências oriundas da coleta de sementes realizada na Austrália pelo *The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO), instituição australiana responsável pela coleta de sementes florestais naquele país. Com material também cedido pelo CSIRO, a Embrapa Florestas instalou outro teste com a espécie, nesse mesmo ano, envolvendo 46 progênies oriundas de cinco procedências. Dentre as procedências australianas testadas em Montenegro, RS, conforme relatado por Resende et al. (1992), Batemans Bay-

NSW apresentou o melhor desenvolvimento, sendo esse material mais promissor para seleção do que as populações comerciais existentes no Rio Grande do Sul. Os testes de progênies de Montenegro foram desbastados e transformados em pomares de sementes por mudas (PSM), fornecendo materiais para testes de progênies de uma nova geração para melhoramento.

Vários métodos de propagação assexuada (enxertia, microenxertia, estaquia, cultura de tecidos) já foram aplicados à acácia-negra, mas nenhum deles mostrou-se eficiente para propagar árvores adultas selecionadas, o que vem dificultando o processo de clonagem da espécie. Material vegetativo coletado de plantas jovens ou de brotações epicórmicas, entretanto, mostraram a potencialidade de enraizamento da espécie em experimentos conduzidos tanto no Brasil como na África do Sul (MORA et al., 2001). Mora (2002), em seu trabalho sobre a produção de sementes melhoradas de acácia-negra no Rio Grande do Sul, utilizou dois testes de procedências (63 acessos) e dois testes de progênies (110 acessos) de polinização aberta pertencentes ao Programa de Melhoramento da Embrapa Florestas, instalados nos Municípios de Cristal e Piratini, além de outras duas procedências da África do Sul e testemunhas comerciais brasileiras. Como conclusões do seu trabalho, o autor ressaltou os seguintes aspectos: (i) as produtividades volumétricas de madeira estimadas para os testes (aproximadamente 20%) foram similares aos maiores valores relatados na literatura consultada, indicando o potencial de produção do germoplasma nos locais testados; (ii) existência de variação genotípica significativa entre procedências para o caráter soma do DAP na parcela, evidenciando o potencial que pode ser explorado em termos de seleção; (iii) para o caráter soma do DAP, procedências australianas apresentaram maiores valores do que a testemunha brasileira utilizada, principalmente em Piratini, RS. Assim, é possível aumentar a produtividade de madeira e casca das futuras plantações de acácia-negra pela

utilização de sementes de procedências selecionadas e trazidas da região litorânea dos estados de New South Wales e Victoria, na Austrália; (iv) uma única zona de melhoramento poderá ser utilizada em função da baixa magnitude da interação entre procedências e locais; (v) as estimativas de ganhos diretos e indiretos foram muito baixas, não estimulando a um novo ciclo de seleção; (vi) as alternativas para aumentar rapidamente a qualidade e quantidade de sementes de acácia-negra, para plantios comerciais em áreas livres de geadas no Rio Grande do Sul, são a instalação de novas áreas de produção de sementes, a partir dos plantios comerciais existentes; a seleção genética de árvores para coleta de sementes nos testes de procedências e nos testes de progênies de segunda geração e a aquisição de sementes de procedências australianas selecionadas; (vii) em longo prazo, a produção de sementes melhoradas geneticamente para regiões sem e com geadas deve ser baseada na instalação de testes de progênies, considerando, respectivamente, as regiões litorâneas e de altitude do sudeste australiano. A seleção precoce permitirá que novos testes de progênies sejam instalados em menores intervalos de tempo, possibilitando maior número de gerações e, conseqüentemente, maiores ganhos médios por ano em relação à metodologia tradicionalmente utilizada. O uso de sementes remanescentes das progênies selecionadas e o manejo adequado permitirão aumentar a produção de sementes geneticamente melhoradas.

Mora et al. (2001), baseando-se na observação da literatura nacional disponível, têm ressaltado a atuação de dois grupos de instituições brasileiras no desenvolvimento da pesquisa com a acácia-negra: o primeiro reúne a Embrapa Florestas e suas instituições parceiras, a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF) e a TANAC S.A., que vem concentrando suas pesquisas na investigação dos solo e nutrição de plantas, no controle de pragas e doenças e no desenvolvimento de materiais genéticos

para diferentes ambientes potenciais à silvicultura da espécie. O segundo grupo reúne a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a empresa SETA, que vem concentrando seus estudos nos aspectos quantitativos de produção da biomassa, na nutrição de plantas, na qualidade fisiológica das sementes e na biologia reprodutiva da espécie.

Segundo Mora et al. (2001), as tendências da pesquisa com acácia-negra, de acordo com os conhecimentos já adquiridos e dos anseios dos usuários dessa espécie, serão a continuidade de ampliação da base genética de procedências selecionadas e a instalação de pomares de sementes, com a busca de tecnologias necessárias à polinização controlada e clonagem de material melhorado. A seleção de genótipos resistentes à gomose e ao serrador, aliado a características desejáveis para a produção de celulose, mantendo-se ou aumentando-se o teor de tanino, poderá ser umas das tendências da pesquisa com a espécie, em vista da possibilidade de ampliar a demanda de madeira da espécie.

Com a orientação da Embrapa Florestas e do curso de pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, com vistas a definir estratégias de seleção genética para melhorar a qualidade e produtividade de madeira e tanino, Martinez (2006) avaliou parte dos blocos experimentais dos testes combinados de procedências e progênies instalados em 1994, nos municípios gaúchos de Cristal (Fazenda Ouro Verde) e Piratini (Fazendas Serraria e Sossego), pertencentes à TANAC S.A. Os estudos englobaram ainda a análise da variabilidade genética existente entre e dentro de procedências para identificar aquelas com maior potencial aos novos testes; identificar as melhores procedências e progênies para as áreas avaliadas em função da qualidade e produtividade de madeira e tanino; avaliar o grau de associação das variáveis analisadas para as progênies e procedências e elaborar estratégias capazes de maximizar

os ganhos de seleção de famílias, considerando as variáveis representativas de cada local. Aos sete anos de idade, vinte e uma características foram avaliadas referentes à produtividade e à qualidade da madeira e do tanino, para selecionar as melhores progênies para comporem um pomar de sementes por mudas. A avaliação das progênies pelo procedimento REML/BLUP identificou as melhores famílias para seleção, de acordo com os seus valores de herdabilidade, visando a maximização dos ganhos estimados, que se revelaram muito baixos (Fazenda Sossego), intermediários (Fazenda Ouro Verde) e altos (Fazenda Serraria). Para as Fazendas Ouro Verde e Serraria, a seleção individual pelo diâmetro à altura do peito (DAP), o índice de seleção baseado no DAP e o teor de tanino a 12% de umidade foram os métodos que promoveram maiores ganhos. Para a Fazenda Sossego, os métodos de seleção que propiciaram maiores ganhos foram: (i) o individual para teor de tanino a 12% de umidade, (ii) o individual para densidade da madeira e (iii) o índice combinado de seleção para densidade da madeira e teor de tanino a 12% de umidade. A produção de sementes melhoradas ainda não atende a demanda dos principais produtores da espécie no Estado do Rio Grande do Sul, mas da forma estratégica e anteriormente prevista, os blocos experimentais restantes desses testes poderão ser transformados em pomares de sementes por mudas, para o aumento da oferta de sementes.

3.3. Araucária

O Brasil possui muitas espécies florestais nativas com potencial para a produção de madeira e seus derivados, mas o seu uso em plantios intensivos ainda não ocorre ou é muito modesto por diversas razões, dentre elas o limitado conhecimento técnico e científico, principalmente relacionados à fenologia, propagação, melhoramento e manejo. A araucária alia alta capacidade de produção de madeira de qualidade com produção de um alimento de alto teor nutricional (pinhão), ambos os produtos de excelente inserção no mercado.

A araucária (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Kuntze) é uma espécie nativa que ocorre na Floresta Ombrófila Mista dos estados da Região Sul (que concentra a maior parte da área de ocorrência natural, compreendendo Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), Sudeste (pequenas populações em São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, sendo que nos três últimos estados as populações encontram-se em regiões montanhosas) (HUECK, 1961; FÄHSER, 1981; CARVALHO, 1994). A espécie ocorre ainda naturalmente na região de Misiones, Argentina e no Paraguai.

A sua exploração indiscriminada e ostensiva, principalmente durante o século XIX até meados da década de 1970, colocou-a na lista oficial das espécies brasileiras ameaçadas de extinção (BRASIL, 2008), sendo que restaram apenas 1% a 4% da área originalmente coberta pela Floresta Ombrófila Mista (GUERRA et al., 2002; MANTOVANI et al., 2004). A forma extrativista de exploração dos pinhões em fragmentos de florestas, por sua vez, vem provocando impacto negativo relevante à diversidade genética e à cadeia alimentar.

A espécie tem, historicamente, significativa importância no desenvolvimento socioeconômico das regiões de ocorrência natural, não só pela utilização de sua excelente madeira (REITZ; KLEIN, 1966), mas também pela multiplicidade de usos, incluindo a alimentação humana (FERREIRA, 1977), já que suas sementes (pinhões) são de grande valor nutritivo à população de baixa renda sediada nos arredores de matas remanescentes ou de outras plantações da espécie. A araucária foi muito utilizada para a fabricação de celulose de fibra longa até a década de 1980 e a sua madeira presta-se para diversos usos, mas principalmente para obtenção de serrados, lâminas, forros, molduras, ripas, caixotaria, estrutura de móveis, fósforo, lápis e carretéis (ANUÁRIO..., 2012). Seus galhos e o "nó de pinho" constituem material para uso energético e a resina dela extraída pode ser

usada para a fabricação de vernizes, terebintina, acetona, ácido pirolenhoso e outros produtos químicos (REITZ; KLEIN, 1966).

Embora apresente tais características desejáveis e de importância socioeconômica, os plantios anuais comerciais de araucária vem sendo feitos em escala cada vez mais reduzida, principalmente nos Estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo. No final de 2012 havia pouco mais de 11 mil hectares plantados com a espécie, segundo o Anuário Estatístico da ABRAF (ANUÁRIO..., 2013).

A produtividade de madeira da araucária a torna uma espécie competitiva dentre as demais nativas, somada à desejável forma cilíndrica de seu fuste. Materiais não melhorados mostram um incremento volumétrico anual de 10 a 23 m³ ha⁻¹ (WEBB et al., 1984), chegando a atingir 30 m³ ha⁻¹ano⁻¹ em casos excepcionais (CARVALHO, 1994). A produção de pinhões inicia-se em torno de dez anos e é muito variável, com produção anual de 1,5 a 8 kg por árvore.

As primeiras plantações comerciais de araucária no Brasil foram feitas pela Klabin Florestal, nos municípios paranaenses de Arapoti e Telêmaco Borba, a partir de meados da década de 1940, com a participação dos engenheiros holandeses Kees van der Vliet e Jan Wiilem Roorda, que testaram diversos métodos de plantio e manejo (PRANGE, 2011). Embora a Klabin Florestal e outras empresas como a Companhia de Melhoramentos de São Paulo, a ex-Giacomet Marodin Indústrias de Madeiras S.A. (atualmente Araupel S.A.), Companhia Melhoramentos Norte do Paraná, Sguario Florestal S.A. e a Bresolin Indústria e Comércio de Madeiras Ltda. tivessem se dedicado com afinco aos plantios experimentais da espécie, as fontes de sementes para esses e outros plantios no Brasil não foram submetidas ao melhoramento.

Dentre as principais instituições que contribuíram inicialmente com a pesquisa da araucária no Brasil encontram-se a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e o Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis "Ataliba Paz", no Rio Grande do Sul; a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF), o Centro Estadual Florestal de Educação Profissional Presidente Costa e Silva e a Embrapa Florestas, no Paraná; o Instituto Florestal de São Paulo (IFSP), a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP) e o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), em São Paulo; a Universidade Federal de Lavras (UFLA/DCF), a Universidade Federal de Viçosa (UFV/DCF) e a Sociedade de Investigações Florestais (SIF), em Minas Gerais, além das empresas privadas citadas anteriormente.

Com uma ampla distribuição geográfica natural, a araucária apresenta diferenças fenotípicas e genéticas significativas que têm sido indicadas por estudos desenvolvidos desde a década de 1960. Se considerada a experimentação em rede com maior abrangência geográfica, os estudos de procedências de sementes de araucária no Brasil foram implementados somente após o estabelecimento do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF), coordenado pelo ex-IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, atual IBAMA), em 1971. Tal rede, transferida à Embrapa Florestas em 1978, era constituída de oito ensaios, contemplando 26 procedências de sementes em oito municípios dos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com a participação de três instituições de pesquisa pública e privada nacional, contemplando também outras espécies (PINTO JÚNIOR; FERREIRA, 2008). Tais estudos foram importantes para a identificação das melhores procedências de sementes da araucária e subsidiou os trabalhos de zoneamento florestal brasileiro elaborados por Lamberto Golfari (PINTO JÚNIOR; FERREIRA, 2008).

Os primeiros testes de procedências e/ou progênies de araucária foram estabelecidos nos Estados do Paraná e São Paulo, com a participação do Instituto Florestal de São Paulo (IFSP), Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a Embrapa Florestas. Na sequência, outros trabalhos sobre procedências e progênies também foram conduzidos por outras instituições e empresas privadas, como aqueles relatados por Gurgel e Gurgel Filho (1973), Baldanzi et al. (1974), Kageyama e Jacob (1980), Shimizu e Higa (1980), Giannotti et al. (1982), Shimizu (1999) e Sebbenn et al. (2003, 2004), demonstrando o potencial da araucária para programas de melhoramento, em função da possibilidade de se obter ganhos genéticos significativos.

Em 2000, as pesquisas com a aplicação de marcadores bioquímicos e moleculares, especialmente em populações naturais de araucária, revelaram diferenças significativas entre e dentro de populações (SHIMIZU et al., 2000; SOUSA, 2000; AULER et al., 2002; MANTOVANI et al., 2006; PUCHALSKI et al., 2006; STEFENON, 2007; BITTENCOURT; SEBBENN, 2007). Embora esses trabalhos tenham gerado informações interessantes sob o ponto de vista genético, a maioria deles considerou populações apenas pontuais, não contemplando toda a amplitude de ocorrência da espécie. Comparando-se as populações amostradas, foram evidenciados dois grupos distintos: um ao norte de sua área de ocorrência natural (nos Estados de São Paulo e Minas Gerais) e outro ao sul dessa área (nos Estados do Paraná e Santa Catarina) (VALGAS, 2008; VALGAS et al., 2009; SOUSA et al., 2009). Os resultados obtidos coincidem com a tendência observada nos testes de procedências/progênies avaliados por Sebbenn et al. (2004).

Para o reforço da pesquisa em andamento, a Embrapa Florestas estabeleceu, nos Estados de Santa Catarina e Paraná, outras duas importantes e representativas populações base de araucária oriundas de populações naturais amostradas em Barbacena e

Camanducaia, em Minas Gerais, com aproximadamente cem indivíduos por local. Trata-se de material estratégico ao programa de melhoramento genético da espécie.

De maneira geral, as procedências do sul têm desempenho superior quando plantadas em áreas próximas à sua ocorrência natural (SEBBENN et al., 2004). Nesses testes, a variação entre procedências é significativa, entretanto, a maior parte da variação genética estimada ocorre dentro de procedências e, portanto, ela será considerada na definição da estratégia de amostragem, principalmente com vistas a ampliar a variabilidade genética da espécie. Baseando-se nesses resultados, a Embrapa Florestas tratará dois grupos distintos de populações para a condução do seu Programa de Melhoramento da Araucária (norte e sul), de forma que cruzamentos entre indivíduos mais distantes possam ser realizados, visando à exploração da heterose e incorporação de genes que promovam melhor adaptação para regiões específicas. Entretanto, no programa de conservação genética da espécie, a Embrapa Florestas manterá esses dois grupos separados, para evitar o efeito de exogamia, diluição do efeito dos genes associados à adaptação e/ou rompimento dos complexos gênicos coadaptados e/ou divergência genética significativa entre genótipos, que contribuiriam para anomalias quando cruzados entre si (SHIMIZU, 2007).

O melhoramento e conservação genética da araucária terão continuidade visando não só a produção de madeira, mas também de pinhão. Nos próximos ciclos de melhoramento, a Embrapa Florestas em parceria com a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Cenargen e com o Instituto Florestal de São Paulo (IFSP) adotarão tecnologias moleculares SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*), visando a seleção de genótipos mais produtivos em madeira e pinhão. Ainda está prevista a avaliação de caracteres fenotípicos (crescimento volumétrico e forma) e de propriedades físicas e químicas da

madeira (tecnologia NIR) em teste de progênies implantados na década de 1980. Com base nas informações geradas por via dessas ferramentas, serão desenvolvidos modelos preditivos de seleção genômica ampla (SGA) para os caracteres de crescimento volumétrico de madeira e para as características físicas e químicas da madeira, conforme sugerido por Resende et al. (2008). Os modelos desenvolvidos contribuirão para acelerar o programa de seleção recorrente, diminuindo o tempo dos ciclos de melhoramento e possibilitando a seleção precoce de genótipos superiores.

Para as próximas etapas do programa de melhoramento de araucária, prevê-se o desenvolvimento de protocolos de armazenamento e a criopreservação de sementes visando o resgate e a clonagem *ex vitro* de indivíduos mais produtivos (madeira e pinhão). Além disso, as principais fases fenológicas reprodutivas e vegetativas das populações em estudo serão monitoradas, inclusive o controle do hábito de crescimento.

Todas as atividades de pesquisa estão sendo conduzidas pela Embrapa Florestas e pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, com o apoio de universidades e de instituições públicas e privadas, além das empresas privadas do setor florestal.

