



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

ISSN 1679-2599

Outubro, 2004

## *Documentos 99*

# **Estratégias para o Melhoramento de Eucaliptos Tropicais na Embrapa**

Estefano Paludzyszyn Filho  
Abílio Rodrigues Pacheco  
Herbert Dittmar  
César Antônio Cordeiro

Colombo, PR  
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

***Embrapa Florestas***

Estrada da Ribeira, km 111

Caixa Postal 319

Fone: (41) 666-1313

Fax: (41) 666-1276

Home page: <http://www.cnpf.embrapa.br>

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

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Luciano Javier Montoya Vilcahauman

Secretária-Executiva: Cleide da S. N. Fernandes de Oliveira

Membros: Antônio Carlos de S. Medeiros, Edilson Batista de Oliveira, Erich Gomes Schaitza, Honorino Roque

Rodigheri, Jarbas Yukio Shimizu, José Alfredo Sturion,

Patricia Póvoa de Mattos, Sérgio Ahrens, Susete do Rocio

C. Penteadó

Supervisor editorial: Luciano Javier Montoya Vilcahauman

Normalização bibliográfica: Lidia Woronkoff e Elizabeth

Câmara Trevisan

Foto(s) da capa: Estefano Paludzyszyn Filho

Revisão gramatical: Ralph D. M. de Souza

Editoração eletrônica: Cleide da S. N. Fernandes de Oliveira

**1ª edição**

1ª impressão (2004): sob demanda

**Todos os direitos reservados.**

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

CIP – Brasil. Catalogação-na-publicação

***Embrapa Florestas***

---

Estratégias para o melhoramento de eucaliptos

tropicais na Embrapa / Estefano Paludzyszyn Filho

... [et al.]. - Colombo : Embrapa Florestas, 2004.

29 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 99).

ISSN 1679-2599 (CD-ROM).

1. Eucalyptus – Melhoramento genético – Pesquisa - Região tropical. I. Pacheco, Abílio Rodrigues. II. Dittmar, Herbert. III. Cordeiro, César Antônio. IV. Série.

CDD 634.97342 (21. ed.)

---

© Embrapa 2004

# **Autores**

## **Estefano Paludzyszyn Filho**

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da  
*Embrapa Florestas*  
estefano@cnpf.embrapa.br.

## **Abilio Rodrigues Pacheco**

Engenheiro Florestal, Mestre, Pesquisador da Embrapa  
SNT - Escritório de Negócios Tecnológicos de Goiânia,  
GO  
abilio.pacheco@embrapa.br.

## **Herbert Dittmar**

Engenheiro-Agrônomo, Técnico de Nível Superior da  
Embrapa Gado de Corte  
hdittmar@cnpgc.embrapa.br.

## **César Antônio Cordeiro**

Zootecnista, Embrapa Pecuária Sudeste  
cesar@cppse.embrapa.br.



# Apresentação

A crescente demanda por madeira como matéria-prima para melhoria da qualidade de vida da população, ao lado da sustentabilidade do agronegócio no âmbito familiar e da proteção ambiental rural, ensejou esforços para a continuidade do programa de melhoramento florestal do eucalipto para a região sob clima tropical. Plantios de árvores a partir de sementes geneticamente melhoradas asseguram rendimentos de matéria-prima florestal em diversos ambientes. Associando o produto do melhoramento ao das técnicas de manejo das florestas cultivadas, obtém-se retornos significativos ao capital investido, tornando-se fonte de renda permanente do agronegócio florestal.

Esse documento reúne as estratégias que a *Embrapa Florestas* desenvolve no Programa de Melhoramento Genético de Eucaliptos Tropicais, componente do projeto aprovado no âmbito do Macroprograma 2 da Embrapa.

As ações de melhoramento do projeto utilizam germoplasma do programa de melhoramento de *Eucalyptus* da *Embrapa Florestas*, iniciado na década de 80, com a coleta de germoplasma-semente de 12 espécies de eucaliptos da Oceania e continuado pela seleção genética nos testes da rede experimental implementada em vários Estados, em parcerias com instituições públicas e privadas. No projeto atual, três espécies estão sendo melhoradas geneticamente para produtividade e para qualidade de madeira, visando uso em serraria e usos múltiplos. A estratégia é fundamentada na produção de sementes em larga escala de híbridos e de espécies puras, visando atender demandas de propriedades familiares no ambiente do cerrado.

*Moacir José Sales Medrado*  
Chefe Geral  
*Embrapa Florestas*



# Sumário

1. Introdução .....	9
2. Abrangência do Programa .....	10
3. Objetivos principais .....	11
4. Estrutura geral do Programa de Melhoramento .....	12
<i>Populações base do melhoramento</i> .....	12
<i>População de produção de sementes</i> .....	12
<i>População de melhoramento para terceira geração de seleção</i> .....	13
<i>População de híbridos</i> .....	13
<i>Pomar clonal</i> .....	13
5. Caracteres para a seleção .....	13
<i>Crescimento</i> .....	13
<i>Qualidade da madeira</i> .....	14
6. Melhoramento por espécies .....	14
6.1 <i>Eucalyptus grandis</i> .....	14
<i>População de melhoramento</i> .....	15
<i>Ciclo reprodutivo</i> .....	15

