

## Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas



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

## **Documentos 214**

# **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas**

Estefano Paludzyszyn Filho  
Paulo Eduardo Telles dos Santos

Embrapa Florestas  
Colombo, PR  
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Florestas**

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,  
83411-000, Colombo, PR - Brasil

Caixa Postal: 319

Fone/Fax: (41) 3675-5600

www.cnpf.embrapa.br

sac@cnpf.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

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: Mauro Marcelo Berté

Normalização bibliográfica: Francisca Rasche

Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté

Fotos da capa: Paulo Eduardo Telles dos Santos,  
Estefano Paludzyszyn Filho

**1ª edição**

Versão eletrônica (2011)

**Todos os direitos reservados**

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

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

***Embrapa Florestas***

---

Paludzyszyn Filho, Estefano.

Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas  
[recurso eletrônico] / Estefano Paludzyszyn Filho; Paulo Eduardo Telles dos  
Santos. - Dados eletrônicos. - Colombo : Embrapa Florestas, 2011.  
(Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 214)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

<<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc214.pdf>>

Título da página da web (acesso em 8 ago. 2011).

1. Eucalipto. 2. Melhoramento genético vegetal. 3. Embrapa Florestas.  
I. Santos, Paulo Eduardo Telles dos. II. Título. III. Série.

---

CDD 634.97342(21. ed.)

© Embrapa 2011

# **Autores**

**Estefano Paludzyszyn Filho**

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

**Paulo Eduardo Telles dos Santos**

Engenheiro florestal, Doutor  
Pesquisador da Embrapa Florestas  
peduardo@cnpf.embrapa.br



# Apresentação

Esta publicação apresenta o Programa de Melhoramento Genético voltado a usos múltiplos da madeira do eucalipto, desenvolvido na Embrapa Florestas. O programa é a ação mais longa de pesquisa na Unidade com resultados já disponibilizados à sociedade, há mais de duas décadas, por meio de sementes, publicações técnicas e softwares de gestão de bases genéticas de melhoramento. Na atualidade, desenvolve germoplasmas que atendem fins energéticos, produtos sólidos obtidos por meios tradicionais de serraria, contribuindo para a manutenção de germoplasmas estratégicos na forma de populações melhoradas.

A partir de recursos da Embrapa e de parceiros, o programa visa ampliar o número de avaliações e informações a respeito dos genótipos selecionados, ao passo que conserva germoplasma com ampla variabilidade para contornar dificuldades frente a eventuais mudanças climáticas. Por disponibilizar produtos melhorados, também contribui para reduzir a pressão no uso de matéria-prima originária de florestas nativas e alavancar a base florestal nacional com vistas ao aumento no sequestro de carbono livre.

*Ivar Wendling*

Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento



# Sumário

<b>Introdução</b> .....	<b>9</b>
<b>Objetivos do melhoramento</b> .....	<b>14</b>
Usos múltiplos em ambientes tropicais, subtropicais e temperados	14
Tolerância a estresses ambientais (frio, seca, pragas e doenças) ..	16
<b>Estratégias de melhoramento e principais resultados</b> .....	<b>24</b>
Generalidades.....	24
Base de melhoramento de São Carlos, SP .....	25
Seleção recorrente intrapopulacional de <i>Eucalyptus grandis</i> .....	25
Seleção recorrente intrapopulacional de <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	29
Base de melhoramento de Goiânia, GO .....	30
Base de melhoramento de Campo Grande, MS.....	33
Base de melhoramento de Ponta Porã, MS .....	34
Base de melhoramento de Niquelândia, GO.....	35
Base de Melhoramento de Rio Verde, GO .....	37
Bases de melhoramento no Paraná e em Santa Catarina.....	37
<i>Eucalyptus benthamii</i> .....	38
<i>Eucalyptus badjensis</i> .....	40
<i>Eucalyptus dunnii</i> .....	41
<i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>E. dunnii</i> .....	42
<b>Estratégia baseada no uso da hibridação e da polinização controlada</b> .....	<b>43</b>
Hibridação entre espécies de eucaliptos .....	45
Híbridos interespecíficos .....	46
<b>Aplicação ou uso associado de novas tecnologias</b> .....	<b>48</b>

<b>Estratégias de conservação genética .....</b>	<b>52</b>
<b>Considerações finais .....</b>	<b>57</b>
<b>Agradecimentos .....</b>	<b>58</b>
<b>Referências .....</b>	<b>60</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>63</b>

# Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas

---

*Estefano Paludzyszyn Filho*

*Paulo Eduardo Telles dos Santos*

## Introdução

O eucalipto é a espécie florestal mais plantada no território nacional, ocupando uma área superior a 4,75 milhões de hectares (ANUÁRIO..., 2011). A produtividade anual média situa-se acima de 35 m<sup>3</sup> de madeira por hectare nas regiões com precipitação pluviométrica de pelo menos 1.000 mm anuais. A madeira produzida é destinada para celulose/papel, geração de energia (na forma primária), biorredutor na siderurgia, manufatura de painéis à base de madeira reconstituída (aglomerados e chapas de fibra), obtenção de madeira roliça (postes, dormentes, estacas, escoras, etc.), produção de sólidos madeiráveis a partir de serrados (móveis, vigas, pisos, esquadrias, portas) e laminados (chapas de compensado). Com o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como com os avanços técnicos em processos já conhecidos, a produção de bio-óleo, celulignina catalítica, gases de síntese (singás) e álcool a partir da celulose vêm assumindo papéis estratégicos e complementares aos atuais usos da madeira para fins energéticos (lenha e carvão). Essas opções mostram-se promissoras e com perspectivas de generalização em médio prazo, o que indica a necessidade de desenvolvimento de germoplasmas específicos.

Na região Sudeste concentra-se aproximadamente 56% da área plantada de eucalipto no País (ANUÁRIO..., 2011). Os fatores que contribuem para essa expressão são os raros eventos de temperaturas negativas, solos aptos para a atividade silvicultural, distribuição relativamente equilibrada das chuvas e proximidade com os portos, haja vista que alguns dos principais produtos de exportação utilizam diretamente a madeira do eucalipto (celulose e papel) ou dependem de carvão vegetal para sua industrialização (ferro-gusa). O número elevado de espécies que se mostraram viáveis de serem cultivadas, os testes de competição instalados entre 1960 e 1980 e a substituição de mudas de sementes por clonais (70% da área atualmente plantada) contribuem também para a expressão do eucalipto no Sudeste brasileiro.

Seguindo a mesma tendência de uso de mudas clonais, verifica-se a expansão dos plantios no Centro-Oeste, Norte e Nordeste e mesmo na região Sul. Nessa última, nas áreas situadas em altitudes mais elevadas, localizam-se plantios com mudas formadas por sementes de espécies comprovadamente tolerantes a baixas temperaturas como *E. benthamii* e *E. dunnii*.

Nas regiões Norte e Nordeste, em solos sob Cerrado, o eucalipto também vem sendo cultivado para atender as demandas da expansão populacional humana, da fronteira agrícola, da mineração e de novos empreendimentos para celulose. Ressalta-se que nessas regiões predominam solos arenosos com baixa retenção de água e baixa produtividade de madeira.

No contexto geral, a madeira produzida é em grande parte transformada em energia (lenha e carvão) e celulose-papel, sendo que os setores minoritários são os de laminados, compensados e serrados. Embora com estatísticas de difícil comprovação, sabe-se que os proprietários rurais familiares utilizam expressivamente a madeira bruta de eucalipto para atender suas necessidades, seja na geração de energia, seja na forma de produtos de longa

vida útil. As diferentes demandas dos setores industriais, das necessidades das populações urbanas e rurais conduzem a estratégias diferenciadas no uso do germoplasma disponível, bem como nos métodos de recombinação, avanço de gerações e desenvolvimento de produtos tecnológicos.

O melhoramento genético do eucalipto recebe os maiores investimentos nas empresas de base florestal voltadas à fabricação de celulose e papel. Os programas têm como objetivo geral incrementar os ganhos genéticos nas características tecnológicas desejadas. Como exemplo, destaca-se o rendimento de celulose por hectare em seus plantios comerciais. A quantidade de candidatos a clones híbridos comerciais avaliados da fase inicial para a final dos testes compreendidos no período de 13 anos alcança dezenas de milhares. Nos programas, um objetivo comum é o de obter indivíduos aptos à clonagem e que apresentem madeira com menor teor de ligninas não reativas no processo de polpação. O material genético predominantemente em uso na atualidade é o híbrido *E. urograndis*, porém, possui baixa qualidade da madeira na polpação devido ao predomínio de ligninas não reativas. Para sanar essa limitação da matéria-prima, os programas de melhoramento genético realizam cruzamentos entre clones produtivos de *E. urograndis* com as espécies *E. globulus* var. *globulus*, *E. globulus* var. *maidenii*, *E. smithii* e *E. dunnii* como fontes de alto rendimento em celulose e outras características de interesse industrial. A seleção clonal é o procedimento de melhoramento mais empregado como estratégia final.

A recombinação de genótipos com características desejáveis e com rendimento médio acima dos genitores é conseguida a partir das estratégias de seleção recorrente recíproca (SRR) de genitores e seleção recorrente intrapopulacional em populações sintéticas (SRIPS), entre outras. Uma abordagem completa dos métodos pode ser encontrada em Fonseca et al. (2010). O custo

estimado de desenvolvimento de um clone pelo melhoramento genético tradicional, apto para plantios comerciais, atinge valores próximos a um milhão de reais segundo empresas do segmento florestal. O tempo de utilização comercial de um clone é bastante variável e, se de domínio público, em razão de adquirirem diferentes nomenclaturas, há mais dificuldade em se estimar a duração de sua vida útil. Há clones de grande aceitação (produtividade e plasticidade destacadas) que seguramente vêm sendo plantados há mais de dez anos no Brasil.

Em termos de investimentos no melhoramento genético, pode-se considerar também a indústria siderúrgica, que utiliza o carvão vegetal (biorredutor) e tem como objetivos o desenvolvimento de genótipos que proporcionem maior volume de madeira de alta densidade e com conteúdo elevado de lignina e de maior velocidade de perda de água no processo de secagem. As fontes de germoplasma são *E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. tereticornis* e *E. "urocam"* (híbrido entre *E. urophylla* e *E. camaldulensis*), melhorados por estratégias como a seleção recorrente recíproca (SRR) e a seleção recorrente intrapopulacional em população sintética (SRIPS), de constituição híbrida entre clones elite.

Finalmente, com menor volume de recursos financeiros, porém com maior número de competências multidisciplinares, instituições federais como a Embrapa, estaduais como a Epagri (Santa Catarina) e centros universitários como a Universidade Federal de Lavras (Minas Gerais) e da Universidade de São Paulo - ESALQ (São Paulo) desenvolvem em suas bases físicas e laboratórios populações melhoradas, cultivares e estudos pontuais em apoio aos programas privados e que resultam, em alguns casos, produtos tecnológicos acabados na forma de sementes melhoradas e clones.

O programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas (PMGE) atende demandas nacionais de germoplasma melhorado para uso direto na propriedade rural, fins energéticos industriais e da população urbana e rural por meio da disponibilização de populações, progênies híbridas e clones de *E. urograndis*, *E. grandis* e *E. urophylla* de segunda geração de seleção genética no País. Para espécies recalcitrantes à clonagem e contempladas no programa, como *E. dunnii* e *E. benthamii*, os avanços que vêm sendo conseguidos nas técnicas de propagação assexuada abrem a perspectiva de os benefícios serem disponibilizados ao agronegócio florestal em médio prazo. Como para cada região climática adota-se uma estratégia de melhoramento diferenciada em função do grau de melhoramento dos germoplasmas e de suas características intrínsecas, de certa forma, isso contribui para a conservação genética dos recursos genéticos dos eucaliptos e de *Corymbia maculata*. Além disso, busca-se enriquecer e aumentar a diversidade genética das populações de melhoramento pela importação de germoplasmas na forma de progênies de polinização aberta de espécies como *E. benthamii*, *E. pellita* e *E. crebra*. Espécies como *E. cloeziana*, *E. pilularis* e *C. maculata* estão sendo melhoradas geneticamente e introduzidas em regiões com possíveis demandas de plantios formados a partir de mudas seminais destinados a usos múltiplos.

Como resultados do PMGE, foi disponibilizado e comercializado no período de 1999 a 2010 um total de 906 kg de sementes; publicados quatro livros de melhoramento genético; doze publicações na Série Documentos da Embrapa; dois *softwares* de seleção genética, Selegen e Selegen REML/BLUP; registradas seis cultivares; estabelecidos Contratos de Cooperação Técnica e, ou Financeira (Vale, Anglo American, Comigo, Planflora, Golden Tree, Copérdia, entre outras), formadas novas populações de melhoramento, obtidas progênies híbridas e clones, entre outros resultados expressivos.