3.4. Pupunha

A pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth var. *gasipaes* Henderson) é uma espécie produtora de palmito oriunda da Amazônia e da América Central, apresentando sustentabilidade econômica, social e ambiental. O palmito é um produto nobre e com mercado garantido, sendo o Brasil o maior produtor mundial, consumindo quase tudo o que produz (CLEMENT, 2008). Os maiores compradores são a França e os Estados Unidos. Atualmente, a área cultivada no Brasil é de, aproximadamente, 30 mil hectares. Em decorrência do interesse pela pupunha para frutos na América Central e no Brasil, a partir de 1900 (POPENOE;

JIMENEZ, 1921) diversos países iniciaram estudos, gerando importantes informações sobre a propagação da espécie, plantio, qualidade nutritiva, usos e preferências dos consumidores em diferentes locais (MORA-URPÍ et al., 1997).

Os primeiros materiais de pupunha foram introduzidos no sul do Brasil pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), por volta de 1940. Mudas oriundas desses materiais foram plantadas nos parques de algumas das antigas estações experimentais, mas as pesquisas com pupunha somente iniciaram em 1973, com o estímulo à cultura referenciado no artigo de Camacho e Soria (1970). Nesse ano, com sementes importadas da Costa Rica, Peru e da Amazônia brasileira, foram instalados experimentos em cinco localidades do Estado de São Paulo. Muitos desses experimentos ainda existem e as plantas, das quais cerca de 30% não apresentam espinhos no estipe e pecíolo/ráquis, produzem frutos em abundância e, às vezes, com conformações fora da usual.

A partir da década de 1950, o setor produtivo manifestou interesse pela pupunha para palmito, porém o primeiro experimento para a produção de palmito ocorreu somente no final da década de 1960 (CAMACHO; SORIA, 1970). Decorrente da experimentação, países como Costa Rica, Brasil, Panamá, Equador, Colômbia, Peru, Venezuela e Nicarágua incentivaram plantios de pupunha ao longo da década de 1970, tornando-se potenciais ao agronegócio (MORA-URPÍ et al., 1997). A expansão dos plantios para a produção do palmito estimulou a criação de novos programas de melhoramento nesses países. No Brasil, os principais programas de melhoramento foram estabelecidos pelo IAC, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e a Embrapa. A população de Yurimáguas, Peru, vem sendo utilizada pelo IAC e INPA, por apresentar alta variabilidade para produtividade, além de baixa quantidade de espinhos.

A mais recente e importante prospecção de material da população de Yurimáguas ocorreu em 1990, graças ao projeto conduzido pelo INPA, IAC e Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP). Com esse material, o IAC instalou quatro bancos de germoplasma constituídos de progênies de meios-irmãos, em duas regiões distintas: litoral e planalto paulista (KALIL FILHO et al., 2010).

O programa de melhoramento de pupunha do INPA iniciou-se em 1991, com 295 acessos de matrizes inermes da raça Pampa Hermosa coletados na região de Yurimáguas, Peru (CLEMENT, 2001), gerando 257 acessos que foram estabelecidos na Estação Experimental do INPA. Hoje, esta instituição dispõe de material melhorado para a produção de palmito e adaptado à Região Norte do Brasil.

Como estratégia de melhoramento, foram estabelecidos bancos e testes de progênies em diferentes regiões do Estado de São Paulo, totalizando sete testes no litoral norte (307 progênies); três no litoral sul (103 progênies) e um teste no planalto paulista (42 progênies).

A busca por novas opções de cultivo em virtude dos baixos preços alcançados pelo palmito oriundo de cultivos tradicionais tem estimulado empresários de outros setores a investirem no agronegócio do palmito de pupunha.

De 1990 a 2005 houve uma redução de 71% do palmito de palmeiras nativas, decorrente da proibição de exploração, acompanhado do crescimento de quase 90 vezes da área cultivada (ANEFALOS et al., 2007), composta em quase sua totalidade por plantios de pupunha.

A variedade "gasipaes" é a única domesticada no neotrópico, sendo a mais importante nos programas de melhoramento nesses países.

As principais populações de pupunha cultivadas no mundo são as de Yurimáguas (Peru), da raça Pampa Hermosa, de Benjamin Constant (Amazônia, Brasil), da raça Putumayo, melhorada por duas gerações, e a de San Carlo (Costa Rica), da raça Utilis, população Guatuso, esta última rica em espinhos. Os plantios de pupunha para palmito no Brasil estão representados pelas populações de Yurimáguas e de Benjamin Constant melhorada. A pupunha da raça Pampa Hermosa, de Yurimáguas (Peru), é a mais cultivada para a produção de palmito no Brasil e no mundo, tanto pela disponibilidade de sementes no mercado, como pela baixa quantidade de espinhos. É utilizada nos programas de melhoramento para palmito da Embrapa, IAC e NPA (KALIL FILHO et al., 2010).

A pupunha da raça Putumayo, população de Benjamin Constant melhorada, vem sendo cultivada em vários estados do Brasil e é utilizada no programa de melhoramento da Embrapa, não excedendo a 10% de plantas com espinhos no estipe. Originalmente, as sementes foram disponibilizadas pelo Projeto Reflorestamento Consorciado Adensado (RECA), envolvendo uma associação de produtores catarinenses estabelecidos em Nova Califórnia, Município de Porto Velho. Para o programa de melhoramento genético da pupunha no Paraná, em 2001, foram utilizadas inicialmente populações F3, representadas por progênes melhoradas de Benjamin Constant, do Projeto RECA, que possui o seguinte histórico: em 1986, houve uma coleta de sementes realizada pelo Cenargen e INPA, no Município de Benjamin Constant, AM. A geração F1 resultou de seleção para ausência de espinhos e vigor. As sementes foram coletadas e levadas em 1988 ao Projeto RECA, em Rondônia. A geração F2 resultou de sementes após seleção, efetuada pela instituição parceira da Embrapa Acre com o RECA, para ausência de espinhos e vigor. No ano 2000, a Embrapa Florestas obteve sementes colhidas no RECA e introduziu a geração F3 em quatro localidades do Paraná: litoral (Morretes e Tagaçaba), nordeste

(Londrina) e noroeste (Cidade Gaúcha). Em 2008, após seleção em Londrina e Morretes, foram colhidas sementes da geração F4 das palmeiras selecionadas para vigor e formadas progênies, implantadas nos mesmos locais da geração F3 (Londrina e Morretes) em 2010 (KALIL FILHO et al., 2010).

No início de 1980, novas introduções foram feitas pelo IAC em Ubatuba, SP. Essa localidade litorânea foi escolhida por apresentar condições ideais de cultivo para a produção de palmito. Ao longo dos anos, verificou-se, no entanto, a restrita adequabilidade da região para a produção de sementes e estudos têm sido realizados a respeito do florescimento e da entomofauna presente na inflorescência, ainda com poucos resultados.

O programa de melhoramento de pupunha da Embrapa Florestas foi iniciado em 2001, no Paraná, com a instalação de 26 das 40 progênies em Morretes, 17 em Tagaçaba, 40 em Londrina e 23 em Cidade Gaúcha, com germoplasma melhorado da população de Benjamin Constant, AM, coletada no projeto RECA. A estratégia aplicada ao programa de melhoramento genético da pupunha da Embrapa foi a seleção recorrente intrapopulacional, baseada em ciclos sucessivos de avaliação e seleção de progênies de polinização aberta (meios-irmãos). Futuramente, com o advento dos cruzamentos controlados, será incluída também a seleção recorrente interpopulacional. Em 2006 foi estabelecida, sob a liderança da Embrapa Florestas, a Rede Nacional de Melhoramento de Pupunha formada por outras Unidades Descentralizadas da Embrapa localizadas em Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Amapá, Pará, Paraná e Santa Catarina, além da INCAPER e CEPLAC (KALIL FILHO et al., 2010). O Projeto RECA, principal fonte de sementes para o programa de melhoramento da Embrapa, possui cerca de dez mil matrizes melhoradas, sendo ainda fonte de sementes para plantios comerciais no Brasil. Estas matrizes deram origem, em média, a 7,4% de indivíduos com espinhos no estipe (KALIL FILHO et al., 2002).

Resultante desse trabalho em rede, foram formadas áreas de produção de sementes nos municípios paranaenses de Morretes e Londrina, em Rio Branco, AC, Distrito de Mazagão, AP e Municípios de Machadinho e Ouro Preto do Oeste, em Rondônia e no sul da Bahia.

Genes adaptativos a locais específicos para tolerância a estresses ambientais deverão ser identificados no futuro, por meio da Rede de Melhoramento da Embrapa. Estes genes serão importantes para garantir uma melhor adaptação da pupunha frente ao aquecimento global, seca e frio, os quais serão concentrados em progênies com desempenho superior para a produção de palmito, em ambientes distintos. Em locais da rede onde ocorrerem temperaturas excessivas, seca ou temperaturas mínimas que prejudiquem as plantas nos experimentos, serão selecionados genótipos superiores. Sementes serão colhidas e estabelecidos testes de progênies sob condições climáticas que predisponham os mesmos a estresses. Serão escolhidos genótipos dos descendentes das plantas originalmente selecionadas e suas sementes serão colhidas para estabelecimento de campos de intercruzamento entre genótipos altamente produtivos e genótipos resistentes às condições de estresses por temperaturas altas, temperaturas baixas e seca. Cruzamentos entre genótipos superiores de Yurimáguas e Benjamin Constant melhorada, com maior divergência genética, levará a maiores ganhos de produtividade de palmito nos híbridos heteróticos interpopulacionais, caso exista dominância alélica para esse caráter. A produção de sementes melhoradas destas populações levará ao aumento da produtividade da cultura, o que aumentará a viabilidade econômica, principalmente dos pequenos plantios (que são os mais comuns) dentro do agronegócio palmito de pupunha, possibilitando o aumento de renda dos produtores e contribuindo para a melhoria de sua qualidade de vida (KALIL FILHO et al., 2010).

Os resultados a serem obtidos com a execução do projeto desenvolvido pela Embrapa Amazônia Oriental dever possibilitará a disponibilização de sementes melhoradas de pupunheira para produtividade de frutos capazes de gerar plantios mais uniformes que atendam aos interesses dos produtores, atacadistas e consumidores. Na seleção dos indivíduos visando à propagação por via de sementes, a seleção deverá basear-se nos valores genéticos dos candidatos à seleção, os quais são função apenas dos efeitos genéticos aditivos (KALIL FILHO et al., 2010).

Assumindo um ganho genético mínimo de 30%, o peso total de palmito por planta aumentará de 550 g para 715 g na próxima geração e a produtividade de um hectare de palmito aumentará de 2,75 t para 3,58 t com o uso de sementes melhoradas. A produtividade poderá dobrar, se conseguida a clonagem por enraizamento de perfilhos ou um protocolo comercial para cultivo de tecidos (KALIL FILHO et al., 2010). Será investigada a existência ou não de diferenças significativas entre procedências e progênies para as características sensoriais e físico-químicas do palmito (KALIL et al., 2010), visando ao melhoramento para qualidade.

Marcadores RAPD têm sido utilizados desde o início da década de 2000 para distinguir raças primitivas de pupunha (SOUSA et al., 2001). Rodrigues (2007), utilizando a técnica de microssatélites, genotipou progênies de Yurimáguas no estudo da variabilidade genética de sub-populações de Yurimáguas conduzido pelo INPA. Esta técnica deverá ser utilizada como marcador para distinguir progênies e genótipos melhorados de pupunha, nos estudos conduzidos pela Embrapa Florestas (KALIL FILHO et al., 2010).

A seleção genômica ampla (SGA) será utilizada no melhoramento de pupunha, em futuro breve, quando a respectiva rede contiver um grande número de genótipos sob teste, visando ao

desenvolvimento de protocolo para a seleção precoce, ainda na fase de sementes e de acordo com Resende et al. (2008). Brevemente, a Embrapa registrará cultivares oriundas de sementes (4) e clonais (15) de pupunha, em nível nacional.

3.5. Paricá

O paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Huber ex Ducke (Barneby)) é uma espécie leguminosa arbórea encontrada na América Central e no Brasil, na Floresta Amazônica, em áreas de florestas primárias e secundárias de terra firme e em várzeas altas, nos Estados do Mato Grosso, Rondônia, Acre, Pará e Maranhão. O interesse no plantio mono específico comercial em extensivas áreas da Amazônia adveio do seu rápido crescimento e da formação de madeira apropriada para a laminação e até mesmo para fins estruturais na construção civil. Do ponto de vista da produção de bens e de serviços, vem sendo utilizada em sistemas de plantios consorciados como espécie sombreadora para cacau, cupuaçu e curauá - espécie do gênero *Ananas* voltada para a produção de fibras (CORDEIRO, 2007) - e como componente de sistemas agroflorestais. Essas características fizeram com que o paricá seja a espécie nativa mais plantada no território nacional.

Um dos primeiros registros de plantio experimental de paricá no Pará está datado de 1955, no Horto do Museu Paraense Emílio Goeldi (HUBER, 1988 citado por MARQUES et al., 2006). Segundo Marques et al. (2006), somente a partir da década de 1970 é que surgiram os primeiros estudos sobre a silvicultura do paricá no Pará, realizados pelo Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF), vinculado ao ex-Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), um convênio de cooperação estabelecido entre o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD) e Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). A partir de 1978, a pesquisa com paricá, no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária

e Abastecimento (MAPA), passou a ser responsabilidade da Embrapa. Os resultados positivos dos experimentos com paricá, conduzidos pelo PRODEPEF levaram à intensificação dos trabalhos por outras instituições governamentais, tais como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Nas décadas de 1980 e 1990, no Pará, ocorreu a participação das empresas privadas Vale S.A. e a Tramontina Belém S.A., nas atividades de exploração comercial do paricá. Atualmente, estima-se que a área plantada com paricá no Estado do Pará seja 50 mil hectares, principalmente em Dom Eliseu e Paragominas (MARQUES et al., 2006).

Por meio de consultoria prestada ao Centro de Pesquisa Agroflorestal do Trópico Úmido (CPATU) (Embrapa Amazônia Oriental), no final da década de 1970, estudos desenvolvidos pela Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), sediada na Colômbia, incluiu o paricá na relação de espécies de leguminosas potenciais para consórcios agroflorestais na Região Amazônica (PECK, 1979). Posteriormente, Marques et al. (2006) comprovaram o potencial da espécie para a finalidade proposta por Peck (1979).

Outros estudos conduzidos pela Embrapa Amazônia Oriental e instituições parceiras evidenciaram que o paricá poderia ser cultivado de forma extensiva.

A participação de grupos empresariais privados a partir da década de 1980 estimulou o cultivo e o uso da madeira do paricá para fins comerciais, culminando na atual área plantada de aproximadamente 88 mil hectares (ANUÁRIO..., 2013). O paricá atrai também a atenção das indústrias do setor de celulose e papel como espécie alternativa ao eucalipto na Amazônia Oriental, contribuindo ao aumento da sustentabilidade da produção, face ao seu rápido crescimento, condição ideal para a

rotação de cultivos florestais. Entretanto, é necessário identificar genótipos mais produtivos, com madeira mais densa e passíveis de reprodução via clonal. Além das aplicações e usos atuais, a Embrapa Florestas avalia processos com vistas a incorporar a espécie na matriz energética visando a produção de etanol celulósico, face à sua madeira apresentar algumas vantagens no pré-tratamento industrial em relação ao eucalipto.

O principal problema dos plantios comerciais de paricá é a baixa produtividade média, em torno de $22 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, praticamente a metade do valor da produtividade média alcançada pelos eucaliptos plantados na região do sudoeste do Pará. Pesquisas conduzidas pela Companhia Vale do Rio Doce na Amazônia Oriental, no Estado do Maranhão, mostraram que os eucaliptos clonais atingem uma produção anual de madeira de até $54 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, contra 28 m^3 do paricá propagado por sementes. Uma das razões para esse patamar de produtividade é a inexistência de sementes geneticamente melhoradas de paricá. As sementes atualmente utilizadas para a formação de mudas comerciais são coletadas de árvores em reboleiras, geralmente localizadas em beiras de rodovias, no norte do Estado de Mato Grosso.

A redução da diferença de produtividade da madeira entre o paricá e o eucalipto (cultivares melhoradas), é um dos grandes objetivos da pesquisa, além da seleção de genótipos com maior densidade da madeira (o intervalo observado nas amostras coletadas em Rondônia foi de 380 a 540 kg m^{-3}), a preservação da variabilidade genética da espécie e a seleção de genótipos para a recuperação de áreas degradadas e para a produção de madeira.

A Embrapa Florestas e Embrapa Amazônia Oriental, em parceria com a Universidade Federal Rural do Pará e com técnicos do Programa Vale Florestar, definiram as estratégias de ação de coleta de germoplasma-semente, com a elaboração de projeto

respectivo ao Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN/MMA) e identificação de parcerias junto às empresas privadas de base florestal do sudoeste do Pará. Para amostrar a adequada variabilidade genética do paricá, coletou-se 500 sementes por matriz, em dez populações (cada uma representada por 25 famílias de polinização aberta) representativas do gradiente ambiental no sentido leste-oeste da Amazônia, em áreas de manejo sustentável de empresas madeireiras. Após três anos, a partir de viagens e levantamentos realizados em Mato Grosso, Rondônia, Acre, Pará, Maranhão, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Santa Catarina, foram coletadas amostras de sementes de 202 árvores matrizes de paricá.

O referido germoplasma coletado em nove estados atende os propósitos do programa de melhoramento genético e da conservação do germoplasma, com sementes depositadas nos laboratórios da Embrapa Florestas e da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. As amostras de sementes são suficientes para a instalação dos testes de progênies em pelo menos cinco locais no Brasil, o que possibilitará estimar os componentes da interação genótipo x ambiente e a identificação de genótipos mais produtivos para diferentes ambientes.

