

2

Melhoramento genético e lançamento de cultivares

Paulo Eduardo Telles dos Santos
Estefano Paludzyszyn Filho
Jorge Ribaski
Marcos Antônio Drumond
Visêldo Ribeiro de Oliveira



Introdução

Os primórdios das pesquisas com eucaliptos na Embrapa remontam a década de 1970 com a estruturação do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (Prodepef, convênio UNDP/FAO/IBDF/BRA-45), o qual perdurou por cinco anos, entre 1973 e 1978. Durante esse período, peritos da Food and Agriculture Organization (FAO), juntamente com técnicos brasileiros, implantaram diversos experimentos que, após serem devidamente avaliados e analisados, serviram de base para o desenvolvimento das atividades do Programa Nacional de Pesquisa Florestal (PNPF), decorrente do convênio Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) e Embrapa, firmado em abril de 1977 e posto em prática a partir do ano seguinte (Galvão, 2001; Shimizu, 2001; Pinto Júnior; Ferreira, 2008). Os anos de 1973 e de 1978 remetem, respectivamente, à criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) mediante Decreto Presidencial assinado em 26 de abril (Cabral, 2005) e à inauguração, em 23 de março de 1978, da Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul (atual Embrapa Florestas) em Colombo, estado do Paraná, aproveitando a estrutura pré-existente do antigo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Meridional, órgão do Instituto de Pesquisa e Experimentação do Sul, entidade originalmente dedicada à pesquisas com espécies agrícolas de aptidão ao clima frio (Pichelli, 2008).

Contribuições relevantes da Embrapa nas áreas de genética e melhoramento de eucaliptos se deram logo no início da década de 1980, em que se discutiu a reintrodução de germoplasmas de eucaliptos considerados estratégicos para o País, culminando com o lançamento do “Projeto *Eucalyptus*”, de abrangência nacional, em outubro de 1982. Sob a coordenação técnica do Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (CNPFF - Embrapa Florestas), firmaram-se parcerias com empresas privadas, universidades, instituições de pesquisa florestal como o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Ipef) e o Instituto Florestal do Estado de São Paulo (IF) e também com empresários do agronegócio para a viabilização dos trabalhos de experimentação no campo que se seguiriam. A expedição de coleta de material genético de eucaliptos foi efetivamente empreendida à Austrália em 1983-1984 mediante a cooperação firmada com a Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), resultando na coleta de aproximadamente 1.050 matrizes de 11 espécies, perfazendo um total de 56 diferentes origens geográficas. Germoplasmas das espécies *E. grandis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. cloeziana*, *E. pellita*, *E. maculata* (posteriormente denominada *Corymbia maculata*), *E. pilularis*, *E. resinifera*, *E. viminalis* e *E. deanei* foram contemplados (Higa et al., 1997; Pinto Júnior et al., 2013). Nessa oportunidade, sementes de duas populações de *E. urophylla*, coletadas na Indonésia em outra incursão organizada pelo CSIRO, foram incorporadas a esse conjunto de materiais, as quais foram, posteriormente, agregadas ao lote maior e encaminhadas ao Brasil

(Comunicação pessoal, 2019¹), resultando ao final 12 espécies e 58 origens geográficas.

Esse esforço coletivo resultou na instalação de uma rede contendo 247 experimentos, compostos por testes de progênie e bancos de conservação, distribuídos em 64 municípios, em nove estados (Higa et al., 1997).

Essas introduções, juntamente com outros acessos que foram trazidos ao Brasil por iniciativas da Embrapa em diferentes épocas, isoladamente ou por meio de parcerias com o setor privado, viabilizaram a estruturação de programas de melhoramento genético que resultaram em enormes benefícios ao setor de florestas plantadas nacional. Exemplos são as introduções de *E. dunnii* em 1978, *E. benthamii* em 1986 e em 2005, *E. badjensis* em 1995, *E. pellita* em 2007 e *E. crebra* em 2011, entre outras.

Os últimos anos da década de 1980 e boa parte da década de 1990 foram caracterizados por intensa avaliação de campo, processamento e análise estatística de dados, elaboração de relatórios técnicos e reuniões de trabalho. Os resultados foram sendo compilados e divulgados por meio de diversos tipos de publicações técnico-científicas.

Na década de 2000, o Programa de Melhoramento Genético de Eucaliptos da Embrapa foi orientado por estratégias como: i) melhoramento genético de populações de espécies subtropicais 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 (Paludzyszyn Filho; Santos, 2011).

Com a mudança gradativa no cenário de produção de mudas seminais para clonais, as estratégias passaram a ser: i) a expansão das bases de melhoramento acompanhando tendências do agronegócio brasileiro; ii) seleção de germoplasma de híbridos interespecíficos aptos para propagação clonal; iii) fomento à ampliação de parcerias público-privadas para o desenvolvimento do germoplasma e lançamento de cultivares; iv) incremento do uso de metodologias para qualificação do genoma associado às características de crescimento e de qualidade da matéria-prima para múltiplos usos.