## Objetivos do melhoramento

### Usos múltiplos em ambientes tropicais, subtropicais e temperados

O programa de melhoramento genético da Embrapa Florestas tem como objetivo geral disponibilizar às diversas regiões brasileiras germoplasmas com variabilidade genética suficiente para atender as demandas de madeira para múltiplos usos. Por múltiplo uso da madeira entende-se a obtenção de matéria-prima que pode ser destinada a mais de uma aplicação ou produto. Isso ocorre naturalmente, uma vez que as diversas partes das árvores diferem quanto à possibilidade de aproveitamento, exceto na produção de madeira para celulose, em que se utiliza quase que totalmente a madeira com até 6 cm de diâmetro (galhos e tronco). Nessa indústria, diferenças significativas nas propriedades físicas e na composição química da madeira oriunda de clones fazem com que a matéria-prima deles obtida seja destinada à fabricação de papéis para impressão e escrita ou para uso sanitário. Muito embora os clones brasileiros de eucalipto sejam produtivos em madeira e no rendimento de celulose (GOMIDE et al., 2005), deixam a desejar quanto ao conteúdo excessivo de ligninas que varia entre 22% e 30%. Foelkel (2009) afirma que os atuais genótipos de *E. urograndis* apresentam teor de lignina insolúvel em torno de 28% e relações altamente desfavoráveis entre as ligninas muito reativas (grupo das siringilas - S) e das guaiacilas (não reativas - G), ou seja, uma relação S/G entre 2,2 e 3,5. Em *E. globulus* var. *maidenii*, esse conteúdo está em torno de 22% e a relação S/G situa-se entre 3,8 e 6, ou seja, dentro de uma condição altamente reativa e que proporciona menor custo, menor consumo de água e menor perda de celulose no processo de deslignificação.

A maioria dos programas de melhoramento florestal está voltada para o aumento da produtividade e da qualidade da madeira, característica que difere dependendo do objetivo e do produto

final. Para a geração de energia, na forma atual consumida *in natura* ou sob a forma de carvão, a madeira deve conter elevado teor de lignina e possuir alta densidade básica. Esta última, quando combinada com poder calorífico e produtividade florestal, resulta em uma característica derivada denominada “densidade energética”, que pode ser expressa em Kcal por hectare. Para celulose e papel, conforme já salientado, os teores e tipos de ligninas são características marcantes no processo de seleção. No caso de madeira para serraria, propriedades físicas, anatômicas e até mesmo químicas estão envolvidas no controle das tensões de crescimento, que contribuem com significativas perdas, particularmente para o caso dos eucaliptos, que são tipicamente de rápido crescimento.

Vale destacar que o programa de melhoramento genético da Embrapa Florestas não está voltado à produção de germoplasma para a produção de celulose e papel, mas também atende as demandas específicas dos diversos setores industriais, bem como devido ao avançado estágio de desenvolvimento dos programas privados na seleção de clones. Essa atividade do melhoramento genético, independente do germoplasma disponível e das estratégias de melhoramento, abrange aspectos silviculturais, seleções intermediárias e análises tecnológicas da madeira altamente dispendiosas e de longa duração, em centenas de combinações híbridas a cada três anos. Para o melhorista, não é uma tarefa simples na seleção, uma vez que é necessário combinar propriedades de crescimento, físicas da madeira e composição química, qualidades essas reunidas em apenas um indivíduo. Gomide et al. (2005) recomendam os caracteres densidade básica, teor de lignina e teor de extrativos como critérios iniciais de qualidade da madeira para a seleção de clones. Após o ranqueamento dos clones com base nesses caracteres, faz-se a determinação das características de polpação.

Em seu programa de melhoramento genético, a Embrapa Florestas atua com uma estratégia diferenciada na obtenção de clones de eucalipto que também pode contribuir para o desenvolvimento de materiais para a produção de celulose. A estratégia visa desenvolver clones para tolerância-resistência à seca, por meio da transgenia, com a tecnologia DREB (*Dehydration Responsive Element Binding Protein*), que é uma família de genes que codificam fatores de transcrição envolvidos na ativação de vários outros genes que apresentam características de defesa a estresses abióticos. Sabe-se que em solos arenosos a retenção de água é menor quando comparada aos argilosos e, portanto, maiores são os efeitos de estresses hídricos no aumento do teor de ligninas e, conseqüentemente, menor é a produção de celulose depurada (GAVA; GONÇALVES, 2008).

### **Tolerância a estresses ambientais (frio, seca, pragas e doenças)**

No que tange aos possíveis impactos causados pelas mudanças climáticas globais sobre as espécies cultivadas de eucaliptos, especialmente as alterações de temperatura e de pluviometria, conduzindo à ocorrência de temperaturas extremas e prolongamento da estação seca, uma das estratégias que vem sendo aplicadas para a mitigação de efeitos é o gerenciamento da variabilidade no melhoramento clássico associado à biotecnologia, aos procedimentos genético-estatísticos e aos testes nos ambientes-alvo, complementado pela organização de registros das condições climáticas.

Na década de 2000, o programa foi orientado por estratégias como: (i) melhoramento genético de populações de espécies notadamente subtropicais-temperadas para a produção de sementes; (ii) desenvolvimento do germoplasma melhorado de segunda geração de seleção genética no País; (iii) obtenção de germoplasma híbrido interespecífico a partir de genitores de segunda geração de seleção.

Para a década de 2010, tendo por base a mudança no cenário de produção de mudas seminais para clonais, as estratégias são: (i) a expansão das bases de melhoramento acompanhando tendências do agronegócio brasileiro; (ii) seleção de germoplasma híbrido apto para aplicações em sistemas clonais (iii); fomento de parcerias público-privadas para o desenvolvimento do germoplasma e lançamento de cultivares; (iv) incremento do uso de conhecimentos, meios e metodologias para qualificação do genoma associado às características de crescimento e de qualidade da matéria-prima para múltiplos usos.

Em pesquisas conduzidas no Brasil com clones de eucaliptos plantados em diversas condições de sítio, demonstrou-se que o fator determinante para o pleno crescimento das plantas é a disponibilidade de água, não sendo obtidos acréscimos de produtividade com o aumento da oferta de nutrientes além das quantidades comercialmente aplicadas (STAPE et al., 2010). Essa constatação revela a importância do uso eficiente dos recursos que condicionam o crescimento e o interesse especial no fator “água”. Nesse contexto, o enfoque na seleção e prospecção genética voltada para a superação de estresses hídricos que vêm sendo adotadas pelo PMGE coaduna com a abordagem ecofisiológica adotada em trabalhos desenvolvidos por outras instituições.

Diversas ações conduzidas em parcerias complementaram as atividades do Programa de Melhoramento Genético. Também a importação de germoplasma das espécies *E. benthamii*, *E. pellita* e *E. crebra* contribuíram para ampliar a variabilidade das populações existentes e servir como fonte de resistência a estresses bióticos e abióticos em cruzamentos com genótipos altamente selecionados para produtividade de madeira. Para facilitar a apresentação deste documento, as ações, metodologias de seleção, objetivos e metas alcançados, bem como o germoplasma conduzido, foram disponibilizadas

estrategicamente por regiões nas quais predomina o clima temperado-subtropical e o tropical. O programa de melhoramento genético iniciado na década de 1980 abrangeu 23 municípios de seis estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, compreendendo 18 bases de melhoramento que contemplaram 36 estruturas genéticas diferenciadas de dez espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* como fontes de germoplasma (Tabela 1).

**Tabela 1.** Informações sobre os germoplasmas usados no programa de melhoramento genético da Embrapa Florestas.

Material genético	Natureza da experimentação	Geração de melhoramento	Parceiro	Município	UF	Ano de implantação		Produto a ser obtido	Fase atual
						Realizado	A implantar		
<i>E. benthamii</i>	População base / UO / UD	1ª	CNPF	Colombo	PR	1988	-	Sementes	ACS-MS
	Banco de clones / UO / UD	1ª	SNT	Ponta Grossa	PR	1998	-	Sementes	APS Clonal
	População base / UO / UD	1ª	SNT	Ponta Grossa	PR	2007	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	População base / UO / UD	2ª	Copérdia	Ponte Serrada	SC	2006	-	Sementes	Sob manejo
	População base / UO / UD	1ª	Epagri	Curitibanos	SC	-	2011	Sementes	Viveiro
	População base / UO / UD	1ª	CPAO	Ponta Porã	MS	-	2012	Sementes	Viveiro
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	SNT	Ponta Grossa	PR	2007	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	Golden Tree	Candói	PR	2007	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	Epagri	Chapecó	SC	2002	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	Epagri	Calmon	SC	2002	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	Teste de Progênies / UO / UD	1ª	Epagri	Caçador	SC	2002	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	Epagri	Vargem Bonita	SC	2002	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	Epagri	Lages	SC	2002	-	Sementes / Clones	Sob manejo

continua

Tabela 1. Continuação.

Material genético	Natureza da experimentação	Geração de melhoramento	Parceiro	Município	UF	Ano de implantação		Produto a ser obtido	Fase atual
						Realizado	A implantar		
<i>E. dunnii</i>	População base / UO / UD	1ª	Jorge S. Silveira	Carazinho	RS	2003	-	Sementes	Sob manejo
	Teste de procedências / UO / UD	1ª	CNPF	Colombo	PR	1979	-	Sementes	ACS-MS
	População base	2ª	SNT	Ponta Grossa	PR	1994	-	Sementes	ACS-MS
	População base	2ª	SNT	Ponta Grossa	PR	1994	-	Sementes	ACS-MS
	População melhorada / UO / UD	2ª	SNT	Ponta Grossa	PR	1994	-	Sementes	APS
	Teste de progênies / UO / UD	2ª	Epagri	Curitibanos	SC	-	2011	Sementes	Viveiro
	Teste de progênies / UO / UD	2ª	Celulose Irani	Ponte Serrada	SC	1993	-	Sementes	APS
	Teste de progênies	2ª	CPPSUL	Bagé	RS	2002	-	Sementes	Decadente
	Teste de progênies	2ª	Golden Tree	Guarapuava	PR	-	2012	Sementes	Viveiro
	<i>E. badfensis</i>	Teste de progênies / UO / UD	1ª	SNT	Ponta Grossa	PR	1996	-	Sementes
População base / UO / UD		1ª	SNT	Ponta Grossa	PR	1998	-	Sementes	Sob manejo
Teste combinado procedências x progênies		1ª	Celulose Irani	Vargem Bonita	SC	1996	-	Sementes / Clones	Sob manejo
População base		1ª	Celulose Irani	Ponte Serrada	SC	1996	-	Sementes / Clones	Sob manejo

continua

Tabela 1. Continuação.

Material genético	Natureza da experimentação	Geração de melhoramento	Parceiro	Município	UF	Ano de implantação		Produto a ser obtido	Fase atual
						Realizado	A implantar		
<i>E. grandis</i>	Teste de progênies / UO / UD	2ª	Planflora	Concórdia	SC	2007	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	Banco de clones	1ª	Planflora	Concórdia	SC	2007	-	Sementes	PCS
	Teste clonal	1ª	Planflora	Concórdia	SC	2008	-	Clones	Sob manejo
	Teste de progênies / UO / UD	2ª	CPPSE	São Carlos	SP	2002	-	Sementes / Clones	PSM
<i>E. saligna</i>	Teste clonal	1ª	CPAO	Ponta Porã	MS	2010	-	Clones	Juvenil
	Banco de clones	1ª	Instituto Florestal SP	Piraju	SP	2005	-	Sementes	PCS
<i>E. urophylla</i>	População base / UO / UD	2ª	Conflora Reflorestadora	Ponta Porã	MS	2007	-	Sementes	Juvenil
	População base / UO / UD	2ª	CPAO	Ponta Porã	MS	2007	-	Sementes	Juvenil
	Teste de progênies / UO / UD	2ª	CPPSE	São Carlos	SP	2002	-	Sementes / Clones	PSM
<i>E. cloeziana</i>	População melhorada / UO / UD	2ª	SNT	Goiânia	GO	2005	-	Sementes / Clones	Sob manejo
	População base / UO / UD	2ª	Conflora Reflorestadora	Ponta Porã	MS	2007	-	Sementes	Juvenil
	População base / UO / UD	2ª	Anglo American	Niquelândia	GO	2009	-	Sementes	Juvenil

continua

Tabela 1. Continuação.

