

## Programa de melhoramento genético de araucária da Embrapa Florestas: situação atual e perspectivas



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

## **Documentos 237**

# **Programa de melhoramento genético de araucária da Embrapa Florestas: situação atual e perspectivas**

Valderês Aparecida de Sousa  
Ananda Virgínia de Aguiar

Embrapa Florestas  
Colombo, PR  
2012

### ***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](http://www.cnpf.embrapa.br)

[sac@cnpf.embrapa.br](mailto:sac@cnpf.embrapa.br)

### **Comitê Local de Publicações**

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos

Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida

Membros: Álvaro Figueredo dos Santos, Antonio Aparecido Carpanezi, Claudia Maria Branco de Freitas Maia, Dalva Luiz de Queiroz, Guilherme Schnell e Schuhli, Luís Cláudio Maranhão Froufe, Marilice Cordeiro Garrastazu, Sérgio Gaiad

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos

Revisão de texto: Patrícia Póvoa de Mattos

Normalização bibliográfica: Francisca Rasche

Editoração eletrônica: Rafeale Crisostomo Pereira

Foto da capa: Ananda Virgínia de Aguiar

### **1ª edição**

Versão digital (2012)

### **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***

---

Sousa, Valderês Aparecida de.

Programa de melhoramento genético de araucária da Embrapa Florestas: situação atual e perspectivas [recurso eletrônico] / Valderês Aparecida de Sousa, Ananda Virgínia de Aguiar. - Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2012.

(Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 237)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

<<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc237.pdf>>

Título da página da web (acesso em 26 set. 2012).

1. Melhoramento genético vegetal. 2. Araucária. 3. Embrapa Florestas. I. Aguiar, Ananda Virgínia de. II. Título. III. Série.

CDD 634.9751 (21. ed.)

---

© Embrapa 2012

# Autoras

**Valderês Aparecida de Sousa**

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

**Ananda Virgínia de Aguiar**

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



# Apresentação

A araucária continua sendo uma espécie de grande importância sócio-ambiental, especialmente para a região sul do Brasil. Sua madeira foi utilizada durante décadas para diversas finalidades e suas sementes utilizadas na alimentação humana.

Atualmente, o uso dessa espécie é restrito, devido ao risco de extinção advinda da sua exploração indiscriminada.

Esse cenário poderá ser mudado com o estabelecimento de programas de melhoramento eficientes visando o desenvolvimento de materiais mais produtivos para o plantio, com enfoque principalmente na produção de madeira e pinhão, permitindo o uso racional da espécie, protegendo os remanescentes nativos.

Pela sua característica de crescimento mais lento, em relação a alguns gêneros introduzidos, plantios comerciais não foram incentivados e com isso programas de melhoramento para a obtenção de materiais mais produtivos, em termos de madeira e sementes são escassos.

O presente documento tem como objetivo nortear as atividades de melhoramento da Embrapa Florestas visando a oferta de material geneticamente melhorado para plantios comerciais, com enfoque na produção de madeira e pinhão. Para isso propõe-se o aproveitamento dos ensaios já estabelecidos na Embrapa bem como a introdução de novos materiais necessários ao progresso do respectivo programa.

Washington L. E. Magalhães  
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento



# Sumário

<b>Introdução</b> .....	<b>9</b>
<b>Objetivos do programa de melhoramento</b> .....	<b>14</b>
<b>Recursos genéticos da araucária e resultados técnicos alcançados</b> .....	<b>15</b>
A espécie.....	15
Materiais genéticos .....	16
<b>Estratégias de melhoramento: seleção recorrente individual, produção de híbridos e seleção clonal</b> .....	<b>20</b>
Curto prazo: utilizando o material implantado nas décadas de 1970 e 1980 .....	23
Desenvolvimento experimental (ideal) e aplicação ou uso associado de novas metodologias .....	24
Tecnologias a serem adotadas no programa de melhoramento genético .....	25
<b>Desenvolvimento experimental</b> .....	<b>25</b>
<b>Aplicação ou uso associado de novas metodologias</b> .....	<b>27</b>
<b>Estratégias de conservação genética</b> .....	<b>28</b>
<b>Ações comuns aos programas de conservação e melhoramento genético da araucária</b> .....	<b>29</b>
<b>Linha do tempo do programa de melhoramento genético de araucária</b> .....	<b>30</b>
<b>Referências</b> .....	<b>32</b>





# Programa de melhoramento genético de araucária da Embrapa Florestas: situação atual e perspectivas

---

*Valderês Aparecida de Sousa  
Ananda Virgínia de Aguiar*

## Introdução

A araucária (*Araucaria angustifolia*) apresenta, historicamente, um importante papel sócio-econômico, tanto pela utilização de sua madeira (REITZ; KLEIN, 1966; HUECK, 1972), de excelente qualidade, quanto pelos seus usos diversos, incluindo a alimentação humana com pinhões (FERREIRA, 1977), já que os mesmos apresentam um alto valor nutritivo. Deve-se ressaltar também a utilização dos pinhões pela fauna componente da Floresta Ombrófila Mista. Segundo Mattos (1972) os pinhões já se constituíam em um recurso alimentar importante, no período pré-colombiano e, de acordo com Frith (1966), os povos indígenas desempenharam um importante papel no processo de coleta e transporte de sementes dessa espécie, na região de Misiones, contribuindo para a sua expansão, tanto nas baixas quanto nas altitudes elevadas e frias, onde os mesmos procuravam refúgio contra a malária.

A principal utilização da sua madeira tem sido para móveis, instrumentos musicais, instrumentos de adorno, artigos de esporte, mourões, construções internas (painéis, pisos, etc...), laminados, aglomerados, compensados, madeira estrutural,

vigamentos, pranchões, caixas, postes, pasta mecânica, matéria plástica, lã, seda artificial, telhas, taboinhas e decoração (árvore de natal) e a resina, que pode ser aplicada para a fabricação de vernizes, terebintina, acetona, ácido pirolenhoso e outros produtos químicos (REITZ; KLEIN, 1966). Acrescenta-se a essa lista, o uso dos galhos e “nó de pinho” como lenha, combustível de caldeiras e tornearia.