A segunda fase do projeto de melhoramento genético de espécies florestais brasileiras prevê a instalação de testes de progênies de polinização aberta (mínimo de 100 matrizes por local). Ao longo dos anos, serão avaliados caracteres relacionados à produtividade, às propriedades tecnológicas da madeira e os caracteres relacionados ao comportamento silvicultural. Baseados na experimentação referida serão futuramente estabelecidos os pomares de sementes e o lançamento de cultivares mais produtivas. Para tanto, a Embrapa Florestas vem contando com as parcerias da Cooperativa Comigo no Sudoeste de Goiás, da Embrapa Agrossilvipastoril e da Embrapa Amazônia Oriental.

3.6. Eucalipto

Neste tópico também estão contempladas espécies do gênero *Corymbia*, anteriormente classificadas como pertencentes ao gênero *Eucalyptus*. Essa revisão taxonômica foi proposta em meados da década de 1990, tendo como base caracteres morfológicos distintivos, sendo finalmente aceita no início dos anos 2000 e referendada por diversos estudos moleculares, em nível de DNA. No transcorrer do texto, porém, optou-se por utilizar sistematicamente a nova denominação, independentemente da época da citação para fins de padronização. Adicionalmente, quando se faz referência ao "eucalipto" de forma genérica, subentende-se que estão incluídos os "corimbias".

Uma substancial parte da celulose de espécies folhosas usadas na fabricação de papel para impressão e escrita é proveniente de plantações de eucalipto formadas pelos maiores produtores mundiais, principalmente Brasil, Índia, China, Austrália, Uruguai, Chile, Portugal e Espanha. A tendência do comércio internacional de celulose de eucalipto continua motivando o estabelecimento de plantações no mundo, cuja base existente atualmente é de quase 25 milhões de hectares. O uso da madeira de eucalipto para fins energéticos, no atendimento de necessidades de segmentos do agronegócio e industrial, também tem sido crescente em diversos países, resultante de suas adequadas características silviculturais, econômicas e tecnológicas, especialmente como fonte alternativa de energia frente aos combustíveis fósseis tradicionais -petróleo, gás natural e coque - amplamente empregados.

Atualmente no Brasil, as plantações de eucaliptos com propósito industrial somam aproximadamente 5,10 milhões de hectares, de um total aproximado de 7,18 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Paraná os principais estados produtores desse gênero (ANUÁRIO..., 2013).

A utilização industrial da madeira de eucalipto tem sido crescente no Brasil, com plantações estabelecidas em mais de 500 municípios, principalmente para a produção de celulose, papel, bio-óleo, lenha e carvão vegetal, este último destinado às siderurgias. Também são adequados à fabricação de lâminas e compensados de madeira, painéis de madeira reconstituída, tais como chapas de fibra e aglomerados, além de prover material para movelaria, marcenaria e carpintaria. Os eucaliptos são tradicionalmente aptos para postes, mourões, dormentes e alguns poucos produtos não madeireiros, dentre eles particularmente os óleos essenciais extraídos mediante destilação das folhas, que são utilizados em uma enorme gama de itens de consumo humano, tais como cosméticos, produtos de limpeza, repelentes e alimentos.

A experimentação com espécies de eucaliptos, pioneiramente iniciada em 1904 pelo engenheiro agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, no Horto Florestal de Jundiá, SP, em plantios homogêneos, foi relevante para comprovar o potencial de crescimento desse gênero. Os resultados animadores obtidos o encorajaram, em 1910, a estabelecer a primeira grande coleção de espécies de eucaliptos (123 no total), no Horto de Rio Claro. Resultados dessa experimentação em Rio Claro, SP, em escala comercial e explorados regularmente, pela primeira vez são relatados por Andrade (1939), mostrando as seguintes espécies como sendo de maior potencial produtivo: *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. viminalis*, *E. robusta*, *E. alba*, *E. paniculata*, *Corymbia citriodora*, *C. maculata*, *E. camaldulensis*, *E. pilularis*, *E. propinqua*, *E. microcorys*, dentre outras.

Nessa fase experimental pioneira com eucaliptos, destaca-se a atuação do Instituto Florestal de São Paulo (IFSP) (atualmente vinculado à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo), que iniciava suas atividades com a denominação de Serviço Florestal, a partir de 1911, com atribuições de pesquisa da flora lenhosa e introdução de espécies exóticas (PROGRAMA

NACIONAL DE PESQUISA FLORESTAL, 1982). Em 1964, o IFSP estabeleceu um intenso programa de seleção de árvores superiores de eucaliptos (PASZTOR, 1964) e iniciou um programa de certificação de sementes, assumindo as pesquisas desenvolvidas pela ex-Companhia Paulista de Estradas de Ferro.

Para atender um emergente programa de industrialização regional, houve a necessidade do estabelecimento de diretrizes que contemplassem os segmentos de base florestal. Nos últimos 50 anos, diversos mecanismos e inovações nas esferas políticas, institucionais e científicas possibilitaram o aumento da área plantada e da produtividade das florestas cultivadas. A edição do Código Florestal de 1965 e a Lei dos Incentivos Fiscais ao Reflorestamento, que perdurou de 1966 a 1987, com os recursos recolhidos ao Fundo de Investimento Setorial-FISET e aplicados mediante a aprovação de projetos apresentados ao ex-Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF (atual IBAMA), foram determinantes para isso.

A significativa expansão das plantações florestais ocorrida durante o período dos incentivos fiscais, sem dúvida, favoreceram a pesquisa florestal, o ensino, o surgimento de inovações tecnológicas e a produção industrial, promovendo o desenvolvimento socioeconômico brasileiro. Com o término dos incentivos fiscais, as empresas verticalizadas passaram a custear os seus próprios reflorestamentos ou com os recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social-BNDES e outras fontes/programas de fomento e de financiamento. A silvicultura de eucaliptos e pinus consolidaram-se também graças à implantação do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), criado pelo Governo Federal daquela época, o qual privilegiava os setores siderúrgico e de celulose e papel, beneficiando tanto o mercado interno como o externo. A expansão da cultura do eucalipto, contudo, demandaria a ampliação do conhecimento adquirido até então e de novas tecnologias.

Ainda nas décadas de 1960 e 1970, o desenvolvimento da pesquisa florestal nas empresas privadas verticalizadas, com a estruturação sistemática de departamentos especialmente criados para o controle e acompanhamento da experimentação instalada, veio implementar os esforços da pesquisa florestal desenvolvida pelas universidades e instituições públicas e privadas. Assim, profissionais de diversas áreas da ciência florestal foram contratados pelas empresas privadas para conduzir programas cooperativos de pesquisa florestal, de acordo com metas comuns pré-estabelecidas e orientação de universidades ou instituições de pesquisa. Com a formação de expertises, as empresas privadas estruturaram seus programas próprios de pesquisa florestal e a adoção estratégica do bem-sucedido processo de integração "floresta-indústria" passa a desempenhar um papel fundamental à evolução e otimização dos processos produtivos. Com grande êxito, os programas cooperativos atenderam demandas emergentes de pesquisas, induziram e incrementaram a geração de estudos e de programas temáticos. Este modelo de programa cooperativo, inovador na época de sua concepção, ainda continua representando importante vetor de modernização tecnológica. A universidade beneficia-se pelo contato mais estreito com a realidade empresarial, recebendo apoio material e financeiro e a empresa, por sua vez, tem acesso, direciona e prioriza as pesquisas acadêmicas realizadas.

A criação do ex-Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), em 1967, incumbido da pesquisa florestal no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), muito contribuiu para o avanço do setor, mesmo não dispondo na época da estrutura desejada para realizá-la a contento. Ainda assim, foi capaz de gerar importantes resultados da pesquisa desenvolvida no curto período de tempo (10 anos) em que essa missão lhe foi atribuída, tais como os trabalhos de Zoneamento Ecológico para Reflorestamento no Brasil, para os Estados de

Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e para a Região Nordeste, por meio de estudos conduzidos pelo Dr. Lamberto Golfari (perito da FAO) e colaboradores, amparados pelo convênio PNUD/FAO/IBDF, de grande importância para o desenvolvimento da silvicultura do eucalipto e pínus. Dentre as valiosas informações contidas nestes documentos, deve-se ressaltar a indicação da potencialidade de espécies em nível de procedências, inclusive para experimentação, em função de sua importância principalmente ao planejamento da pesquisa regional, no que se refere às posteriores introduções de materiais genéticos para teste. Tal consideração, em termos de desenvolvimento de pesquisas desta natureza, tornou-se relevante, uma vez que a maioria dos ensaios de introdução de eucaliptos e pínus, estabelecidos até o final da década de 1960 no Brasil, testou o gênero apenas em nível de espécie. Os estudos de procedências ou origens de sementes de espécies de eucaliptos e pínus, quer introduzidas por instituições de pesquisa ou por iniciativa das empresas florestais privadas, apesar de iniciados ainda na década de 1960, tiveram sua implementação apenas na década de 1970. Grande parte do aumento de produtividade de madeira verificado no cultivo de eucaliptos, chegando até duplicar em algumas regiões, no final da década de 1980, deveu-se à correta escolha de espécies, à seleção adequada de procedências de sementes e à utilização de fontes melhoradas de materiais reprodutivos, vis-à-vis às condições ecológicas das regiões brasileiras.

A criação do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) em 1968, vinculado à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP), veio atender ao anseio do ensino e do setor privado, tendo em vista um ordenamento da pesquisa e desenvolvimento florestal, em função de todo o processo de expansão do setor. Iniciativas semelhantes aconteceram na Universidade Federal de Viçosa (criação da Sociedade de Investigações Florestais-SIF) e na Universidade Federal do Paraná

(criação da Fundação de Pesquisas Florestais-FUPEF). Até hoje, tais instituições continuam desempenhando papel relevante no desenvolvimento da ciência florestal.

O trabalho de avaliação e indicação à introdução de novas espécies e procedências de sementes de eucaliptos, realizado em 1969 pelo professor Lindsay Dixon Pryor, da *Australian National University*, por solicitação de algumas empresas florestais brasileiras, deve ser considerado também de grande valia aos programas de melhoramento existentes com o gênero (FERREIRA; SANTOS, 1997).

Os estudos de seleção de espécies de eucalipto e de pinus, em nível de procedências de sementes, basicamente ganharam um grande impulso no Brasil, após a execução do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF), iniciado em 1971, resultante de convênio estabelecido entre o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD), tendo como órgão executor a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) e o Governo do Brasil, por meio do Ministério da Agricultura e do Abastecimento representado pelo ex-IBDF. Para a execução e acompanhamento desta vasta rede experimental, houve a participação e colaboração de 17 entidades nacionais de pesquisa, ensino e desenvolvimento regional e de 41 empresas privadas do setor, englobando dez estados da União. É importante registrar que os experimentos com eucaliptos envolveram 386 procedências de 83 espécies (705 lotes de sementes obtidos do *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*-CSIRO, Austrália), com material suficiente ao estabelecimento de 106 testes em 46 municípios de nove estados brasileiros e com a parceria de 34 entidades, cujos resultados foram importantes ao desenvolvimento da silvicultura de eucaliptos e ao planejamento das futuras pesquisas com o gênero.

Os resultados de testes de seleção e procedências de sementes com material importado aumentaram a demanda de importação de sementes comerciais da Austrália, Zimbábwe e África do Sul. Do período inicial dos incentivos fiscais até 1975, estima-se que foram importadas cerca de 50 toneladas de sementes de eucaliptos, além das 23 toneladas comercializadas pelo IPEF/Empresas Associadas, conforme relatam Ferreira e Santos (1997). O objetivo básico das empresas florestais passou a ser a produção de sementes das melhores procedências introduzidas e das melhores raças locais existentes. As entidades que desenvolviam o melhoramento genético, inclusive as empresas florestais, intensificaram seus trabalhos visando atender a crescente demanda por sementes melhoradas de eucaliptos, realizaram novas introduções e avançaram os estudos de adaptação de espécies/procedências em relação ao solo e novas técnicas de manejo.

Os programas cooperativos na área de melhoramento florestal tiveram um importante papel para o alcance das metas atuais de produtividade da eucaliptocultura brasileira. Considerado avançado para a época, o primeiro programa de melhoramento genético de eucalipto foi criado em 1941 por Carlos Arnaldo Krug, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a pedido da ex-Companhia Paulista de Estrada de Ferro, sendo que as sementes disponíveis aos plantios até a década de 1960 eram provenientes de parcelas experimentais ou talhões desbastados, sem isolamentos contra pólenes indesejáveis e, portanto, com baixa qualidade genética. No conceito atual, essas fontes de sementes teriam uma qualidade equivalente a uma situação intermediária entre área de coleta de sementes (ACS) e uma área de produção de sementes (APS), com plantios geralmente apresentando uma alta porcentagem de híbridos interespecíficos (FERREIRA; SANTOS, 1997). As fontes comerciais de sementes de eucaliptos disponíveis nas décadas de 1960 e 1970 estavam, em grande parte, hibridadas demais para serem utilizadas

como material básico para a seleção, restringindo seu uso em função da limitada perspectiva de ganhos de produtividade. Esta séria ameaça para o progresso da eucaliptocultura motivou a reintrodução de material genético básico aos diversos programas cooperativos de conservação genética e de melhoramento conduzidos por diversas entidades públicas e privadas. Dentre os vários métodos aplicados aos eucaliptos, em ordem cronológica de utilização no Brasil, podem ser citados os seguintes: (i) a seleção massal e a seleção entre e dentro de progênies (KAGEYAMA; VENCOVSKY, 1983); (ii) o índice de seleção multivariado (RESENDE et al., 1990); (iii) seleção entre e dentro de progênies, com equivalência entre unidade de seleção e de recombinação (RESENDE, 1991); (iv) o índice de seleção univariado utilizando informações de parentes (BUENO FILHO, 1992; RESENDE; HIGA, 1994; PIRES et al., 1996); e (v) o índice de seleção multivariado multi-efeitos (RESENDE, 1995). Para caracteres de baixa herdabilidade, o método mais eficiente é o índice multi-efeitos univariado ou multivariado, em termos de ganho genético, tamanho efetivo da população, acurácia e diferencial de seleção realizado (RESENDE et al., 1995a). Os procedimentos melhor predição linear - BLP (*Best Linear Prediction*) e melhor predição linear não-viciada-BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) também têm sido empregados (RESENDE et al., 1996). O BLUP e o índice multi-efeitos são métodos equivalentes no caso de dados balanceados (RESENDE; FERNANDES, 1999).

O método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) tem sido atualmente o melhor procedimento de estimação/predição no melhoramento de plantas e animais, fornecendo bons resultados para diversas espécies perenes, como é o caso do eucalipto (RESENDE, 2000).

Os primeiros pomares clonais de sementes (PCS) de eucaliptos, estabelecidos somente no final da década de 1960, para atender

à demanda crescente de sementes, originaram-se da propagação via enxertia de árvores selecionadas fenotipicamente, das melhores plantações existentes ou de áreas experimentais (FERREIRA; SANTOS, 1997). No início da década de 1970 foram instalados os primeiros testes de progênies e iniciada a reintrodução de germoplasmas, com base genética apropriada, de espécies e procedências selecionadas. As atividades relacionadas com a produção de sementes melhoradas de eucaliptos foram priorizadas principalmente nas décadas de 1970 e 1980 (RODRIGUEZ, 2002).

A ocorrência do cancro causado pelo fungo *Cryphonectria cubensis*, em plantações de eucaliptos (*E. grandis* e *E. saligna*), principalmente no Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais, a partir de 1967, antecipou a introdução e aperfeiçoamento de técnicas de seleção e de propagação vegetativa de espécies resistentes, para a obtenção de plantas produtivas, pelo uso das estimativas de herdabilidade no sentido amplo (RODRIGUEZ, 2002). Essa técnica foi empregada pioneiramente pela empresa Aracruz Florestal e sua estruturada equipe de pesquisa e desenvolvimento operacional, a partir de 1979, com o estabelecimento dos primeiros plantios clonais homogêneos e resistentes ao referido fungo e com altos ganhos de produtividade (FERREIRA; SANTOS, 1997). Além do volume de madeira, a seleção de plantas propagadas vegetativamente passou a considerar caracteres relacionados à qualidade da madeira, proporcionando à silvicultura clonal do eucalipto ganhos superiores a 200% (RODRIGUEZ, 2002). Técnicas de hibridação também foram inicialmente desenvolvidas nesse mesmo tempo, visando à obtenção de indivíduos resistentes à doença. O híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* (eucalipto "urograndis") pode ser considerado como o caso exemplar que alentou e proporcionou maior ritmo de crescimento e homogeneidade das plantações iniciadas timidamente na década de 1980, mas cuja clonagem em larga escala pôde ser verificada na década de 1990.

Apesar dos esforços empregados na eucaliptocultura brasileira, na década de 1990 constatou-se que os níveis de acréscimo da produtividade não foram tão significativos quanto aqueles verificados nas décadas de 1970 e 1980 (FERREIRA; SANTOS, 1997). Segundo Rodriguez (2002), além da consideração dos caracteres quantitativos e qualitativos da madeira, três importantes aspectos podem ser citados e que têm contribuído para a otimização dos resultados obtidos nos programas de melhoramento florestal, nos últimos 15 anos: (i) o uso de programas computacionais para a análise de dados experimentais e seleção genética de árvores; (ii) visão holística decorrente da participação de diferentes especialistas na definição de estratégias de melhoramento; e (iii) integração das áreas de manejo e melhoramento, no desenvolvimento multidisciplinar da pesquisa.

A partir de meados de 1977, a pesquisa florestal desenvolvida no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), até então sob a responsabilidade do ex-IBDF, foi delegada à Embrapa, que passou a gerenciar uma rede com 611 experimentos de campo (455 transferidos pelo ex-IBDF), a qual contribuiu grandemente para os trabalhos de zoneamento ecológico de plantios florestais elaborados pela Embrapa Florestas na década de 1980 para os Estados do Paraná e Santa Catarina, dentre outros estudos.