Pesquisa e desenvolvimento florestal nas regiões frias do Sul

Os plantios de eucalipto localizados em altitudes elevadas do Sul do Brasil diferem das demais regiões produtoras nacionais pelo restrito número de materiais

¹ Comunicação telefônica do engenheiro florestal Roberto Alonso Silveira, o qual participou da expedição à Austrália em 1983-1984, para o pesquisador Paulo Eduardo Telles dos Santos, da Embrapa Florestas, em 25/05/2019.

genéticos disponíveis comercialmente. Como os germoplasmas invariavelmente devem ser adaptados para suportar frios intensos associados a quedas bruscas de temperatura e a geadas de forte intensidade, há limitações em termos de opções de espécies apropriadas para a produção de madeira. As suas utilizações são diversificadas, muito embora haja prevalência para fins energéticos na forma direta (combustão da madeira, representada por lenha ou transformada em cavaco) e para a obtenção de peças roliças destinadas a usos gerais dentro e fora das propriedades rurais.

O cultivo de eucaliptos na região Sul do Brasil apresenta particularidades que o torna diferenciado comparativamente ao praticado em outras regiões do território nacional. O rigor climático e a dificuldade de se trabalhar com clones, entre outros aspectos, atuam desfavoravelmente.

Graças às iniciativas pioneiras efetuadas pela Embrapa Florestas, diversas unidades experimentais para as espécies de eucalipto potenciais foram implantadas há pouco mais de três décadas em várias localidades da região Sul, a maioria delas mediante o estabelecimento de parcerias com empresas privadas. As espécies eleitas foram *E. dunnii*, *E. benthamii*, *E. badjensis* e *E. viminalis*, as quais serão detalhadas individualmente. Especificamente para a espécie *E. deanei*, as ações se limitaram à conservação genética por meio da manutenção de Bancos Ativos de Germoplasma (BAGs), em função da menor adaptação às regiões de maior vocação florestal comparativamente às espécies tradicionalmente plantadas.

O objetivo primordial da rede experimentos foi fornecer indicativos seguros sobre a adaptação das diferentes espécies às condições de solo e clima e, também, sobre o potencial produtivo de madeira, de modo a orientar esforços subsequentes à estruturação de programas de melhoramento genético.

As prioridades do melhoramento genético para as quatro espécies consideradas estratégicas, em termos de características, foram classificadas em quatro categorias, conforme seguem:

- Caracteres de crescimento das árvores: diâmetro à altura do peito (DAP), altura e volume de madeira, os quais refletem suas taxas de crescimento.
- Características silviculturais das árvores: retidão do fuste, quantidade e espessura de galhos, circularidade na base do fuste e sanidade.
- Caracteres tecnológicos da madeira para polpação e carvoejamento: densidade básica, poder calorífico superior, teor de lignina Klason, teor de lignina solúvel, teor de açúcares, teor de extrativos e teor de cinzas.
- Caracteres tecnológicos da madeira para processamento mecânico: módulo de resistência à compressão, cisalhamento, tração, dureza e retração volumétrica.

Esse conjunto de atributos atende a grande maioria das necessidades buscadas nas árvores e nas aplicações pretendidas a partir da madeira produzida.

Eucalyptus dunnii

A espécie *E. dunnii* foi uma das primeiras a serem introduzidas e pesquisadas após a criação da Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul (atual Embrapa Florestas) em 1978. Diferentemente de outras espécies de distribuição mais ampla na Austrália, verificou-se que o desempenho em campo no Brasil era muito semelhante entre procedências, para crescimento e caracteres silviculturais (Pereira et al., 1986; Pires; Parente, 1986). Resultados reportados na literatura foram muito consistentes em afirmar que inexistem diferenças significativas entre procedências, com base em experimentos conduzidos em países como Argentina, China e Austrália (Marco; Lopez, 1995; Wang et al., 1999; Arnold et al., 2004).

A Embrapa, conseqüentemente, conduziu os trabalhos de melhoramento genético e produção de sementes desconsiderando o efeito de procedência geográfica. A espécie é indicada para regiões de clima subtropical a temperado com temperaturas mínimas absolutas de até -5 °C, desde que as plantas sejam submetidas a condições de aclimação prévia por gradual abaixamento de temperatura na estação fria (Paludzyszyn Filho et al., 2006). Para o seu pleno desenvolvimento, é preferível efetuar o plantio no início da primavera em locais sob condições de temperatura média anual entre 12 °C e 22 °C, condições estas que ocorrem comumente nos estados da região Sul do Brasil, em localidades com altitudes de 800 m a 900 m e sem a ocorrência de geadas severas.

A densidade básica da madeira se enquadra no agrupamento de espécies de madeira de média densidade (ao redor de 500 kg/m³) e vem sendo empregada para fins energéticos, em estruturas leves e na fabricação de celulose. Possui boa aptidão para a manufatura de painéis do tipo compensado.

Em Colombo, PR (latitude 25°20'04"S, longitude 49°09'35"O e altitude 928 m), a Embrapa Florestas instalou e manejou uma população de primeira geração de seleção estruturada no formato de teste de procedências. O plantio ocorreu em fevereiro de 1979 e ocupou uma área de 1,46 ha. O delineamento utilizado foi blocos casualizados, contendo três procedências, 28 repetições e parcelas retangulares de 25 plantas, espaçadas entre si de 3 m x 2 m (Montagner et al., 1984). O clima no local do experimento, sempre úmido, é do tipo Cfb, segundo Köppen. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C e a do mês mais frio superior a 10 °C, ocorrendo mais de cinco geadas anuais. O solo, de baixa fertilidade, caracteriza-se como Cambissolo com horizonte A proeminente (Pereira et al., 1986). Os detalhes dos materiais genéticos introduzidos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Descritivo dos materiais genéticos de *Eucalyptus dunnii* utilizados na composição do teste de procedências instalado em Colombo, PR.