A produção de pinhões inicia-se a partir de dez a quinze anos após o plantio, de acordo com as condições edafoclimáticas do sítio. Cada matriz produz de 1,5 kg a 8 kg de pinhões por ano (CARVALHO, 1994). Essa variação demonstra o potencial de variabilidade genética que pode ser manipulado para a obtenção de uma produtividade mais uniforme e que possa atender a demanda em diferentes épocas do ano. O pinhão é consumido e comercializado principalmente nos estados do sul do Brasil, especialmente nos grandes centros. Apesar da importância socioeconômica, a maneira como esse produto vem sendo explorado pode provocar impactos relevantes quanto aos aspectos genéticos e à cadeia alimentar. Atualmente, a coleta é realizada de maneira extrativista, em fragmentos florestais próximos às propriedades rurais. Portanto, um programa de melhoramento genético para atender aos quesitos básicos da demanda, tanto em quantidade quanto em qualidade (produção de pinhões maiores durante o ano todo), pode contribuir para reduzir o efeito negativo do consumo e definir um mercado mais homogêneo para esse produto.

Apesar da importância econômica da espécie, ainda não se tem um programa de melhoramento em estágio avançado, considerando o longo prazo, visando maior produtividade, qualidade da madeira e produção de pinhão. Embora algumas empresas florestais e instituições de pesquisa tenham investido muito nos plantios com essa espécie, nem sempre os mesmos foram baseados em programas de melhoramento próprios. De

qualquer forma, não se encontra disponível no mercado material melhorado para plantios.

No início da década de 1980, foram implantados, por instituições de pesquisa como a Embrapa e Instituto Florestal de São Paulo, várias testes de procedências/progênes isolados, não compondo um programa maior (ou de uma rede experimental), considerando o curto e longo prazo. Não houve, assim, um avanço significativo nesse sentido. Por essa razão, dentre outras como silvicultura, manejo, clonagem, legislação etc., a araucária, no momento, não consegue competir com gêneros introduzidos (ex: *Eucalyptus* e *Pinus*), no que se refere à produtividade de madeira.

Mesmo sem nenhum grau de melhoramento, de acordo com Carvalho (1994), a partir do terceiro ano de idade, em sítios adequados, a araucária pode apresentar um incremento médio anual em altura de 1 m e, a partir do quinto ano, de 1,5 m a 2,0 m, sendo que o incremento em volume pode atingir  $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Como a araucária apresenta uma ampla distribuição geográfica natural, conseqüentemente diferenças genéticas e fenotípicas significativas são esperadas e têm sido detectadas desde a década de 1960. De acordo com a época de produção de pinhões e a morfologia das sementes, foram relatados diferentes variedades e/ou raças geográficas. Mas, não existem estudos adequados de taxonomia e genética capazes de identificar essas diferentes variedades relatadas na literatura. Esse tipo de estudo é de extrema importância para a condução de um programa efetivo de melhoramento. Mattos (1965) reconheceu cinco diferentes "variedades": *dependens*, *striata*, *catharinensis*, *caiova* e *indehiscens*. Reitz e Klein (1966) referem-se a nove variedades: *elegans*, *sancti josephi*, *angustifolia*, *indehiscens*, *nigra*, *striata*, *semi-alba* e *alba*, as quais foram identificadas por meio de diferentes colorações das sementes maduras. Gurgel e Gurgel Filho (1965) também descrevem diferentes "raças" geográficas.

A partir do ano 2000, as pesquisas com o emprego de marcadores bioquímicos e moleculares, especialmente com populações naturais de araucária, revelaram também diferenças significativas entre e dentro de populações (SHIMIZU et al., 2000; SOUSA, 2001; 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, gerando resultados que não contemplam a amplitude de ocorrência da espécie. No entanto, com base na informação das populações estudadas dessas duas diferentes regiões, foi possível a comparação entre as mesmas, evidenciando dois grandes grupos: região norte de ocorrência (estados de São Paulo e Minas Gerais) e região sul (Paraná e Santa Catarina) (VALGAS, 2008; VALGAS et al., 2009; SOUSA et al., 2009). Esses resultados comprovam a tendência observada nos testes de procedências/progênieis avaliados por Sebbenn et. al. (2004), implantados em 1973. Novos trabalhos considerando uma amplitude maior das populações deverão comprovar esses resultados. Baseado nos resultados já obtidos, deve-se tratar dois grupos distintos de populações para o melhoramento (regiões norte e sul), de forma que cruzamentos entre indivíduos mais distantes possam ser conduzidos, visando à exploração da heterose e incorporação de genes de adaptação para regiões específicas.

Considerando as diferenças geográficas, trabalhos de melhoramento genético florestal surgiram com a introdução e avaliação de testes de procedências e progênieis, visando identificar material geneticamente superior para plantio. Diversas pesquisas mostraram diferenças significativas entre procedências, para caracteres quantitativos. Dentre esses trabalhos, destacam-se os de Gurgel e Gurgel Filho (1965, 1973); Baldanzi et al. (1973); Kageyama e Jacob (1980);

Shimizu e Higa (1980); Giannotti et al. (1982); Shimizu (1999); Sebbenn et al. (2003; 2004), Monteiro e Speltz (1980). Embora essas pesquisas possam identificar materiais genéticos mais produtivos, a definição sistemática intraespecífica destes materiais deve ser considerada, para auxiliar os programas de melhoramento e conservação genética.

A Embrapa Florestas implantou vários bancos de conservação genética desta espécie, a partir do início da década de 1970. Inicialmente, eram formados por uma mistura de sementes de várias procedências, visando estimular o cruzamento entre si, para promover as recombinações entre possíveis raças geográficas e preservar a variabilidade genética. No entanto, deve-se atentar para a possibilidade da ocorrência da depressão por exogamia, como resultado do cruzamento de populações muito distantes (regiões norte e sul) e da falta de sincronia nas fenofases reprodutivas. Portanto, a estratégia de melhoramento genético dessa espécie será direcionada futuramente à seleção de matrizes de alto valor genético, com o propósito de formar pomares de sementes clonais e, à instalação de testes de progênies de segunda geração e obtenção de híbridos intraespecíficos, visando à combinação de características favoráveis, para atender a demanda do mercado de madeira e pinhão e suprir, especialmente, as necessidades de médios e pequenos produtores que, normalmente, não têm acesso às sementes de melhor qualidade.