Material genético	Natureza da experimentação	Geração de melhoramento	Parceiro	Município	UF	Ano de implantação		Produto a ser obtido	Fase atual
						Realizado	A implantar		
<i>E. pellita</i>	Teste de progênies / UO / UD	1ª	Anglo American	Niquelândia	GO	2009	-	Sementes / Clones	Juvenil
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	Anglo American	Niquelândia	GO	2009	-	Sementes / Clones	Juvenil
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	Comigo	Rio Verde	GO	2009	-	Sementes / Clones	Juvenil
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	CPAO	Ponta Porã	MS	2009	-	Sementes / Clones	Juvenil
<i>E. pilularis</i>	Teste combinado procedências x progênies	1ª	International Paper	Brotas	SP	1985	-	Sementes	PSM
<i>C. maculata</i>	População melhorada / UO / UD	1ª	Instituto Florestal SP	Piraju	SP	1986	-	Sementes	PSM
	População melhorada / UO / UD	2ª	SNT	Goianía	GO	2005	-	Sementes	Sob manejo
	População base / UO / UD	2ª	Comigo	Rio Verde	GO	2009	-	Sementes	Juvenil
	População base / UO / UD	2ª	Anglo American	Niquelândia	GO	2009	-	Sementes	Juvenil
	População base / UO / UD	2ª	CPAO	Ponta Porã	MS	2010	-	Sementes	Juvenil

continua

Tabela 1. Continuação.

Material genético	Natureza da experimentação	Geração de melhoramento	Parceiro	Município	UF	Ano de implantação		Produto a ser obtido	Fase atual
						Realizado	A implantar		
<i>E. crebra</i>	Teste de progênies / UO / UD	1ª	CPATSA	Petrolina	PE	-	2012	Sementes / Clones	Câmara fria
	Teste de progênies / UO / UD	1ª	CPATSA	Arapirina	PE	-	2012	Sementes / Clones	Câmara fria
	Teste clonal	2ª	CPAO	Ponta Porã	MS	2010	-	Clones	Juvenil
<i>E. dunnii</i> x <i>E. benthamii</i>	Teste clonal	2ª	Cooperativa Agrária	Entre Rios	PR	2009	-	Clones	Juvenil
	Teste clonal	2ª	Cooperativa Agrária	Entre Rios	PR	2009	-	Clones	Juvenil
Híbrido <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	Teste de progênies / UO / UD	2ª	SNT	Goiânia	GO	2003	-	Sementes / Clones	PSM
	Teste de progênies / UO / UD	2ª	CNPGC	Campo Grande	MS	2003	-	Sementes / Clones	PSM
	Teste de progênies / UO / UD	3ª	Anglo American	Niquelândia	GO	2010	-	Sementes / Clones	Juvenil
	Teste de progênies / UO / UD	3ª	Comigo	Rio Verde	GO	2010	-	Sementes / Clones	Juvenil

## **Estratégias de melhoramento e principais resultados**

### **Generalidades**

Para atender as demandas de expansão dos plantios de eucalipto nacionalmente e possibilitar ganhos tecnológicos industriais aplicáveis tanto aos usos tradicionais (celulose, carvão vegetal e, em menor escala, laminação e madeira serrada) como aos processos de obtenção de derivados energéticos de alto valor agregado (bio-óleo, celulignina catalítica, singás e etanol celulósico), o programa de melhoramento conta com estruturas próprias da Embrapa e de parceiros privados e tem como ênfase a caracterização tecnológica de genótipos com vistas à recombinação natural, polinização controlada e identificação de árvores superiores para diversos caracteres com vistas ao lançamento na forma de cultivares comerciais.

Nichos industriais específicos e de demandas regionais por madeira, inclusive em regiões que apresentam limitações à produção por escassez de água ou baixas temperaturas, têm recebido especial atenção na atual fase do programa. Nesse contexto, além do melhoramento clássico, é necessário o uso de informações das avaliações adaptativas que representam o desempenho fenotípico no campo, da propagação para sistema clonal, de propriedades tecnológicas da madeira, da genética e das aplicações práticas da biologia molecular voltadas ao gerenciamento da divergência genética/grau de parentesco e da certificação de identidades dos genótipos candidatos aos clones-elite e das matrizes de populações puras e de pomares de sementes por mudas.

O programa vem sendo suportado por meio de material genético com variabilidade genética suficiente para incrementar a adaptação, a produtividade e a qualidade da madeira com vistas a atender as necessidades atuais e, possivelmente, as futuras,

mesmo sob cenários de mudanças climáticas. Na experimentação de campo, a Embrapa Florestas vem aplicando metodologia de seleção fundamentada em procedimentos estatístico-genéticos REML/BLUP para discriminar genótipos superiores com base em valores genéticos individuais *per se* e em cruzamentos. Para tanto, são levadas em consideração características de crescimento, silviculturais, adaptativas e propriedades da madeira.

Com o objetivo de incrementar as possibilidades de melhoramento para ambientes menos favoráveis, ocasionalmente o programa se beneficia da importação criteriosa de germoplasmas destinados a suplantar as limitações decorrentes de doenças que acometem os eucaliptos e os efeitos de fortes restrições hídricas na sobrevivência e crescimento das plantas, trabalhando-se as espécies como entidades genéticas isoladas e como genitoras para a realização de hibridações.

### **Base de melhoramento de São Carlos, SP** **Seleção recorrente intrapopulacional de *Eucalyptus grandis***

A estratégia de seleção recorrente intrapopulacional destinada ao melhoramento de *E. grandis* visa ao aumento das frequências alélicas dos caracteres de interesse, por meio da realização de sucessivos ciclos seletivos baseados em famílias de meios-irmãos.

No final da década de 1990, a Embrapa Florestas realizou uma colheita de sementes em árvores matrizes geneticamente selecionadas de algumas espécies que foram intensivamente avaliadas em diversas condições ambientais, em várias regiões brasileiras. No caso de *Eucalyptus grandis*, 581 lotes de sementes de progênies de polinização aberta representaram o produto dessa ação, sendo colhidas nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Para o avanço da geração de seleção genética e constituição de uma nova população melhorada, foi utilizada a estratégia da seleção recorrente

intrapopulacional com o plantio de 90 progênies dentre as 581 existentes, representadas cada uma por 54 indivíduos. Detalhes do delineamento genético do teste e do plantio são mostrados em Paludzyszyn Filho et al. (2004). A seleção genética foi realizada para produtividade de madeira, tendo como base a variável diâmetro à altura do peito (DAP), sendo então selecionados indivíduos por valores genéticos aditivos individuais em medições sucessivas anuais para caracteres de interesse do melhoramento tais como retidão, conicidade do tronco, diâmetro de galhos e ângulo de inserção destes no fuste e tolerância a doenças de tronco. Avaliações do DAP aos 8, 25, 48 e 72 meses de idade nortearam os desbastes seletivos, tendo como base o ordenamento pelo valor genético aditivo e por observações de campo, sendo praticadas intensidades variadas de seleção (Tabela 2). Foram selecionadas 145 matrizes (3%) em 69 progênies. Caracteres quantitativos de crescimento, como o DAP, são amplamente utilizados na seleção precoce nos programas de melhoramento de eucaliptos em testes de progênies de meios-irmãos (PEREIRA, 1996) e em clones (REZENDE et al., 1994; MASSARO, 2008).

**Tabela 2.** Resultados da seleção em teste de 90 progênies de polinização aberta de *Eucalyptus grandis* em São Carlos, SP. Plantio efetuado em dezembro de 2002.

Avaliação	População	Intensidade de seleção (%) e número de matrizes	Média da população DAP (cm)
2003/2006	4860	11,5/563	5,3
2007	153	3,1/153	25,8
2008	153	3,1/153	31,8
2010	152	3,0/146	39,1
2011	145	1,7/85	43,5

Em uma segunda etapa de seleção, os 145 genótipos remanescentes foram avaliados em campo para resistência aos cancos *Chrysosporthe cubensis* e *Coniothyrium* (*Coniothyrium*

*zuluense*). Na Tabela 3, observa-se que apenas 85 genótipos (58%) não apresentaram sintomas de infecção para os dois tipos de cancro.

**Tabela 3.** Resultados das avaliações de resistência natural de matrizes de *Eucalyptus grandis* para cancros na base, meio e parte superior do fuste, realizadas em 2009.

Tipos de cancros	Matrizes resistentes sob infecção natural	
	Número	%
<i>Chrysosporthe cubensis</i> (1)	137	94
<i>Coniothyrium zuluense</i> (2)	89	61
<i>C. cubensis</i> e <i>C. zuluense</i>	85	58

### Estratégias de melhoramento do germoplasma selecionado

A população remanescente composta por 85 genótipos será recombinada e mantida até a idade de 12 anos, quando então serão colhidas sementes e os genótipos avaliados quanto à qualidade de madeira. A meta é a seleção de genótipos com coeficientes de anisotropia próximos ou menores que 1,5, a partir das avaliações das contrações radiais e tangenciais e da retratibilidade. Estas, quanto menores em percentual, indicam a potencialidade da madeira para serraria. Vale destacar que *E. grandis* apresenta madeira com retratibilidade melhor que os genótipos de *E. urophylla* quanto à contração tangencial, porém, estas ainda são elevadas (variação de 51% a 91%) em relação a madeiras nobres como a do mogno (PONCE; FONSECA, 1994, citado por FONSECA et al., 2010). Na seleção dos genótipos será considerada a idade em que houver significativa redução da madeira juvenil do tronco, expressada pelo aumento da espessura da parede e diminuição do lúmen das células. Os lotes de sementes serão utilizados para testes de progênies visando à terceira geração de seleção. Nas 85 matrizes remanescentes foram selecionadas, em fevereiro de 2011, 18 matrizes, levando-se em consideração caracteres ligados ao crescimento e desempenho geral, das quais serão coletados propágulos vegetativos para a realização das respectivas

enxertias. O objetivo é estabelecer uma população de tamanho efetivo de  $N = 10$  em pomar *in door* e realizar cruzamentos de irmãos completos por meio de delineamento dialélico parcial sem recíprocos, num total de 45 cruzamentos. Destaca-se que para caracteres com herdabilidade entre 10% e 30%, dez indivíduos são suficientes para se ter uma seleção com acurácia acima de 90% (FONSECA et al., 2010). Mais recentemente, os melhoristas de eucaliptos vêm diminuindo o tamanho efetivo populacional sem que haja perdas de variabilidade significativa nas populações de melhoramento. As sementes dos cruzamentos permitem o estabelecimento de novos testes de progênies (irmãos completos). Com aplicação da estratégia de seleção recorrente intrapopulacional, uma nova população de melhoramento é obtida, sendo esta a terceira geração de seleção. Outro aproveitamento do germoplasma selecionado será em cruzamentos interespecíficos controlados. Os dados da Tabela 4 indicam o cronograma de atividades na formação de genótipos.

**Tabela 4.** Cronograma de execução das atividades em pomar *in door* de *Eucalyptus grandis*.

<b>Atividades relativas à formação da população de melhoramento</b>	<b>Períodos</b>	<b>Número de plantas</b>
Seleção da população efetiva	09/2011	Matrizes: 10
Coleta de propágulos e enxertias	11 e 12 /2011	Mudas de porta-enxerto: 100
Condução de plantas em pomar <i>in door</i>	03/2012 a 03/2013	Vasos: 50
Indução ao florescimento	03/2013	Genótipos: 50
Cruzamentos	03/2015	45
Sementes disponíveis	03/2016	100 por cruzamento
Implantação de testes de progênies	09/2016	40 blocos/1 planta por progênie

## **Seleção recorrente intrapopulacional de *Eucalyptus urophylla***

A estratégia da seleção recorrente intrapopulacional destinada ao melhoramento do *E. urophylla* visa obter genótipos *per se* como candidatas a clones comerciais e formar uma nova população com aumento das frequências alélicas do caráter de interesse, por meio da realização de sucessivos ciclos seletivos baseados em famílias de meios irmãos.