Procedência geográfica	Número de matrizes colhidas	Coordenada geográfica		
		Latitude (S)	Longitude (L)	Altitude (m)
Urbenville, New South Wales (NSW)	6	28°28'	152°32'	350
Moleton, NSW	Desconhecido	30°10'	152°10'	430
Dorrigo, NSW	4	30°28'	152°42'	700

Fonte: Montagner et al. (1984).

Com o passar dos anos, o teste de procedências foi sendo convertido em “Área de Coleta de Sementes com Matrizes Seleccionadas (ACS-MS)”, mediante seleção massal fenotípica gradativa efetivada por meio de desbastes seletivos aplicados em 1985, 1990 e 1998, com base na taxa de crescimento, forma do fuste, resistência ao frio e tolerância a doenças. Houve produção durante muitos anos de grande quantidade de sementes para abastecimento de viveiros de produção de mudas destinadas à formação de plantações comerciais. Levantamentos efetuados nos registros de comercialização de sementes pela Embrapa atestam que foram colhidas e comercializadas, entre os anos de 1992 e 2007, um total de 150 kg de sementes, suficientes para a formação de 10 a 20 mil hectares de plantações. Atualmente, a área se encontra desativada no que se refere às pesquisas de melhoramento genético e, também, como fonte de sementes melhoradas, tendo-se notado significativa diminuição do vigor geral das árvores decorridos 40 anos.

Na continuidade do melhoramento foram colhidas, na década de 1990, sementes das 60 melhores árvores dessa área e, em 1994, instalou-se um teste de progênes de segunda geração em Ponta Grossa, PR e, posteriormente, em 2003, outros dois experimentos semelhantes nas localidades rio-grandenses de Bagé e Carazinho (Paludzyszyn Filho; Santos, 2005). Estes últimos, porém, em função de apresentarem algumas restrições, em termos de desenvolvimento e de delineamento de campo, não foram trabalhados com a mesma intensidade daquele do Paraná.

O teste de progênes, implantado no ano de 1994 em Ponta Grossa, PR (latitude 25°08'56"S, longitude 50°03'28"O e altitude 930 m) ocupou 3,24 ha de área em propriedade pertencente à Embrapa. O experimento foi estruturado com 71 progênes e uma testemunha formada pela mistura destas, as quais foram distribuídas em nove blocos. Esse ensaio converteu-se em Área de Produção de Sementes (APS) e representou a segunda geração de melhoramento desenvolvida pela Embrapa. Os melhores indivíduos da população foram responsáveis pela produção de sementes, tendo sido registrada uma produção acumulada em torno de 5 kg.

Em função de determinações legais estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para a comercialização de sementes, houve necessidade da Embrapa inscrever suas áreas produtoras de sementes no Registro Nacional de

Cultivares (RNC), o que efetivamente ocorreu somente no ano de 2007, muito embora praticamente todo o montante comercializado desde o início da produção de sementes já tivesse ocorrido em anos anteriores. Nesse sentido, foram inscritas no RNC as cultivares BRS 7901 (procedência Colombo, PR) e a BRS 9402 (procedência Ponta Grossa, PR) sob os números 22026 e 22024, respectivamente.

Alguns resultados obtidos na caracterização tecnológica de madeira proveniente de árvores jovens são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização da madeira de *Eucalyptus dunnii* aos 4,5 anos de idade a partir de amostras obtidas no teste de procedências de Colombo, PR.

Procedência geográfica	Características da madeira					
	Densidade básica (g/cm ³)	Teor de lignina (%)	Rendimento em carvão (%)	Teor de carbono fixo (%)	Teor de voláteis (%)	Teor de cinzas (%)
Urbenville, NSW	0,454	21,82	30,92	82,12	15,32	2,30
Moletton, NSW	0,441	22,48	31,75	80,67	15,43	1,99
Dorrigo, NSW	0,438	22,85	31,30	81,47	16,16	2,38

Observação: As análises estatísticas dos resultados não revelaram diferenças significativas entre as médias de procedências ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados obtidos não revelaram diferenças estatísticas significativas, entre as procedências, para as referidas características da madeira estudadas. Depreendeu-se, portanto, mais uma vez, que estas não justificariam a separação de árvores superiores por procedência durante a seleção.

Eucalyptus benthamii

O programa de melhoramento genético de *E. benthamii* realizado pela Embrapa completou 31 anos, sendo o primeiro campo experimental dessa espécie (0,5 ha) estabelecido em Colombo, PR (latitude 25°19'23"S, longitude 49°09'24"O e altitude 957 m) em 1988. Os sucessivos desbastes permitiram transformar essa área na categoria "Área de Coleta de Sementes com Matrizes Seleccionadas (ACS-MS)", contendo 90 árvores atualmente. Esta área foi registrada em 2007 no RNC sob o número 20025, representando o campo de sementes da cultivar BRS 8801. Um segundo campo de produção de sementes, originário deste último, está localizado em Ponta Grossa, PR (latitude 25°10'00"S, longitude 50°05'09"O e altitude 843 m). Esta área de produção de sementes (1,09 ha, 160 plantas) foi formada pelo plantio de clones, obtidos por estaquia, de 16 árvores selecionadas aos oito anos de idade, para taxa de crescimento, forma do fuste e sanidade, sendo, portanto, da mesma geração da ACS de Colombo, porém, com sementes de maior grau de melhoramento que

a cultivar citada anteriormente. A denominação comercial desta área produtora de sementes foi BRS 9801, ficando situada dentro da categoria Área de Produção de Sementes Clonal (APSC). O número de registro do material no RNC foi 22023, tendo o pedido sido deferido em 2007.