As pesquisas com araucária na Embrapa Florestas possibilitaram a difusão da espécie a partir de inúmeras publicações, softwares, realização de dias de campo e palestras. Dois dos principais softwares desenvolvidos por essa instituição foram SisAraucaria (OLIVEIRA; BERNETT, 2003) e Selegen (RESENDE, 2007). O primeiro é utilizado para a simulação do manejo, do crescimento e da produção de araucária e tem sido útil na tomada de decisões. Esse software permite aos produtores

fazer prognósticos sobre a produção atual e futura, conduzir análises econômicas e, baseado nesses resultados, implementar a alternativa mais favorável para a sua condição específica. O software Selegen tem sido empregado para a avaliação genética de testes de procedências/progênes, não somente da araucária como também de outras espécies florestais.

## **Objetivos do programa de melhoramento**

O avanço dos programas de melhoramento viabilizará plantios futuros de alto valor madeireiro e de produtos agregados, incluindo sementes para a alimentação. Sendo assim, é necessário propor uma estratégia de melhoramento e conservação genética para *Araucaria angustifolia* objetivando:

- Incrementar a produtividade de madeira (crescimento em diâmetro e altura);
- Incrementar a produção de pinhão (quantidade e tamanho das sementes) e ampliar o período de produção;
- Obter materiais resistentes às pragas e doenças e aos ambientes mais secos;
- Desenvolver e adotar novas tecnologias para acelerar a obtenção de matrizes de alta produtividade de sementes e qualidade do pinhão;
- Manter uma ampla base genética em bancos de conservação para o atendimento dos desafios futuros.

## Recursos genéticos da araucária e resultados técnicos alcançados

### A espécie

*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze é uma espécie nativa do Brasil, ocorrendo na Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) na região sul, que concentra a maior parte da região de ocorrência natural, compreendendo os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e sudeste com pequenas populações em São Paulo e Minas Gerais, e em regiões montanhosas do Rio de Janeiro e Espírito Santo. (FÄHSER, 1981; HUECK, 1966; CARVALHO, 1994). A espécie ocorre ainda naturalmente na região de Misiones, Argentina e há relatos de uma pequena população no Paraguai, com uma amplitude de ocorrência de 19° 15'S (Conselheiro Pena, MG) a 31° 30'S (Canguçu, RS), e entre as latitudes 41° 30'W e 54° 30'W. Ocorre especialmente nas altitudes entre 500 e 2.300 m, nos tipos climáticos, de acordo com a classificação de Köppen, correspondentes a Cfa e Cfb, e caracterizam-se pelo clima subtropical úmido sem estação seca e com verão úmido e chuvoso, respectivamente.

A dioiccia, que se caracteriza por apresentar os sexos masculinos e femininos em árvores distintas, é uma característica relevante dessa espécie, de importância tanto para o melhoramento quanto para a conservação genética. Apenas em casos raros, a mesma apresenta-se com estrutura monóica, fato esse atribuído a traumas e doenças (SHIMIZU; OLIVEIRA, 1983). A dioiccia nas espécies vegetais representa o mecanismo extremo para impedir o autocruzamento (THOMSON; BARRET, 1996). No entanto, para a araucária, cruzamentos entre indivíduos aparentados podem ocorrer, com a possibilidade da endogamia biparental (SOUSA et al., 2005).

Além da endogamia, deve-se considerar que a proporção desigual de sexo pode afetar o equilíbrio gamético, tanto em populações naturais quanto em plantios convencionais. A



proporção de indivíduos masculinos e femininos tem-se mostrado significativamente equilibrada de 1:1, em distintos povoamentos naturais e plantados (SOUSA, 2001; SOLÓRZANO-FILHO, 2001; MANTOVANI et al., 2006). No entanto, alguns pesquisadores têm encontrado desvios significativos em favor das árvores masculinas, em populações naturais (BANDEL; GURGEL, 1967; MATTOS, 1972), que podem estar relacionados especialmente ao histórico do povoamento. Estes desvios também foram observados em povoamentos plantados (PINTO, 1982)

Com a exploração indiscriminada, o avanço da fronteira agrícola e o processo de urbanização, dentre outros fatores, ocorreu a devastação da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com araucária) (DEAN, 2004) a tal ponto que, hoje, a araucária encontra-se na lista das espécies ameaçadas de extinção do IBAMA (BRASIL, 1992). De acordo com o Brasil (2002), as estimativas dos remanescentes de Floresta Ombrófila Mista, nos estágios primários ou mesmo avançados, não perfaziam mais de 7% da área original. Em Santa Catarina, restam apenas alguns relictos remanescentes com uma área de aproximadamente 2% daquela original, que perfazem 4.000 km<sup>2</sup>, distribuídos em fragmentos dispersos (MEDEIROS, 2000). No Paraná, os estudos realizados pelo PROBIO Araucária (FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ, 2001) indicaram a ocorrência de apenas 0,8% de Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado, sendo que a distribuição espacial desses remanescentes apresenta-se dispersa em fragmentos pequenos e médios, não superior a 5.000 ha.

## **Materiais genéticos**

A Embrapa Florestas implantou, juntamente com seus parceiros, vários testes de procedências e progênies de *A. angustifolia*. Estes testes foram instalados principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Com base nos resultados da avaliação de caracteres de crescimento (altura e DAP - diâmetro à altura do peito) e forma do fuste, procedeu-se à seleção de

genótipos superiores. Após a seleção das matrizes, os testes foram transformados em áreas de produção de sementes (APS), onde a recombinação e produção de sementes ocorreram no próprio experimento, após desbaste seletivo (em torno de 50%). Além desse material, novos testes de progênies serão instalados, futuramente, os materiais genéticos procedentes dessas áreas e de populações naturais das principais regiões de ocorrência natural visando a ampliar a base genética das populações base (Tabela 1.)