No início da década de 1980, o setor florestal brasileiro representado por empresas privadas, instituições de pesquisa, universidades e demais órgãos relacionados identificou a necessidade de se coletar, na Austrália e Indonésia, sementes de diversas espécies e procedências de *Eucalyptus*, com base genética apropriada aos programas de melhoramento e conservação genética, mais indicadas e promissoras para as diversas regiões ecológicas brasileiras. A falta de sementes no mercado e principalmente de material genético

adequado aos programas de melhoramento dessas espécies era, reconhecidamente, um grande obstáculo ao aumento da produtividade e qualidade das florestas de eucaliptos, na época. Assim, diversas instituições e empresas privadas envidaram esforços para a coleta de material genético, porém privilegiando espécies de maior interesse comercial regional. O Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) e algumas de suas empresas associadas, como a Companhia Vale do Rio Doce (Florestas Rio Doce S.A., atualmente Vale S.A.), Aracruz Celulose S.A. (atualmente Fibria), Klabin S.A., Rigesa Celulose Papel e Embalagens Ltda. (MeadWestvaco-MWV), Suzano Papel e Celulose S.A., Mannesmann S.A. (atualmente Vallourec & Mannesmann Tubes do Brasil), Riocell S.A. (atual Companhia Manufactureira de Papéis e Cartões-CMPC, Chile), principalmente, conseguiram obter ou coletar sementes de várias populações de eucalipto de grande interesse para a silvicultura brasileira. Entretanto, coube à Embrapa um dos maiores esforços e o mais completo trabalho na obtenção de materiais genéticos, de interesse nacional. Foi a elaboração e execução desse projeto internacional que propiciou a primeira coleta de sementes de eucalipto na Austrália, promovida pelo setor público brasileiro e organizada na forma de parceria com empresas e entidades do setor florestal brasileiro. Foram coletados 148 kg de sementes de 56 procedências de onze espécies (*Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. pellita*, *E. tereticornis*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. pilularis*, *E. viminalis*, *E. deanei*, *E. resinifera* e *Corymbia maculata*). Esse material foi coletado separadamente das 1.066 árvores selecionadas e amostradas das referidas espécies, cadastradas e fotografadas, com anotações das características edafoclimáticas de cada localidade australiana. O trabalho foi realizado por profissional florestal contratado pela Embrapa, que permaneceu naquele país durante um ano, exclusivamente para esse fim. O projeto contou com o apoio do Banco Mundial e da CSIRO, que proporcionou o apoio local para a realização do empreendimento. Todo o processo foi participativo, iniciando-

se pela análise da potencialidade das espécies e procedências das sementes, para proporcionar maior produtividade e melhor qualidade da madeira obtida no Brasil. A parceria envolveu 22 empresas privadas e seis entidades públicas brasileiras. Esse empreendimento possibilitou a realização de testes de procedências/progênies e a instalação de populações genéticas base, em distintas condições edafoclimáticas das empresas participantes da rede experimental, em 59 diferentes locais do país. Uma significativa parcela dos materiais genéticos de eucalipto utilizados atualmente no Brasil originaram-se dessas iniciativas.

Em 1987, o Programa Nacional de Pesquisa de Florestas-PNPF, conduzido pela Embrapa, em seu "terceiro levantamento de pesquisas florestais em andamento no Brasil", cadastrou 2.043 projetos de pesquisa, uma grande parte envolvendo materiais genéticos de eucaliptos introduzidos a partir de 1976.

A ampla rede experimental instalada com eucaliptos no decorrer do século passado permitiu que o Brasil alcançasse um patamar tecnológico capaz de dar sustentabilidade aos empreendimentos baseados em florestas cultivadas. Nos últimos 50 anos, foram investidos centenas de milhões de dólares em experimentação e desenvolvimento tecnológico. Há mais de sete mil hectares experimentais com ensaios cadastrados e monitorados por centenas de pesquisadores. O Brasil possui a maior coleção *ex-situ* de germoplasma de eucaliptos do mundo. Esse esforço conjunto possibilitou aumentos expressivos na produtividade quantitativa e qualitativa das florestas cultivadas. No caso dos eucaliptos, passou de $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em 1965 para patamares operacionais atuais de 40 a $55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Há casos de plantações, localizadas em sítios especiais, cujos rendimentos em madeira chegam a alcançar $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ou até mais. O uso múltiplo do eucalipto com maior valor agregado e as melhorias tecnológicas da madeira permitiram obter ganhos adicionais nos

processos industriais. São avanços que, ao lado das condições favoráveis de clima, solo, disponibilidade de mão de obra e de terras, se traduzem em vantagens comparativas em relação a outros países tradicionais produtores e fornecedores de produtos florestais.

A hibridação interespecífica de eucaliptos e a clonagem em escala comercial, na década de 1990, aceleraram a obtenção de ganhos genéticos, proporcionando significativos ganhos de produtividade e de qualidade do produto industrial. Por meio da hibridação, é possível a complementaridade das características de crescimento, qualidade da madeira (celulose, carvão vegetal e sólidos madeiráveis), tolerância aos fatores bióticos (pragas e doenças) e abióticos (estresse hídrico e de fertilidade, ventos etc.), além da obtenção da heterose para alta produtividade de madeira (vigor de híbrido).

Para os programas de melhoramento visando ao aumento da resposta heterótica, como é o caso da Embrapa Florestas, o método de seleção recorrente recíproca interpopulacional-SRRI é o mais recomendado, podendo-se recorrer à polinização controlada para uma maior efetividade dos cruzamentos a serem obtidos. Como suporte à pesquisa de produção de híbridos, os estudos sobre a biologia reprodutiva, indução floral, técnicas de polinização controlada e de manuseio do pólen vêm sendo aperfeiçoadas para cada espécie em estudo. No caso dos híbridos intraespecíficos poderão ser empregados dialelos parciais, como os delineamentos fatoriais (exemplo: 3 x 3; 4 x 4 e 5 x 5), além do delineamento em "V", usado para genitores de maiores valores genéticos aditivos na população de melhoramento, conforme sugere Resende (2002), permitindo cruzá-los um maior número de vezes e aumentando a probabilidade de obtenção de indivíduos excepcionalmente superiores nas progênies, dentre outras vantagens.

O Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Florestas tem uma significativa demanda para o desenvolvimento de híbridos de eucaliptos, face ao grande número de espécies com distintas características desejáveis que podem ser combinadas nos cruzamentos potenciais e viáveis, destinados a ocupar diferentes ambientes.

Baseando-se na compatibilidade de cruzamentos das principais seções de interesse (transversaria, exsertaria e maidenaria) e nas características de maior interesse ao programa de melhoramento genético do eucalipto conduzido pela Embrapa Florestas e suas parcerias, serão estudados principalmente os seguintes cruzamentos interespecíficos, para as distintas situações: (i) produtividade e tolerância a ambientes úmidos: *Corymbia torelliana* x *C. citriodora*; (ii) produtividade e tolerância à seca: *E. urophylla* x *E. brassiana*; *E. pellita* x *E. brassiana*; *E. grandis* x *E. camaldulensis*; *E. pellita* x *E. grandis*; *E. urophylla* x *E. camaldulensis*; "*urograndis*" x *E. camaldulensis*; "*urograndis*" x *E. brassiana*; (iii) produtividade e tolerância ao frio: *E. urophylla* x *E. dunnii*; *E. urophylla* x *E. benthamii*; *E. urophylla* x *E. badjensis*; *E. benthamii* x *E. dunnii*; *E. grandis* x *E. dunnii*; *E. grandis* x *E. benthamii*; *E. grandis* x *E. badjensis*; *E. benthamii* x *E. badjensis*; *E. urophylla* x *E. viminalis*; "*urograndis*" x *E. dunnii*; "*urograndis*" x *E. benthamii*; "*urograndis*" x *E. badjensis*. O desenvolvimento de tais híbridos é estratégico nesse programa para atender à grande demanda de ocupação de locais submetidos a grandes estresses por fatores bióticos e abióticos, visando principalmente selecionar combinações vantajosas para os segmentos de energia e sólidos madeiráveis e que produzam indivíduos aptos ao processo de clonagem.

O avanço do programa de propagação vegetativa do eucalipto será importante para solucionar problemas que, porventura, venham a surgir com os novos genótipos desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Florestas.

A seleção assistida por marcadores moleculares e a genômica (mapeamento, sequenciamento e estudo da expressão de genes), objetivando matérias-primas com características industriais uniformes e superiores direcionadas para fins específicos, também serão empregadas. As tecnologias genômicas impulsionam novas perspectivas para a compreensão das relações entre a variabilidade genética e a diversidade fenotípica e permitem a seleção precoce de clones-elite para características físico-químicas de grande interesse.

No Brasil, há dois projetos de genoma - "*Forests*" e "*Genolyptus*" - inovadores e com espírito pré-competitivo, que representam um posicionamento estratégico do setor e aglutinam diversas instituições e empresas privadas. Tais projetos visam à transformação genética do eucalipto e objetivam alterar a composição química da madeira (teor de lignina e celulose), bem como a identificação dos genes envolvidos na tolerância a doenças e à deficiência hídrica dos solos.

A mais recente contribuição do Programa de Melhoramento Genético conduzido pela Embrapa Florestas foi o desenvolvimento de dois clones híbridos espontâneos de *E. grandis* em parceria com a Vale S. A. (registrados como cultivares BRS 362 e BRS 363), resistentes às doenças que ocorrem na Amazônia Oriental. Esses clones adaptam-se às condições presentes nas regiões sudoeste do Pará e Oeste do Maranhão, apresentando propriedades tecnológicas apropriadas para a produção de serrados e laminados de madeira. Além dessas vocações, tais clones estão sendo testados no Centro-Oeste para sistemas agrossilvipastoris (ILPF).

O enfoque do melhoramento de populações puras e pomares de sementes por mudas passou à caracterização de germoplasmas para hibridação, voltados ao desenvolvimento de clones elite. A formação de populações híbridas em pomares cobertos (*indoor*),

estratégica ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Florestas, já se encontra disponível junto a um parceiro privado na região Centro-Oeste e em início de implantação na própria Unidade. No momento, para o gênero *Corymbia*, buscam-se genótipos híbridos nos cruzamentos naturais de *C. citriodora* x *C. torelliana*, com características especiais da madeira para energia. Contando com a parceria do setor privado, o principal compromisso é a disponibilização, num período aproximado de dez anos de novas cultivares clonais para usos múltiplos.

Com respeito aos cruzamentos interespecíficos para a produção de híbridos de eucalipto, a Embrapa Florestas vem dando ênfase, no momento, ao "urograndis" (*E. urophylla* x *E. grandis*) de segunda geração e *E. benthamii* x *E. dunnii*. Na sequência desses estudos, serão incluídos os cruzamentos: "urograndis" x *E. benthamii*; "urograndis" x *E. dunnii*; "urograndis" x "urograndis"; "urograndis" x *E. pellita* x *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* x "urocam" x clones de domínio público, dentre aqueles já mencionados.

Paralelamente, estudos de genética aplicada e de transgenia com espécies de eucalipto, com a tecnologia DREB (*Dehydration Responsive Element Binding Protein*) vêm sendo realizados pela Embrapa Florestas, como suporte ao programa de melhoramento genético.

Em termos de germoplasmas recentemente incorporados ao programa de melhoramento, merece destaque a espécie *Eucalyptus crebra*, potencialmente apta para condições altamente restritivas do ponto de vista de disponibilidade de água. A mesma encontra-se em fase inicial de experimentação no Brasil Central e servirá de base para estudos objetivando a prospecção de eventuais genes de tolerância à seca que estejam naturalmente se expressando nos eucaliptos. Sob essa perspectiva, vislumbra-se a possibilidade de inserir o semiárido

brasileiro e as áreas mais críticas do cerrado como zonas ecológicas potencialmente indicadas para o cultivo de eucaliptos de forma a obter produções econômicas.

A ênfase atual do programa da Embrapa é a obtenção de clones competitivos voltados para serraria e energia que sejam aptos para plantio em áreas de expansão da cultura de eucalipto, como está se verificando em localidades situadas na região Centro-Oeste e nos altiplanos da Região Sul, ainda grandemente dependentes de clones desenvolvidos em outras regiões e, ou sementes pouco adaptadas. Adicionalmente, tem sido considerada a possibilidade de disponibilizar materiais mais adequados aos sistemas ILPF.

3.7. Pínus

Aproximadamente 120 espécies compõe o gênero *Pinus* (110 ocorrendo no hemisfério norte), mas poucas são utilizadas comercialmente no mundo. O seu principal uso é como fonte de matéria-prima para as indústrias de madeira serrada e laminada, chapas de diversos tipos, resina, celulose e papel. As espécies desse gênero apresentam muitas vantagens quando comparadas com outras candidatas à silvicultura intensiva, produção e industrialização da madeira e de seus subprodutos. As fibras longas de sua madeira são apropriadas para a fabricação de papel de alta resistência para embalagens, papel de impressão e outros tipos. Além disso, algumas espécies produzem resina em escala comercial.

Atualmente, as plantações de pínus no Brasil, com propósito industrial, perfazem 1,56 milhão de hectares, de um total aproximado de 7,18 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Bahia os principais estados produtores desse gênero (ANUÁRIO..., 2013).

No Brasil, os primeiros plantios desse gênero ocorreram há mais de um século, mas somente a partir da década de 1950 é que foram implantadas plantações em escala comercial. Inicialmente, plantios mais extensos foram estabelecidos nas Regiões Sul e Sudeste, com as espécies *P. taeda* e *P. elliotii* var. *elliotii*, para suprir as indústrias de celulose e papel, madeira serrada e chapas de fibras e extração de resina. Com a introdução de outras espécies, principalmente oriundas das regiões tropicais, a produção de madeira de pínus foi viabilizada economicamente em todo o território nacional, constituindo uma importante fonte para usos múltiplos, mas também madeira serrada para fins estruturais, confecção de embalagens, móveis e marcenaria em geral.

A rusticidade das espécies para crescer em diferentes tipos de solos e produzir madeira de boa qualidade, aliada aos seus múltiplos usos, possibilitou a sua rápida disseminação no território nacional, em substituição ao uso de madeiras de espécies nativas exploradas indiscriminadamente.

As primeiras pesquisas com pínus foram realizadas em 1936 no Horto da Cantareira, em São Paulo, SP, pelo antigo Serviço Florestal de São Paulo (atual Instituto Florestal de São Paulo-IFSP). As primeiras introduções do gênero foram com espécies européias de pínus, mas não lograram sucesso em decorrência da sua má adaptação ao clima da região testada. A partir de 1948, os estudos de introdução de espécies foram intensificados, dando-se especial atenção aos "pinheiros amarelos do sul dos Estados Unidos" (*P. elliotii*, *P. taeda*, *P. palustris* e *P. echinata*).

A década de 1950 ficou caracterizada pela disseminação de *P. elliotii* e *P. taeda* em São Paulo e pelas importantes introduções de espécies de pínus realizadas pelo Serviço Florestal. De acordo com Pereira (1990), foi nesse período que ocorreram as introduções de pínus tropicais da América Central e do México,

com a aquisição de semente de *P. kesiya* e *P. merkusii* da Ilha de Sumatra-Indonésia. Apesar de ter concentrado seus esforços com espécies de eucaliptos, a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, em 1953, também contribuiu com a pesquisa de coníferas, tendo introduzido experimentalmente cerca de 38 espécies nos seus nove hortos em São Paulo. Das espécies testadas, foram indicadas como potenciais: *P. taeda*, *P. elliotii*, *P. patula* e *P. oocarpa*, dentre outras.

O Instituto Nacional do Pinho (INP), órgão oficial de proteção dos interesses dos produtores, industriais e exportadores de pinho, criado em 1941 e extinto em 1967 com o surgimento do IBDF, também teve relevante participação na introdução de procedências de sementes de *P. elliotii* e *P. taeda*, em vários hortos florestais no sul do Brasil, nas décadas de 1940 e 1950. Os primeiros ensaios com estas duas espécies na Região Sul do Brasil, segundo Golfari (1971), datam de 1948, tendo sido outras do gênero incorporadas posteriormente pela pesquisa do INP, tais como *P. radiata*, *P. pinaster*, *P. echinata*, *P. palustris* e *P. caribaea*, dentre outras espécies de coníferas. Ainda no final da década de 1940, foi iniciada a experimentação com *P. taeda* e *P. elliotii* em Santa Maria, pela Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, segundo aquele mesmo autor.

No setor privado, merecem destaque as empresas pioneiras no plantio de espécies de *P. elliotii* e *P. taeda*, na Região Sul do Brasil, tais como a Klabin S.A.; Papel e Celulose Catarinense S.A.; Olinkraft Celulose e Papel Ltda.; Rigesa Celulose e Papel Ltda; Indústrias Madeirit S.A.; Companhia Fiat Lux; além de Indústria Têxtil Companhia Hering; Móveis Cimo S.A.; Companhia Melhoramentos Norte do Paraná; Lutcher S.A. Celulose e Papel; Indústrias Andrade Latorre; Fábrica de Papel Primo Tedesco S.A.; Celulose Irani S.A.; Industrial Madeireira S.A. e Celulose Cambará, que se dedicaram à experimentação dessas espécies (GOLFARI, 1971).

Em 1957 foram introduzidos pelo Serviço Florestal de São Paulo coníferas da Nicarágua, Honduras, Guatemala e México, notadamente *P. caribaea*. Em seguida, foram introduzidas as espécies *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *P. oocarpa*, *P. patula* e *P. patula* var. *tecunumanii*, que se mostraram potenciais à silvicultura (CIANCIULLI, 1959).