A espécie *E. benthamii* tem sido indicada para plantio na região Sul do Brasil em altitudes que variam de 800 m a 1.400 m, normalmente propensas a geadas de até -6 °C. Avaliações tecnológicas da madeira mostraram preponderantemente aptidão para fins energéticos e para obtenção de peças roliças destinadas a uso geral na propriedade rural.

Como a população originalmente introduzida no Brasil (Wentworth Falls, NSW, Austrália, latitude 33°48'S, longitude 150°24'L e altitude 150 m) possuía uma base genética estreita (entre 7 e 10 árvores), a Embrapa decidiu envidar esforços para ampliá-la. Para isso, 30 progênies de polinização aberta de Kedumba Valley, NSW (latitude 33°49'S, longitude 150°23'L e altitude 140 m), seis de Bents Basin, NSW (latitude 33°52'S, longitude 150°38'L e altitude 40 m) e também lotes de sementes em *bulk* de Crossley Seedling Seed Orchard (latitude 33°28'S, longitude 145°00'L e altitude 90 m) e Seedling Seed Orchard Barclays Deniliquin (latitude 35°01'S, longitude 145°13'L e altitude 100 m) foram importados da CSIRO em 2005, contribuindo para se dispor de uma base genética apropriada para o programa institucional de seleção recorrente para melhorar adaptação, taxa de crescimento e qualidade da madeira.

Desde então, a Embrapa firmou um contrato de cooperação técnica com a empresa Golden Tree Reflorestadora, a qual possui suas estruturas operacionais e áreas experimentais distribuídas nos municípios paranaenses de Guarapuava, Entre-Rios e Candói. A parceria possibilitou avançar o programa de melhoramento com vistas à obtenção de sementes melhoradas e ao desenvolvimento de clones para o mercado.

Para avaliar o desempenho dessas novas introduções, dois testes de progênies foram estabelecidos no estado do Paraná em 2007, nas localidades de Ponta Grossa (latitude 25°10'10"S, longitude 50°03'45"O e altitude 894 m) e Candói (latitude 25°36'22"S, longitude 52°03'47"O e altitude 870 m). A avaliação do volume de madeira de cada árvore em Ponta Grossa (6 anos de idade) mostrou os seguintes parâmetros genético-estatísticos: média, 0,30 m³; herdabilidade no sentido restrito (h^2a), 0,29; herdabilidade entre progênies (h^2mp), 0,76; coeficiente de variação genética individual (CVgi), 14,95%; coeficiente de variação genética entre progênies (CVgp), 7,48%. A avaliação do volume de madeira de cada árvore em Candói (7 anos) mostrou os seguintes parâmetros genético-estatísticos: média, 1,47 m³; h^2a , 0,25; h^2mp , 0,77; CVgi, 10,69%; CVgp, 5,35%. Do ponto de vista de desenvolvimento silvicultural, estes resultados demonstram claramente a superioridade, em termos de qualidade de sítio, para Candói comparativamente a Ponta Grossa, sendo irrelevante a defasagem de um ano de crescimento da avaliação efetuada em campo entre uma e outra localidade.

Dessa forma, todo o esforço de pesquisa fora canalizado para o experimento instalado em área sob controle da empresa parceira, na localidade de Candói, PR. Os resultados obtidos nesta condição se mostraram muito promissores para atender aos propósitos do melhoramento genético da espécie. Os levantamentos e análises estatístico-genéticas auxiliaram as tomadas de decisão para condução dos desbastes iniciais pela eliminação das árvores com menores valores genéticos aditivos individuais, incluindo aquelas bifurcadas, quebradas e com problemas fitossanitários. Os trabalhos de seleção praticados ao longo de 12 anos possibilitaram obter a cultivar seminal denominada BRSGR 0701 Versátil, inscrita no RNC sob o número 40871.

Apesar do progresso no conhecimento desta espécie, alguns aspectos devem ser enfatizados em pesquisas futuras. Por exemplo, nos anos de 2010, 2011 e 2013, o inverno foi notoriamente frio nos estados do Paraná e Santa Catarina. Em alguns locais as temperaturas atingiram valores muito baixos (até -12 °C), causando a perda completa de partes aéreas de plantas jovens em plantios comerciais de até oito meses de idade. A consequência imediata foi o atraso no crescimento e, em algum grau, a redução dos povoamentos devido à morte de plantas menos tolerantes, indicando que são necessários mais esforços neste tópico, nas próximas etapas do programa de melhoramento.

As pesquisas estão também progredindo satisfatoriamente no que diz respeito à aplicação da propagação clonal para a espécie. Para tanto, foram selecionadas 25 matrizes com base no ordenamento efetuado conforme seu valor genotípico e, também, com base em avaliações fenotípicas de campo.

As Tabelas 3, 4, 5 e 6 resumem os dados de alguns atributos relacionados ao crescimento e de qualidade da madeira a partir de medições e amostragens efetuadas aos sete e nove anos de idade.