Testes de procedências também foram implantados e avaliados por outras instituições em diferentes épocas. Um teste de procedências e progênies de Itapeva, SP, implantado pelo Instituto Florestal de São Paulo, foi avaliado aos 2, 6 (SHIMIZU; HIGA, 1980) e 30 anos de idade (SEBBENN et al. 2004) para os caracteres altura e DAP. Em função dos resultados obtidos aos 6 anos de idade, procedeu-se ao desbaste sistemático de 50% das árvores. A análise de variância aos 30 anos de idade revelou diferenças altamente significativas entre procedências, para todos os caracteres de avaliação. Da variação fenotípica total, 5,45% a 15,18% foi encontrada entre procedências, sendo que o restante encontrava-se dentro das procedências. A procedência Campos do Jordão, SP, apresentou o melhor desempenho para todos os caracteres enquanto que a procedência Bom Jardim, SC, apresentou o desempenho inferior. Foram observadas correlações negativas entre o desempenho das procedências e suas latitudes de origem, indicando que aquelas originárias do norte da área de distribuição da espécie crescem mais nas condições ambientais de Itapeva, SP, do que as de origem sul. Portanto, a análise genética por meio de estimativas de parâmetros quantitativos vem de encontro com os resultados obtidos com dados recentes de marcadores bioquímicos e moleculares enfatizando os dois grandes grupos de região de ocorrência natural: norte e sul (SEBBENN et al., 2004).

Dois novos testes de progênies foram instalados em General Carneiro com 77 e 66 progênies, no ano de 2009 e 2010, respectivamente.

**Tabela 1.** Testes de procedências e progênes, pomar de sementes por mudas e bancos de conservação de araucária estabelecidos pela Embrapa Florestas

<b>Procedências/progênes</b>	<b>Local/ parceiro</b>	<b>Município</b>	<b>Plantio (mês/ ano)</b>	<b>Situação atual</b>
Vargem Grande do Sul, RS; Itatiaia, RJ; Campos do Jordão, SP; Bocaina, SP; Telêmaco Borba, PR; Campo Mourão, PR; Itapeva, SP; Cascavel, PR; Irati, PR; Quedas do Iguaçu, PR; Barracão, PR; Caçador, SC; Chapecó, SC; Passo Fundo, RS; São Joaquim, SC; Lauro Müller, SC; São Francisco de Paula, RS; Santa Maria, RS.	Pinara	Ribeirão Branco, SP	10/1973	APS
Irati, PR; Telêmaco Borba, PR; Quatro Barras, PR; Três Barras, SC; Caçador, SC.	Embrapa Florestas (414A)	Colombo, PR	04/1980	APS
Chapecó, SC (7); Quatro Barras, PR (10); Caçador, SC (9); Três Barras, SC (9); Itapeva, SP (10); Irati, PR (10); Campos do Jordão, SP (10); Itararé, SP (10); Congonhal, MG (6); Barbacena, MG (7); Ipiuna de Caldas, MG (14).	Embrapa Florestas (420A)	Colombo, PR	04/1980	PSM

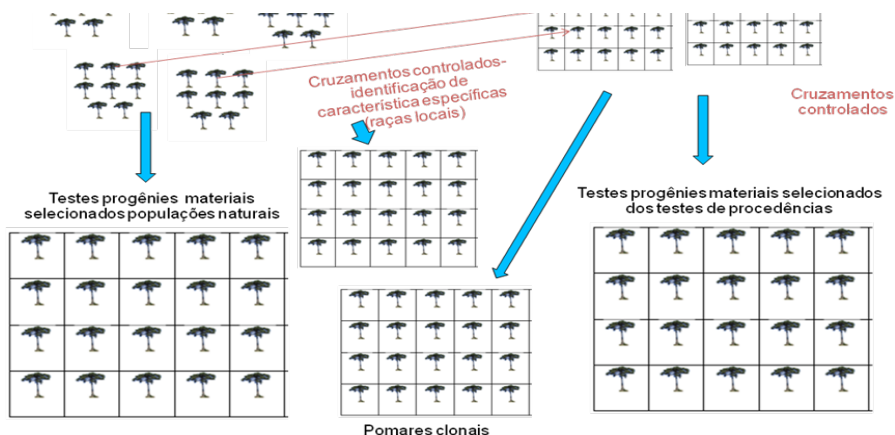
**Tabela 1.** Continuação.

<b>Procedências/progênes</b>	<b>Local/ parceiro</b>	<b>Município</b>	<b>Plantio (mês/ ano)</b>	<b>Situação atual</b>
Irati, PR; Quatro Barras, SC; Chapecó, SC; Três Barras, SC; Teixeira Soares, PR; Caçador, SC; Telêmaco Borba, PR.	Embrapa Florestas (412A)	Colombo, PR	09/1980	APS
Barracão, SC (9); Curitibaanos, SC (16); Guarapuava, PR (9); São João do Triunfo, PR (12); Ipiuna de Caldas, MG (10); Campestre, MG (4); Pinhão, PR (10).	IFSP	Itapetininga, SP	1981	TPP
Barbacena, MG (9); Ipiúna de Calda, MG (14); Congonhal, MG (6); Lambarí, MG (5); Vargem Grande do Sul, SP (5); Camanducaia, MG (7); Campos do Jordão, MG (9); Itapeva, SP (9); Itararé, SP (10); Iratí, PR (7); Iratí (Tardio), PR (10); Quatro Barras, PR (9); Caçador, SC (4); Chapecó, SC (9); Três Barras, SC (10).	IFSP	Itararé, SP	01/1974	TProc

APS = Área de produção de sementes; PSM = Pomar de sementes por mudas; TPP = Teste de procedências e progênes; TP: Teste de progênes; Tproc = Teste de procedências.

## Estratégias de melhoramento: seleção recorrente individual, produção de híbridos e seleção clonal

O programa de melhoramento genético de araucária será conduzido utilizando-se o material genético existente e ampliando a base genética por meio de coletas baseadas em resultados técnico-científicos conduzidos com populações naturais, como demonstrado na Figura 1.



**Figura 1.** Esquema do programa de melhoramento a ser implementado pela Embrapa Florestas, considerando os resultados técnico-científicos até o presente momento.