Essa estratégia foi utilizada com o plantio de 90 progênies de *E. urophylla*, na mesma base física do *E. grandis*, porém distanciada em torno de cinco quilômetros. As progênies de polinização aberta são das procedências de Montes Egon e Lewotobi (Indonésia), cujas sementes foram coletadas nos testes de primeira geração de seleção no Brasil, nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Dados sobre os plantios efetuados em dezembro de 2002 são encontrados em Paludzyszyn Filho et al. (2004). O teste foi avaliado precocemente, sendo que aos 18 meses de idade apresentou média de 4 cm para o DAP. Aos três anos de idade, foi realizado um desbaste seletivo (individual) com base na estimativa de valores genéticos aditivos individuais para o caráter DAP, mantendo-se 570 (18%) indivíduos de melhor desempenho silvicultural. Após sucessivas avaliações e desbastes seletivos genéticos, a população original foi reduzida, na idade de 6,5 anos após o plantio, para 88 matrizes. As médias para DAP das novas populações, aos 5 e 6 anos, foram de 21,4 cm e 26,4 cm, respectivamente. Avaliações realizadas aos 5 e 6 anos de idade para resistência aos cancrios *Chrysosporthe cubensis* e *Coniothyrium* (*Coniothyrium zuluense*), nos genótipos testados, indicaram não haver infecção natural nos genótipos de *E. urophylla*. Nesse sentido, informações de literatura corroboram a moderada ou alta resistência dessa espécie ao cancro nas condições tropicais do País (HODGES et al., 1976; MOURA et al., 1980; ALFENAS et al., 2004). Souza (2008), ao comparar níveis de resistência de diversos clones de eucalipto à inoculação artificial, concluiu que o clone de *E.*

*urophylla* estudado mostrou-se resistente aos 4 meses de idade e moderadamente susceptível aos 14 meses. Ressalta-se que, embora raros, algumas pesquisas têm indicado que o controle genético do cancro é de natureza dominante e ou epistática e, nessa condição, a clonagem de genótipos resistentes constitui-se uma técnica eficaz para se controlar a doença (FONSECA et. al., 2010).

Visando à obtenção de candidatos a clones comerciais, foram selecionadas nove matrizes, as quais foram aneladas para obter os rebrotes. Para a obtenção de híbridos com genótipos selecionados de *E. grandis*, mudas dos clones serão instaladas em pomar fechado em vasos para indução floral precoce e realização de polinizações programadas. Não há previsões de novas ações de pesquisa no germoplasma de *E. urophylla*, face às significativas alterações no contexto comercial que envolve a formação de mudas, passando do sistema usual de sementes para clonal. O pomar de sementes por mudas será finalizado pelo corte raso na ocasião da avaliação da qualidade da madeira de *E. grandis*.

### **Base de melhoramento de Goiânia, GO**

A base tropical da expansão de plantios comerciais de eucaliptos está centrada no germoplasma de *Eucalyptus urograndis*, combinação híbrida resultante do cruzamento do germoplasma de *E. grandis* com *E. urophylla*, responsável por 80% dos plantios clonais de eucaliptos no País (FONSECA et al., 2010). Essa combinação reúne as qualidades de crescimento rápido, qualidade da madeira do germoplasma de *E. grandis* com a rusticidade e resistência às doenças e facilidade de enraizamento de *E. urophylla*, além da heterose para caracteres de crescimento como DAP de até 26% (ASSIS, 2000). A existência de heterose para esse caráter é bem documentada na literatura e para casos como estes a opção da seleção recorrente recíproca (SRR) é a mais indicada.

Na base de melhoramento da Embrapa em Goiânia, o programa concentra esforços na geração de progênies híbridas com vistas à seleção de clones de *E. urograndis*. As 50 progênies de polinização aberta das duas espécies, representadas cada uma por 42 indivíduos, tiveram as parcelas implantadas de forma intercalada em fevereiro de 2003. A estratégia de plantio foi maximizar ganhos genéticos pela seleção de genótipos das duas espécies no mesmo local físico, atendendo os princípios da SRR. Foram avaliados os caracteres de crescimento (DAP e altura total) e a resistência à infecção natural do cancro *Chrysoporthe cubensis* em genótipos de *E. grandis*. A altura total média aos 6 e 10 meses de idade foi 1,49 m e 2 m, respectivamente. O valor médio de DAP da população original (18 meses) foi 4,9 cm. Os resultados dos desbastes seletivos com base em valores genéticos aditivos individuais por espécie para caracteres silviculturais levaram à redução da população base para 175 matrizes aos 5 anos de idade, sendo 93 indivíduos de *E. grandis* e 82 indivíduos de *E. urophylla*. Aos 6,5 anos de idade, foi realizada a primeira colheita de sementes em 74 matrizes de *E. grandis* (38 progênies) e em 34 matrizes de *E. urophylla* (23 progênies). Os lotes de sementes colhidos nas duas espécies permitiram o plantio de dois testes de progênies em 2009 e 2010, nos quais se espera obter indivíduos híbridos resultantes da polinização natural.

Para a estratégia de desenvolvimento clonal foram realizados anelamentos parciais de matrizes em 2008 e 2009, nas duas espécies, porém estes cicatrizaram. Outras dificuldades como controle de formigas, presença de animais e deslocamentos constantes de equipe não permitiram a obtenção de rebrotes em quantidades suficientes nesses germoplasmas.

Para formação da população base de melhoramento em Goiânia e formação de raças locais de duas espécies, foi implantada em uma única área de 1,5 ha germoplasma de *Eucalyptus cloeziana* e *Corymbia maculata*. A estratégia do melhoramento foi a

seleção recorrente intrapopulacional baseada no fenótipo. Pelo fato de não haver cruzamentos entre essas espécies, as mesmas foram implantadas de forma intercalada por linhas em fevereiro de 2004, sendo as mudas formadas por sementes colhidas em matrizes de primeira geração de seleção da rede de testes no Brasil de *E. cloeziana* e *C. maculata*. A população base de *E. cloeziana* foi constituída por mudas de sementes colhidas em 96 matrizes em São Paulo e Minas Gerais, cujo objetivo inicial era realizar teste de progênies, mas que foi inviabilizado devido às dificuldades de produção de mudas por sementes.

Quanto à propagação vegetativa de *E. cloeziana*, mais recentemente Almeida et al. (2007) obtiveram índices satisfatórios de enraizamentos, o que viabiliza a clonagem de genótipos por miniestaquia. A seleção de indivíduos como candidatos a clones comerciais, obtenção de rebrotes e multiplicação por sistema clonal são os objetivos centrais do desenvolvimento da população de *E. cloeziana*. A população vem sendo conduzida por meio de desbastes seletivos realizados por observações fenotípicas, mantendo-se os indivíduos de maior aptidão para as condições locais da região Centro-Oeste. A população base de *C. maculata* foi formada por sementes procedidas de colheitas efetuadas pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo, em experimento de conservação da espécie na região de Piraju. Essa espécie apresenta copa reduzida, madeira densa, fuste reto e ausência de bifurcações, características favoráveis para aplicação em sistemas silvipastoris. Como características desfavoráveis, as populações de São Paulo e Goiânia apresentam elevado percentual de indivíduos com forte exsudação de resina, abertura de troncos e alta mortalidade. Da mesma forma que em *E. cloeziana*, o objetivo central é selecionar indivíduos com vistas à aplicação em sistemas clonais face à reduzida produção de sementes e ao rudimentar estágio de melhoramento genético dessa espécie,

que resulta em elevada mortalidade de indivíduos na fase de crescimento. A população original (2.440 árvores das duas espécies) foi reduzida para 324 árvores de *C. maculata* e 304 de *E. cloeziana* na idade de 6 anos. No segundo semestre de 2011 será finalizada a etapa de seleção nas duas populações visando à produção de sementes e o aproveitamento de indivíduos com capacidade de rebrote para aplicação e testes em sistemas clonais.

### **Base de melhoramento de Campo Grande, MS**

A seguir é descrita a estratégia da seleção recorrente intrapopulacional destinada ao melhoramento do *E. grandis* e *E. urophylla* com vistas à obtenção de progênies híbridas e genótipos de *E. urograndis*. Esta estratégia adotada para formar a base genética da expansão de eucaliptos para os estados mais ao oeste do Brasil se assemelha à de Goiânia. Para isso, 60 progênies de polinização livre de cada uma das duas espécies, representadas por 36 indivíduos, tiveram as parcelas implantadas de forma intercalada em janeiro de 2003. A estratégia de melhoramento pretende atender os princípios do método da seleção recorrente intrapopulacional em população híbrida sintética (SRIPS), objetivando maximizar ganhos genéticos pela seleção de genótipos das duas espécies no mesmo local físico. O caráter de crescimento (DAP médio do experimento) aos 12 e 15 meses de idade foi de 4,13 cm e 8 cm, respectivamente. A seleção precoce foi efetuada tendo como base os valores genéticos aditivos individuais por espécie, por fenótipos, por resistência a infecções do cancro da haste associado às avaliações silviculturais. Na idade de 42 meses, a população foi reduzida para 136 matrizes – *E. grandis* (84) e *E. urophylla* (52) – com média geral de 22,4 cm (DAP) e 16,2 m (alt). Aos 80 meses, foram iniciadas colheitas de sementes das matrizes de *E. grandis* (26 matrizes de 21 progênies) e de *E. urophylla* (8 matrizes de 8 progênies).

A estratégia de melhoramento para esse material genético é a sua avaliação em testes de progênies híbridas, para a seleção de indivíduos candidatos a clones comerciais. Após seleção, obtenção de propágulos vegetativos e desbastes seletivos, a população remanescente será mantida objetivando a aplicação da estratégia de seleção recorrente recíproca com formação de híbridos intermediários (SRR-G-HI). O pomar de sementes por mudas, bem como as matrizes selecionadas, serão reavaliadas após os resultados de testes de progênies em andamento. Em 2010, foi iniciada a formação de mudas para testes de progênies híbridas conforme descrito na sequência.

### **Base de melhoramento de Ponta Porã, MS**

Graças à parceria estabelecida com a Embrapa Agropecuária Oeste, no Campo Experimental de Ponta Porã foram implantados experimentos na forma de teste de progênies (*Eucalyptus pellita*) e teste clonal (espécies puras e híbridos diversos). Os plantios aconteceram no final de 2009 e início de 2010, respectivamente. Com essas ações, pretende-se estruturar uma população base de melhoramento de *E. pellita* adaptada às condições regionais, bem como identificar clones experimentais que se mostrem potenciais em termos de produtividade de madeira, adaptação geral e que apresentem boas características silviculturais tanto para sistemas de produção puros como integrados. Esse teste teve por base 24 matrizes de pomar clonal de sementes de segunda geração proveniente de Mareeba (ex-Papua Nova Guiné), importadas da Austrália pela Embrapa Florestas, e o delineamento de campo adotado foi o de blocos completos casualizados com parcelas de uma única planta e 40 repetições.

No caso do teste de progênies, mediante avaliação genética, serão conduzidos desbastes periodicamente, com vistas à formação de um pomar de sementes por mudas. Em paralelo ao trabalho de seleção para a identificação das melhores matrizes para recombinação sexuada, também serão efetuadas tentativas

de resgate via clonagem para integrar a estratégia clonal e de formação de híbridos via polinização controlada em pomar *in door*.

Nos teste clonal, a avaliação do crescimento e o acompanhamento quanto à eventual susceptibilidade a pragas e doenças determinará os genótipos potenciais para a etapa subsequente de seleção, ou seja, a avaliação das propriedades da madeira para usos múltiplos.

Além dessas iniciativas, foi também instalada no início de 2010 uma unidade de observação de *C. maculata*, a qual futuramente e mediante manejo constituirá uma área produtora de sementes de raça local.

### **Base de melhoramento de Niquelândia, GO**

Para a continuidade de avaliação do germoplasma desenvolvido nas bases de melhoramento de Goiânia e Campo Grande na região Centro-Oeste, foram instaladas duas bases de melhoramento nos hortos Aranha e Rio Vermelho, ambos pertencentes à Anglo American Brasil, Unidade Codemin, localizada no Município de Niquelândia, GO. As características climáticas predominantes na região possibilitam o desenvolvimento de genótipos apropriados para condições climáticas assemelhadas às que ocorrem nas áreas dos estados situados mais ao norte, como Maranhão, Piauí e Tocantins, onde predomina a vegetação do tipo Cerrado. Com a Anglo American Brasil, a Embrapa Florestas estabeleceu um contrato de cooperação técnica visando ao desenvolvimento de germoplasma de eucaliptos. O objetivo geral do melhoramento genético é a avaliação e seleção de genótipos e formação de populações base.

Avaliação e seleção de genótipos – Foram instalados dois testes para a avaliação de 105 progênies híbridas em duas áreas de manejo diferenciadas, hortos Aranha e Rio Vermelho, em

dezembro de 2009. A parcela é formada por 30 plantas em linha, sendo as mudas formadas por sementes colhidas em Goiânia, em 2009, em matrizes de *E. grandis* (72) e *E. urophylla* (34). A estratégia de condução do germoplasma prevê avaliações anuais quanto à mortalidade de plantas, susceptibilidade a doenças foliares e crescimento. Nas idades de 2 a 7 anos será avaliado o desempenho do crescimento por meio da medição do DAP. A estimativa de valores genéticos dos indivíduos será realizada para identificação de candidatos a clones comerciais das progênies híbridas, utilizando o BLUP predito por procedimento REML/BLUP. Os genótipos selecionados serão avaliados em testes clonais, em estágios iniciais e final, com o objetivo de lançamento de cultivares comerciais.