<i>Rede experimental da segunda geração</i> .....	16
<i>Fonte de semente comercial</i> .....	18
<b>6.2 <i>Eucalyptus urophylla</i></b> .....	<b>18</b>
<i>A espécie</i> .....	18
<i>População de melhoramento</i> .....	19
<i>Ciclo reprodutivo</i> .....	19
<i>Rede experimental da segunda geração</i> .....	19
<b>6.3 Produção de sementes por polinização aberta de “<i>E. urograndis</i>”</b> .....	<b>20</b>
<b>6.4 Outras espécies: <i>E. saligna</i>, <i>E. cloeziana</i> e <i>Corymbia maculata</i></b> .....	<b>21</b>
<b>7. Análise estatística dos dados e métodos de seleção</b> .....	<b>22</b>
<i>Herdabilidade no âmbito individual no sentido restrito</i> .....	22
<i>Valor genético aditivo</i> .....	23
<i>Métodos de seleção</i> .....	23
<i>Ganhos genéticos esperados</i> .....	24
<b>8. Referências Bibliográficas</b> .....	<b>25</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>27</b>



# Estratégias para o Melhoramento de Eucaliptos Tropicais na Embrapa

---

*Estefano Paludzyszyn Filho*

*Abílio Rodrigues Pacheco*

*Herbert Dittmar*

*César Antônio Cordeiro*

## 1. Introdução

O programa de Melhoramento de Eucaliptos Tropicais foi proposto pela *Embrapa Florestas* e aprovado junto ao Macroprograma 2 da Embrapa em âmbito nacional. Com esse projeto, a *Embrapa Florestas* objetiva dar continuidade ao programa de melhoramento iniciado na década de 80 com a coleta de germoplasma-semente de doze espécies de eucaliptos da Oceania e que foram avaliados na forma de progênies de polinização aberta por origens de coleta, em testes combinados de procedências e progênies e em bancos de conservação genética numa rede experimental implantada em nove Estados em parcerias com instituições públicas e privadas (Higa et al., 1991; 1997).

A rede experimental propiciou condições para se avaliar o comportamento das espécies, de eucaliptos quanto a produtividade e qualidade da matéria-prima, selecionar germoplasma adaptado às condições locais, bem como, indicou a necessidade de novas fontes para atender necessidades regionais.

No caso de instituições privadas, os programas de melhoramento priorizam a seleção de genótipos para a produção de celulose de fibra curta em detrimento dos voltados a produção de sólidos industriais. Na seleção para celulose são enfatizados os caracteres crescimento, produção de celulose, forma de fuste, baixa relação lignina/celulose, baixos teores de lignina e extrativos. Para a produção de sólidos, as características desejáveis são a forma de fuste, o crescimento em diâmetro e altura associado a baixo percentual de rachaduras

do tronco e empenamento da madeira serrada. As espécies *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. globulus*, assim como os seus híbridos, são as mais utilizadas para celulose e papel e para a produção de sólidos, *E. grandis*, *E. pilularis*, *Corymbia maculata*, *E. saligna*, e o híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* são as mais utilizadas. Para uso direto da madeira sem preservantes em pequenas construções no meio urbano e rural destaca-se a madeira de *Eucalyptus cloeziana*.

Na rede experimental, as progênies foram avaliadas para crescimento e os melhores indivíduos destas selecionados e eleitos como árvores matrizes em pomares de produção de sementes. Destas árvores selecionadas foram coletadas sementes que originaram progênies de polinização aberta das espécies *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. cloeziana*, as quais estão sendo avaliadas em testes de segunda geração de seleção. Neste projeto, o programa de melhoramento priorizou o material genético já selecionado por valores genéticos aditivos preditos por experimento (Higa et al., 1997) na região tropical.

Como resultados do projeto são esperadas populações melhoradas para produtividade e qualidade de madeira das espécies *E. grandis*, *E. urophylla*, do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* e de *E. cloeziana* voltadas a produção de sólidos. A produção de sementes comerciais dessas espécies e do híbrido “*E. urograndis*” por polinização aberta em grande escala são esperados na regiões Sudeste e Centro-Oeste. Além dessas fontes de sementes serão formados pomares de sementes por mudas de *Corymbia maculata*, atual denominação de *Eucalyptus maculata* (Hill & Johnson 1995) e um pomar clonal de sementes de *E. saligna* em parceria com o Instituto Florestal de São Paulo.

## 2. Abrangência do programa

O território nacional, em termos climáticos para o cultivo do eucalipto, pode ser dividido em regiões sem e com invernos com geadas fortes que condicionam a escolha das espécies de eucaliptos. Como os plantios não geram retornos econômicos antes de cinco anos de idade, o fator geada deve ser o principal indicador na escolha das espécies em termos climáticos.

Para a região Sul apenas *Eucalyptus benthamii* (resistente) e *Eucalyptus dunnii* (parcialmente resistente), já disponibilizadas comercialmente, suportam geadas e são comumente plantados para fins energéticos. Para as regiões Sudeste e Centro-Oeste, de clima predominantemente tropical e não sujeita a geadas de forte intensidade, o número de espécies é elevado, entre as quais se destacam *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. pellita*, *E. pilularis* e *E. cloeziana*. *E. saligna* é uma espécie mais adequada ao clima de transição, tipicamente subtropical.

Nessas regiões tropicais, uma das vegetações é a de cerrado, o segundo maior bioma cuja formação no Brasil é a maior depois da Floresta Amazônica. No entanto, dos mais de 200 milhões de hectares, de área que ocupa, estima-se que restam tão somente 20% na forma original, em decorrência das atividades agropecuárias e crescente urbanização, pois nesse espaço vivem mais de 20 milhões de pessoas. O clima nesse bioma caracteriza-se por apresentar uma estação seca de 3 a 5 meses de duração com precipitação média anual entre 1.200 e 1.800 mm, concentrada nos meses de outubro a março. A temperatura média é de 22° C sendo que a ocorrência de geadas é pouco freqüente nas áreas de altitude entre 300 a 600 m.