No programa de melhoramento genético da araucária, como enfatizado anteriormente, serão priorizados dois objetivos diferentes, a produção de madeira e de pinhões. Inicialmente, durante a implantação das populações base, estes objetivos podem ser considerados conjuntamente. Porém, a partir das avaliações e seleção de genótipos, as estratégias serão seguidas obedecendo-se o seu objetivo final. Até que sejam desenvolvidos protocolos de propagação vegetativa, a estratégia de melhoramento adotada será a seleção recorrente recíproca intrapopulacional, baseada nos testes

de procedências e progênies já implantados. Futuramente, ênfase será dada ao desenvolvimento de híbridos intra e interespecíficos (*Araucaria araucana*, dentre outras) e a clonagem por via da enxertia, visando a produção de pinhões e sementes com qualidade genética para à produção de madeira. A similaridade cariotípica entre essas duas espécies foi observada por Bandel (1970) e a possibilidade da produção de híbridos por polinização controlada colocada por Barret (1974) e Vidaković (1991). Embora a compatibilidade entre essas duas espécies tenha sido verificada, não existem híbridos na natureza em vista de sua ocorrência em regiões distintas. A *A. araucana* ocorre em regiões áridas do Chile e Argentina. O híbrido resultante do cruzamento dessas duas espécies pode ser de grande interesse futuro, pois pode combinar as características de maior tolerância aos solos mais pobres (características da *A. araucana*) e a produtividade da *A. angustifolia*. Frente às mudanças climáticas globais, esse híbrido pode, portanto, apresentar uma vantagem adaptativa muito grande, mantendo a produtividade da *A. angustifolia* e apresentando maior rusticidade. Para desenvolvimento de híbridos, deve ser dado enfoque ao desenvolvimento de tecnologias para comportar o armazenamento do pólen para os cruzamentos e para a condução de pesquisas visando o florescimento precoce. A compatibilidade entre a *A. angustifolia* e espécies de origem australiana deverá ainda ser estudada.

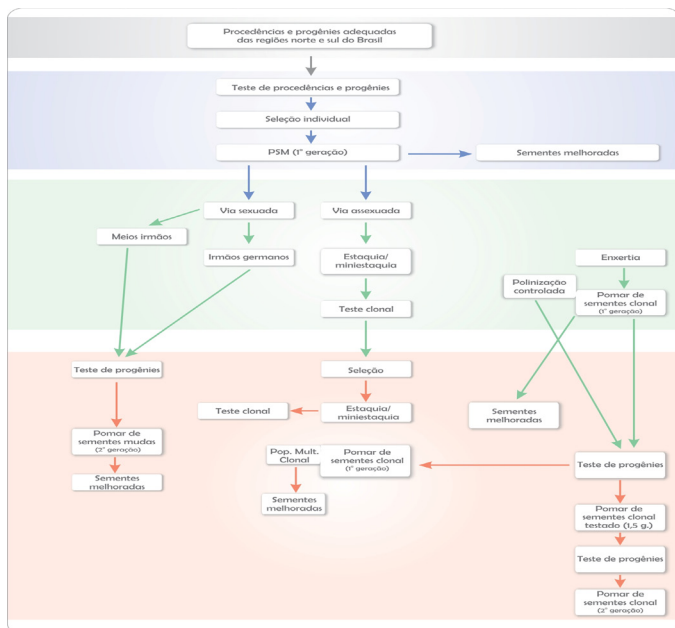
A clonagem via estaquia e enxertia terá aplicação na estratégia de melhoramento (teste clonal e pomar clonal) e também na multiplicação de materiais genéticos superiores. Para isto, protocolos de macropropagação deverão ser desenvolvidos. Portanto, a estratégia de melhoramento dessa espécie será focada no desenvolvimento de genitores superiores, com base em testes de progênies e clonais, e na geração de híbridos.

Diante deste contexto, o programa de melhoramento genético da araucária será direcionado para a seleção de genótipos superiores em testes de procedências e progênies implantados, seleção clonal de genótipos, desenvolvimento de híbridos e a conservação genética

*ex situ* do máximo de variabilidade genética existente. Inicialmente, a população de melhoramento será pura, mas, futuramente, existe a possibilidade da obtenção de populações híbridas (interespecíficas) desenvolvidas e de uma população mais restrita incluindo os genótipos de alta capacidade específica de combinação. Para tanto, a estratégia inicial será massal em populações naturais e seleção recorrente intrapopulacional. Futuramente, se forem desenvolvidas as populações sintéticas, poder-se-á adotar vários tipos de seleção recorrente recíproca, conforme proposto por Resende e Barbosa (2005).

O programa de melhoramento da araucária na Embrapa Florestas será executado de acordo com o esquema apresentado na Figura 2.

O período mínimo entre gerações é de 15 anos até que se desenvolvam as técnicas sugeridas para reduzir o ciclo reprodutivo e a idade mínima para florescimento.



**Figura 2.** Fluxograma do programa de melhoramento de araucária a ser adotado pela Embrapa Florestas.

É importante esclarecer que os marcadores genéticos serão utilizados como suporte em todas as fases do programa. Além disso, estudos paralelos deverão elucidar questões taxonômicas (variedades, por exemplo) para a orientação do programa de melhoramento, bem como da conservação do material, mantendo a sua identidade.

### **Curto prazo: utilizando o material implantado nas décadas de 1970 e 1980**

Os testes de procedência e progênies mais antigos serão reavaliados, permitindo a seleção das melhores procedências/progênies para os locais onde se encontram os plantios, incluindo os testes instalados nas dependências da Embrapa Florestas e em áreas de parceiros. Os que se encontram repetidos em mais de um local, como é o caso do teste de procedências e progênies instalado na Pinara (Ribeirão Branco, SP) e no Instituto Florestal (Itararé, SP), poderão fornecer informações importantes, subsidiando as interpretações de possíveis interações genótipo-ambiente, por meio de análises conjuntas entre locais. Baseado nesses resultados, testes de progênies de segunda geração serão implantados para a produção de sementes de qualidade genética superior.

Para a implantação dos testes de progênies de segunda geração de *A. angustifolia*, serão coletadas sementes das áreas de produção de sementes de primeira geração localizadas nos municípios de Colombo, PR, Itararé, SP e Itapeva, SP. Estes testes de progênies serão plantados em locais com representatividade edafoclimática para a espécie. As sementes serão coletadas de matrizes de maior valor genético, selecionadas com base em avaliações de caracteres quantitativos.