Testes de progênies de polinização aberta de *E. pellita* – Sementes importadas da Austrália pela Embrapa Florestas (mesmo germoplasma presente em Ponta Porã) originaram dois testes de progênies. Os testes foram implantados em dois tipos de solo em dezembro de 2009 com parcelas de uma planta, repetidas 40 vezes em delineamento de blocos completos casualizados. O objetivo destes testes é a seleção de indivíduos com desempenho para crescimento para servirem em cruzamentos como fontes de resistência a ferrugem do eucalipto e com alta densidade de madeira e de lignina. Os procedimentos quanto aos métodos de seleção são os descritos em relação aos testes de progênies e seleção de genótipos.

Formação de populações-base de *C. maculata* e *E. cloeziana* – Com o objetivo de formar populações base de melhoramento, foram implantados duas populações, cada uma com área de 1 ha objetivando a seleção massal para futura avaliação de desempenho, coletas de sementes, propágulos vegetativos e avaliação em testes de progênies e clonais.

Germoplasma para testes clonais – Com o intuito de proceder a avaliação de germoplasmas selecionados de diversos clones do

programa de melhoramento da Embrapa Florestas e de parceiros, foram instaladas unidades de observação.

### **Base de melhoramento de Rio Verde, GO**

Para a continuidade de avaliação do germoplasma desenvolvido nas bases de melhoramento de Goiânia e Campo Grande, na região Centro-Oeste, está sendo estabelecida população base de melhoramento nas fazendas experimentais da Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (Comigo), situadas em Rio Verde, sudoeste do Estado de Goiás. Em 2009/2010 foram implantados testes de progênies híbridas do germoplasma de *E. grandis* e *E. urophylla* coletado em Goiânia, teste de progênies de *E. pellita* procedentes de Papua Nova Guiné e testes clonais de multiespécies, além de unidades de observação de *C. maculata*. Com a Comigo, a Embrapa Florestas estabeleceu um contrato de cooperação técnica visando ao desenvolvimento de germoplasma de eucaliptos para fins energéticos e madeira para serraria. O objetivo geral do melhoramento é a avaliação e seleção de genótipos e formação de populações base e desenvolvimento clonal. Em 2010, iniciou-se o processo de formação de mudas por sementes de 54 progênies híbridas procedentes da base de melhoramento de Campo Grande, MS, visando à instalação de testes de progênies e seleção de indivíduos candidatos a clones comerciais.

### **Bases de melhoramento no Paraná e em Santa Catarina**

Em certas regiões do País, face às particularidades climáticas, a possibilidade de formar plantações florestais produtivas é mais restrita, havendo menor disponibilidade de materiais genéticos de qualidade para avaliação. Esse é o caso das regiões frias do Sul do Brasil, aonde invernos rigorosos sujeitos a geadas frequentes e intensas prejudicam o crescimento ou mesmo a sobrevivência das árvores. Independentemente da situação geográfica, a disponibilidade de madeira contribui para o bem-estar das populações tanto no ambiente rural como urbano, seja gerando calor para conforto térmico e preparo de alimentos, seja como

item de aplicação geral na propriedade rural, na forma bruta ou processada.

Com o propósito de oferecer alternativas para a produção de madeira de eucalipto nas áreas altas da região Sul, a Embrapa Florestas introduziu de forma pioneira da Austrália as espécies *Eucalyptus benthamii* e *E. badjensis*. Ambas apresentam na sua evolução alta capacidade de suportar baixas temperaturas. O trabalho dos pesquisadores desde então têm sido o de melhorar a adaptação geral da espécie, suas características silviculturais, níveis de produtividade e aptidão para usos diversificados da madeira.

### ***Eucalyptus benthamii***

A espécie vem sendo indicada para plantio em regiões do Sul do Brasil sujeitas a geadas com temperaturas de até -6 °C, em altitudes entre 800 m a 1.400 m. Avaliações tecnológicas da madeira (densidade, poder calorífico, teor de lignina) têm mostrado adequação para fins energéticos. Nota-se uma expansão gradual da área plantada nos últimos anos, estimando-se que atualmente existam 10 mil ha ocupados com a espécie. O programa de melhoramento genético conduzido pela Embrapa Florestas possui 22 anos, sendo que o primeiro talhão experimental (0,5 ha) foi estabelecido em 1988, em Colombo, PR (25°19'S; 49°09'W; 941 m). Desbastes sucessivos possibilitaram transformar essa área em ACS-MS, possuindo atualmente 130 indivíduos. Uma segunda unidade produtora de sementes, originada da anterior, encontra-se em Ponta Grossa, PR (25°09'S; 50°04'W; 880 m). Essa APS Clonal (1,09 ha, contendo 160 indivíduos) foi formada a partir da seleção e propagação vegetativa de 16 matrizes selecionadas aos 8 anos de idade, com base na taxa de crescimento, forma do tronco e sanidade. Em virtude da população original (Wentworth Falls-NSW, Austrália: 33°48'S; 150°24'E; 150 m) possuir base genética estreita (7-10 árvores), a Embrapa Florestas decidiu

importar novos lotes de sementes do *The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO), em 2005. Nessa oportunidade, foram trazidas 30 progênies da população Kedumba Valley-NSW (33°49'S; 150°23'E; 140 m), 6 progênies da população Bents Basin-NSW (33°52'S; 150°38'E; 40 m) e ainda sementes em *bulk* das fontes Crossley SSO (33°28'S; 145°00'E; 90 m) e SSO Barclays Deniliquin (35°01'S; 145°13'E; 100 m), aumentando substancialmente a base genética disponível para a seleção recorrente intrapopulacional (SRI).

Para avaliar o desempenho das novas introduções, em 2007 foram estabelecidos testes de progênies em Ponta Grossa e em Guarapuava, Estado do Paraná. Na avaliação aos 20 meses de idade após o plantio em Ponta Grossa para a característica DAP, foram encontrados os seguintes parâmetros estatístico-genéticos: média geral: 6,17 cm;  $h^2a$  (herdabilidade no sentido restrito): 0,40;  $h^2mp$  (herdabilidade entre médias de progênies): 0,82; CVgi (coeficiente de variação genética individual, em %): 17,12; CVgp (coeficiente de variação genética entre progênies, em %): 8,56. Para DAP nessa mesma localidade, porém aos 32 meses, os valores foram: média geral: 12,51 cm;  $h^2a$ : 0,47;  $h^2mp$ : 0,84; CVgi (%): 9,86; CVgp (%): 4,93. Na avaliação aos 40 meses em Guarapuava para a característica volume cilíndrico, foram encontrados os seguintes parâmetros estatístico-genéticos: média geral: 0,56 m<sup>3</sup>;  $h^2a$ : 0,31;  $h^2mp$ : 0,81; CVgi (%): 13,05; CVgp (%): 6,52. Esses resultados orientaram os desbastes, com a eliminação das árvores de menor valor genético aditivo individual, além das bifurcadas, quebradas e doentes. Quanto à estratégia de hibridação, cruzamentos controlados de *E. benthamii* (espécie paterna) com *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. pellita* foram realizados em 2008, sendo obtidas aproximadamente 10 mil sementes, cujos descendentes (da ordem de algumas centenas) começaram a ser avaliados a partir de 2010. Paralelamente, estão sendo conduzidas pesquisas

objetivando o desenvolvimento de protocolos de propagação vegetativa massal, as quais são de grande importância por possibilitar a formação de plantações clonais, propiciando ganhos em produtividade e qualidade às futuras plantações.

### ***Eucalyptus badjensis***

A espécie vem sendo avaliada experimentalmente na Fazenda Modelo da Embrapa Transferência de Tecnologia, em Ponta Grossa, PR, em dois módulos experimentais, implantados em 1996 e 1998. As avaliações indicam crescimento compatível a de outras espécies temperadas, tolerância a temperaturas abaixo de 0 °C, ocorrência de gomose e pau-preto e mortalidade intermediária. Parte da população de plantas de um dos módulos foi afetada irreversivelmente por um incêndio ocorrido em 2008.

No Estado de Santa Catarina, a expressão fenotípica está muito diferente daquela observada no Paraná, como pode ser notado no detalhamento das duas unidades experimentais estabelecidas em parceria com a empresa Celulose Irani S.A, conforme as considerações a seguir.

Teste de Procedências/Progenies – Este experimento foi instalado em 1996 na Fazenda Campina da Alegria (Vargem Bonita, SC) num espaçamento inicial de 3 m x 2 m, ocupando uma área de 3 ha. Situa-se nas seguintes coordenadas geográficas: 26°52'S, 51°48'W e altitude de 1.025 m. O módulo reúne ótimas condições para ser transformado numa unidade produtora de sementes (APS), tendo já passado por pelo menos um desbaste. Contém um grande número de árvores apresentando excelentes características fenotípicas. As procedências geográficas são Glenbog e Badja S.F., New South Wales, Austrália, conforme registros existentes em arquivos da Embrapa Florestas e da Celulose Irani S.A.

População-Base de Melhoramento – Esta área foi instalada na Fazenda Pinho (Ponte Serrada-SC) em 1996, ocupando

uma área aproximada de 13 ha. As coordenadas geográficas são: 26°49'S, 51°49'W e altitude de 1.095m. Observa-se um excelente desenvolvimento das árvores e ótima condição silvicultural. Há registros de que a área foi submetida a dois desbastes, sendo o primeiro aos quatro anos de idade. À semelhança do módulo anterior, esse também reúne ótimas condições para ser transformada numa unidade produtora de sementes (APS) dada a quantidade de árvores de bom padrão.

Nessas duas unidades experimentais serão efetuadas, a partir de 2011, coletas de sementes das melhores matrizes, selecionadas simultaneamente para múltiplos caracteres, ao mesmo tempo em que serão feitos anelamentos parciais de tronco para a indução de brotações e coleta de rebrotes. Num segundo momento, prevê-se a instalação de testes de progênies e clonais em Santa Catarina e Paraná, a partir dos quais será possível conduzir a seleção recorrente intrapopulacional e a indicação de clones para abreviar os trabalhos de melhoramento.

### ***Eucalyptus dunnii***

Em Colombo, PR, a Embrapa Florestas vem conduzindo uma população de primeira geração de seleção oriunda de teste de procedências plantado em fevereiro de 1979. A área de coleta de sementes com matrizes selecionadas por caracteres fenotípicos (ACS-MS) descende das procedências geográficas Urbenville (altitude 350 m), Moleton (altitude 430 m) e Dorrigo (altitude 700 m). A população produz frutos de forma não-prolífica e irregular, provavelmente pelo fato da temperatura média anual da região (17 °C) ser maior que a ideal para a reprodução da espécie, que seria de 16 °C ou menos (ARNOLD; DONGYUN, 2003). Comercialmente, a produtividade média de sementes das 142 árvores (84 m<sup>2</sup> de área por árvore) da ACS-MS aos 20 anos de idade foi de 625 g, com poda de 50% da copa (HIGA et al., 2001).

Dessa área foram colhidas sementes de 60 matrizes de forma que no ano de 1994 instalou-se um teste de progênie de polinização aberta de segunda geração em Ponta Grossa, PR. Atualmente essa unidade constitui-se o melhor material disponibilizado pela Embrapa Florestas, embora na prática constitua-se uma APS. Nota-se, contudo, como resultado de acompanhamentos fenológicos periódicos, uma perspectiva de aumento gradual da produção de sementes. Até o presente ano, a produção acumulada se limitou a apenas 3 kg de sementes, resultado de colheita realizada em 2006.

A partir de sementes desse mesmo lote, foram instalados, em 2003, ensaios semelhantes em Bagé e Carazinho, RS (população melhorada e teste de progênie, respectivamente). Particularmente em Carazinho, a população está apresentando bom desenvolvimento, já tendo passado por dois desbastes. Em Bagé, não houve adaptação ao tipo de solo, o que implicou em baixas taxas de crescimento das árvores.

A estratégia geral de melhoramento para a espécie é a seleção recorrente intrapopulacional. Porém, estão sendo avaliados em experimentos alguns clones híbridos resultantes do cruzamento espontâneo com *E. benthamii*, havendo indicativos de tratar-se de uma possibilidade de grande potencial a ser explorada de forma planejada pelo programa de melhoramento da Embrapa Florestas.