Na região Nordeste, as espécies de eucalipto cultivadas em solos de cerrados apresentam bom desenvolvimento, com destaque para *E. camaldulensis* e *C. maculata* (Drumond et al., 1977) nos tabuleiros costeiros, que estão situados em altitudes de 30 a 150 m, com solos profundos de baixa fertilidade natural associados à reduzida capacidade de armazenamento de água. A precipitação pluviométrica se concentra num período de seis meses e varia de 500 a 2.000 mm. O projeto ora em desenvolvimento abrange as regiões Centro-Oeste e Sudeste. Experimentos com espécies tropicais foram estabelecidas em Campo Grande (MS), Goiânia (GO) e São Carlos (SP). Um pomar clonal de sementes de *E. saligna* será estabelecido no Estado de São Paulo.

### 3. Objetivos principais

O desenvolvimento de material genético melhorado e a disponibilização de sementes melhoradas são finalidades do programa de melhoramento. Para atender demandas específicas voltadas à produção de sólidos serão melhoradas às espécies *E. grandis* e *E. urophylla* e seu híbrido. Para uso direto no meio rural e urbano será melhorada a espécie *E. cloeziana*. Essa se

caracteriza pela boa forma do fuste e pela durabilidade natural da madeira, o que permite o uso em construção civil, na forma de escoras, vigas, caibros e mourões. Além dessas, *E. saligna* e *C. maculata* serão melhoradas para produtividade.

## 4. Estrutura geral do programa de melhoramento

Melhorar uma população é aumentar a frequência de alelos favoráveis de um determinado caráter de interesse, que no caso dos eucaliptos depende do objetivo fim da matéria-prima que pode ser celulose, carvão e produtos sólidos. A forma de aumentar alelos favoráveis é estruturar um processo dinâmico recorrente que neste caso é intraespecífico e envolve as etapas de obtenção de progênies, avaliação das progênies, seleção de indivíduos com base em valores genéticos e, por último, a recombinação.

### ***Populações base do melhoramento***

Nos testes de progênies de segunda geração de seleção será aplicada alta intensidade de seleção por blocos nos candidatos a seleção com base nos valores genéticos aditivos para diâmetro do fuste na altura do peito, avaliados aos 2,5 anos de idade. As árvores selecionadas para crescimento serão avaliadas para caracteres ligados à qualidade da madeira e sob baixa intensidade de seleção selecionadas para comporem população elite, sendo as demais desbastadas (PSM). Após a recombinação por polinização aberta serão coletadas sementes e, reiniciado o processo de seleção recorrente pelo teste de progênies de terceira geração.

### ***População de produção de sementes***

Na forma comercial é denominada pomar de sementes por mudas (PSM) quando as árvores foram formadas por mudas produzidas a partir de sementes. Duas populações serão formadas ao longo do tempo sendo a primeira para produtividade por alta intensidade de seleção em idade precoce. A segunda, após a formação de cerne que ocorre aos 8-9 anos de idade, será formada por número reduzido de árvores, restringindo-se a possibilidade da ocorrência de endogamia pela seleção excessiva de indivíduos aparentados. As sementes coletadas por matrizes objetivam os plantios comerciais. Nota-se que

as populações de melhoramento e de produção de sementes constituem uma única unidade física.

### ***População de melhoramento para terceira geração de seleção***

Essa população será formada a partir do teste de progênies das populações selecionadas para produtividade e qualidade de madeira.

### ***População de híbridos***

Serão formados híbridos interespecíficos por polinização aberta de duas espécies, *E. urophylla* e *E. grandis* em testes que avaliam progênies intercaladas. Nesses testes, os indivíduos por espécie serão selecionados por valores genéticos para produtividade. Sementes destes indivíduos serão colhidas e usadas para a implantação de testes de progênies híbridas. Nestes testes, os indivíduos superiores serão selecionados, os quais provavelmente serão híbridos devido a heterose existente no cruzamento entre as duas espécies (Rezende & Resende, 2001). Essa estratégia é nova e visa disponibilizar o “*E. urograndis*” ao pequeno produtor rural. Este material é superior às espécies genitoras puras mas não está disponível aos pequenos produtores na forma de sementes. Apenas grandes empresas usam o “*E. urograndis*” como clones.

### ***Pomar clonal***

Está previsto a formação de pomar clonal de *E. saligna* com árvores selecionadas por valores genéticos em testes combinados de progênies de primeira geração de seleção. Objetiva a disponibilização mais rápida de sementes para uso direto nos plantios comerciais.

## **5. Caracteres para a seleção**

### ***Crescimento***

Os indivíduos das progênies na primeira geração de seleção foram selecionados para volume de madeira do fuste aos seis anos de idade por valores genéticos aditivos e por caracteres como ausência de bifurcação, retidão do fuste, densidade de copas e aspectos ligados a fitossanidade. Na segunda geração de seleção, o crescimento será avaliado pelo diâmetro na altura do peito (DAP) aos 2,5 anos de idade sendo ainda, observados a retidão

do fuste, ramificação, ângulo de inserção no tronco, desrama, forma de copas etc. Outros caracteres como incidência de doenças e pragas serão observados para tomada de decisão na seleção. O caráter mais estudado em eucaliptos é o volume de madeira do fuste que gradualmente vem sendo substituído pelo caráter diâmetro do fuste na altura do peito (DAP) pela maior precisão, menores custos de avaliação e principalmente pela alta correlação entre diâmetro e altura (h). O fato da existência de relação de causa e efeito positivo, que denota a correlação positiva entre h e DAP, facilita sobremaneira a avaliação dos genótipos simplesmente pelo diâmetro. Essa medição tomada a 1,30 m do solo por sobre a casca será realizada à idade de 2,5 anos.