Os pomares clonais de *Araucaria angustifolia* serão estabelecidos a partir de propágulos coletados em testes de procedências e progênies de primeira geração de Colombo, PR, Itararé, SP e



Itapeva, SP. Os mesmos serão formados visando ajustar algumas características como o longo período para iniciar a produção de sementes e para viabilizar, no curto prazo, a formação de híbridos intraespecíficos e a produção de sementes em grande quantidade e qualidade superior às das áreas de produção de sementes.

### **Desenvolvimento experimental (ideal) e aplicação ou uso associado de novas metodologias**

Será estabelecida uma nova rede experimental em diferentes regiões, envolvendo parceiros, com a introdução de procedências respeitando as grandes regiões de ocorrência (norte e sul). Essa rede será montada com indivíduos coletados em populações naturais, com seleção baseada nos resultados de estudos dendrocronológicos, de modo que a idade não se constitua em uma limitação para a seleção. Esse material deverá ser plantado em diferentes regiões para posterior avaliação. Para isso, estudos de taxonomia e filogenia deverão definir a situação das diferentes variedades. A delimitação das populações a serem consideradas será baseada na homogeneidade ambiental (clima, solo, relevo, etc.) já que, nessa fase, não se dispõe de dados genéticos que caracterizem as populações. Na Europa, essa metodologia tem usado o sistema SIG/GIS que, por meio da construção de várias camadas de características locais, possibilita uma boa delimitação das populações, como já aplicado para delimitar populações naturais na Espanha ou em outros países da América do Sul, como a Argentina e Colômbia.

Durante a coleta de sementes serão priorizados indivíduos de diferentes raças geográficas visando ampliar a época de produção de pinhões. Portanto, no decorrer do programa de melhoramento da espécie, essas raças deverão ser preservadas buscando a obtenção de materiais genéticos de produção de sementes precoces, médias e tardias.

## **Tecnologias a serem adotadas no programa de melhoramento genético**

Com o aquecimento global a araucária poderá ser uma das espécies mais afetadas, já que a mesma necessita de baixas temperaturas e elevada umidade relativa para se desenvolver adequadamente. Nesse sentido, a Embrapa Florestas considerará esses aspectos em seu programa de melhoramento, tanto na seleção quanto na introdução de novos genes relacionados à temperatura e resistência a seca.

### **Desenvolvimento experimental**

Uma das principais dificuldades para a condução de um programa de melhoramento refere-se ao longo ciclo reprodutivo da espécie. Além disso, para o início das atividades de polinização controlada de um determinado material, é necessário um período de 15 a 20 anos. Portanto, a solução será a utilização de técnicas de propagação vegetativa, como a enxertia e a indução de florescimento precoce, para a formação de plantas produtivas em pomar indoor e cultura de embrião. A cultura de embrião deverá acelerar a produção de mudas para a implantação de novas gerações já que, pelo processo natural após a polinização, ainda são necessários aproximadamente três anos para a produção de sementes. Para a indução do florescimento, pesquisas com a utilização do paclobutrazol e giberelina deverão ser iniciadas, como tem sido feito para as outras espécies florestais, como eucalipto e pínus.

Após o desenvolvimento dessas técnicas, a hibridação para incorporação de caracteres especiais pode ser adotada. A hibridação poderá ser intraespecífica (usando material de diferentes regiões, ecótipos e variedades), considerando características desejáveis de produção de madeira ou pinhão e interespecífica, que pode ser iniciada com o cruzamento de *Araucaria angustifolia* x *Araucaria araucana*, especialmente considerando a resistência à seca.

Ainda com relação às pesquisas futuras, estudos aplicando dendrocronologia deverão ser implementados para a seleção de indivíduos em populações naturais, propiciando a construção de curvas de crescimento para diferentes idades, permitindo ainda a comparação entre indivíduos e possibilitando uma seleção estratificada e mais efetiva do que simplesmente a avaliação fenotípica visual, que desconsidera a idade dos indivíduos, que pode favorecer a escolha das classes diamétricas superiores, em detrimento da baixa representatividade de outras classes.

A definição das populações naturais a serem coletadas futuramente nas regiões norte (SP, RJ, MG e ES) e sul (PR, SC e RS) para os trabalhos de melhoramento será feita e baseada nos dados de solos, clima, microclimas e outras variáveis importantes que influenciam a formação das populações, utilizando o Sistema de Informação Geo-referenciáveis.

Por meio da cultura de tecidos, serão desenvolvidas técnicas de cultura de embrião visando superar o problema de ciclo longo dessa espécie, para que programas de desenvolvimento de híbridos intraespecíficos sejam conduzidos normalmente. Importante também será solucionar o problema da propagação vegetativa com relação ao plagiotropismo, para que o avanço de gerações de melhoramento aconteça mais rapidamente, viabilizando os programas e permitindo tanto a formação de pomares indoors como a propagação de indivíduos superiores geneticamente.

A caracterização genética das populações base e de melhoramento deverá ser feita empregando marcadores moleculares, inicialmente os co-dominantes (SSRs) e posteriormente técnicas modernas que vêm sendo desenvolvidas para o melhoramento genético.

Também serão conduzidos estudos para a identificação sexual em plantas jovens, visando a obtenção da melhor composição para as finalidades específicas. Para o trabalho de melhoramento genético,

deve-se manter uma taxa sexual de 1:1 visando à manutenção do equilíbrio gamético na população. No caso das populações selecionadas para a produção de sementes, há a necessidade da implantação de um maior número de machos, que possibilitem a fertilização de um maior número de gametas femininos com o consequente incremento no número de sementes produzidas. Esses estudos específicos envolverão a genética molecular e provavelmente outros estudos de expressão gênica, já que tentativas usando marcadores bioquímicos e alguns moleculares não foram efetivos.