A Companhia Melhoramentos de São Paulo, dentre as empresas privadas, foi a pioneira na introdução de espécies de coníferas no Município de Caieiras, em São Paulo, iniciando suas atividades em 1922. Em 1930, no Município de São Carlos, SP, foi instalada a Lápis Johann Faber Ltda., que também introduziu espécies de coníferas para estudos e plantios comerciais, inclusive experimentação com espécies de pínus. Em 1951, a Klabin Florestal iniciou suas primeiras plantações com *P. taeda* e *P. elliotii* procedentes do sul e sudeste dos Estados Unidos, no Município de Telêmaco Borba, PR. Desde 1958, a ex-Companhia Agroflorestal Monte Alegre-CAFMA (atualmente Duratex S.A.), conjuntamente com instituições de ensino e de pesquisa públicas e privadas nacionais e internacionais, vêm contribuindo efetivamente para o desenvolvimento da pesquisa com espécies de pínus e eucaliptos, além de outros gêneros, por meio de uma extensa rede experimental instalada. Também relevantes têm sido as contribuições da Klabin Florestal e da MWV Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda., em relação às pesquisas com pínus na Região Sul do Brasil, desde a década de 1950.

No início da década de 1960, o cultivo de pínus em São Paulo mostrava-se promissor, intensificando-se os plantios nas Regiões Sul e Sudeste. Em meados dessa década ainda havia baixa disponibilidade de sementes de espécies subtropicais e tropicais. O setor de sementes do IFSP foi, nesse período, uma importante fonte de sementes, porém ainda insuficiente para o suprimento da crescente demanda de pínus e eucalipto. O

rápido desenvolvimento da silvicultura brasileira com espécies de coníferas demandaria esforços ao desenvolvimento de pesquisa cooperativa entre as diferentes instituições de ensino e pesquisa pública e privada nacionais e internacionais, apoiada pelas empresas florestais privadas.

Igualmente como ocorrido com os eucaliptos no Brasil, o estabelecimento de programas cooperativos atenderam e continuam atendendo demandas emergentes de pesquisa, induzindo e incrementando a geração de estudos e de programas temáticos com o gênero *Pinus*. A atuação do ex-Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, no período de 1967 a 1977, incumbido da pesquisa florestal no âmbito do MAPA, contribuiu efetivamente ao desenvolvimento da silvicultura de pínus e para o crescimento do setor florestal brasileiro. As relevantes contribuições desse Instituto à pesquisa com espécies de pínus foram similares àquelas feitas ao eucalipto, destacando-se principalmente a indicação de espécies e procedências mais promissoras para diversos estados do Brasil, constantes nos trabalhos de zoneamento ecológico para reflorestamento no Brasil.

As criações do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais-IPEF em 1968 (vinculado à ESALQ - Universidade de São Paulo), da Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná-FUPEF em 1971 (vinculada ao Departamento de Engenharia Florestal - Universidade Federal de Paraná) e da Sociedade de Investigações Florestais (SIF) em 1974 (vinculada ao Departamento de Engenharia Florestal - Universidade Federal de Viçosa), vêm contribuindo significativamente para o desenvolvimento da pesquisa florestal com o gênero *Pinus* e do setor florestal brasileiro.

As atuações do Centro de Sementes Florestais da *Danish International Development Agency* (DANIDA), *Oxford Forestry*

Institute (OFI) e *Forestry Research Institute of Canberra*, todos promovendo ou coordenando programas de coleta e distribuição de sementes de espécies/procedências de pinus tropicais e de outras espécies, no período de 1968-1973, foram imprescindíveis à criação dos programas de melhoramento e conservação de germoplasma públicos e privados no Brasil. Graças à iniciativa dessas instituições internacionais, muitos países incluindo o Brasil puderam participar desse programa cooperativo, recebendo e testando tais materiais genéticos de importância à silvicultura de pinus. A FAO, em especial o *Forest Resources Development Service*, também vem colaborando efetivamente com os países em desenvolvimento, desde a década de 1960, no uso e conservação dos recursos genéticos, inclusive as espécies de pinus (FAO, 1986).

Na década de 1970, um grande programa cooperativo internacional envolvendo o OFI e o *Instituto Nacional de Investigación Forestal do México* (INIF) foi estabelecido, com a instalação de uma ampla rede experimental com espécies de pinus no Brasil, África do Sul, Zimbábue, Colômbia, Honduras e Índia, visando à conservação *ex-situ* (WOOD; GREAVES, 1977).

A Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi-EECFA, localizada no Município de Anhembi, SP e pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, desde a sua criação em 1974, vem implementando uma importante e ampla rede experimental ao melhoramento e conservação genética de espécies florestais exóticas e nativas. Com relação ao gênero *Pinus*, vem sendo mantidas amostras de populações (bancos clonais) de *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. oocarpa*, *P. taeda*, *P. kesiya* e *P. strobus* var. *chiapensis*, introduzidas desde a década de 1970.

Também com o apoio do IPEF e suas empresas associadas, e com o suporte financeiro do BNDES, o Projeto Pinheiros

Tropicais (PPT), coordenado pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP e iniciado em 1976, muito contribuiu ao desenvolvimento das pesquisas com o gênero *Pinus* no Brasil, inclusive nas áreas de melhoramento e conservação genética.

Até 1977, as plantações comerciais de pínus perfaziam 35% do total plantado no Brasil, sendo *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. kesiya*, *P. taeda* e *P. elliottii* var. *elliottii* as espécies mais plantadas desse gênero. Devido à sua importância à silvicultura brasileira, grande ênfase foi dada aos programas de melhoramento dessas espécies, conduzidos por diversas instituições e empresas privadas (KAGEYAMA, 1980).

A Cooperativa para Conservação dos Recursos Genéticos de Coníferas do México e da América Central (CAMCORE), criada em 1980 pela North Carolina State University (USA), também vem atuando de forma intensiva na área de recursos genéticos florestais de importância para diversos países da América do Sul, África e Oceania, com o principal objetivo de prevenir a perda de germoplasma das espécies com alto risco de extinção (DVORAK, 1984). Segundo Dvorak et al. (1996), são objetivos da CAMCORE: (i) conservar espécies e populações florestais nativas, (ii) testar espécies amostradas em diversas condições ambientais nos trópicos e subtropicais; e (iii) desenvolver programas de cruzamentos e de melhoramento visando genótipos com melhor potencial. Durante a sua permanência na CAMCORE, a Embrapa Florestas participou ativamente dos respectivos programas de melhoramento e conservação genética, o que lhe garantiu o acesso a uma das maiores coleções mundiais *ex-situ* do gênero *Pinus*.

Embora a pesquisa da Embrapa Florestas tenha se iniciado oficialmente só 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). Os resultados obtidos da avaliação dos ensaios de introdução de espécies e procedências de pínus do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF/ex-IBDF), com materiais genéticos fornecidos pela FAO, OFI e CSIRO, subsidiaram significativamente inúmeros temas da pesquisa florestal realizada por diversas instituições de pesquisa e empresas florestais privadas, contribuindo grandemente para o desenvolvimento do setor florestal brasileiro. Para o gênero *Pinus*, foi estabelecido um total de 63 ensaios experimentais, testando 16 espécies e 145 procedências de sementes em 42 municípios de oito estados brasileiros, envolvendo 24 executores da pesquisa pública e privada nacional (PINTO JÚNIOR; FERREIRA, 2008). Com o objetivo de ampliar a sua rede experimental e testar novos materiais genéticos introduzidos, a Embrapa Florestas manteve a sua participação nos programas cooperativos internacionais de espécies de pínus, principalmente nas décadas de 1970 e 1980, o que lhe garantiu o acesso aos mais importantes materiais para melhoramento e conservação genética. Assim, um grande número de espécies, procedências e famílias de pínus e de outras coníferas, oriundas principalmente dos programas cooperativos internacionais do OFI, CAMCORE, DANIDA, FAO, FRI-Canberra e CSIRO, foram testadas pela Embrapa Florestas e seus parceiros, nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Trata-se de importantes e estratégicos germoplasmas aos referidos programas de pínus, visto que uma significativa parte desses materiais introduzidos no Brasil já não existem mais em suas áreas de ocorrência natural.

O Centro de Conservação Genética e Melhoramento de Pinheiros Tropicais-CCGMPT, estabelecido por convênio entre o IPEF/DCF-ESALQ/USP, ex-CAFMA e ex-Aracruz Florestal S.A. (atual Fibria), no Município de Aracruz, ES, foi criado em 1977 com o objetivo de suprir a grande demanda de sementes de qualidade nos mercados interno e externo. Instalado no período de 1978 a 1984, constituiu-se de 150 hectares de pomares de sementes

clonais de *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *caribaea* e *P. caribaea* var. *bahamensis*, originários da seleção de mil árvores superiores em diversas populações comerciais estabelecidas no Estado de São Paulo, com o objetivo de gerar e disponibilizar à silvicultura intensiva de pínus no Brasil novas recombinações do material genético estudado (PINTO JÚNIOR et al., 1979). A produção de sementes representativa de todas as populações estudadas no CCGMPT ocorreu inicialmente em 1985 e, até 1996, foram instalados 57 testes de progênies das variedades *hondurensis* (19), *caribaea* (23) e *bahamensis* (15) em diversos municípios brasileiros e também na Argentina. Os resultados desses testes mostraram que a recombinação genética das árvores selecionadas foi altamente positiva e de grande importância ao melhoramento das variedades dessas espécies (SANTOS et al., 1996).

Ainda na década de 1970, a Embrapa Florestas estabeleceu testes de procedências e progênies de *P. taeda* e *P. elliotii* var. *elliotii* nas Regiões Sul e Sudeste, por meio da cooperação com o *U.S. Forest Service*. Com base nos resultados dessa experimentação, foi possível identificar as procedências mais produtivas e melhor adaptadas, sendo os testes desbastados e transformados em áreas produtoras de sementes melhoradas. Para *P. elliotii*, identificou-se as melhores procedências para a produção de resina, advindas do norte da Flórida, EUA (SHIMIZU; SPIR, 1999b). O maior potencial de crescimento do material da Flórida também foi constatado nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (FONSECA et al., 1978; SHIMIZU, 1979).

Em 1978, com o estabelecimento do Programa Nacional de Pesquisas de Florestas (PNPF) na Embrapa, designado para coordenar a pesquisa florestal no âmbito do MAPA, surgiu a necessidade de criação de grupos permanentes de trabalho para distintos assuntos da pesquisa, compostos de membros representantes dos diversos segmentos da pesquisa e ensino

no Brasil. Dentre eles, o Grupo Permanente de Trabalho em Melhoramento Genético Florestal (GPTMGF), coordenado pela Embrapa Florestas e atuante até o término do PNPf, em 1993, tinha como principais objetivos: (i) analisar os programas de melhoramento em andamento no Brasil; (ii) orientar a utilização do material genético básico aos programas de melhoramento e de conservação genética; (iii) incentivar e propiciar o intercâmbio de material genético entre as instituições públicas e privadas nacionais e internacionais; (iv) sugerir a padronização dos experimentos e da linguagem técnica da área de melhoramento florestal; e (v) organizar reuniões técnico-científicas visando ao desenvolvimento de tecnologias nessas áreas.

O setor florestal privado também tem tido uma expressiva participação na introdução de materiais de pínus no Brasil. Exemplos disto foram as iniciativas da Klabin Florestal e da Madeireira Nacional S.A. MANASA no Paraná, da MWV Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda. e da Papel e Celulose Catarinense Ltda. (Klabin Florestal) em Santa Catarina e da ex-CAFMA (atual Duratex S.A.), ex-Braskraft Florestal e Industrial S.A., e ex-Champion Papel e Celulose S.A. (atual International Paper do Brasil Ltda.) em São Paulo, que obtiveram material para os estudos de seleção de procedências e famílias nessas regiões, principalmente nas décadas de 1970 e 1980 (KAGEYAMA, 1980; BERTOLANI et al., 1984). Deve-se ressaltar também a atuação das empresas privadas Openflora Reflorestamento e Agropecuária S.A. (atual Duratex S.A.) e Torras Brasil S.A., na experimentação conduzida com espécies de pínus, na região norte da Bahia, nesse mesmo período.

Os programas de melhoramento de pínus no Brasil foram implementados por empresas florestais, principalmente indústrias de transformação da madeira, instituições públicas federais e estaduais como a Embrapa, IBAMA, IFSP e as universidades USP, UFPR, UFV, UNESP e UFLA. A estratégia

inicial adotada aos referidos programas foi a seleção recorrente intrapopulacional-SRI (GALLAIS, 1978, 1989; RESENDE et al., 2005), para a obtenção das populações-base de espécies de pínus. 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 (AGUIAR et al., 2011).

A ampla rede experimental instalada com pínus a partir da metade do século passado permitiu que o Brasil alcançasse um patamar tecnológico capaz de dar sustentabilidade aos empreendimentos baseados em florestas cultivadas. Nos últimos 50 anos, foram significativos os recursos financeiros e humanos em prol do desenvolvimento da silvicultura, com muita dedicação à pesquisa do gênero. O Brasil possui uma das maiores coleção *ex-situ* de germoplasma de pínus do mundo. Esse esforço conjunto possibilitou aumentos expressivos na produtividade quantitativa e qualitativa das florestas cultivadas. No caso de pínus, desde meados da década de 1960, a produtividade média de pínus praticamente dobrou, passando para valores médios atuais entre 18 a 30 m³ ha⁻¹ano⁻¹. Há casos de plantações de determinada espécie, em sítios especiais, cujos rendimentos em madeira chegam a alcançar 45 m³ ha⁻¹ano⁻¹ ou mais. O uso múltiplo de pínus com maior valor agregado e as melhorias tecnológicas da madeira permitiram obter ganhos adicionais nos processos industriais. São avanços que, ao lado das condições favoráveis de clima, solo, disponibilidade de mão de obra e de terras, se traduzem em vantagens comparativas em relação a outros países produtores, tradicionais fornecedores de produtos florestais.

O programa de melhoramento de pínus da Embrapa Florestas, desenvolvido conjuntamente com seus parceiros, de acordo com as exigências climáticas das espécies, considera duas

principais regiões: (i) uma delas com clima temperado, que se refere à Região Sul e parte do sudeste do Estado de São Paulo (áreas de altitude), onde são plantados *P. elliottii* e *P. taeda* que apresentam, além de boa produtividade de madeira, resistência às geadas; e (ii) e outra englobando um clima tropical, onde as características mais importantes são a tolerância à deficiência hídrica e a intolerância às geadas. Para esta última região, destacam-se as espécies *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii* e *P. kesiya*. A espécie *P. maximinoi* deverá ser priorizada para as regiões de clima subtropical e geração de híbridos interespecíficos e *P. patula* para locais de clima temperado e de altitude (AGUIAR et al., 2011).

A estratégia de melhoramento de pínus adotada pela Embrapa Florestas, ao longo dos anos, também foi a SRI, onde testes de procedências e progênies de várias espécies foram avaliados e selecionados em diversas condições ambientais, para a formação de áreas de produção de sementes (APS) ou pomares de sementes por mudas (PSM), onde somente os melhores indivíduos são mantidos após o desbaste dessas áreas, para a produção de sementes melhoradas. Para as espécies de interesse econômico como *P. elliottii* e *P. taeda*, foram implantados pomares de sementes clonais (PSC), onde indivíduos foram selecionados nos testes de procedências/progênies e transferidos por via da enxertia, para um pomar de recombinação para a produção de sementes (AGUIAR et al., 2011).

Para as espécies *P. taeda*, *P. elliottii* e *P. caribaea*, cujo grau de melhoramento genético é superior às demais espécies, há a disponibilidade de sementes ou mudas, comercializadas por instituições públicas e empresas privadas brasileiras. As procedências de *P. taeda* oriundas da América do Norte foram intensamente avaliadas e selecionadas principalmente para a produção de celulose e papel. Também é a única espécie cujos

plantios comerciais atuais são feitos por via da reprodução vegetativa (embriogênese somática). Atualmente, muitos híbridos (*P. elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. tecunumanii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*) vem sendo usados em plantios comerciais, a partir da propagação vegetativa. Essa estratégia está sendo adotada a partir da enxertia em séries para o rejuvenescimento fisiológico do material clonado. As outras espécies constantes dos programas de melhoramento genético do gênero encontram-se no seu estágio inicial, onde vêm sendo selecionados genitores para a implantação de testes de progênies de segunda geração e para cruzamentos controlados intraespecíficos e interespecíficos (AGUIAR et al., 2011).

A hibridação, importante ferramenta aos programas de melhoramento, tem sido bem sucedida no gênero *Pinus*, quando obtida pela combinação de espécies da mesma subseção taxonômica (SHIMIZU et al., 2008). Exemplos disto são os cruzamento de *P. elliotii* var. *elliotii* com espécies de pinus tropicais (*P. caribaea*, *P. tecunumanii* e *P. oocarpa*), que pertencem à mesma subseção Australes (WRIGHT, 1976). O sucesso da hibridação em pinus pode ainda ser explicado pela presença dos efeitos aditivos (GRONINGER et al., 2000) ou devido aos efeitos da sobredominância e/ou heterose funcional.

A CAMCORE desenvolve, desde 2007, relevantes estudos de hibridação com espécies de pinus, objetivando obter materiais resistentes ou tolerantes à deficiência hídrica, geadas e doenças, com maior produtividade e melhor qualidade da madeira. *Pinus patula* x *P. elliotii*; *P. patula* x *P. greggii*; *P. patula* x *P. pringlei*; *P. elliotii* x *P. tecunumanii*; *P. elliotii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*; *P. caribaea* var. *hondurensis* x *P. tecunumanii*; *P. caribaea* var. *hondurensis* x *P. oocarpa* são os principais cruzamentos realizados. Resultados iniciais desses estudos mostraram que os cruzamentos interespecíficos têm apresentado desempenho superior aos dos parentais, para

caracteres de crescimento (PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y DOMESTICACIÓN DE ÁRBOLES FORESTALES, 2007).

O uso de marcadores genéticos e bioquímicos no melhoramento genético de espécies arbóreas tem ocorrido desde a década de 1980. Em pínus, os marcadores moleculares vêm sendo aplicados em algumas etapas do melhoramento, porém mais restritamente quando comparado ao eucalipto, devido às características intrínsecas do gênero, como a complexidade do genoma e a baixa disponibilidade de marcadores do tipo SSR (microsatélites), DArT (*Diversity Array Technology*) e SNP (polimorfismo de único nucleotídeo), para as diferentes espécies cultivadas principalmente no Brasil. Contudo, o acesso a essas novas tecnologias tem crescido em função da redução dos seus custos. A maioria dos trabalhos sobre marcadores moleculares em pínus no Brasil foram aplicados para monitorar a variabilidade genética de testes de progênes e identificação de genitores divergentes. Há vários tipos de marcadores que vêm 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 (AGUIAR et al., 2011).