### ***Qualidade da madeira***

A qualidade da madeira para produção de sólidos será avaliada por metodologia não-destrutiva do genótipo espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) para determinação de algumas propriedades químicas e anatômicas, como teor de lignina, densidade da madeira, índice de rachaduras de tora etc. Essa metodologia encontra-se em desenvolvimento na *Embrapa Florestas* (Magalhães et al., 2003). Em uma segunda etapa amostras da madeira das árvores serão avaliadas por metodologias tradicionais e estabelecidas correlações genéticas entre os caracteres de ambas as avaliações. Com isso espera-se validar o método da avaliação por NIR que facilite a seleção para caracteres de qualidade da madeira para fins nobres como serraria e móveis.

## **6. Melhoramento por espécies**

### **6.1 *Eucalyptus grandis***

A coleta de sementes dessa espécie realizada pela *Embrapa Florestas* na década de 80, totalizou 200 árvores (Higa et al., 1997) de 10 procedências de diferentes macroregiões da Austrália. Dessa coleta, entendida como uma população base multiprocedência, 124 lotes de sementes referem-se a árvores localizadas em áreas de altitudes entre 500 a 1200 m e latitudes entre 17° a 26° S, coordenadas essas que equivalem no Brasil, a posição geográfica entre Goiânia e Curitiba. Parte das sementes desses lotes foi utilizada para formar mudas e implantar a rede experimental no país na forma de testes de progênies de polinização aberta que, posteriormente, por seleção genética, originaram pomares de sementes por mudas.

## ***População de melhoramento***

A *Embrapa Florestas* e parceiros coletaram sementes de *E. grandis* das matrizes dos pomares de sementes por mudas (482 matrizes) e de Bancos de Conservação Genética (435 árvores) em três estados do Sul e Sudeste. Para a segunda geração de seleção recorrente, 90 lotes de sementes de árvores matrizes de PSM's foram alocadas na forma de progênies multi-procedências em um teste de avaliação de progênies, prevalecendo progênies de matrizes de origem da macroregião de Atherton (75 matrizes) em relação a de Kenilworth (15 matrizes), ambas na Austrália.

## ***Ciclo reprodutivo***

*E. grandis* apresenta flores hermafroditas, pequenas (0,5 cm), de coloração branca e em número maior que sete em inflorescência do tipo umbela (Boland et al., 1985) tendo como agentes polinizadores os insetos. O surgimento dos botões caracteriza o início da reprodução fase essa que se dá a partir dos 2-3 anos de idade (Eldridge et al., 1993). Segundo Aguiar e Kageyama (1987), o número de botões florais do ano em uma árvore é em média maior que 20 mil. Os eucaliptos, de modo geral, possuem um sistema misto de reprodução no qual prevalece a fecundação cruzada. A protandria (pólen disponível antes do estigma estar receptivo) minimiza a autofecundação, porém não a inibe totalmente, pois as plantas apresentam flores ao longo do ano, como pode ser observado no Quadro 1 e que resultam em quatro classes de sementes:

- autofecundadas — em média de 30% (Hodgson, 1976; Assis, 1986) que resultam em maior mortalidade das plantas, crescimento lento e forma ruim do fuste (Eldridge et al., 1993);
- heterozigotos em poucos locos pelos cruzamentos com árvores da mesma família (meias irmãs);
- heterozigotos em vários locos resultante do cruzamento com árvores não aparentadas;
- híbridos interespecíficos resultantes do cruzamento com espécies afins como *E. saligna*, *E. pellita*, *E. resinifera*, *E. urophylla*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis*.

**Quadro 1.** Estádios reprodutivos de *Eucalyptus grandis* a 22° de latitude Sul, 46° de longitude Oeste e na altitude de 630 m.

Fase biológica	Estádios reprodutivos	Descrição vegetativa	Meses	Duração em dias
Botões florais	R <sub>1.1</sub>	com brácteas	nov dez	60
	R <sub>1.2</sub>	sem brácteas, verdes e com opérculo	dez jan fev mar	120
	R <sub>1.3</sub>	que exibem o opérculo interno, amarelo	jan fev mar abr	120
Flores	R <sub>2.1</sub>	estigma e estames aparentes	nov dez jan fev mar abri	180
	R <sub>2.2</sub>	apenas estigmas	mar abr maio jun	120
	R <sub>3.1</sub>	verdes sem fendas radiais	mar abr maio jun	120
Frutos	R <sub>3.2</sub>	totalmente verdes	mar abr maio jun jul ago	180
	R <sub>3.2.1</sub>	passando de verdes a marrons	jan a dez	360
	R <sub>3.2.2</sub>	predomínio de marrons	jan a dez	360
Completa	Aparecimento de botões até a maturação dos frutos			360

Fonte: Adaptado e modificado de Aguiar & Kageyama, publicado em: IPEF, Piracicaba, nº.37, p. 5-11, 1987.