### ***Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii***

O híbrido espontâneo entre *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* vem sendo pesquisado desde 2006, despertando a atenção na região centro-oeste paranaense pela elevada heterose para crescimento em comparação com as espécies parentais e prevalência da expressiva tolerância ao frio da espécie materna. Desde então, já foram resgatados nove genótipos que estão sendo avaliados até o momento em um único teste clonal instalado em 2010 em Ponta Porã, MS. Quatro genótipos

de excelente fenótipo deverão ser integrados ao processo, repetindo-se os passos anteriormente aplicados: resgate da matriz, propagação em escala experimental e avaliação em teste clonal. Mediante parcerias já estabelecidas, pretende-se ampliar significativamente a rede experimental com esse híbrido a partir de 2012.

### **Estratégia baseada no uso da hibridação e da polinização controlada**

Com o surgimento de tecnologias como a propagação vegetativa e a embriogênese somática, novas estratégias de melhoramento genético têm surgido. Uma delas inclui o desenvolvimento de híbridos oriundos da polinização controlada. Uma das grandes vantagens da hibridação intra e interespecífica é a possibilidade de explorar a heterose ou vigor de híbrido para caracteres de importância econômica e adaptativa.

A hibridação interespecífica constitui-se em uma forma rápida de obter ganhos genéticos em programas de melhoramento genético florestal, a qual tem sido amplamente utilizada no Brasil, especialmente para o gênero *Eucalyptus*. Por meio desse procedimento, é possível a complementaridade das características de crescimento, qualidade da madeira (celulose, carvão vegetal e produtos processados mecanicamente, resistência aos fatores bióticos (pragas e doenças) e abióticos (estresse hídrico e de fertilidade, ventos etc.), além da obtenção da heterose (vigor de híbrido). Porém, com a opção pelo uso de híbridos, surge a necessidade do desenvolvimento da propagação vegetativa para as espécies, uma vez que o aproveitamento imediato da heterose torna-se mais vantajoso desta maneira. Em muitos casos, essa tem sido a maior restrição ao uso de híbridos em grande escala.

Para o avanço de programas de melhoramento com vistas ao aumento da resposta heterótica, o método da seleção recorrente

recíproca (SRR) é o ideal, podendo-se recorrer a polinizações controladas para uma maior efetividade em cruzamentos. Dependendo da natureza das populações parentais, a SRR adquire diferentes configurações, ocasionando ligeiras variações na manipulação dos germoplasmas e na nomenclatura.

Como suporte aos programas de híbridos, é necessário também o desenvolvimento de tecnologia de polinização controlada e manuseio do pólen para cada espécie. O conhecimento da biologia de reprodução é indispensável nesse caso. Para os eucaliptos existem metodologias sendo usadas e que podem ser aperfeiçoadas visando aumentar a eficiência dos programas de hibridação.

Protocolos de manuseio de pólen (coleta, secagem, armazenamento e testes de viabilidade), além de metodologia para a polinização controlada de eucaliptos, foram desenvolvidos, porém ajustes pontuais de acordo a fenologia reprodutiva de cada espécie são requeridos.

Para o desenvolvimento de híbridos intraespecíficos, uma ótima opção é o delineamento em “V” apresentado por Resende (2002), que deve ser usado para os genitores de maiores valores genéticos aditivos na população de melhoramento (Tabela 5). Tal delineamento permite cruzar os melhores genitores mais vezes. Isto é uma forma de aumentar a probabilidade de obtenção de indivíduos excepcionalmente superiores nas progênes. Considerando os dez melhores genitores da população, ordenados de acordo com os seus valores genéticos preditos, o delineamento em “V”, apresentado a seguir, permite definir os cruzamentos a serem realizados, quando o número total deles é fixado em 25 (Figura 1).

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

Figura 1. Delineamento em “V” sugerido por Resende (2002).

Neste caso, apenas os melhores cruzamentos são realizados e o número de cruzamentos para cada genitor está indicado na Tabela 6.

Tabela 6. Resultados dos melhores cruzamentos e número de cruzamento por genitor.

Genitor	Número de cruzamentos	Genitor	Número de cruzamentos
1	9	6	5
2	8	7	4
3	7	8	3
4	6	9	2
5	5	10	1

## Hibridação entre espécies de eucaliptos

A demanda para desenvolvimento de híbridos é intensa para esse gênero, visto que existe um grande número de espécies, com diferentes características, as quais podem ser combinadas em cruzamentos viáveis. Em grande parte dos cruzamentos, busca-se a desejada heterose. Segundo Assis e Mafia (2007), a experiência com a produção de híbridos mostra que a manifestação da heterose depende do local e

também da afinidade genética entre as espécies. Com base na compatibilidade de cruzamentos entre as diferentes seções (*Transversaria* e *Maidenaria*) e nas características de interesse para a Embrapa Florestas optou-se inicialmente pelos seguintes híbridos, definidos para as diferentes situações:

## Híbridos interespecíficos

### Produtividade e resistência à alta umidade:

*C. torelliana* x *Corymbia citriodora*

Esse híbrido é de grande importância para o futuro, especialmente considerando que, com as mudanças climáticas globais, a precipitação pluviométrica poderá ser muito alterada, inclusive com o seu incremento para determinadas regiões. Além do mais, segundo Alfenas et al. (2004) e Ferreira e Milani (2002), essas espécies são resistentes à ferrugem.

### Produtividade e tolerância/resistência à seca:

*E. pellita* x *E. grandis*

*E. pellita* x *E. saligna*

*E. grandis* x *E. crebra*

*E. saligna* x *E. crebra*

*E. "urograndis"* x *E. crebra*

Alguns desses cruzamentos têm sido praticados com frequência no Brasil, de acordo com Verryyn (2000). Além disso, para a Embrapa Florestas, os mesmos são de importância estratégica considerando o aquecimento global e a possibilidade do incremento das regiões com deficiência hídrica.

### Produtividade e tolerância/resistência ao frio:

*E. urophylla* x *E. dunnii*

*E. urophylla* x *E. benthamii*

*E. urophylla* x *E. badjensis*

*E. benthamii* x *E. dunnii*

*E. grandis* x *E. dunnii*

*E. grandis* x *E. benthamii*

*E. grandis* x *E. badjensis*

*E. benthamii* x *E. badjensis*

*E. "urograndis"* x *E. dunnii*

*E. "urograndis"* x *E. benthamii*

*E. "urograndis"* x *E. badjensis*

Salienta-se que o objetivo principal da Embrapa Florestas é selecionar combinações vantajosas para os segmentos energia e sólidos madeiráveis. Por esse motivo, espécies como *E. globulus* var. *globulus* e *E. globulus* var. *maidenii* não foram contempladas num primeiro momento. Essas duas espécies têm sido utilizadas intensivamente na formulação de híbridos em programas desenvolvidos por empresas do setor de celulose/papel.

Em relação à tolerância-resistência a doenças e à seca, a utilização da espécie *E. pellita* é estratégica para a obtenção de combinações vantajosas na tentativa de superar tais tipos de estresses, que são relativamente comuns em ambientes tropicais do Brasil. Para tanto, pretende-se selecionar por valor genético aditivo individual as melhores matrizes identificadas nos testes instalados nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, em 2009.

Segundo Assis e Mafia (2007), além da hibridação proporcionar a obtenção de indivíduos resistentes às condições adversas do meio ambiente, ela poderá produzir indivíduos que terão facilidade na clonagem, já que, segundo os autores, praticamente todas as espécies tolerantes ao frio são recalcitrantes ao enraizamento. Nesse caso, é importante o avanço do programa de propagação vegetativa para apresentar soluções aos inúmeros problemas que venham a surgir com os novos genótipos a serem desenvolvidos.

## Aplicação ou uso associado de novas tecnologias

**Seleção genômica ampla (SGA)** – Tradicionalmente, o melhoramento genético tem tido sucesso quanto às ações de criação e identificação de genótipos superiores. A identificação evoluiu da avaliação do desempenho fenotípico com o apoio de procedimentos que permitem uma análise genética completa envolvendo o desempenho de genitores e das progênes para a tomada de decisão. Um desses procedimentos é o BLUP, que utiliza dados fenotípicos obtidos no campo. Para aumentar a eficiência desse procedimento foi proposta a seleção auxiliada por marcadores moleculares que, por diversos aspectos, é limitada sendo pouco eficiente quando se busca correlacionar a variabilidade genética dos locos (marca) à expressão de um caráter e, portanto, na obtenção de ganhos genéticos em caracteres relacionados à produção e qualidade da madeira. Outro método auxiliar proposto para a seleção é o que envolve a seleção genômica ampla (SGA). Neste procedimento são utilizados milhares de marcadores envolvidos na expressão de um caráter, portanto, há uma cobertura mais ampla do genoma. A aplicação da SGA ainda é limitada, devido aos elevados custos para determinação dos marcadores dos tipos microssatélites e/ou SNPs em eucalipto. Entretanto, os marcadores do tipo DArT apresentam custos compatíveis e estão sendo aplicados com sucesso no melhoramento do eucalipto (GRATTAPAGLIA; RESENDE, 2011). Dessa forma, foi elaborado em 2011 conjuntamente pelo Cenargen e Embrapa Florestas um projeto específico de aplicação da seleção genômica ampla (SGA) no programa de melhoramento genético do eucalipto da Embrapa. Com a SGA, a predição e seleção podem ser realizadas em fases muito juvenis das plantas, obtendo-se assim maior porcentagem de ganhos genéticos em um período de tempo mais curto. A SGA propicia uma forma de seleção precoce direta (SPD), pois detecta a variabilidade genética precocemente entre os genes

envolvidos na expressão de um determinado caráter na fase adulta. Ao contrário, a seleção precoce tradicional é indireta, por atuar (via avaliação fenotípica) sobre genes ativados na idade precoce, esperando que esses informem parcialmente sobre genes expressos na idade adulta. Assim, a SPD com base nas informações obtidas com SGA é especialmente importante para o melhoramento de organismos perenes como as espécies florestais.

Estão previstos dois projetos de SGA: num primeiro momento um para eucaliptos temperados (*E. benthamii*) e posteriormente outro para eucaliptos tropicais (*E. urograndis*). Assim, em torno de 1.000 indivíduos-elite de cada um desses materiais deverão ser genotipados e fenotipados para caracteres de crescimento e qualidade da madeira.

**Transgenia** – Além da expansão das áreas plantadas em direção ao Norte e Nordeste brasileiros, a expansão das áreas plantadas com eucaliptos vem sendo observada também em direção ao Sul do País, nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, aonde o clima subtropical apresenta temperaturas mais baixas, com risco de geadas de forte intensidade em muitas regiões. Este cenário exige da pesquisa o melhoramento genético de espécies para a seleção de plantas tolerantes aos estresses abióticos. No entanto, algumas dificuldades surgem na seleção de genótipos, como quantificar o efeito do estresse, seja pela falta de metodologia de avaliação, em razão da complexidade dos mecanismos envolvidos, seja pela instabilidade e intensidade da ocorrência do fator de estresse (SCOTT e FISCHER, 1993). Além disso, a tolerância aos estresses abióticos é considerada uma característica poligênica e difícil de ser trabalhada somente pelo melhoramento genético convencional (BEEVER, 2000).

Além dos avanços proporcionados pelo melhoramento convencional para selecionar plantas mais tolerantes à seca e ao frio, nos últimos anos o desenvolvimento de técnicas

biotecnológicas vem tornando possível a identificação e o isolamento de genes responsáveis por várias características, dentre elas genes envolvidos na tolerância aos estresses abióticos. Aliadas às técnicas de transformação vegetal, hoje em dia é possível alterar a composição de componentes individuais de plantas, aumentando as defesas contra estresses bióticos e abióticos, de maneira mais rápida e por vezes mais eficiente do que se consegue por meio do melhoramento convencional, uma vez que a transformação genética possibilita a introdução direta de genes que modificam características de interesse, mantendo as características originais da variedade e evitando a transferência de características deletérias.

Genes de tolerância à seca, a partir de estudos prospectivos inéditos que serão conduzidos em *E. crebra* pela Embrapa Florestas em parceria com a Embrapa Semiárido, uma vez encontrados, isolados e validados, poderão abrir novas e promissoras perspectivas dentro do PMGE para melhorar a adaptação de clones de eucalipto a regiões de expansão de cultivo, como vem sendo verificado nos estados de Mato Grosso, Tocantins e Piauí e partes de Pernambuco e Bahia. Tais pesquisas foram iniciadas em 2011.

Estudos moleculares recentes de regulação gênica de plantas submetidas à deficiência hídrica têm identificado alguns genes que respondem aos estresses abióticos. Dentre eles, verificou-se a presença de uma família de genes que codificam fatores de transcrição denominados DREB (*Dehydration Responsive Element Binding Protein*), envolvidos na ativação de vários outros genes que apresentam características de defesa aos estresses abióticos como é o caso do gene DREB2A (*Dehydration Responsive Elements Binding Protein 2A*). Além do gene DREB2A, outros genes desta família também têm demonstrado eficiência na indução de tolerância aos estresses abióticos.