Uma das técnicas mais atuais e eficientes no melhoramento de espécies florestais, atualmente empregada para eucalipto, é a seleção genômica ampla (SGA) (RESENDE et al., 2008; FONSECA et al., 2010; GRATTAPAGLIA; RESENDE, 2011), uma vez que os ganhos obtidos podem ser maiores que aqueles esperados no melhoramento convencional, visto que o tempo entre cada ciclo de seleção poderá ser reduzido pela metade comparativamente aos procedimentos convencionais. Essa técnica já vem sendo validada pela Embrapa Florestas, em testes de progênes de *P. taeda*, constituindo-se uma importante ferramenta para reduzir os longos ciclos de melhoramento que

giram em torno de 12 a 18 anos para espécies do gênero. Para aplicação da transgenia em pínus, entretanto, será necessário um avanço, principalmente nas técnicas de micropropagação e embriogênese somática. Como o gênero *Pinus* apresenta um genoma mais complexo que algumas espécies florestais folhosas, isto também poderá dificultar a detecção das vias de expressão relacionadas aos genes inseridos. Estudos recentes têm mostrado genótipos transgênicos mais produtivos de *P. taeda*. Além disso, a identificação de genes relacionados à estresses abióticos (tolerância a frio e deficiência hídrica), 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 pínus (AGUIAR et al., 2011).

Em plantas anuais e, mais recentemente, espécies perenes, alguns genes responsáveis pela ativação de mecanismos que respondem favoravelmente a estresses abióticos vêm sendo inseridos, como aqueles 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 dessas espécies, estudos mais específicos devem ser conduzidos previamente. Como as espécies de pínus apresentam uma boa adaptabilidade em diversas condições edafoclimáticas, acredita-se que a descoberta de genes promissores deve ser contemplada, bem como o descobrimento de genes-alvo, por via genética de associação ou análise de expressão diferencial de genes (AGUIAR et al., 2011; FONSECA et al., 2010).

Relativo às futuras ações de melhoramento da Embrapa Florestas, essas serão executadas individualmente para dois agrupamentos de espécies: (i) as populações puras das cinco espécies priorizadas e listadas anteriormente e (ii) as populações sintéticas (híbridas) que serão geradas ou resgatadas de plantios

comerciais. Será adotada a SRI para as populações puras constituídas de 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, além da SRI, será simultaneamente empregada a seleção recorrente intrapopulacional em população sintética-SRIPS, essa última descrita por Resende e Barbosa (2005). As estratégias propostas são aplicáveis 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).

Outra estratégia que será adotada é a seleção recorrente por via de cruzamentos rotacionais (SRCR). Neste caso, em cada geração, os melhores indivíduos da seleção sintética serão cruzados com aqueles da população pura de cada espécie, conforme relatam Resende e Barbosa (2005). Previamente a essa estratégia, características de produção e qualidade da madeira de todos os genitores selecionados serão analisadas para um melhor direcionamento dos cruzamentos (AGUIAR et al., 2011).

Na prática, tem-se observado genótipos sintéticos (intra e interespecíficos) mais produtivos que os genitores em populações comerciais (híbridos de *P. elliottii* x *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. tecunumanii* x *P. caribaea* var. *hondurensis*). Portanto, os vários métodos de seleção recorrente recíproca poderão ser adotados, tendo em vista principalmente a possibilidade de propagação vegetativa dos materiais híbridos que vêm sendo usados em escala comercial.

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 híbridas sintéticas, 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. A seleção recorrente mista (SRM) poderá ser adotada para algumas das cinco espécies referidas, conforme descrita por Resende e Barbosa (2005), onde as duas populações envolvidas no cruzamento e a heterose serão melhoradas em taxa similar. Este esquema utiliza progênies interpopulacionais para a seleção e orientação da recombinação de genitores em uma população e progênies intrapopulacionais para seleção e orientação da recombinação de genitores na outra população (AGUIAR et al., 2011).

Prevê-se também o emprego da 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, sendo estes novamente cruzados para formar uma nova população híbrida simultaneamente à recombinação dos genitores. Híbridos superiores poderão, assim, ser gerados antes da recombinação dos genitores. Para o caso de obtenção de materiais específicos contendo genótipos para resistências ou tolerâncias à deficiência hídrica e baixas temperaturas, será adotada a seleção recorrente recíproca individual-SRRI, onde é possível estimar a capacidade específica de combinação (AGUIAR et al., 2011).

Portanto, serão trabalhadas espécies de pínus 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 a obtenção dos seguintes e potenciais híbridos interespecíficos: *P. tecunumanii* 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 realizada em cada geração, após a obtenção de genitores superiores das espécies a serem cruzadas, conforme previsto por Aguiar et al. (2011).

O delineamento experimental de uma planta por parcela com 30 a 60 repetições será utilizado na implantação dos futuros testes de progênies híbridas, progênies de segunda geração e clonais, conforme recomendam Resende e Barbosa (2005), devido à sua maior eficiência (maior acurácia seletiva), maior atenuação dos efeitos de competição e menor superestimativa da herdabilidade e do ganho genético. O procedimento ótimo atual de estimação/predição no melhoramento genético de espécies arbóreas perenes é o REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não-viciada) (RESENDE, 1999) e, portanto, será o modelo aplicado por via do programa computacional SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE et al., 1994).

Nas etapas futuras do melhoramento de pinus pela Embrapa Florestas, haverá a demanda de tecnologias necessárias à concretização das fases principais do programa. O desenvolvimento de protocolos de macro e micropropagação vegetativa viabilizarão a instalação de testes clonais, pomares de semente clonal, o rejuvenescimento fisiológico das plantas, a formação de pomares "*indoor*" de híbridos e jardins clonais, visando facilitar a multiplicação dos genótipos para áreas de observação e outros tipos de ensaios. Para tanto, 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, além de estudos de indução do florescimento precoce, manuseio do pólen e polinização controlada. A estaquia ou a micropropagação, incluindo tecnologias de rápida expansão como a embriogênese somática, será empregada aos testes clonais.

Para o caso de pomares clonais, jardins clonais e pomares "indoor" de indivíduos superiores (híbridos) visando a produção de sementes melhoradas em curto prazo, serão aplicadas a garfagem de topo, a enxertia em raízes de árvores adultas, a embriogênese e a indução de florescimento precoce (AGUIAR et al., 2011).

Com a assimilação e domínio de técnicas de micropropagação e de embriogênese somática, a Embrapa Florestas iniciará no futuro próximo, os estudos de transgenia em pínus, para a obtenção de genótipos-elite com características desejáveis e de interesse aos silvicultores do gênero.

3.8 Grevílea

A grevílea (*Grevillea robusta* Cunn.), pertencente à família Proteaceae, é uma espécie madeireira indicada principalmente para móveis, caixotaria, construção civil e para sistemas agroflorestais. É conhecida popularmente como carvalho-sedoso (*silky oak*) ou carvalho-prateado (*silver oak*), ocorrendo naturalmente em regiões costeiras subtropicais do norte do estado de New South Wales e sul do estado de Queensland, na Austrália (MARTINS, 2003). Sua introdução no Brasil ocorreu no final do século XIX (INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ, 1981), a partir de sementes advindas de um pequeno número de árvores matrizes australianas. Consequentemente, acredita-se que este lote de sementes precedia de uma base genética restrita, com alto nível de endogamia provocada por autofecundações ou cruzamentos repetidos entre árvores aparentadas (SHIMIZU et al., 1998).

A espécie tem sido muito utilizada em barreira quebra-ventos e como proteção contra geadas em diversos consórcios agrícolas, suportando temperaturas inferiores a -5 °C fora de seu habitat natural, e também para sombreamento em pastagens (HARWOOD, 1992). Durigan e Simões (1987) testaram *G. robusta* como barreira quebra-ventos e seus efeitos sobre a

velocidade do vento, umidade do solo e produção de café, nos municípios paranaenses de Porecatu e Cambará e em Cândido Mota, SP.

No Brasil, a grevílea se destacou pelo seu potencial mostrado em sistemas agroflorestais, principalmente nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, como quebra-ventos nas lavouras de café (RODIGHERI; MARTINS, 2003). Atualmente, vem sendo demandada para sistemas silvipastoris em alguns municípios do Estado do Paraná, por apresentar baixa competitividade com culturas agrícolas e apresentar bom desempenho em solos de baixa fertilidade. A sua exploração para fins comerciais é ainda muito restrita. Pequenas empresas madeireiras das Regiões Sul e Sudeste do Brasil exploram os remanescentes procedentes, principalmente, de sistemas agrossilviculturais da região noroeste do Estado do Paraná (AGUIAR et al., 2010), que foram estabelecidos com as primeiras sementes introduzidas no Brasil.

As primeiras importações de sementes de grevílea, representativas da região de ocorrência natural na Austrália, ocorreram no final da década de 1980. Essas sementes foram encaminhadas ao Instituto Florestal de São Paulo (IFSP) pelo *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO) da Austrália, que estabeleceu três testes de procedências e progênes nos municípios paulistas de Avaré, Assis e Itapeva. Os primeiros resultados destes testes destacaram a procedência Wallaby Creek, pelo desempenho de crescimento (altura e diâmetro) em Assis e Avaré; e a originária de Woodenbong e Emu Vale na região de Itapeva, SP (SEBBENN et al., 1999).

Diante dos resultados potenciais desse material, a Embrapa Florestas adquiriu do CSIRO, em 1992, sementes de 125 progênes oriundas de 20 procedências da Austrália. A partir desse material, foram instalados nos Estados do Paraná (Ponta

Grossa, Quedas do Iguaçu, Cândido de Abreu, Nova Esperança e Foz do Iguaçu), São Paulo (Anhembi) e Mato Grosso do Sul (Selvíria) vários testes de procedências e progênies em 1993 e 1994 (MARTINS; NEVES, 2004). As procedências de Duck Creek, Fine Flower, Rappville, Bottle Creek e McPhersons Creek apresentaram o melhor desempenho em crescimento nos municípios paranaenses de Nova Esperança e Quedas do Iguaçu e de Anhembi, SP (MARTINS; NEVES, 2003). Em Ponta Grossa, PR, as progênies de Albert R. (Queensland, Austrália) apresentaram bom desempenho em volume de madeira, com ganho de 6,89% em relação à média do conjunto dos materiais avaliados (MARTINS et al., 2004). Após o desbaste seletivo, os testes foram transformados em áreas de produção de sementes.

Com as sementes oriundas destes pomares, foram implantados três testes de segunda geração em Colombo e Londrina, PR, e Avaré, SP. Em Londrina, a progênie Duck Creek (NSW, Austrália) apresentou um crescimento volumétrico de 52,41 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, superior às demais progênies (MARTINS et al., 2005; MARTINS et al., 2006). Em Avaré, SP, a progênie mais produtiva em volume de madeira (138,27%) e com maior taxa de sobrevivência (71,11%) foi a originária de Boyd River (NSW, Austrália) (MARTINS et al., 2006). O desenvolvimento das plantas em Colombo, PR foi comprometido devido às características do solo (umidade), mas principalmente pela ocorrência de geadas. Novos testes de progênies em Municípios de Engenheiro Maia e Ilha Solteira no Estado de São Paulo foram estabelecidos em 2012 e 2013. Esses serão mensurados anualmente para viabilizar a aplicação de desbaste seletivos na idade de corte e as novas ferramentas que vem sendo adotadas nos programas de melhoramento genético florestal.

O Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) também tem testado procedências de grevílea, com material recebido do CSIRO, Austrália. Duas procedências australianas de Queensland (11

árvores amostradas) e duas procedências de New South Wales (13 árvores amostradas) foram avaliadas em um teste instalado em Londrina, PR, em 1996. Aos dez anos de idade, resultados divulgados por Leal e Ramos (2011) e comparados com uma testemunha comercial procedente de Cianorte, PR, mostraram a superioridade do material australiano testado. Os valores de produção volumétrica de madeira, segundo esses autores, foram 68,5%; 61,2%; 50,6% e 39,7% superiores à testemunha comercial, respectivamente para as procedências de Boyd, Woodenbong, Wivenhoe e Emu Vale. A procedência Wivenhoe destacou-se pelo crescimento vigoroso em altura e a procedência Boyd destacou-se pelo crescimento em diâmetro e volume de madeira. Tais resultados evidenciam também o potencial desse material para o norte do Paraná e outras regiões com condições similares, para substituição de fontes comerciais disponíveis.

3.9 Liquidambar

Liquidambar styraciflua L. é uma espécie folhosa da família Altingiaceae, originária da América Central, México e do sul dos EUA (COLLINGWOOD; BRUSH, 1964). A sua área de ocorrência natural estende-se desde o estado de Nova Iorque até a Flórida, nos EUA, seguindo pelo México, Guatemala, Honduras e Nicarágua (SHIMIZU; SPIR, 1999a) entre as latitudes de 41°N e 13°N (McCARTER; HUGHES, 1984). Conhecida popularmente como "sweetgum", é uma das mais importantes espécies de folhosas comercialmente plantadas no sudeste dos EUA. Considerada de múltiplo uso, seu exsudado balsâmico do floema, que contém terebintina, é utilizado para fins medicinais e na indústria de perfumes, adesivos e tabaco (LOEWE MUÑOZ, 1992). A madeira pode ser utilizada como matéria-prima para movelaria, caixaria, paletes, compensados e polpa celulósica (MATTOS et al., 2001).

Nas décadas de 1950 e 1960, *Liquidambar styraciflua* foi incluída em diversos arboretos de instituições públicas e privadas e empresas florestais, tais como aqueles estabelecidos pela

Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo e pela Companhia Agro-Florestal Monte Alegre (CAFMA)(atualmente Duratex S.A.), no Parque Estadual de Campos do Jordão e em Agudos, SP, respectivamente. As sementes em mistura ("bulk") para tal finalidade, nesses casos, foram cedidas pela FAO.

No contexto da pesquisa sobre o consórcio de espécies visando a recuperação de matas ciliares, o liquidambar foi também contemplado nos estudos desenvolvidos pelo Instituto Florestal de São Paulo (IFSP), participando de um grupo de 229 espécies arbóreas ou arbustivas, nativas e exóticas, candidatas e testadas para essa finalidade, em 1972, no Município de Cândido Mota, SP. O principal objetivo foi avaliar os diferentes tipos de consórcios das espécies como um modelo de recuperação de mata ciliar (PULITANO et al., 2004). Ainda referente ao consórcio de espécies arbóreas, liquidambar foi testado em plantações de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* sob diferentes regimes de adubação e espaçamento de plantio, conduzido pela CAFMA/Duratex S.A, e Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), em 1973, no Município de Agudos, SP.

Em 1983, com a cooperação dos Departamentos Florestais da Nicarágua, Honduras, Guatemala e México, o *Commonwealth Forestry Institute* (CFI) e a Universidade de Oxford realizaram uma coleta de sementes de liquidambar, amostrando um total de 518 árvores e 13 procedências geográficas, em Honduras (6), México (4), Guatemala (2) e Nicarágua (1), representando a parte tropical da variação natural da espécie na América Central e México. O objetivo dessa coleta foi disponibilizar sementes adequadas aos países interessados em participar da rede de testes internacionais de procedências da espécie, promovida pelo CFI e como contribuição ao Programa Global da FAO para o uso de recursos genéticos florestais melhorados. No caso de liquidambar, participaram principalmente países da América do Norte, América Central, México e Brasil. A partir de 1984,

os lotes de sementes foram distribuídos com as respectivas orientações (HUGHES; McCARTER, 1984), para a instalação de testes de procedências e testes combinados de procedências e progênies. No Brasil, participaram dessa rede experimental, a partir de meados de 1980, o Instituto Florestal de São Paulo (IFSP) (Municípios de Mogi-mirim e Paraguaçu Paulista, SP); CAFMA/Duratex S.A. (Município de Agudos, SP); e Embrapa Florestas (Municípios de Quedas do Iguaçu, Campo Mourão, Colombo e Ponta Grossa, PR) (EMBRAPA, 1987).

O primeiro plantio de liquidambar no Brasil foi feito em dezembro de 1960, pela CAFMA/Duratex S.A., em Agudos, SP (POGGIANI et al., 1977), cujas sementes foram trazidas do México, pelo engenheiro florestal Horst Schuckar, do Grupo Freudenberg/Duratex S.A. (KALIL FILHO et al., 2011). Em 1986, a CAFMA/Duratex S.A. instalou um teste de progênies em Agudos, SP, com sementes de 10 procedências da América Central e México, além de duas procedências dos EUA e uma local (Agudos, México), enviadas pela Universidade de Oxford, no Reino Unido (SHIMIZU; SPIR, 1999a). Ainda em 1986, a Embrapa Florestas obteve sementes do *Oxford Forestry Institute* e, com a parceria da Araupel, instalou um experimento em Quedas do Iguaçu, PR, com oito procedências da América Central e México (SHIMIZU; SPIR, 2002). A avaliação aos nove anos de idade, mostrou a seguinte ordem decrescente de crescimento das procedências, em Agudos, SP: El Portillo (Honduras), Fincas Las Victorias (Guatemala), Agudos (Brasil-México), Las Lajas (Honduras), Yucul (Nicarágua) e Los Alpes (Honduras) (SHIMIZU; SPIR, 1999a), enquanto que em Quedas, a ordem decrescente de crescimento, aos 11 anos de idade, foi: Las Victorias (Guatemala), Los Alpes (Honduras), Las Lajas (Honduras), Yucul (Nicarágua), Tactic (Guatemala) e Gomes Farias (México). A superioridade das procedências Finca Las Victorias e Las Lajas, em crescimento, também foi confirmada pelo teste estabelecido em Paraguaçu Paulista, SP (GURGEL GARRIDO et al., 1997).