### ***Rede experimental da segunda geração***

O germoplasma de *E. grandis* disponível para a segunda geração de seleção é formado por sementes de 581 matrizes (Quadro 2) na forma de progênies de polinização aberta, oriundas das 10 procedências introduzidas no país. Para a segunda geração de seleção, em São Carlos (SP), estão sendo avaliadas 90 progênies dispostas em delineamento de blocos casualizados contendo nove repetições, nas quais a parcela de seis plantas em linha é a progênie, representada por 54 plantas. Nos blocos serão selecionados sob alta intensidade de seleção os indivíduos de maior valor genético aditivo para caracteres ligados ao crescimento. Por desbastes seletivos será formada a população de melhoramento ao tempo que a mesma será considerada como população de produção de sementes para maior produtividade de madeira. Numa segunda etapa de seleção será formada a população de melhoramento selecionando-se indivíduos para qualidade de madeira voltada à produtos sólidos. Complementarmente, os melhores indivíduos das progênies, discriminados por valores genotípicos, podem ser utilizados como clones.



**Quadro 2.** Origem de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus grandis* do programa de melhoramento da Embrapa Florestas para a região tropical

Instituição parceira	Ano de plantio e seleção	Nº de procedências e progênies avaliadas	Estado atual do teste <sup>1/</sup>	Nº de árvores coletadas
Cenibra, MG	12/85; 94	10; 57	PSM	100
Int. paper, SP	03/86; 94	10; 63	TC	64
Klabin, PR	03/86	9; 382	BC	382
VCP, SP	01/88	7; 16	finalizado	16
Eldorado, MG	03/86	2; 16	PSM	19

1. PSM: pomar de semente por mudas; TC: testes combinados de procedências e progênies; BC: bancos de conservação genética.

Os experimentos foram instalados em São Carlos (SP), Goiânia (GO) e Campo Grande (MS), (Quadro 3). Essas populações de melhoramento também serão as unidades que propagarão as sementes melhoradas obtidas por polinização aberta entre as árvores selecionadas nos blocos. Nesses, pelo maior valor genético aditivo serão selecionados 30 indivíduos com a restrição de um indivíduo por progênie totalizando cerca de 270 indivíduos por experimento. A fase reprodutiva do germoplasma utilizado, deverá iniciar-se aos 2-3 anos pós-plantios sendo que o ciclo de melhoramento será completado em 5 anos (2002-2006).

**Quadro 3.** Localização dos testes de progênies de segunda geração de seleção e cronograma da formação das populações de propagação de sementes e de melhoramento (*E. grandis* - Eg e *E. urophylla* - Eu).

Município	Coordenadas geográficas	Implantação da 2ª geração	Avaliação e seleção	Sementes para propagação	Número de progênies
São Carlos	21°S, 47°O	12/2002	06/2005	11/2006	90 (Eg); 90 (Eu)
Goiânia	16°S, 49°O	01/2003	07/2005	12/2006	50 (Eg); 50 (Eu)
Campo Grande	20°S, 54°O	12/2003	06/2006	11/2007	60 (Eg); 60 (Eu)

Após desbastes seletivos aos 2-3 anos de idade somente restará 5% a 10% da população inicial sendo os indivíduos avaliados para caracteres de qualidade da madeira por metodologia não-destrutiva dos genótipos - espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) - para determinação de

algumas propriedades químicas e anatômicas como teor de lignina, densidade da madeira, índice de rachaduras de toras. Essa metodologia vem sendo apropriada e desenvolvida na *Embrapa Florestas* (Magalhães et al., 2003). Os resultados serão confrontados com testes de qualidade da madeira por metodologias tradicionais como densidade básica, beneficiamento de toras e, estabelecidas correlações genéticas entre os caracteres de ambas as avaliações. Com isso espera-se validar o método da avaliação por NIR que permita a seleção para caracteres de qualidade da madeira para serraria.

### ***Fonte de semente comercial***

Para atender demandas de plantios comerciais de *E. grandis* no cerrado do Brasil Central, a *Embrapa Florestas* disponibilizará para o período 2003-2008 sementes de primeira geração de seleção providas de pomar formado por seleção fenotípica em Banco de Conservação Genética da procedência Atherton. As árvores aos 18 anos de idade foram crescidas em solo sob cerrado, clima tropical com estação seca e estão localizadas em Uberaba (MG) na latitude próxima a 19° S e altitude de 500 m. Comparando-se vários eucaliptos na região tropical e subtropical sem geadas fortes, *E. grandis* destaca-se pelo crescimento rápido ao tempo que apresenta defeitos na madeira quando empregada para fins sólidos, que vêm sendo contornados por processos industriais mais aprimorados.

## ***6.2 Eucalyptus urophylla***

### ***A espécie***

*E. urophylla* tem como origem as latitudes de 8 a 10° Sul, Ilhas da Indonésia e Timor, em altitudes de 400 a 3.000 m. No Brasil, a *Embrapa Florestas* avaliou duas procedências: Ilhas Flores (Monte Egon) e Indonésia (Monte Lewotobi). As procedências de *E. urophylla* diferem em muitos caracteres. Assim, Gouveia et al., (1997, pág. 356) citam Brasil (1983) que observou que a densidade básica da madeira foi maior na Ilha de Flores do que de Timor; e citam Vieira & Buscan (1979) que observaram menor variação morfológica no padrão de casca dos troncos, procedências de Timor em relação a de Flores (maior proporção de casca rugosa persistente). Nos estudos efetuados no Brasil vários autores referem-se a *E. urophylla* como de maior resistência a seca em relação à *E. grandis*, pela madeira mais densa, pela alta capacidade de rebrota, pela resistência ao cancro (*Cryphonectria cubensis*) e pelo bom crescimento.