### **Aplicação ou uso associado de novas metodologias**

As ferramentas biotecnológicas também estão sendo utilizadas em atividades relacionadas à exploração dos recursos genéticos. Essas, associadas com as metodologias tradicionais de conservação e melhoramento, têm contribuído muito para acelerar os programas de melhoramento e pré-melhoramento, bem como, para monitorar projetos de reintrodução e manejo de populações naturais nos projetos de conservação genética de plantas. No melhoramento genético, o uso de mapas genéticos baseados nos marcadores moleculares ligados aos genes de interesse proporcionam uma seleção mais rápida dos caracteres, principalmente para espécies perenes (seleção precoce), agilizando sua incorporação nos materiais elite do programa de melhoramento (VALOIS et al., 2001). Portanto, a seleção assistida por marcadores é uma ferramenta muito útil aos referidos programas. A biotecnologia também tem desempenhado papel fundamental nos trabalhos de caracterização dos recursos genéticos, tais como: identificação de genótipos, incluindo acessos duplicados; *fingerprint* dos genótipos; análise da diversidade genética das coleções ou em condições naturais e no estabelecimento de coleções nucleares (DODDS; WATANABE, 1990). Com o advento da clonagem e dos marcadores moleculares, os avanços biotecnológicos têm sido utilizados também na preservação da biodiversidade. Além disso, com essa tecnologia disponível, outros tipos de acessos, como pólen, óvulos, embriões, tecidos, células e DNA poderão ser mais

facilmente conservados e convertidos em plantas, posteriormente. Esses estudos são promissores e poderão ser incluídos, futuramente, no programa de melhoramento genético de araucária.

A formação de pomar indoor desta espécie será de extrema importância para a geração de híbridos futuros, mas essa ação dependerá dos avanços que serão obtidos na área da propagação vegetativa e do florescimento precoce.

## **Estratégias de conservação genética**

Com a exploração predatória da Floresta com Araucária, e a consequente introdução dessa espécie na lista do IBAMA (1992), das espécies ameaçadas de extinção, categoria vulnerável, o governo federal instituiu a Resolução Nº 278 do CONAMA, em 24 de maio de 2001, proibindo o corte da araucária nativa. A suspensão, segundo essa resolução, seria feita até que fossem estabelecidos critérios técnicos, cientificamente embasados, que garantissem a sustentabilidade da exploração e a conservação genética das populações exploráveis.

Com a severa restrição ao uso da espécie, regenerações tem sido eliminadas pois são consideradas como um empecilho para uso futuro das propriedades. Medidas têm sido estudadas para contornar a situação. A forma de conservação que mais tem funcionado em todo o mundo é a conservação pelo uso. Áreas de preservação permanente devem existir para assegurar o potencial de evolução das espécies existentes, mas somente essas áreas não garantirão a conservação de todo o recurso necessário para os programas futuros. A conservação "*on farm*", ou conservação pela comunidade é a melhor opção para a conservação no momento.

À Embrapa Florestas cabe conservar o material genético já coletado e implantar novas áreas de conservação. No entanto, a melhor forma de conservar tais recursos é por meio de parcerias.

A conservação da espécie, deve considerar, dentre outras variáveis, o mapa de vulnerabilidade da espécie (WREGG et al., 2009), já que as mudanças climáticas afetarão drasticamente algumas populações. O uso de marcadores moleculares é de suma importância para caracterizar tanto o material genético disponível na Embrapa quanto as novas populações a serem introduzidas. Com esses resultados, pode-se constituir as *core collection* (coleções nucleares) reduzindo custos e assegurando a representatividade do material genético conservado.

Esse programa desenvolverá ainda as seguintes atividades:

- A manutenção das variedades separadamente, bem como, ecótipos de regiões contrastantes;
- Manutenção das populações de conservação na região de origem (que serão material futuro para o melhoramento), para preservar genes de adaptação local, importantes para uma maior produção e resistência;
- Coleta de novos materiais para o enriquecimento da base genética e assegurar o avanço de programas de melhoramento genético em longo prazo.

### **Ações comuns aos programas de conservação e melhoramento genético da araucária**

Tanto no melhoramento quanto na conservação genética, a utilização de marcadores moleculares e de ensaios de avaliação de progênies é eficaz para quantificar a diversidade genética de uma espécie. Após a quantificação da variação total, tanto por marcadores genéticos quanto pelo fenótipo, esta é dividida em diferentes níveis hierárquicos. A partir das estimativas da variação genética total, diferentes parâmetros genéticos são computados, tornando possível a quantificação da divergência genética e a compreensão da estrutura

genética das populações. Dessa forma, essas técnicas contribuem para monitorar as estratégias de amostragens em populações naturais e melhoradas e para dar suporte ao uso eficiente da variação genética em programas de melhoramento genético, evitando perdas que possam levar à depressão por endogamia.

Entre os parâmetros estimados com as técnicas moleculares e convencionais, o conhecimento do coeficiente de herdabilidade, a heterozigosidade observada e esperada, taxa de cruzamento, além do tamanho efetivo da população, são cruciais para a determinação do número de indivíduos que uma amostra deve conter, para evitar a fixação aleatória de alelos na população melhorada ou que será conservada, e conseqüentemente a perda de variabilidade genética. O tamanho efetivo é de extrema importância por ser um parâmetro sobre o qual o geneticista pode, de certa forma, exercer um maior controle, além de apresentar uma aplicabilidade maior, tanto pelos melhoristas quanto pelos conservacionistas.

## Linha do tempo do programa de melhoramento genético de araucária

**Tabela 2.** Linha do tempo dos principais acontecimentos do programa de conservação e melhoramento de araucária.

---

1972 e 1973	Coleta de sementes de 18 procedências de araucária em vários locais e regiões de ocorrência natural da espécie.
1973 e 1974	Implantação de testes de procedências e progênies em Ribeirão Branco, SP, e Itapetininga, SP.
1979	Coleta de sementes de 16 procedências e de araucária em diversos locais e regiões de ocorrência natural da espécie.
1980 e 1981	Implantação de testes de procedências e progênies em Colombo, PR, e Itararé, SP

---

**Tabela 2.** Continuação.

---

1975 a 1996	Avaliações de caracteres fenotípicos dos testes implantados em São Paulo e Paraná.
2000 a 2002	Desbaste seletivo dos testes de procedências e progênies de araucária.
2011	Implantação dos testes de progênies de segunda geração em Ponta Grossa, Curitiba, e Colombo, PR.
2011	Caracterização genética a partir de marcadores genéticos das APS de Colombo, PR.
2012	Implantação de novos testes de progênies de segunda geração em São Paulo e Rio Grande do Sul.
2012 a 2015	Identificação de genótipos mais produtivos e divergentes a partir da seleção genômica ampla e marcadores moleculares.
2008 a 2015	Desenvolvimento de protocolos para multiplicação vegetativa e criopreservação de araucária.
2008 a 2017	Avaliações dos testes de progênies de Lages, SC, General Carneiro, PR, Ponta Grossa, PR, Curitiba, SC, e Colombo, PR.
2017	Obtenção de genótipos elite.