Os incrementos volumétricos de liquidambar obtidos para as procedências da América Central são similares a muitas espécies de eucaliptos de rápido crescimento, tendo apresentado produtividade de até $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, aos onze anos, em Quedas do Iguaçu, PR (SHIMIZU; SPIR, 1999a). Em 1988, a Empresa Duratex S.A. adquiriu a Freudenberg Indústria de Madeiras S.A.–FIMSA, juntamente com os plantios da CAFMA em Agudos, SP. Nesta área foram selecionadas e propagadas assexuadamente, em 1998, 101 matrizes superiores, originando clones com incrementos médios anuais de madeira variando de 20 a $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (KALIL FILHO et al., 2007).

Para atestar o padrão de desempenho silvicultural da espécie, considerando diferentes condições edafoclimáticas, unidades de observação têm sido estabelecidas em distintas localidades. Em 1995, por exemplo, foi instalada uma dessas unidades em área da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), em Chapecó, SC. Em 2010 foram instaladas outras unidades em General Carneiro, PR, Palmas, Major Vieira e Massaranduba, SC, Frederico Westphalen e Passo Fundo, RS.

Em 2002, os 101 clones superiores de Agudos, SP foram transferidos para um banco clonal, em área da Embrapa, em Canoinhas, SC. Tais clones vêm sendo multiplicados pela Embrapa Florestas, em Colombo, PR, para a instalação de testes clonais em diversos locais. Dada à plasticidade da espécie, será necessário efetuar o respectivo zoneamento edafoclimático com base em informações de áreas plantadas, principalmente nas Regiões Sul e Sudeste, bem como efetuar a avaliação da importância da espécie atribuída pelos produtores, visando subsidiar a tomada de decisão da Embrapa Florestas, rumo ao registro de cultivares junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O método de melhoramento utilizado para o liquidambar, no programa desenvolvido pela Embrapa Florestas e instituições parceiras, é a seleção recorrente intra e interpopulacional.

Em Curitiba, SC, com a parceria da EPAGRI, em 2011, foi instalado um teste com 45 progênies obtidas de sementes de árvores superiores selecionadas fenotipicamente em Quedas do Iguaçu, PR, além de dez progênies cujas sementes foram obtidas do banco clonal de Canoinhas, SC (seleção de Agudos, SP). Em Canoinhas, SC, foi instalado um teste clonal com dez progênies coletadas no banco clonal de Canoinhas, SC.

Futuramente, prevê-se a produção de híbridos intra e interpopulacionais. Para tal objetivo, será imprescindível a prévia caracterização molecular dos clones e a obtenção de genótipos superiores nos testes de progênies.

Agradecimentos

A Embrapa Florestas agradece ao constante apoio das empresas do setor privado florestal, instituições públicas e privadas de pesquisa, universidades e as agências públicas e privadas de financiamento, dentre outras com quem mantém parcerias, imprescindíveis ao desenvolvimento da pesquisa realizada ao longo de seus 35 anos de existência.

Referências

- AGUIAR, A. V. de; SOUSA, V. A. de; FRITZSONS, E.; PINTO JÚNIOR, J. E. **Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Embrapa Florestas. Documentos, 233). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921231/1/Documento233.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2013.
- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; GRABIAS, J.; SPOLADORE, J.; MARTINS, E. G.; FRITZSONS, E. Variação genética em progênies australianas de *Grevillea robusta*, crescidas em Ponta Grossa, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2010, Salvador. **Bancos de germoplasma: descobrir a riqueza, garantir o futuro**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. p. 539.
- ANDRADE, E. N. de. **O eucalipto**. São Paulo: Chácara e Quintais, 1939. 124 p.
- ANEFALOS, L. C.; TUCCI, M. L. S. A.; MODOLO, V. A. Uma visão sobre a pupunheira no contexto do mercado de palmito. **Análises e indicadores do agronegócio**, São Paulo, v. 2, n. 8, jul. 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=9012>>. Acesso em: 4 set. 2013.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF: ano base 2012. Brasília, DF: ABRAF, 2013. 146 p.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF: ano base 2011. Brasília, DF: ABRAF, 2012. 149 p.

ASPECTOS técnicos e econômicos do sistema agrossilvipastoril com acácia-negra no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Colombo. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1992. p. 211-219.

ASSMANN, E. M.; REVERS, L. F.; COELHO, G. C.; WINGE, H. Avaliação da contribuição genética na determinação do grau de maturidade embrionária de erva-mate, *Ilex paraguariensis* St. Hill. Aquifoliaceae. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1992, Porto Alegre. **Programa e resumos**. Porto Alegre: FAPERGS: Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1992. p. 40.

AULER, N. M. F.; REIS, M. S.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. The genetics and conservation of *Araucaria angustifolia*: genetic structure and diversity of natural populations by means of non-adaptative variation in the state of Santa Catarina, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 25, n. 3, p. 239-338, 2002.

BALDANZI, G.; RITTERSHOFER, F. O.; REISSMAN C. B. Ensaio comparativo de procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2., 1973, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FIEP, 1974. p. 123-124.

BELINGHERI, L. D.; PRAT KRICUN, S. D. Programa de mejoramiento genético de la yerba mate en el INTA. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais**. Colombo. Embrapa-CNPQ, 1997. p. 267-278. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 33).

BERTOLANI, F.; NICONIELO, N.; MIGLIORINI, A. J. Melhoramento genético e produção de sementes de *Pinus* spp na CAFMA - Agudos (SP). In: SIMPOSIO INTERNACIONAL, 1984, Curitiba. **Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais**. Curitiba: FUPEF, 1984. p. 478-494.

BITTENCOURT, J. V. M.; SEBBENN, A. M. Patterns of pollen and seed dispersal in a small, fragmented population of the wind-pollinated tree *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil. **Heredity**, London, v. 99, p. 580–591, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008. Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 185, seção 1, p. 75-83, 2008. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/MMA_IN_N_6.pdf>. Acesso em: 16 set. 2013.

BUENO FILHO, J. S. S. **Seleção combinada versus seleção sequencial no melhoramento de populações florestais**. 1992. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Piracicaba.

CAMACHO, E.; SORIA, J. Palmito de pejibaye. **Proceedings of the Tropical Region American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 14, p. 122-132, 1970.

CARDOZO JÚNIOR, E. L. **Teores de metilxantinas e compostos fenólicos em extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. 2006. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

CARPANEZZI, A. A.; ZANON, A.; IEDE, E. T.; STURION, J. A.; GRAÇA, M. E. C.; LOURENÇO, R. S. Diretrizes de pesquisa aplicada para plantios de erva-mate no Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 2., 1988, Curitiba. **Resumos**. Curitiba: Instituto Florestal do Paraná, 1988. p. 59.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 639 p.

CASSOL, G. H.; FRIEDRICH, E. L.; CARDOZO JUNIOR, E. L.; DONADUZI, C. M.; STURION, J. A.; FERRARESE FILHO, O.; MITSUI, M.; CARDOSO FILHO, L. Parâmetros genéticos dos teores de metilxantinas em progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) cultivadas no Brasil. In: CONGRESSO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4.; REUNIÓN TÉCNICA DE LA YERBA MATE, 4.; EXPOSICIÓN DE AGRONEGÓCIOS DE LA YERBA MATE, 2., 2006, Posadas. **Actas**. Posadas: Instituto Nacional de la Yerba Mate, 2006. p. 232-237.

CIANCIULLI, P. L. A. introdução e aclimação de *Pinus elliotii* e outras coníferas no Estado de São Paulo. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, v. 11, n. 11, p. 13-22, 1959.

CLEMENT, C. R. Melhoramento de espécies nativas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos & melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2001. p. 423-441.

CLEMENT, C. R. Peach palm (*Bactris gasipaes*). In: JANICK, J.; PAULL, R. T. E. (Ed.). **The encyclopedia of fruit and nuts**. Wallingford: CABI, 2008. v. 1, p. 93-101.

COLLINGWOOD, G. H.; BRUSH, W. D. **Knowing your trees**. Washington, DC: American Forestry Association, 1964. 105 p.

CORDEIRO, I. M. C. C. **Comportamento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Duck) Barneby (Paricá) e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal (Curauá) em diferentes sistemas de cultivo**. 2007. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, AM.

COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. de; CONTINI, A. Z.; REGO, F. L. H.; ROA, R. A. R.; MARTINS, W. J. Avaliação genética dentro de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), na região de Caarapó, MS, pelo procedimento REML/BLUP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 15, n. 4, p. 371-376, 2005.

DA CROCE, D. M.; FLOSS, P. **Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1999. 81 p. (EPAGRI. Boletim técnico, 100).

DA CROCE, D.; HIGA, A. R.; FLOSS, P. A. **Escolha de fontes de sementes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) para Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 23 p. (EPAGRI. Boletim técnico, 69).

DURIGAN, G.; SIMÕES, J. W. Quebra-ventos de *Grevillea robusta* A. Cunn.: efeitos sobre a velocidade do vento, umidade do solo e produção do café. **IPEF**, Piracicaba, n. 36, p. 27-34, 1987.

DVORAK, W. S. Seed collections of coniferous species in central America and Mexico: a summary of activities of the Camcore Cooperative since 1980. In: JOINT WORK CONFERENCE ON PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES IN TROPICAL FOREST TREES, 1984, Mature, Zimbabwe. **Proceedings...** Oxford: University of Oxford; **Harare**: Zimbabwe Forestry Commission, 1984. p. 500-509.

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.

EMBRAPA. **Pesquisas florestais em andamento no Brasil: terceiro levantamento**. Curitiba, 1987. 567 p.

FÄHSER, L. Die Bewirtschaftung der letzten Brasil-Kiefer-Naturwälder, eine entwicklungspolitische Aufgabe. **Forstarchiv**, Hannover, v. 52, p. 22-26, 1981.

FAO. **Databook on endangered tree and shrub species and provenances**. Rome, 1986. 524 p. (FAO. Forestry research paper, 77).

FERREIRA, A. G. *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.: germinação da semente e desenvolvimento da plântula. 1977. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. Melhoramento genético florestal de *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 1, p. 14-34.

FLOSS, A. Programa de melhoramento genético da erva-mate na EPAGRI. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 279-284. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 33).

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, v. 6, n. 18, p. 45-60, 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.

FRIEDRICH, E. L.; CASSOL, G. H.; CARDOZO JUNIOR, E. L.; DONADUZI, C. M.; STURION, J. A.; MITSUI, M.; FERRARESE FILHO, O.; CARDOSO FILHO, L. Parâmetros genéticos da concentração de compostos fenólicos em progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) cultivadas no Brasil. In: CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 4.; REUNIÓN TÉCNICA DE LA YERBA MATE, 4.; EXPOSICIÓN DE AGRONEGÓCIOS DE LA YERBA MATE, 2., 2006, Posadas. **Actas**. Posadas: Instituto Nacional de la Yerba Mate, 2006. p. 227-231.

FRIZON, C. N. T. **Propriedades físico-químicas, sensoriais e estabilidade de uma nova bebida contendo extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) e soja (*Glycine max*).** 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GALLAIS, A. Amélioration des populations, méthodes de sélection et création des variétés: III bases theoriques pour l'étude de la sélection récurrente réciproque. **Annales des Améliorations des Plants**, v. 23, p. 637-660, 1978.

GALLAIS, A. **Théorie de la sélection en amélioration des plantes.** Paris: Masson, 1989. 588 p.

GARCIA, D. K. **Efeito de diferentes concentrações de ágar e sacarose na germinação do pólen de erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.).** 2009. 13 f. Monografia (Graduação em Biologia) - Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba.

GIANNOTTI, E.; TIMONI, J. L.; MARIANO, G.; COELHO, L. C. C.; FONTES, M. de A.; KAGEYAMA, P. Y. Variação genética entre procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16-A, pt. 2, p. 970-975, 1982. Edição dos Anais do Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 1982, Campos do Jordão.

GOLFARI, L. **Coníferas aptas para reflorestamento nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro: IBDF, 1971. 71 p. (IBDF. Boletim Técnico, 001).

GRABIAS, J. Fenologia reprodutiva de um teste clonal de erva-mate (*Ilex paraguariensis* S. T. Hil.) em Colombo, PR. 2011. 52 f. Monografia (Graduação em Biologia) - Faculdades Integradas Unibrasil, Curitiba.

GRATTAPAGLIA, D.; RESENDE, M. D. V. Genomic selection in forest trees. **Tree Genetics & Genomes**, Heidelberg, v. 7, p. 241-255, 2011.

GRONINGER, J. W.; ZEDAKER S. M., BARNES, A. D.; FERET P. P. Pitch x loblolly pine hybrid response to competition control and associated ice damage. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 127, n. 1-3, p. 87-92, 2000.

GUERRA, M. P.; SILVEIRA, V.; REIS, M. dos; SCHNEIDER, L. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucária angustifolia*). In: SIMÕES, L. L.; LINO, C. F. (Org.). **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**. São Paulo: SENAC São Paulo, 2002. p. 85-101.

GURGEL GARRIDO, L. M. A.; FARIA, H. H.; CRUZ, S. F.; PALOMO, M. Variabilidade genética de características silviculturais de *Liquidambar styraciflua* L. em teste de origens em Paraguaçu Paulista – SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 125-132, 1997.

GURGEL, J. T. A.; GURGEL FILHO, O. do. A caracterização de ecótipos, para o pinheiro brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 8, p. 127-132, 1973.

HARWOOD, C.E. (Ed.). ***Grevillea robusta* in agroforestry and forestry**: proceedings of an international workshop. Nairobi: ICRAF, 1992.

HUGHES, C. E.; McCARTER, P. S. Exploration and seed collection of *styraciflua* in Central America and Mexico. In: BARNES, R. D.; BARNES, G. L. (Ed.). **Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees**: proceedings of a Joint Work Conference... Mutare, Zimbabwe, 1984. Oxford: Commonwealth Forestry Institute; Harare: Zimbabwe Forestry Commission, 1984. p. 521-524.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ (Rio de Janeiro, RJ). **Cultura de café no Brasil**: 1: importância econômica do café no Brasil. Rio de Janeiro, 1981. 23 p.

HUECK, K. Distribuição e habitat do pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*): contribuições para a pesquisa fitossociológica paulista. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 165, p. 710-723, 1961.

KAGEYAMA, P. Y. Melhoramento genético de pinheiros tropicais no Brasil. **IPEF: Circular Técnica**, Piracicaba, n. 111, p. 1-17, 1980.

KAGEYAMA, P. Y.; JACOB, W. S. Variação genética entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert) o. Ktze. **IPEF: Circular Técnica**, Piracicaba, n. 115, p. 1-8, 1980.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênes de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. **IPEF**, Piracicaba, v. 24, p. 9-26, 1983.

KALIL FILHO, A. N.; HOFFMANN, H. A.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de liquidambar por enxertia**. Colombo, 2007. 7 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 137). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/313860/1/Circular137.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2013.

KALIL FILHO, A. N.; WENDLING, I.; TRACZ, A. L. Miniestaquia de *Liquidambar styraciflua* para o resgate de clones superiores. Colombo, 2011. 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 271). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/897973/1/CT271.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2013.

KALIL FILHO, A. N.; CLEMENT, C. R.; RESENDE, M. D. V. de; FARIAS NETO, J. T. de; BERGO, C. L.; YOKOMIZO, G. K. I.; KAMINSKI, P. E.; YUYAMA, K.; MODOLO, V. A. **Programa de melhoramento genético de pupunha na Embrapa, IAC e INPA**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. (Embrapa Florestas. Documentos, 205). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/882495/1/Doc205.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2013.

KALIL FILHO, A. N.; SANTOS, A. F. dos; NEVES, E. J. M.; KALIL, G. P. da C.; SILVA, V. F. O. Presença / ausência de espinhos em progênies de pupunha (*Bactris gasipaes*) do projeto RECA como fonte de sementes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 44, p. 127-132, jan./jun. 2002. Nota técnica.

KALIL, G. P. da C.; KALIL FILHO, A. N.; FRANCISCON, L. Avaliação da qualidade do palmito in natura de duas populações de pupunha durante a vida-de-prateleira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 63, p. 261-264, ago./out. 2010. Nota científica. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.63.261

LEAL, A. C.; RAMOS, A. L. M. Desempenho de cinco procedências de *Grevillea robusta* no norte do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 287-294, abr./jun. 2011.

LOEWE MUÑOZ, V. Apuntes sobre algunas latifoliadas de maderas valiosas: 3: liquidambar (*Liquidambar styraciflua* L.). **Ciência e Investigación Forestal**, Santiago, v. 2, n. 6, p. 335-348. 1992.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, P. C.; REIS, M. S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 787-796, 2004.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, P. C.; REIS, M. S. Internal genetic structure and outcrossing rate in a natural population of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Journal of Heredity**, Washington, US, v. 97, n. 5, p. 466-472, 2006.

MARQUES, L. C. T., YARED, J. A. G., SIVIERO, M. A. **A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 5 p. (Embrapa Amazonia Oriental. Comunicado técnico, 158).

MARTINEZ, D. T. **Seleção genética de *Acacia mearnsii* De Wild. (acácia-negra) visando o aumento da qualidade e produtividade de madeira e tanino no Rio Grande do Sul.** 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MARTINS, E. G.; NEVES, E. J. M.; STURION, J. A.; DULEBA, N. Volume de madeira e ganho genético de progênies de grevílea (*Grevillea robusta* Cunn.) de segunda geração na região de Londrina, Paraná. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 51, p. 45-55, jul./dez. 2005.

MARTINS, E.G. Distribuição geográfica. In: MARTINS, E. G.; MEDRADO, M. J. S. (Ed.). **Sistemas de produção: cultivo de grevílea nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2003. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Grevilea/CultivodaGrevileaSulSudeste/04_descricao_geografica.htm. Acesso em: 3 set. 2013.