Diante do contexto, no qual observa-se o avanço de áreas plantadas com eucaliptos, notadamente com a substituição de sementes como formadores de mudas, tanto para regiões de semiárido, com características de maiores períodos de estiagem, quanto para regiões subtropicais/temperadas, aonde ocorre o risco de geadas, o gene DREB despertou o interesse de pesquisadores da Embrapa Florestas, com a finalidade de obter eucaliptos resistentes à seca e ao frio.

Assim, em 2009, tiveram início as negociações para a liberação do uso destes genes também para eucalipto e, recentemente, o Jircas concedeu a sua utilização para a Embrapa Florestas, que tem como objetivo introduzir os genes DREB1A e DREB2A via *Agrobacterium tumefaciens* em clones de eucalipto. Os genótipos de “sucesso”, que contam com genes que codificam fatores de transcrição que ativam outros genes como os de proteção às estruturas celulares contra a desidratação e o frio, serão incorporados ao programa de melhoramento, sendo testados quanto às suas respostas fisiológicas, bioquímicas e biofísicas, em condições de seca e de frio em ambientes devidamente controlados em casa-de-vegetação e no campo.

**Espectroscopia do Infravermelho Próximo (NIRS)** – A aplicação da espectroscopia na faixa do infravermelho (NIRS) na Embrapa Florestas não tem sido utilizada como uma ferramenta na avaliação de germoplasma com fins específicos voltados à seleção. Uma das alternativas que vem sendo utilizada é na composição de um banco de dados a partir da análise dos espectros de folhas coletadas em progênies de *E. benthamii* à idade de 8 meses provenientes do experimento instalado em Ponta Grossa, PR. O objetivo, a partir de correlações dos espectros com dados fenotípicos obtidos das avaliações de campo em diversas idades bem como com valores genéticos dos indivíduos preditos por BLUP, foi o de identificar possíveis preditores de comportamento ligados ao crescimento e desenvolvimento.

## Estratégias de conservação genética

Os grandes empreendimentos florestais/industriais formados a partir de eucaliptos estão fundamentados no uso de material genético melhorado de um número reduzido de espécies, por meio do uso intensivo de material puro ou de híbridos interespecíficos, em sua maioria via clones.

No médio e longo prazos, isto pode representar uma vulnerabilidade ao setor produtivo, uma vez que fatores como exigências de mercado, restrições ambientais, mudanças climáticas e outros podem requerer o uso alternativo de espécies com características distintas. A flexibilidade necessária para que o setor produtivo se ajuste rapidamente a situações desfavoráveis e, assim, continue a suprir a demanda de matéria-prima florestal, depende da disponibilidade de opções de germoplasmas adequados para superar adversidades, sejam elas bióticas, abióticas ou motivadas por tendências de mercado.

A Embrapa Florestas vêm mantendo vários bancos ativos de germoplasma (BAGs) em diversas regiões brasileiras, contemplando razoável gama de espécies. Essa rede de BAGs representa uma medida estratégica que a Empresa adotou e vem ainda praticando com vários parceiros do setor florestal, principalmente empresas privadas, instituições de pesquisa estaduais, universidades e pequenos proprietários rurais. O conhecimento da variabilidade genética e das características morfológicas e adaptativas dos materiais é de grande importância para a continuidade da conservação e para a realização plena de trabalhos de melhoramento genético dos eucaliptos de forma geral.

Dentre as espécies que vem sendo conservadas geneticamente, tem-se prioritariamente *E. grandis*, *E. saligna*, *E. tereticornis*,

*E. pellita*, *E. resinifera*, *E. pilularis*, *E. maculata*, *E. cloeziana*, *E. viminalis* e *E. deanei*. A Tabela 7 contém os detalhes relevantes referentes a cada espécie. Os trabalhos desenvolvidos nos BAGs até o momento têm se limitado a mantê-los em boas condições no campo. Como estratégia de utilização futura, está prevista a prospecção de genes de interesse, hibridação e intercâmbio com outras instituições de pesquisa.

**Tabela 7.** Germoplasmas que vêm sendo mantidos na condição de BAGs pela Embrapa Florestas e seus Parceiros.

Espécie x local	Empresa	Ano de plantio	Área (ha)	Tratamentos	Nº Av.	Lat. (S)	Long. (E)	Alt. (m)
<i>E. grandis</i>								
Telêmaco Borba, PR	Klabin	01 a 04/1986	40,12	Baldy State Forest 194 Atherton-QLD	25	17°18'	145°25'	1.000-1.200
Barra do Ribeiro, RS	CMPC Celulose Riograndense	06/1986	7,30	12 km S of Ravenshoe Mt. Pandanus-QLD	20	17°42'	145°28'	860-940
Guanhães, MG	Cenibra	12/1985	6,80	27 km SE of Ravenshoe-QLD	5	17°50'	145°33'	720-800
Santa Bárbara, MG	Cenibra	12/1985	6,00	25-36 km SE of Mareeba-QLD	11	17°06'	145°38'	900-1.140
				20 km S of Atherton-QLD	15	17°25'	145°27'	900-1.000
				Kenilworth St. Forest-QLD	23	26°44'	152°39'	600-700
				Belthorpe St. Forest-QLD	25	26°52'	152°42'	500
				Wild Cattle Creek S.F. Dorrigo-NSW	26	30°13'	152°46'	640
				Yabba S.F. Urbenville-NSW	25	28°34'	152°34'	450-600
				Knorrit S.F. Mt. George-NSW	25	31°50'	152°01'	230
Uberaba, MG	Eldorado	02/1986	-	25-36 km SE of Mareeba-QLD	11	17°06'	145°38'	900-1.140
				20 km S of Atherton-QLD	15	17°25'	145°27'	900-1.000
<i>E. saligna</i>								
Telêmaco Borba, PR	Klabin	02 e 03/1986	37,22	Kroombit Tops-QLD	25	24°28'	151°00'	850
Eldorado do Sul, RS	CMPC Celulose Riograndense	09/1986	6,80	Kenilworth St. Forest-QLD	26	24°44'	152°39'	600-700
Guanhães, MG	Cenibra		6,20	Brother State Forestry Glen Innes-NSW	26	29°47'	152°09'	1.030
Tibagi, PR	Vale do Corisco	01/1988	14,61	Yabba S.F. Urbenville-NSW	26	28°34'	152°30'	600-650
Caçapava, SP	Fibra	01/1986	6,50	Styx River S.F. Armindale-NSW	26	30°39'	152°08'	880-1060
				Barrington Tops Cloucester-NSW	26	31°52'	151°41'	450-750
				Chaelundi S.F. Dorrigo-NSW	25	30°03'	152°23'	980

continua

Tabela 7. Continuação.

Espécie x local	Empresa	Ano de plantio	Área (ha)	Tratamentos	Nº Arv.	Lat. (S)	Long. (E)	Alt. (m)
<b><i>E. tereticornis</i></b>								
Belo Oriente, MG	Cenibra	08/1985	1,94	5-12 km S of Helenvale-QLD	25	15°47'	145°15'	500-800
				Ravenshoe-QLD	18	17°39'	145°21'	700
				Mt. Garnet-QLD	12	18°10'	144°48'	880
<b><i>E. pellita</i></b>								
São Miguel Arcanjo, SP	Suzano	06/1985	1,25	14,6 km NE of Coen-QLD	18	13°53'	143°17'	560
Anhembi, SP	Esalq/USP	05/1990	0,60	5-12 km S of Helenvale-QLD	10	15°45'	145°15'	150-500
				14,6 km NE of Coen-QLD	18	13°53'	143°17'	560
<b><i>E. resinifera</i></b>								
Telêmaco Borba, PR	Klabin	12/1989	1,30	25-36 km SW of Mareeba-QLD	25	17°06'	145°33'	900-1,140
Anhembi, SP	Esalq/USP		-					
<b><i>E. pitularis</i></b>								
Guanhães, MG	Cenibra		0,82	Fraser Island-QLD	28	25°13'	153°12'	140
Itamarandiba, MG	Arcelor Mittal	03/1985	1,26	Gallangowan St. Forest-QLD	25	26°28'	152°24'	600
Birtiba Mirim, SP	Suzano	10/1985	5,52					
Brotas, SP	International Paper	10/1985	1,20					

continua

Tabela 7. Continuação.

Espécie x local	Empresa	Ano de plantio	Área (ha)	Tratamentos	Nº Árv.	Lat. (S)	Long. (E)	Alt. (m)
<b><i>E. viminalis</i></b>								
Irani, SC	Celulose Irani	02/1986	1,35	14 km SE of Bendoc-VIC	25	37°15'	148°58'	850
Catanduvas, SC	Celulose Irani	03/1986	0,62	43 km S of Bombala-NSW	20	37°13'	149°18'	420
Catanduvas, SC	Celulose Irani	03/1986	1,04	16 km SW of Bendoc-VIC	20	37°43'	148°45'	720
<b><i>E. deanei</i></b>								
Eldorado do Sul, RS	CMPC Celulose Riograndense	07/1986	0,60	Brother State Forestry Glen Innes-NSW	10	29°48'	152°07'	900-1.000
<b><i>E. maculata</i></b>								
Anhembi, SP	Esalq/USP	06/1987	-	Wondai St. Forest-QLD	25	26°25'	151°56'	400
Piraju, SP	Ifesp	06/1985	4,00	Woodum St. Forest Gympie-QLD Wondai St. Forest-QLD	25	26°18'	152°28'	100
<b><i>E. cloeziana</i></b>								
Guanhães, MG	Cenibra	03/1985	1,70	12 km SW of Cardwell St. Forest-QLD 5-12 km S of Helenvale-QLD 10-25 km W of Herberton-QLD Blackdown Tableland-QLD Woodum St. Forest Gympie-QLD	25	18°22'	146°03'	30-200
Luis Antônio, SP	Ifesp	11/1985	4,90	12 km SW of Cardwell St. Forest-QLD 5-12 km S of Helenvale-QLD Blackdown Tableland-QLD	25	18°22'	146°03'	30-200
Anhembi, SP	Esalq/USP	06/1987	3,15	12 km SW of Cardwell St. Forest-QLD 5-12 km S of Helenvale-QLD	10	15°45'	145°15'	400-500
					25	23°48'	149°01'	750
					25	26°18'	152°28'	100
					25	18°22'	146°03'	30-200
					10	15°45'	145°15'	400-500
					25	23°48'	149°01'	750
					25	18°22'	146°03'	30-200
					10	15°45'	145°15'	400-500

## Considerações finais

O programa de melhoramento conduzido pela Embrapa Florestas está centrado essencialmente na avaliação de caracteres quantitativos ligados à produção volumétrica de madeira principalmente de espécies puras. Essa estratégia atende ao objetivo da produtividade que é a característica mais importante da produção florestal. Entretanto, para assegurar a presença da Empresa no cenário do melhoramento florestal torna-se necessário aprimorar o conhecimento sobre os genótipos do programa, principalmente as características tecnológicas relativas à qualidade da madeira para a finalidade desejada e mesmo para múltiplos usos. Vale destacar que na forma genética “espécies puras” ou populações, as informações existentes na literatura sobre aspectos qualitativos da madeira são suficientes para microempresários, produtores rurais e, ou para aqueles que consomem madeira para fins energéticos sem maiores cuidados em relação aos custos de produção e utilização. Entretanto, para fins específicos como serrados, usos em construção civil, sistemas agrossilvopastoris, e mesmo energéticos na forma transformada em carvão, os germoplasmas disponíveis são, na quase totalidade, pouco melhorados geneticamente e pouco ou nada caracterizados do ponto de vista de suas principais qualidades.

Outra característica do atual programa é o fato relevante de que a maioria das estruturas genéticas conduzidas até 2010 (70% do total, Tabela 1) objetivavam a produção de sementes. Fatos como esses evidenciam as dificuldades a serem enfrentadas pela Empresa na condução de populações de sementes, que mesmo com grau avançado de melhoramento não encontram mercado, em face da existência de um número elevado de fornecedores de sementes.

Quanto à condução de populações puras, populações híbridas ou sintéticas voltadas ao desenvolvimento e seleção de clones, a Embrapa Florestas conta com parceiros, que no momento possuem estruturas mínimas para a propagação vegetativa. Muito embora disponibilizadas, as estruturas nem sempre contam com os recursos humanos, físicos e mesmo financeiros para o desenvolvimento de centenas de clones que um programa de melhoramento requer. Quanto ao estabelecimento de rede experimental para a condução das populações de melhoramento, avaliação de caracteres de crescimento e silviculturais, o problema é redundante e acentuado, devido à localização geográfica da Unidade em relação às zonas de plantio, notadamente para os eucaliptos tropicais, o que implica em aumento dos custos.