Tabela 3. Resultados médios das avaliações realizadas para os caracteres DAP (cm), altura total (m) e volume de madeira por árvore (m³) das 25 matrizes de *Eucalyptus benthamii* selecionadas em Candói, PR, aos sete anos de idade.

Atributo	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume de madeira por árvore ⁽¹⁾ (m ³)	Forma ⁽²⁾
Média	40,5	30,2	1,96	4,2
Maior valor	52,8	33,8	2,89	5
Menor valor	34,4	26,4	1,41	3
Amplitude	18,5	7,4	1,48	2
Desvio padrão	4,145	2,053	0,394	-
IMA ⁽³⁾	5,8	4,3	0,28	-

⁽¹⁾Para fins de estimativa do volume de madeira por árvore, atribuiu-se para todas elas o mesmo fator de forma (no caso 0,5), que funcionou como uma constante nos cálculos matemáticos;

⁽²⁾A nota para forma do fuste varia de 1 (pior) a 5 (melhor); ⁽³⁾Incremento Médio Anual (cm/ano para DAP; m/ano para altura total e m³/ano para volume de madeira).

Tabela 4. Caracterização das matrizes de *Eucalyptus benthamii* para crescimento, porcentagem de casca, volumes de cerne e de alburno e densidade básica da madeira em Candió, PR, aos nove anos de idade.

Identificação	Altura total (m)	DAP (cm)	Volume madeira com casca (m ³)	Volume madeira sem casca (m ³)	Casca (%)	Volume cerne (m ³)	Volume alburno (m ³)	Relação cerne/alburno	Densidade básica (g/cm ³)
brs 202	32,6	51,9	2,49	2,06	17,4	0,84	1,22	0,69	0,458
brs 203	33,7	48,7	2,60	2,14	17,8	1,13	1,00	1,13	0,537
brs 204	29,2	44,9	1,65	1,32	20,1	0,56	0,76	0,73	0,572
brs 206	38,3	50,3	3,16	2,73	13,8	1,25	1,48	0,85	0,474
brs 207	35,1	55,7	3,26	2,75	15,7	1,56	1,19	1,31	0,481
brs 208	37,8	48,7	3,06	2,50	18,2	1,30	1,20	1,09	0,519
brs 209	33,1	46,8	2,13	1,73	19,0	0,79	0,94	0,84	0,491
brs 210	34,9	42,0	2,13	1,68	21,0	0,69	0,99	0,70	0,512
brs 211	32,6	49,0	2,44	1,99	18,7	0,89	1,10	0,81	0,516
brs 212	38,8	44,2	2,39	1,97	17,4	0,96	1,02	0,94	0,533
brs 213	39,9	47,7	2,94	2,49	15,4	1,18	1,31	0,90	0,471
brs 214	34,1	49,7	2,04	1,69	17,0	0,98	0,72	1,36	0,460
brs 215	35,2	45,5	2,62	2,16	17,5	1,09	1,07	1,02	0,518
Média	35,0	48,1	2,53	2,09	17,61	1,02	1,08	0,95	0,503
Maior valor	39,9	55,7	3,26	2,75	21,01	1,56	1,48	1,36	0,572
Menor valor	29,2	42,0	1,65	1,32	13,76	0,56	0,72	0,69	0,458
Amplitude	10,7	13,7	1,61	1,43	7,25	1,00	0,76	0,67	0,113
Desvio padrão	3,007	3,555	0,479	0,432	1,934	0,273	0,209	0,219	0,034
IMA ⁽¹⁾	3,9	5,3	0,28	0,23	-	0,11	0,12	-	-

⁽¹⁾IMA: Incremento Médio Anual (m/ano para altura total; cm/ano para DAP; m³/ano para volumes de madeira).

Tabela 5. Caracterização química da madeira das matrizes de *Eucalyptus benthamii* aos nove anos de idade, em Candói, PR, com base em amostras de lenho obtidas nas posições 0%, 2,5%, 50%, 75% e 100% da altura comercial.

Identificação	Teor de cinzas (%)	Teor de extrativos (%)	Teor de lignina solúvel em ácido (%)	Teor de holocelulose (%)	Teor de celulose (%)	Teor de arabinana (%)	Teor de galactana (%)	Teor de xilana (%)
brs 203	0,28	2,20	1,89	71,38	56,91	0,43	1,39	12,65
brs 206	0,36	1,19	2,88	71,05	57,04	1,94	0,42	11,65

Observações: 1ª) Os valores apresentados correspondem à média ponderada considerando os volumes de cada seção do tronco; 2ª) a denominação "brs", em letras minúsculas, refere-se à nomenclatura adotada para material experimental e, portanto, não registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Tabela 6. Conteúdo das frações e porcentagem total de açúcares das matrizes de *Eucalyptus benthamii* aos nove anos de idade, em Candói, PR, com base em amostras de lenho obtidas nas posições 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial.