## População de melhoramento

A *Embrapa Florestas* em colaboração com parceiros coletou sementes de *E. urophylla* de Bancos de Conservação Genética (72 árvores) e de matrizes em pomares de sementes por mudas de primeira geração de seleção (30 árvores). Noventa entradas na forma de progênes de polinização aberta estão sendo avaliadas em São Carlos (SP) e 60 em Campo Grande (MS) e 50 em Goiânia (GO) para serem recombinadas em segunda geração de seleção. As procedências das sementes no Brasil e a origem das progênes estão contidas na Quadro 4.

**Quadro 4.** Origem e procedência de *E. urophylla* de segunda geração de seleção.

Origem na Ilha de Flores	nº de coletas	Latitude e altitude nos locais		
		Da origem na Indonésia	De coleta de sementes no Brasil	
Monte Egon	38	8°38' S	515 m	19° a 22° S 220 a 800 m
Monte Lewotobi	15	8° 31'S	398 m	

## Ciclo reprodutivo

A semelhança de outros eucaliptos, *E. urophylla* apresenta flores hermafroditas, abertas a todos os agentes polinizadores menos ao vento. A taxa de fecundação cruzada é maior (95%) do que para *E. grandis*

## Rede experimental da segunda geração

O germoplasma de *E. urophylla* para a segunda geração de seleção é formado por progênes de polinização aberta oriundas de duas procedências introduzidas no país, das quais foram coletadas sementes de 102 matrizes (Quadro 5) das quais 90 estão sendo avaliadas como progênes de meios irmãos com a mesma metodologia de *E. grandis* para avaliações, seleção e recombinação para formarem populações de melhoramento e produção de sementes.

**Quadro 5.** Germoplasma de *E. urophylla* na forma de progênes de polinização aberta no programa de melhoramento da Embrapa Florestas.

Instituição parceira	Ano de plantio e seleção	Procedências e progênes	Estado atual do teste <sup>1/</sup>	N.º de árvores coletadas
Cenibra (MG)	12/1989; 1994	2; 30	PSM	30
Ripasa (SP)	01/1987; 1994	2; 77	BC	72

1. PSM: pomar de semente por mudas; BC: bancos de conservação genética.

### 6.3 Produção de sementes por polinização aberta de “*E. urograndis*”

O híbrido *urograndis* é a denominação dada ao híbrido obtido por polinização controlada entre *E. grandis* e *E. urophylla*. Essa combinação interespecífica resulta em árvores vigorosas, com resistência ao cancro causado pelo fungo *Cryptonectria cubensis*, e de maior densidade da madeira. Desse cruzamento, geralmente controlado, resultam clones amplamente utilizados em plantios comerciais por propagação vegetativa e desenvolvidos para produção de matéria-prima como celulose, carvão e madeira serrada. Para cada uma dessas finalidades, as estratégias do melhoramento são distintas, fazendo com que, nem sempre, os ganhos genéticos e as vantagens, para um determinado uso sejam benéficos para outros. Vale ainda ressaltar, que os clones nem sempre expressam o seu potencial produtivo em qualquer condição de solo e clima o que os torna pouco recomendáveis para a generalização de plantios em uma região com as dimensões do cerrado. Outro aspecto a se considerar é o alto custo inicial das mudas obtidas por clonagem.

Para contornar essa questão está sendo desenvolvida uma metodologia para produzir sementes híbridas e formar mudas com custo menor em relação às clonais. O processo incorpora, simultaneamente, as vantagens da semente híbrida, a produção em larga escala e, a adaptação aos diversos ecossistemas do cerrado. As árvores terão o crescimento de *E. grandis* e a plasticidade, adaptabilidade e a qualidade e o amplo uso da madeira de *E. urophylla*, uma das mais plantadas, devido à resistência ao cancro do eucalipto (*Cryptonectria cubensis*), o que possibilita o múltiplo uso da produção. Para obter-se a semente híbrida é necessário o planejamento do plantio das progênes, a medição e a seleção precoce para caracteres ligados à produção por metodologia apropriada (Paludzyszyn Filho et al., 2002; Resende, 2002a) e a avaliação genética desses por método estatístico-genético, com o uso de software como o Selegen REML/BLUP desenvolvido na *Embrapa Florestas* (Resende, 2002b).

Nas avaliações de progênes intercaladas de *E. grandis* e *E. urophylla* em Goiânia e Campo Grande, nos quais estão sendo avaliadas pelo menos 50 progênes de cada uma das espécies, serão selecionados indivíduos por valores genéticos tendo o bloco como unidade de seleção. O resultado

esperado após o desbaste são sementes híbridas de centenas de combinações aleatórias entre as matrizes das duas espécies.

O plantio de híbridos interespecíficos objetiva o aumento da adaptação a diversos ambientes o que possibilita o manejo dos plantios, nos quais as árvores de menor crescimento são gradualmente retiradas gerando rendas contínuas ao produtor a partir dos cinco anos de idade. Essa combinação de tecnologias valoriza a produção aumentando-se o número de toras para serraria.

## 6.4 Outras espécies: *E. saligna*, *E. cloeziana* e *Corymbia maculata*

*Eucalyptus saligna* é uma das espécies mais citadas para qualidade de madeira para serraria, sendo que a Embrapa Florestas e o Instituto Florestal de São Paulo avaliaram sete procedências, totalizando 96 progênies de polinização aberta em teste combinado implantado em 1984. Desse teste foram selecionados 30 genótipos que serão clonados para implantação de pomares de produção de sementes.