## **Agradecimentos**

Aos engenheiros Abílio Rodrigues Pacheco e Ailton Vitor Pereira, ambos da Embrapa Negócios Tecnológicos de Goiânia, por apoiarem a iniciativa de expansão das bases de melhoramento com eucaliptos tropicais da Embrapa Florestas na Região Centro-Oeste, bem como pelo incentivo à formação de parcerias com as empresas do Grupo Anglo American – Unidade Codemin e com a Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (Comigo).

Aos engenheiros Ademir Forlin, Antonio Elias Fardin e André Montagner Machado, do Grupo Anglo American – Unidade Codemin, pelo entusiasmo e apoio às pesquisas para desenvolvimento de espécies florestais com base no melhoramento genético.

Aos engenheiros Cláudio César Teoro e Ubirajara Silva de Oliveira Silveira, da Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (Comigo) pelo apoio no desenvolvimento de germoplasma florestal para a Região.

Ao zootecnista César Antônio Cordeiro, responsável pelo apoio estratégico da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, e ao assistente de pesquisa José Carlos Peixoto, da Embrapa Pecuária de Corte, pela contribuição na condução silvicultural das bases de melhoramento.

Ao engenheiro Osmar José Romeiro de Aguiar, da Embrapa Amazônia Oriental, e aos melhoristas pesquisadores Osvaldo Navegante Câncio e Raimundo Nonato Medeiros, pelas contribuições no desenvolvimento de eucaliptos tropicais na região Norte.

Ao colega engenheiro e geneticista Marcos Deon Vilela de Resende, pelas contribuições ao desenvolvimento do programa de melhoramento genético do eucalipto na Embrapa Florestas.

Aos profissionais Ana Maria Bez Batti, Silvino Mendes, João Alberto Bez Batti e Katiane Mendes do Amaral, da Conflora Reflorestadora, pelo apoio sistemático aos trabalhos de pesquisa realizados na região de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, assim como à colega da Embrapa Agropecuária Oeste, engenheira agrônoma Rafaela Caroline Rangni Moltocaró, nas ações conduzidas no Campo Experimental de Ponta Porã, sem os quais as atividades não poderiam ser executadas.

Aos engenheiros agrônomos Osmar Paulo Beckert e José Luciano Bail, da Embrapa Transferência de Tecnologia, Escritório de Negócios de Ponta Grossa, PR, pela disponibilização de áreas para instalação de experimentos e maquinário para a implantação e manutenção dos testes de campo.

Aos engenheiros florestais e pesquisadores Marcos Antônio Drumond e Visêldo Ribeiro de Oliveira, da Embrapa Semiárido, PE, pela enorme dedicação referente às pesquisas desenvolvidas conjuntamente com a Embrapa Florestas em prol da viabilização da eucaliptocultura na região do agreste nordestino.

Aos parceiros da iniciativa privada Luís Carlos Vatrín, da Golden Tree Reflorestadora, PR, Laurindo Salante, da Planflora Mudas Florestais, SC, Élson Luiz Tussolini, da Cooperativa Agrária Agroindustrial, PR, Denis Baialuna e Gustavo Henning, da Celulose Irani S.A. e Marcelo Rodio, da Cooperativa Copérdia, SC, pela relevante cooperação conferida à Embrapa na conservação e multiplicação de germoplasmas, colheita e beneficiamento de sementes de pesquisa, condução e avaliação de experimentos de campo, disponibilização de pessoal e equipamentos, entre tantas outras contribuições.

Ao engenheiro agrônomo e pesquisador Dorli Mário da Croce, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A., pela percepção e competência na otimização de recursos advindos da cooperação interinstitucional Embrapa-Epagri, para o aumento da eficiência dos programas de melhoramento de espécies temperadas de eucaliptos.

Ao engenheiro florestal Jorge Silvano Silveira, proprietário rural em Carazinho, RS, pela responsabilidade e zelo na condução de experimento de eucalipto estratégico para o Programa de Melhoramento da Embrapa.

## Referências

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA ABRAF 2011: ano base 2010. Brasília, DF: ABRAF 2011. 130 p.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 442 p.

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007.

ARNOLD, R.; DONGYUN, X. Environmental and cultural influences on flowering of *Eucalyptus dunnii*. In: TURNBULL, J. W. (Ed.). **Eucalypts in Asia**: proceedings of an international conference held in Zhanjiang, Guangdong, people's Republic of China, 7-11 April 2003. Canberra: ACIAR, 2003. p. 140-147. (ACIAR. Proceedings, 111).

ASSIS, T. F. de. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: QFRI/CRC-SPF SMPOSIUM, 2000, Noosa, Queensland. **Hybrid breeding and genetics of forest trees: proceedings...** Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 63-74.

ASSIS, T. F. de; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 93-121.

BEEVER, D. Os transgênicos e o futuro da agricultura. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, v. 3, n. 15, p. 4-8, jul./ago. 2000.

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. **Diagnose visual e controle de doenças abióticas e bióticas do eucalipto no Brasil**. Mogi Guaçu: International Paper, 2002. 98 p.

FOELKEL, C. O processo de impregnação dos cavacos de madeira de eucalipto pelo licor kraft de cozimento. In: \_\_\_\_\_. **Eucalyptus online book & newsletter**. [S.l.]: ABTCP; Celsius Degree/ Grau Celsius, 2009. cap. 15. 97 p. . Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br/disponiveis.html>>. Acesso em: 14 mar 2011.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V. de; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2010. v. 1. 200 p.

GAVA, L. J.; GONÇALVES, J. L. M. Soil attributes and wood quality for pulp production in plantations of *Eucalyptus grandis* clone. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 65, n. 3, p. 306-313, 2008.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. de; SILVA, C. M. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

GRATTAPAGLIA, D.; RESENDE, M. D. V. de. Genomic selection in forest tree breeding. **Tree Genetics and Genomes**, Berlin, v. 7, p. 241-255; 2011.

HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; KODAMA, A. S. Efeito da poda de copa na produção de sementes de *Eucalyptus dunnii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 43, p. 99-106, jul./dez. 2001.

HODGES, C. S.; REIS, M. S.; FERREIRA, F. A.; HENFLING, J. D. M. O cancro do eucalipto causado por *Diaporthe cubensis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 1, n. 3, p. 129-162, 1976.

MASSARO, R. A. M. **Viabilidade de aplicação da seleção precoce e tamanho de parcelas em testes clonais de *Eucalyptus* spp.** 2008. 51 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MOURA, V. P. G.; CASER, R. L.; ALBINO, J. .C.; GUIMARÃES, D. P.; MELO, J. T.; COMASTRI, S. A. **Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo: resultados parciais.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1980. 104 p. (EMBRAPA-CPAC. Boletim de Pesquisa, 1).

PALUDZYSZYN FILHO, E.; PACHECO, A. R.; DITTMAR, H.; CORDEIRO, C. A. **Estratégias para o melhoramento de eucaliptos tropicais na Embrapa.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 27 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 99).

PEREIRA, A. B. **Avaliação da eficiência da seleção precoce em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., na região noroeste do Estado de Minas Gerais.** 1996. 68 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, L. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucaliptos avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Cerne**, Lavras, MG, v. 1, n. 1, p. 45-50, 1994.

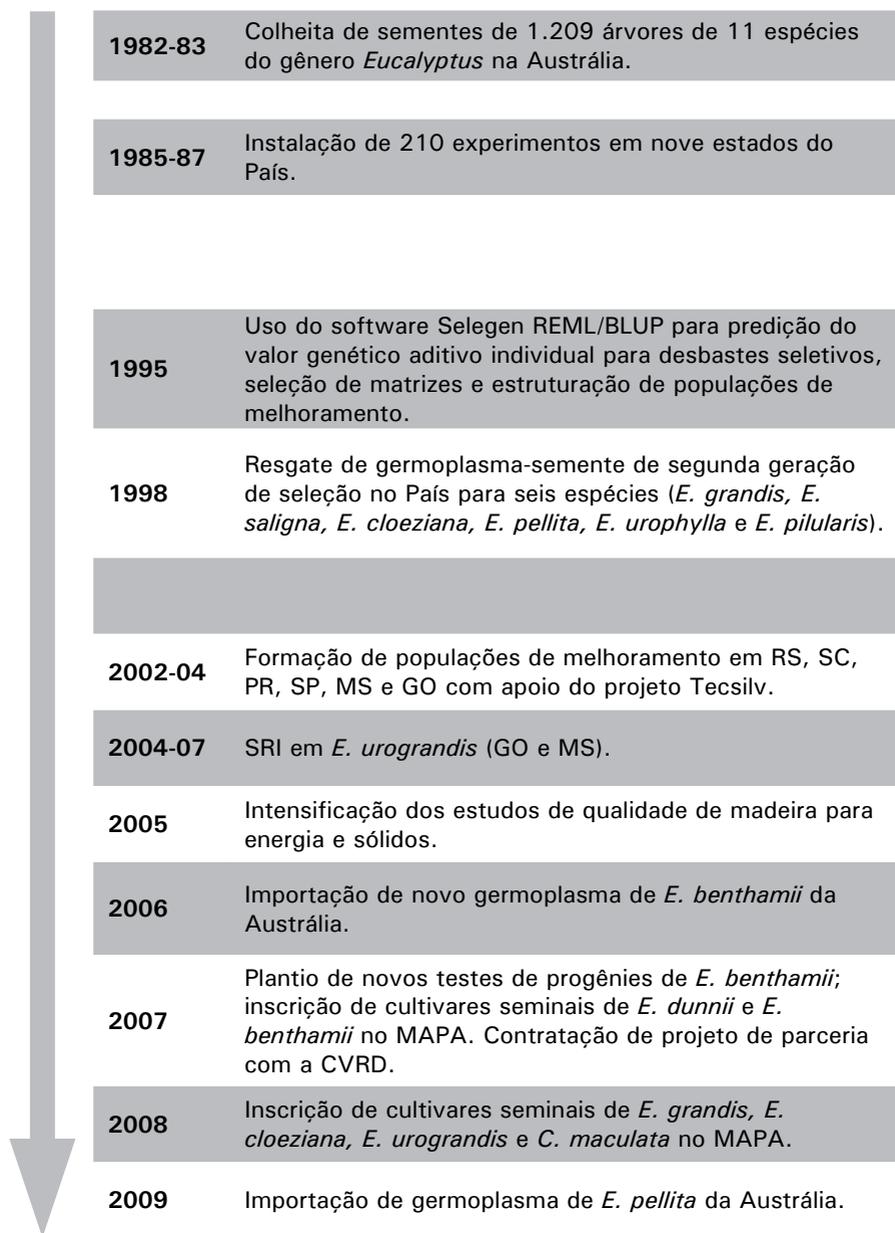
SCOTT, B. J.; FISCHER, J. A. Comparing selection strategies for tolerance of acid soils. In: A WORKSHOP ON ADAPTATION OF TO SOIL STRESS, 1993, Lincoln, NE. **Proceedings...** Lincoln, Ne: University of Nebraska, 1993. p. 103-116.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M. A.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C.; AZEVEDO, M. R. The Brazil Eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 259, p. 1684-1694, 2010.

VERRYN, S. D. *Eucalyptus* breeding in South Africa. In: QFRI/CRC-SPF SMPOSIUM, 2000, Noosa, Queensland. **Hybrid breeding and genetics of forest trees: proceedings...** Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 191-199.

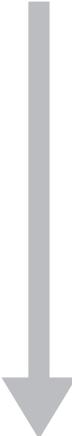
## **Anexo**



**Anexo 1.** Linha do tempo dos principais acontecimentos do PMGE.

continua

**Anexo 1. Continuação.**



<b>2009-10</b>	Plantio de testes de progênies de <i>E. pellita</i> e de progênies híbridas de <i>E.urograndis</i> de terceira geração.
<b>2010</b>	Importação de germoplasma de <i>E. crebra</i> da Austrália; início da estruturação de pomar "in door". Obtenção da tecnologia Dreb para transgênicos.
<b>2011-14</b>	Prospecção de genes para tolerância à seca; plantio de testes de progênies de <i>E. crebra</i> ; intensificação do uso de polinização controlada na formulação de híbridos; aplicação da SGA no melhoramento.
<b>2015-25</b>	Obtenção de cultivares clonais para usos específicos (energia, laminados, serrados, celulose); transgenia.

---

**Embrapa**

---

**Florestas**

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

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

CGPE 9383