Identificação	Arabinose (mg/g)	Galactose (mg/g)	Glicose (mg/g)	Xilose (mg/g)	Celobiose (brs 203) e Manose (brs 206) (mg/g)	Total de açúcares (%)
brs 203	2,86	10,40	351,44	85,14	19,31	46,9
brs 206	14,71	3,63	382,19	88,66	0,94	49,0

Observações: 1ª) Os valores apresentados correspondem à média ponderada considerando os volumes de cada seção do tronco; 2ª) a denominação "brs", em letras minúsculas, refere-se à nomenclatura adotada para material experimental e, portanto, não registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Em 2016, decorridos, portanto, nove anos desde o plantio, 13 das 25 matrizes foram abatidas para uma caracterização mais completa (Tabela 4) e também para se aumentar as chances de atender a propagação clonal por meio da obtenção de brotações, mais abundantes e uniformes do que aquelas obtidas por meio de indução por anelamento parcial do fuste na posição basal. Foi realizado acompanhamento sistemático quanto à emissão de brotações, as quais foram periodicamente coletadas com vistas à obtenção de miniestacas primordiais para o início da multiplicação em escala experimental. Das 13 matrizes, foi obtido êxito na clonagem de oito. Por sua vez, desses oito genótipos, dois se destacaram em termos de capacidade de enraizamento das miniestacas, os quais justificaram a realização de uma análise mais minuciosa das suas propriedades da madeira (Tabelas 5 e 6). Essas duas matrizes foram denominadas experimentalmente de brs 203 e brs 206 e consideradas promissoras quanto à facilidade de multiplicação em minijardim clonal.

Eucalyptus badjensis

A espécie *E. badjensis* possui capacidade de suportar baixas temperaturas e geadas de forte intensidade durante o inverno, situações estas bastante comuns por exemplo nas altitudes superiores a 1.000 metros dos altiplanos catarinenses. Além do aspecto adaptativo frente ao rigor climático, fica evidente a excelente capacidade de produção de madeira, tendo ainda a vantagem das árvores apresentarem boa forma do fuste e características silviculturais promissoras. Com base em avaliações preliminares do germoplasma, detectou-se aptidão para fins energéticos e para obtenção de peças roliças de madeira.

Dentre suas particularidades, o longo tempo de espera até que as plantas atinjam a maturidade reprodutiva merece ser mencionado. Nesse contexto, o comportamento fenológico é muito semelhante ao de *E. dunnii*. Um ponto crítico é a forte recalitrância a processos de multiplicação clonal, configurando-se como um dos problemas mais sérios a serem superados. Técnicas que funcionam muito bem em germoplasmas tropicais são totalmente inócuas ao serem aplicadas à espécie. Essa baixíssima reatividade de *E. badjensis* acarreta a necessidade de se conduzir estudos mais elaborados, preferencialmente com o suporte de outras especialidades.

Pode-se afirmar que a Embrapa e a sua parceira de pesquisa, a empresa Celulose Irani S.A., foram pioneiras nos esforços de introdução e melhoramento genético de *E. badjensis* no Brasil, detendo o controle de germoplasmas oriundos de duas procedências australianas. Todos os materiais genéticos introduzidos se encontravam praticamente sem qualquer melhoramento, uma vez que as árvores provedoras das sementes estavam vegetando em seu habitat natural e foram definidas visualmente como matrizes somente com base em avaliação para crescimento e forma (Santos et al., 2018).

Foi assim que, em 1995, foram importadas amostras de sementes por intermédio da empresa Kylisa Seeds Pty. Ltd., com sede na Austrália. Um resumo da composição do germoplasma e demais detalhes do ambiente pertinentes às duas procedências introduzidas de *E. badjensis* para avaliação em condições brasileiras encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7. Características geográficas, climáticas e edáficas das procedências de *E. badjensis* introduzidas no Brasil.

Procedência geográfica	Nº de progênies	Latitude (S)	Longitude (L)	Altitude (m)	Caracterização do solo	Nº médio de geadas por ano	Temperatura mínima absoluta
Glenbog	20	36°29'	149°19'	1.162	Limo-argilosos avermelhados	82	-12 °C
Badja State Forest	40	36°02'	149°34'	1.000	Limo-argilosos marrom-avermelhados	82	-12 °C

No Brasil, a experimentação coordenada pela Embrapa se restringe a três localidades: Vargem Bonita (latitude 26°52'07"S, longitude 51°48'56"O e altitude 1.022 m; latitude 26°49'22"S, longitude 51°50'06"O e altitude 1.100 m) e Ponte Serrada (latitude 26°55'06"S, longitude 51°50'53"O e altitude 1.102 m), municípios situados em Santa Catarina, e Ponta Grossa (latitude 25°09'28"S, longitude 50°05'34"O e altitude 832 m; latitude 25°09'29"S, longitude 50°05'20"O e altitude 845 m), localizado no Paraná. Pode-se também afirmar que a espécie se encontra representada no Brasil por apenas duas procedências: Glenbog e Badja (Santos et al., 2018).

O clima em Vargem Bonita, SC e em Ponte Serrada, SC é, segundo a classificação de Köppen, do tipo temperado quente (Cfb), com grande número de horas de frio acumuladas durante o inverno. As localidades estão incluídas na Região Bioclimática 1 do estado de Santa Catarina, segundo Carpanezi et al. (1988). Quanto à precipitação pluviométrica, o total anual é 2.030 mm (Estação Climatológica de Irani, SC), bem distribuída ao longo das estações e tornando os períodos secos ocasionais, havendo sempre diferença positiva entre a média mensal de chuva e a evapotranspiração potencial (Wrege et al., 2012). O risco de geadas é alto, em decorrência da posição meridional e da altitude local (Santa Catarina, 1958). O relevo da região varia de tipicamente suave ondulado a ondulado.