*Eucalyptus cloeziana* caracteriza-se pelo alto volume anual de sementes produzidas e pela qualidade de madeira naturalmente durável para uso sem tratamento químico em construção civil no meio urbano e rural. Dessa espécie, foram coletadas sementes de 96 matrizes em dois estados (SP e MG), sendo selecionadas cerca de 50 entradas para plantios em Goiânia e Campo Grande.

*Corymbia maculata* é uma das espécies florestais de características mais favoráveis para plantios consorciados com pastagens, pela copa reduzida, fuste reto e ausência de bifurcações. A madeira dessa espécie é densa e indicada entre outros usos para a construção civil. Em parceria com o Instituto Florestal de São Paulo, a *Embrapa Florestas* selecionou geneticamente árvores matrizes em Banco de Conservação Genética para formar a população de melhoramento. As sementes produzidas serão utilizadas para plantios comerciais em sistemas silvipastoris.

## 7. Análise estatística dos dados e métodos de seleção

A perda de plantas é comum nos testes genéticos ao longo de todo o período de avaliação, sendo que de 2% a 10% morrem na fase inicial (estabelecimento e desenvolvimento) e entre 0,5% a 1% nos primeiros dez anos (Magnussen, 1993). Além do número de plantas mortas, também é importante conhecer a distribuição da mortalidade, se aleatória no experimento, nos blocos e nas parcelas. Segundo Fu et al. (1999), a mortalidade localizada é causada por pequenos animais ou por fatores microclimáticos, que atingem plantas de menor desempenho nos caracteres de crescimento, com tendência a haver eliminação de mais plantas das piores progênies, o que reduz as diferenças entre progênies, herdabilidade e ganhos genéticos por seleção.

A consequência da perda de plantas é o desbalanceamento do número de informações por progênies que reduz a eficiência estatística, quando as análises são realizadas pelo método dos quadrados mínimos (Searle et al., 1992). Além da redução da eficiência estatística, a mortalidade propicia condições espaciais diferenciadas às unidades vizinhas, o que altera substancialmente o caráter diâmetro do tronco (Magnussen, 1993) em algumas espécies. Assim torna-se essencial usar métodos estatísticos adequados a situação de dados desbalanceados, tais quais o REML para estimação de parâmetros genéticos e o BLUP, para a predição de valores genéticos. Para processar as análises estatísticas será utilizado o software Selegen REML/BLUP (Resende, 2002b) obtendo-se estimativas de parâmetros e valores genéticos aditivos, úteis na seleção de caracteres de natureza quantitativa em espécies florestais. Os principais parâmetros a ser estimados são:

### ***Herdabilidade no âmbito individual no sentido restrito***

Esse parâmetro é um indicador do grau de confiabilidade do valor fenotípico (medição por ex. do DAP) que será transmitido em cruzamento. A média ponderada de 19 estimativas da herdabilidade de DAP em *E. grandis*, apresentada por Resende, (2002a) foi de 0,27.

### ***Valor genético aditivo***

Esse parâmetro é a capacidade do indivíduo de melhorar-piorar a média da geração seguinte da população avaliada amostralmente. É similar ao da capacidade geral de combinação quando multiplicado pela herdabilidade e somado à média geral (Resende, 2002a, p. 76). Esse parâmetro é aplicável somente na seleção do indivíduo para aproveitamento do mesmo na propagação por sementes, ou seja, na formação de pomar de sementes por mudas. Valores genéticos aditivos preditos para a seleção individual serão empregados na seleção no bloco. O progresso genético a ser alcançado com a recombinação da próxima geração na unidade e idade avaliada é a média dos valores dos indivíduos selecionados no experimento. No decorrer do programa de melhoramento e, em função de demandas, podem ser clonados indivíduos para estruturar populações clonais para propagação comercial de sementes. Neste caso, os indivíduos dos testes de progênie serão selecionados por valores genotípicos dos indivíduos, utilizando o parâmetro regressor herdabilidade no sentido amplo (Resende, 2000).

### ***Métodos de seleção***

Os quatro experimentos de *E. grandis* serão avaliados para vários caracteres e preditos os valores genéticos individuais com vistas a atender diferentes unidades de seleção, com opções de escolha do tipo de população a ser formada. As possibilidades de seleção dentro de uma experimento (um local) desconsiderando efeitos de interações atenderão a prioridades da época. Assim tem-se:

- Estrato bloco com tratamentos inteiramente casualizados — a seleção nesse âmbito objetiva estruturar a população de produção de sementes via reprodução sexuada para propiciar ganhos genéticos imediatos. Operacionalmente, será realizada confrontando os indivíduos eleitos por valores genéticos aditivos, respeitada a restrição de um indivíduo por progênie por bloco para prevenção da endogamia;
- Estrato experimento — objetiva estruturar a população de melhoramento pela seleção no experimento. Para definição do tamanho efetivo populacional a ser adotado, será considerada a herdabilidade no sentido restrito do caráter sob seleção. Em caso de herdabilidade próxima de 0,16, o tamanho efetivo da população será próxima de 50 indivíduos não-aparentados;

- Estrato experimento para clonagem de indivíduos — objetiva estruturar novos pomares clonais para produção de sementes comerciais nos quais será maximizado o ganho genético. Serão selecionados os 10 melhores indivíduos por valores genéticos aditivos e multiplicados por clonagem para um pomar.