---



## Referências

- 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.
- BANDEL, G. Os cromossomos da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. e da *Araucaria araucana* (Molina) Koch. **O Solo**, Piracicaba, SP, v. 62, p. 69-72, 1970.
- BANDEL, G.; GURGEL, J. A. A. Proporção do sexo em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 6, p. 209-220, 1967.
- BARRET, W. H. A note in forest tree breeding in Argentina. In: RYOOKITI, T. (Ed.). **Forest tree breeding in the world**. Tokyo: Government Forest Experiment Station, 1974. p. 202-205.
- BITENCOURT, A. L.; KRAUSPENHAR, P. M. Prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the late Holocene. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, n. 1, p. 109-116, 2006.
- 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. **Portaria Ministerial nº 49, de 06 de fevereiro de 2002**. Proposta do grupo de trabalho preservação e recuperação da Floresta Ombrófila Mista no Estado de Santa Catarina. Brasília, DF, 2002. p. 77.

BRASIL. Portaria nº. 06-N, de 15 de janeiro de 1992. Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 jan. 1992. p. 870-872. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/flora/extincao.htm>>. Acesso em 23 set. 2009.

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

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia de Letras, 2004. 484 p.

DODS, J. H.; WATANABE, K. Biotechnological tools for plant genetic resources management. **Diversity**, Bethesda, v. 6, n. 3/4, p. 26-28, 1990.

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

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.

FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. **Conservação do bioma floresta com araucária: relatório final: diagnóstico dos remanescentes florestais/PROBIO araucária**. Curitiba, 2001. 236 p. 2 v.

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.

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

GURGEL, J. T. A.; GURGEL FILHO, O. do A. Evidências de raças geográficas no pinheiro-brasileiro, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 33-39, 1965.

HUECK, K. **Die Walder Sudamerikas: okologie, Zusammensetzung und wirtschaftliche bedeutung.** Vetationsmonographien Bd.II. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1966.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul.** Brasília, DF: Ed. da UNB; São Paulo: Polígno, 1972. 466 p.

KAGEYAMA, P. Y.; JACOB, W. S. Variação genética entre e dentro de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1979, Curitiba. Curitiba: FUPEF, 1980. p. 83-86.

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.

MATTOS, J. R. O pinheiro brasileiro. **Anuário Agrícola**: suplemento de chácaras e quintais, p. 239-250, 1965.

MATTOS, J. R. **O pinheiro brasileiro**. São Paulo: Grêmio Politécnico, 1972. 620 p.

MEDEIROS, J. D. **Da exploração e conservação da Araucaria angustifolia**. Florianópolis: 2000. 6 p. Parecer Ministério Público Federal.

MONTEIRO, R. F. F.; SPELTZ, R. M. Ensaio de 24 procedências de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. In: IUFRO MEETING ON FORESTRY PROBLEMS OF THE GENUS ARAUCARIA, 1., 1979, Curitiba. **Forestry problems of the genus *Araucaria***. Curitiba: FUPEF, 1980. p. 181-200.

OLIVEIRA, E. B. de; BERNETT, L. G. SisAraucaria: software para o manejo de plantações de *Araucaria*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Benefícios, produtos e serviços da floresta: oportunidades e desafios do século XXI**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003.

PINTO, S. A. de A. Influência da dioiccia no diâmetro e na altura de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O.KTZE. e suas implicações na formação de áreas de produção de áreas de produção de sementes na região de Quedas do Iguaçu - Estado do Paraná. **Silvicultura**, São Paulo, v. 7, n. 23, p. 44, mar./abr. 1982. Resumo.

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, SP, v. 70, p. 137-148, 2006.

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

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

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

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 de Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 109-124, 2003.

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 de Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 91-99, dez. 2004.

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. 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.; OLIVEIRA, Y. M. M. de. Distribuição, variação e usos dos recursos genéticos de Araucárias no Sul do Brasil. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 30, p. 287-290, 1983.

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, v. 41, p. 18-36, 2000.

SÓLORZANO-FILHO, J. A. **Demografia, fenologia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Kuntze (Araucariaceae) numa população relictual em Campos do Jordão, SP.** 2001. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUSA, V. A. **Population genetic studies in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** 2001. 161 f. Thesis (PhD) - Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen.

SOUSA, V. A.; SEBBENN, A. M.; HATTEMER, H.; ZIEHE, M. Correlated mating in populations of a dioecious Brazilian conifer, *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Forest Genetics**, Zvolen, v. 12, n. 2, p. 107-119, 2005.

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.

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 f. Thesis (PhD) - Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Georg-August University of Göttingen.

THOMSON, J. D.; BARRETT, S. C. H. Selection of autocrossing sexual selection and devolution of dioecy in plants. **The Amercian Naturalist**, v. 18, p. 443-449, 1981.

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 Ciências) – 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.

VALOIS, A. C. C.; NASS, L. L.; GÓES, M. Conservação ex situ de recursos vegetais. In: NASS, L. L., VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-IGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 123-149.

VIDAKOVIĆ, M. **Conifers: morphology and variation**. Croatia: Zavod Hrvatske; Oxon: CAB International, 1991. p. 211-224.

WREGG, M. S.; HIGA, R. C. V.; BRITZ, R. M.; GARRASTAZU, M. C.; SOUSA, V. A.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; BRAGA, H. J. Climate change and conservation of *Araucaria angustifolia* in Brazil, **Unasyuva**, v. 60, n. 231/232, p. 30-33, 2009.

**Embrapa**

---

**Florestas**

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 10018