Em levantamentos efetuados em áreas da empresa Celulose Irani S.A. pela Embrapa Florestas em 2013 (relatório interno, não publicado), o solo foi classificado como sendo Nitossolo Bruno Aluminoférrico Latossólico, apresentando horizonte A húmico e textura muito argilosa.

Em Ponta Grossa, PR, o clima também é do tipo temperado quente (Cfb) e o total anual de precipitação pluviométrica é 1.500 mm, com distribuição regular ao longo dos meses do ano e sem apresentar deficiência hídrica em qualquer mês (Iapar, 1994). Por se situar na Região Bioclimática 1 do estado do Paraná, a incidência de geadas é praticamente certa, variando de 1 a 40 eventos por ano. As temperaturas médias anuais variam de 15 °C a 19 °C e as mínimas absolutas variam entre -5 °C e -10 °C (Embrapa, 1986). O solo das duas glebas de experimentação nessa localidade foi classificado pela Embrapa como sendo Latossolo Vermelho Distrófico típico, apresentando horizonte A moderado e textura média.

Levando-se em consideração a avaliação de crescimento efetuada no teste de procedências/progênes instalado em 1996 em Vargem Bonita, SC, Santos et al. (2015) determinaram uma série de parâmetros genéticos úteis para a estruturação do programa de melhoramento. As estimativas dos coeficientes de variação genética individual (\widehat{CV}_{gi} (%)), para DAP, altura total e volume de madeira foram 12,59%, 5,91% e 26,51%, suficientes para sustentar os avanços de geração de melhoramento genético. Coeficientes de herdabilidade individual dos efeitos aditivos (\widehat{h}_a^2) foram também estimados, sendo encontrados os seguintes valores para as citadas características: 0,44, 0,31 e 0,36. Estabelecida a classificação das árvores pelo critério de valor genético aditivo ($\mu+a$), posteriormente foi efetuada, para fins de seleção definitiva, a comprovação visual no campo da superioridade dos genótipos candidatos quanto à taxa de crescimento, sendo ainda considerados como critérios adicionais de escolha a sanidade e a forma do fuste.

Os resultados encontrados indicam a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos consideráveis e, de modo geral, o germoplasma estudado atende satisfatoriamente a condução de um programa de melhoramento genético. Esses resultados abrem perspectivas promissoras em termos de uma nova alternativa de cultivo voltada para produtores de madeira interessados em utilizar eucalipto tolerante a invernos rigorosos e, portanto, sujeitos à frequentes geadas, muitas delas de forte intensidade.

A partir de 100 matrizes selecionadas (50 matrizes no teste de procedências/progênes e 50 na população-base) foram realizadas avaliações para caracteres de crescimento (DAP, altura total e volume de madeira), qualidade de madeira (densidade básica e poder calorífico superior, a partir de amostras de lenho do tipo bagueta) e composição química (teores de cinzas, extrativos, lignina Klason, lignina solúvel, arabinose, galactose, glicose, xilose, manose, celobiose e total de açúcares). Os resumos dos resultados são apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8. Resultados médios das avaliações realizadas para os caracteres DAP (cm) e altura total (m), volume de madeira por árvore (m³) e forma do fuste das 100 matrizes de *Eucalyptus badjensis* selecionadas em Vargem Bonita, SC e em Ponte Serrada, SC, aos 17 anos de idade.

Parâmetro	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume de madeira por árvore ⁽¹⁾ (m ³)	Forma do fuste ⁽²⁾
Média	58,5	39,2	5,32	4,0
Maior valor	76,4	46,5	8,78	5
Menor valor	45,8	29,1	2,68	2
Amplitude	30,6	17,4	6,11	3
Desvio padrão	5,466	3,693	1,175	-
IMA ⁽³⁾	3,4	2,3	0,31	-

⁽¹⁾Para fins de estimativa do volume de madeira por árvore, atribuiu-se para todas elas o mesmo fator de forma (no caso 0,5), que funcionou como uma constante nos cálculos matemáticos; ⁽²⁾A nota para forma do fuste varia de 1 (pior) a 5 (melhor); ⁽³⁾IMA: Incremento Médio Anual (cm/ano para DAP; m/ano para altura total e m³/ano para volume de madeira).

Tabela 9. Resultados da caracterização de propriedades físicas, energéticas e químicas da madeira de *Eucalyptus badjensis*, à idade de 18 anos, obtidas de amostras de 100 matrizes selecionadas na localidade de Vargem Bonita, SC e em Ponte Serrada, SC.

Atributo	Densidade básica (g/cm ³)	Poder calorífico superior (MJ/kg)	Teor de cinzas (%)	Teor de extrativos (%)	Teor de lignina Klason (%)	Teor de lignina solúvel (%)
Média	0,495	18,031	0,11	2,1	22,2	3,4
Maior valor	0,574	19,596	0,22	3,4	28,0	6,0
Menor valor	0,398	16,293	0,04	1,0	17,3	2,2
Amplitude	0,176	3,303	0,19	2,4	10,7	3,8
Desvio padrão	0,036	0,593	0,04	0,4	2,3	0,9

Atributo	Arabinose (mg/g)	Galactose (mg/g)	Glicose (mg/g)	Xilose (mg/g)	Manose (mg/g)	Celobiose (mg/g)	Teor de Açúcares (%)
Média	2,6	7,3	366,9	112,0	1,3	25,5	51,6
Maior valor	7,9	31,1	567,0	214,2	8,9	64,4	83,5
Menor valor	0,0	0,0	210,0	49,7	0,0	3,7	27,4
Amplitude	7,9	31,1	357,1	164,5	8,9	60,7	56,2
Desvio padrão	2,1	5,6	77,4	35,3	2,2	14,2	12,2

Observação: Para as propriedades físicas e energéticas, a amostragem utilizada foi do tipo bagueta e, para a determinação do perfil químico, a amostragem foi do tipo farelo, ambas obtidas em nível de DAP (aproximadamente 1,30 m da superfície do solo) mediante o emprego de extratores específicos para cada situação.