Além do DAP, serão considerados os caracteres ausência de ramificação, retidão do fuste, desrama natural, suscetibilidade a doenças foliares e do tronco. Para qualidade da madeira é necessário desenvolver - adaptar metodologias não-destrutivas que permitam a identificação de genótipos em escala do trabalho de melhoramento, no qual é comum o teste de mais de 5.000 indivíduos por espécie/geração/experimento. Assim, para determinar a tensão do crescimento ao longo da altura da árvore e para a densidade da madeira são necessários métodos rápidos, economicamente viáveis e eficientes na discriminação dos genótipos. Metodologias que avaliam a rachadura de extremidades de toras são úteis na predição de rachaduras longitudinais (Lima et al., 2000) porém são destrutivas dos genótipos.

### ***Ganhos genéticos esperados***

O programa de seleção prevê as alternativas para seleção de árvores para pomar de sementes por mudas no extrato bloco e no experimento para seleção de indivíduos para clonagem. Em ambos os casos a seleção será por REML/BLUP, pela predição de valores genéticos dos indivíduos.

Dependendo da estratégia efetivada, diferentes ganhos por seleção serão esperados em função da intensidade de seleção aplicada. É possível antever ganhos mínimos por seleção na ordem de 10% para a 2ª geração de seleção, haja vista que outros programas de melhoramento tem apresentado ganhos genéticos na ordem de 20%. Como *E. grandis* apresenta um sistema de reprodução mista, na qual deve ser considerada a presença da autofecundação, as estimativas de ganhos genéticos devem ser corrigidas em razão do finalidade específica da seleção.



## 8. Referências Bibliográficas

AGUIAR, I. B.; KAGEYAMA, P. Y. Desenvolvimento floral de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden em Mogi Guaçu, SP. **IPEF**, Piracicaba, n. 37, p. 5-11, 1987.

ASSIS, T. F. de. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 141, p. 36-46, 1986.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Melbourne: Nelson-CSIRO, 1984. 687 p.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; RODRIGUES, B. S. A. Competição de espécies de *Eucalyptus* na região dos tabuleiros costeiros do Estado do Sergipe. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings**. Colombo: EMBRAPA-CNPFF, 1997. v. 1, p. 101-105.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; WYK, G. van. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1993. 308 p.

FU, Y. B.; YANCHUK, A. D.; NAMKOONG, G.; CLARKE, G. P. Y. Incomplete block designs for genetic testing: Statistical efficiencies with missing observations. **Forest Science**, v. 45, n. 3, p. 374-380, 1999.

GOUVÊA, C. F.; MORI, E. S.; BRASIL, M. A. M.; VALLE, C. F. do; BONINE, C. A. V. Seleção fenotípica por padrão de proporção de casca rugosa, persistente em árvores de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake visando formação de população base de melhoramento genético: qualidade da madeira. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings**. Colombo: EMBRAPA-CNPFF, 1997. v. 1, p. 355-360.

HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. de; KODAMA, A. S.; LAVORANTI, O. J. Programa de melhoramento de eucalipto na Embrapa. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings**. Colombo: EMBRAPA-CNPFF, 1997. v. 1, p. 377-385.

HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. de; SOUZA, S. M. de. Programas de melhoramento genético de *Eucalyptus* no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL "O DESAFIO DAS FLORESTAS NEOTROPICAIS", 1991, Curitiba. **O desafio das florestas neotropicais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; Freiburg: Universidade Albert Ludwig, 1991. p. 86-100.

HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. Systematic studies in the eucalypts. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Telopea**, v. 6, n. 2-3, p. 185-504, 1995.

HODGSON, L. M. Some aspects of flowering and reproductive behaviour in *Eucalyptus grandis* at J.D.M. Keet Forest Research Station. **South African Forestry Journal**, v. 97, p. 18-28; v. 98, p. 32-43, 1976.

LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência *do desbaste nas tensões de crescimento de Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 111-125, dez. 2000.

MAGALHÃES, W. L. E.; PEREIRA, J. C. D.; BOLZON MUNIZ, G. I.; KLOCK, U.; SILVA, J. R. M. da. Determinação de propriedades de madeira através do infravermelho próximo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Benefícios, Produtos e Serviços da Floresta: oportunidades e desafios do século XXI: [anais]**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003. 1 CD ROM.

MAGNUSSEN, S. Design and analysis of tree genetic trials. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 23, n. 6, p. 1144-1149, 1993.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; FERNANDES, J. S. C.; RESENDE, M. D. V. de. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1719-1726, dez. 2002.

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

RESENDE, M. D. V. de. **Software Selegen: REML/BLUP**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002b. 67 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 77).

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).

REZENDE, G. D. S. P.; RESENDE, M. D. V. de. Dominance effects in *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and hybrids. In: DUNGEY, H. S.; DIETERS, M. J.; NIKLES, D. (Comp.). **Hybrid breeding and genetics of forest trees: proceedings of QFRI/CRC-SPF Symposium, 9-14 april 2000, Noosa**. Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 93-100.

SEARLE, S. R.; CASELLA, G.; McCULLOCH, C.E. **Variance Components**. New York: J. Wiley, 1992. 528 p

## Agradecimentos

Os autores agradecem as valiosas contribuições ao texto, as indicações de revisão e sugestões elaboradas por Paulo Eduardo Telles dos Santos e Marcos Deon Vilela de Resende, Doutores pesquisadores da *Embrapa Florestas* e do Prof. Mário Luiz Teixeira de Moraes, UNESP, Ilha Solteira, SP.