MARTINS, E. G.; NEVES, E. G. M. ***Grevillea robusta* (Cunn.): sementes melhoradas para uso múltiplo.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 126). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/310409/4/comtec126.pdf>. Acesso em: 26 set. 2013.

MARTINS, E. G.; NEVES, E. G. M. ***Grevillea robusta* Cunn.: resultados obtidos com procedências no Estado do Paraná e São Paulo.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 103). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/309650/1/comtec103.pdf>. Acesso em: 26 set. 2013.

MARTINS, E. G.; NEVES, E. G. M.; MARTINS, K. G. **Desempenho de progênies de segunda geração de grevílea nos municípios de Avaré, SP, e Londrina, PR.** Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 160). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/312820/1/comtec170.pdf>. Acesso em: 27 set. 2013.

MARTINS, E. G.; STURION, J. A.; NEVES, E. G. M. Produtividade de madeira e ganho genético de procedências de Grevílea (*Grevillea robusta* Cunn.) na região de Ponta Grossa, Paraná. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 48, p. 29-39, 2004.

MATTOS, P. P. de; PEREIRA, J. C. D.; SCHAITZA, E.; CARVALHO, P. E. R. **Características da madeira de *Liquidambar styraciflua***. Colombo. Embrapa Florestas. 2001. 4 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 49). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/307172/1/CT0049.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2013.

McCARTER, P. S.; HUGHES, C. E. ***Liquidambar styraciflua* L.:** a species of potential for the tropics. **Commonwealth Forest Review**, Oxford, v. 63, n. 3, p. 207-216, 1984.

MORA, A. L. **Aumento da produção de sementes geneticamente melhoradas de *Acacia mearnsii* De Wild. (Acácia-negra) no Rio Grande do Sul**. 2002. 140 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MORA, A. L.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SIMON, A. A. Melhoramento genético para a produção de tanino no Brasil. In: MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E PALMÁCEAS NO BRASIL, 2001. Curitiba. **Workshop...** Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 9 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 62).

MORA-URPÍ, J.; WEBER, J. C.; CLEMENT, C. R. **Peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth)**. Rome: IPGRI; Gastersleben: IPK, 1997. 83 p. (Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops, 20).

OLIVEIRA, H. A. **Acácia-negra e tanino no Rio Grande do Sul**. Canoas: La Salle, 1968. v. 2.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Embrapa Florestas. Documentos, 214). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/898045/1/Doc214.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2013.

PASZTOR, Y. P. C. Produção e certificação de sementes. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 3, n. 3, p. 281-301, 1964.

PECK III, R. B. **Informe sobre o desenvolvimento de sistemas agrossilvipastoris na Amazônia**: relatório sobre consultoria ao CPATU de 15.09.79 a 15.12.79. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1979. 79 p. (Datilografado).

PEREIRA, B. A. S. Introdução de coníferas no Brasil: um esboço histórico. **Cadernos de Geociências**, Brasília, DF, v. 4, p. 25-38, 1990.

PINTO JÚNIOR, J. E.; FERREIRA, C. A. **A pesquisa florestal na Embrapa 1978-1993**: versão preliminar. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. (Embrapa Florestas. Documentos, 171). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/315141/1/doc171.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2013.

PINTO JUNIOR, J. E.; KAGEYAMA, P. Y.; JACOB, W. S. Centro de Conservação Genética e Melhoramento de Pinheiros Tropicais: C.C.G.M.P.T.: desenvolvimento do programa. **IPEF: Circular Técnica**, Piracicaba, n. 51, p. 1-10, 1979.

PIRES, I. E.; CRUZ, C. D.; BORGES, R. C. G.; REGAZZI, A. J. Índice de seleção combinada aplicado ao melhoramento genético de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 191-97, 1996.

POPENOE, W.; JIMENEZ, O. The pejibaye: a neglected food plant of tropical America. **Journal of Heredity**, Washington, US, v. 12, p. 154-166, 1921.

POGGIANI, F.; LIMA, W. de P.; BALLONI, E.A.; NICOLIELLO, N. Respiração edáfica em plantações de coníferas e folhosas exóticas em área de cerrado do Estado de São Paulo. **Revista do IPEF**, Piracicaba, n. 14, p.129-148, 1977.

PRANGE, P. W. **Primeiras experiências no plantio de araucária**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2001. Memórias. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/memorias_experiencia_araucaria.htm>. Acesso em: 5 set. 2013.

PRAT KRICUN, S. D. Yerba mate: investigacion agronomica en la Republica Argentina. SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10., 1983, Curitiba.

Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): anais. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p. 82-95. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 15).

PROGRAMA DE CONSERVACIÓN Y DOMESTICACIÓN DE ÁRBOLES FORESTALES. **Boletín de Noticias CAMCORE para o México y Centroamérica**, Raleigh, v. 1, n. 1, p. 1-6, Ene. 2007.

PROGRAMA NACIONAL DE PESQUISA FLORESTAL. **Programa Nacional de Pesquisa Florestal**: período 1983-1985. Brasília, DF: EMBRAPA: IBDF, 1982. 35 p.

PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. dos. Variações em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 70, p. 137-148, 2006.

PULITANO, F. M.; DURIGAN, G.; DIAS, L. E. A mata ciliar da Fazenda Cananéia: estrutura e composição florística em dois setores com idades diferentes. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**: resultados da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. p. 419-445.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. **Araucariáceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 62 p. (Flora Ilustrada Catarinense).

RESENDE, M. D. V. de; ARAUJO, A. J.; SAMPAIO, P. T. B.; WIECHETECK, A. S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variância de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 24, n. 1/2, p. 35-45, 1995a.

RESENDE, M. D. V. de. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 47). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/297572/1/doc47.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2013.

RESENDE, M. D. V. de. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561 p.

RESENDE, M. D. V. de. Correções nas expressões do progresso genético em função da amostragem finita dentro de famílias e populações e implicações no melhoramento florestal. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 22/23, p. 61-77, 1991.

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

RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 589-647.

RESENDE, M. D. V. de.; OLIVEIRA, E. B. de.; HIGA, A. R. Utilização de índices de seleção no melhoramento do *Eucalyptus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 1-13, 1990.

RESENDE, M. D. V. de: STURION, J. A.; MENDES, S. **Genética e melhoramento de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1995b. 33 p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 25). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/290763/1/doc25.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2013.

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

RESENDE, M. D. V. de; FERNANDES, J. C. S. Procedimento BLUP (melhor predição linear não viciada) individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 17, p. 89-107, 1999.

RESENDE, M. D. V. de; HIGA, A. R. Estimacão de parâmetros genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e de seus parentes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 11-36, 1994.

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

RESENDE, M. D. V. de; HIGA, A. R.; HELLER, J. B.; STEIN, P. P. Parâmetros genéticos e interação genótipo x ambiente em teste de procedências e progênies de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo. n. 24/25, p. 55-65, 1992.

RESENDE, M. D. V. de; LOPES, P. S.; SILVA, R. L.; PIRES, I. E. Seleção genômica ampla (GWS) e maximização da eficiênci do melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 63-78, 2008.

RESENDE, M. D. V. de; OLIVEIRA, E. B. de; MELINSKI, L. C.; GOULART, F. S.; OAIDA, G. R. **SELEGEN: Seleção Genética Computadorizada**: manual do usuário. Colombo: EMBRAPA - CNPF, 1994. 31 p.

RESENDE, M. D. V. de; PRATES, D. F.; JESUS A. de; YAMADA, C. K. Melhor predição linear não viciada (BLUP) de valores genéticos no melhoramento de *Pinus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 32/33, p. 3-22, 1996.

RESENDE, M. D. V. de; REZENDE, G. D. S. P.; AGUIAR, A. M.; BARBOSA, M. H. P. Seleção recorrente e o melhoramento genético do eucalipto no Brasil. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 8., 2005, Lavras. **Seleção recorrente no melhoramento de plantas no Brasil e no mundo: anais**. Lavras: UFLA, 2005. p. 59-84.

RESENDE, M. D. V. de; SILVA, H. D. da. Estratégia de melhoramento para erva-mate baseada no coeficiente de repetibilidade. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p. 241-251.

RESENDE, M. D. V. de; STURION, J. A.; CARVALHO, A. P. de; SIMEÃO, R. M.; FERNANDES, J. S. C. **Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela Embrapa: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 66 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 43). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/297567/1/circctec43.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2013.

RESENDE, M. D. V. de Seleção precoce no melhoramento genético florestal. In: WORKSHOP: Métodos de Seleção, 1994, Belo Horizonte. [**Anais**]. Viçosa, MG: UFV, SIF, 1995. p. 58-73.

REVERS, L. F.; WINGE, H. Avaliação do grau de maturidade embrionária de espécies neotropicais de *Ilex* no Estado do Rio Grande do Sul - Brasil (Aquifoliaceae). In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1992, Porto Alegre. **Resumos**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. p. 52.

REVERS, L. F.; WINGE, H. Genética e evolução de espécies neotropicais de *Ilex*, Aquifoliaceae: grau de maturidade embrionária das sementes. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 96, 1991. Edição dos Abstracts da 37^a Annual Meeting of the Brazilian Genetics Society, 1991, Ribeirão Preto.

RODIGHERI, H. R.; MARTINS, E. G. Importância socioeconômica e ambiental. In: MARTINS, E. G.; MEDRADO, M. J. S. (Ed.).

Sistemas de produção: cultivo de grevilea nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2003.

Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Grevilea/CultivodaGrevileaSulSudeste/01_import_socioec.htm>. Acesso em: 3 set. 2013

RODRIGUES, D. P. **Diversidade genética e sistema de reprodução em progênies elite de pupunheira inerme (*Bactris gasipaes* Kunth.) com marcadores microssatélites:** implicações para o melhoramento do palmito. 2007. 103 f. Tese (Doutorado em Genética) □ Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

RODRIGUEZ, L. C. E. (Coord.). **Ciência e tecnologia no setor florestal brasileiro:** diagnóstico, prioridades e modelo de financiamento: relatório final. Piracicaba: IPEF, 2002. 187 p. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/deaer/download/VIVIEN/Texto01/pesqsetorflor.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2012.

SANTOS, P. E. T.; KAGEYAMA, P. Y. ; FERREIRA, M. Genetic conservation and breeding strategy of *Pinus caribaea* Morelet: results of progeny trials established in Brazil and in Argentina. In: *QFRI-IUFRO CONFERENCE, 1996, Caloundra, Queensland. Tree improvement for sustainable tropical forestry. Brisbane: Queensland Forestry Research Institute, 1996. v. 2, p. 338-341. IUFRO Working Party S2.08.01 (Tropical species breeding and genetic resources)*

SEBBENN, A. M.; PONTINHA, A. A. S.; FREITAS, S. A.; FREITAS, J. A. Variação genética em cinco procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. no sul do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 91-99, 2004.

SEBBENN, A. M.; SEBBENN, A. M.; PONTINHA, A. de A. S.; GIANNOTTI, E.; KAGEYAMA, P. Y. Variação genética entre e dentro de procedências de *Araucaria angustifolia* no sul do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 109-124, 2003.

SEBBENN, A. M.; DURIGAN, G.; SIQUEIRA, A. C. M. de F.; PONTINHA, A. A. S. Teste de procedências de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 65-73, 1999.

SHIMIZU, J. Y. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 7-35, jan./jun. 2007.

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

SHIMIZU, J. Y. Variação entre procedências de araucária em Ribeirão Branco (SP) aos vinte e três anos de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 38, p. 89-102, 1999.

SHIMIZU, J. Y.; SPIR, I. H. Z. Avaliação de procedências e progênies de liquidambar da América Central, do México e dos Estados Unidos, em Agudos, Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 39, p. 93-108, 1999a.

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, 1999b.

SHIMIZU, J. Y.; SPIR, I. H. Z. Produtividade de madeira de liquidambar de diferentes procedências em Quedas do Iguaçu, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 44., p. 3-12. 2002.

SHIMIZU, J. Y.; HIGA, A. R. Variação genética entre procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Itapeva-SP, estimada até o sexto ano de idade. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., 1979, Curitiba. **Forestry problems of the genus Araucaria**. Curitiba: FUPEF, 1980. p. 78-82.

SHIMIZU, J. Y.; JAEGER, P.; SOPCHAKI, S. A. Variabilidade genética em uma população remanescente de araucária no Parque Nacional do Iguaçu, Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 41, p. 18-36, 2000.

SHIMIZU, J. Y.; MARTINS, E. G.; FERREIRA, C. A. Crescimento de procedências originais de *Grevillea robusta*, no Paraná até os três anos de idade. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, 1998.

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

SOTTA, E.D.; AUER, C.G. **Associação de fungos à gomose da acácia-negra. I.** *Cylindrocladium* sp. Colombo: EMBRAPA–CNPf, 1996. 3 p. (EMBRAPA-CNPf. Pesquisa em andamento, 6). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/290794/1/pesqandam06.PDF>>. Acesso em: 25 set. 2013.

SOUSA, N. R.; RODRIGUES, D. P.; CLEMENT, C. R.; NAGAO, E. O.; ASTOLFI-FILHO, S. Discriminação de raças primitivas de pupunha (*Bactris gasipaes*) na Amazônia brasileira por meio de marcadores moleculares (RAPDs). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 4, p. 539-545, 2001.

SOUSA, V. A. de. **Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze.** 2000. 161 f. Dissertation presented a Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Institute of Forest Genetics and forest Tree Breeding, Geor-August University of Gottingen.

SOUSA, V. A. de; AGUIAR, A. V. **Programa de melhoramento genético de araucária da Embrapa Florestas: situação atual e perspectivas.** Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 36 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 237).

SOUSA, V. A. de; CHAVES NETO, A.; SHIMIZU, J. Y.; VALGAS, R. A.; LAVORANTI, O. J. Genetic differentiation among *Araucaria* populations in Brazil. In: CONGRESO FORESTAL MUNDIAL, 13., 2009, Buenos Aires. **Desarrollo forestal: equilibrio vital**. Argentina: FAO, 2009. Resumo.

SPOLADORE, J. **Desenvolvimento de protocolo para polinização controlada de erva-mate (*Ilex paraguariensis* S.T. Hill 1822)**. 2011, 43 f. Monografia (Graduação em Biologia) - Faculdades Integradas Brasil, Unibrasil, Curitiba.

STEFENON, V. M. **The distribution of the genetic diversity in *Araucaria angustifolia* and its implications for the genetic conservation of the species' genetic resources**. 2007. 120 p. Thesis (PhD) - Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen.

STURION, J. A.; CORREA, G.; RESENDE, M. D. V. de; CARDOSO JÚNIOR, E. L.; DONADUZZI, C. M. **Controle genético dos teores de polifenóis, taninos e cafeína em progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) cultivadas em três classes de solos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 16 p. (Embrapa Florestas. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 16).

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. **Melhoramento genético da erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 274 p.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de. Programa de melhoramento genético da erva-mate no Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da Embrapa. In: CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais**. Colombo. Embrapa-CNPf, 1997. p. 285-298. (Embrapa-CNPf. Documentos, 33).

VALGAS, R. A. **Análise multivariada aplicada no mapeamento da divergência genética de subpopulações de *Araucaria angustifolia* por marcadores moleculares**. 2008. 139 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

VALGAS, R. A.; CHAVES NETO, A.; LAVORANTI, O. J.; SOUSA, V. A. de. Cluster analysis applied in mapping the genetic divergence of populations of *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze by isoenzymatic markers. In: WSEAS INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND COMPUTERS IN BIOLOGY AND CHEMISTRY, 10., 2009, Prague. **Recent advances in mathematics and computers in biology and chemistry**: proceedings. [S.l.]: WSEAS Press, 2009. p. 87-91. (Recent advances in biology and biomedicine).

WEBB, D. B.; WOOD, P. J.; SMITH, J. P.; HENMAN, G. S. **A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations**. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1984. 256 p. (Tropical forestry papers, 15).

WENDT, S. N.; SOUSA, V. A.; QUOIRIN, M.; MAZZA, M. C. M.; STURION, J. A.; SEBBENN, A. M. Baixa taxa de contaminação de pólen, desvios de cruzamentos aleatórios e endogamia em um pomar de sementes de *Ilex paraguariensis*. **Scientia Forestalis**, v. 37, p. 185-196, 2009a.

WENDT, S. N. ; SOUSA, V. A. ; QUOIRIN, M. ; SEBBENN, A. M. ; MAZZA, M. C. M. ; STURION, J. A. Caracterização genética de procedências e progênes de *Ilex paraguariensis* ST Hill utilizando RAPD. **Scientia Forestalis**, v. 73, p. 47-53, 2007.

WENDT, S. N.; SOUSA, V. A.; SEBBENN, A. M.; STURION, J. A.; LUIZ, F.; SANTOS, E. C. S.; QUOIRIN, M. Inheritance and linkage relationships of allozyme variants of *Ilex paraguariensis* St. Hil.. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, p. 1443-1451, 2009b.

WENDT, S. N. **Genética de populações em *Ilex paraguariensis* St. Hil.** 2005. 165f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

WINGE, H.; DA CROCE, D.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Diagnóstico e perspectivas da erva-mate no Brasil**. Chapecó: Comissão Organizadora do Estudo sobre Diagnóstico e Perspectivas da Erva-Mate no Brasil, 1996. 27 p.

WOLLHEIM, C.; WINGE, H. Análise da paternidade em populações de erva-mate, *Ilex paraguariensis* St. Hill. (Aquifoliaceae). In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1992, Porto Alegre. **Resumos**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. p. 41.

WOLLHEIM, C.; WINGE, H. Variabilidade isoesterástica em populações naturais de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (Aquifoliaceae). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 94, 1991. Edição dos Abstracts da 37ª Annual Meeting of the Brazilian Genetics Society, 1991, Ribeirão Preto.

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.

Embrapa

Florestas

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 11137