Após 20 anos de acompanhamento silvicultural, comprovou-se a adequada adaptação e o alto potencial produtivo e industrial da madeira para a espécie quando plantada em altitudes elevadas do Sul do Brasil, os quais foram determinantes para a estruturação de um programa de melhoramento genético. A espécie ainda se encontra em estágio investigativo, havendo pouquíssimos plantios em escala comercial. São competidores naturais *E. benthamii* e *E. dunnii*. Felizmente, a quantidade de artigos científicos e contribuições técnicas sobre *E. badjensis* geradas no País aparentemente vêm aumentando, o que sem dúvida reflete um interesse crescente em seu aproveitamento em escala operacional, principalmente na produção de madeira como matéria-prima para usos diversificados. Nesse sentido, encontram-se disponíveis diversos artigos recentemente publicados na literatura que atestam as potencialidades e limitações naturais de sua madeira para industrialização.

A bem sucedida implantação do primeiro Pomar Clonal de Sementes (PCS) no Brasil em área da empresa Celulose Irani S.A., em parceria com a Embrapa, possibilitará a disponibilização de sementes em um nível de melhoramento considerável, muito embora seja ainda formado por um conjunto de matrizes não testadas geneticamente mediante o desempenho de seus descendentes. O Pomar está sendo aproveitado também para aprimorar técnicas de manejo de copa, indução de florescimento e de polinização controlada. As alternativas para a hibridação interespecífica estarão abertas, trazendo consigo possíveis saídas para contornar a questão da dificuldade em se obter resultados promissores com a propagação clonal. O PCS foi instalado no campo em janeiro de 2018, estando representado por 50 matrizes eleitas pelo programa de melhoramento. O espaçamento de plantio foi dimensionado de forma suficientemente ampla para permitir, em momento posterior, o plantio de novas mudas nos intervalos existentes para 50 matrizes adicionais, objetivando que a área (1,0 ha) contenha toda a coleção de genótipos. A disponibilização de cultivares clonais é o próximo objetivo almejado.

Como primeiro ativo tecnológico finalizado foi registrada a cultivar seminal denominada BRSCI 9601 Expoente, inscrita no RNC sob o número 34393.

Eucalyptus viminalis

Por muitos anos, o cultivo desta espécie prevaleceu sobre outras, devido à significativa tolerância ao frio. A Embrapa enriqueceu a base genética existente no País para a espécie por meio da introdução de novas procedências geográficas na década de 1980, as quais foram avaliadas em condições representativas na região Sul do País. Foram introduzidas oito procedências, representadas por 181 progênies. As denominações, número de matrizes colhidas e respectivas coordenadas geográficas encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10. Descrição e caracterização das coordenadas geográficas das procedências de *Eucalyptus viminalis* introduzidas no Brasil pela Embrapa.

Procedência geográfica	Nº de matrizes colhidas	Latitude (S)	Longitude (L)	Altitude (m)
Warung State Forest, Coolah, New South Wales (NSW)	25	31°45'	149°58'	1.080
Stewarts Brook State Forest, Barrington Tops Gloucester, NSW	25	31°58'	151°23'	1.300
Mountain Mudgee, NSW	26	32°43'	152°13'	820 - 1.100
Canobolas State Forest, Orange, NSW	25	33°24'	149°01'	850 - 1.170
Cotter Flats, Australian Capital Territory	5	35°38'	148°50'	1.100
Bombala, NSW (43 km sul)	25	37°13'	149°18'	420
Bendoc, Victoria (16 km sudoeste)	25	37°15'	148°45'	720
Bendoc, Victoria (14 km sudeste)	25	37°15'	148°58'	850

As avaliações efetuadas na rede experimental estabelecida permitiram definir as procedências de maior potencial adaptativo e produtivo, as quais passaram a ser denominadas de populações-base de melhoramento e que se encontram em Santa Catarina, representando as que continuaram se desenvolvendo em campo em função dos resultados da experimentação original. Um total de três procedências foram contempladas, sendo que uma quarta foi anexada em função do seu excelente padrão silvicultural graças ao trabalho conduzido pela empresa Celulose Irani S.A., empresa parceira da Embrapa. Os detalhes das áreas experimentais são apresentados adiante:

- **População-Base 1:** Banco de Conservação Genética procedente de região situada a 14 km no rumo sudeste de Bendoc, estado de Victoria, Austrália. Base genética original formada a partir de 25 matrizes, a qual possibilitou estruturar a avaliação das respectivas progênes sob o delineamento de blocos casualizados, contendo 35 repetições e parcelas de uma única planta, mantendo-se um espaçamento regular de 4,0 m x 3,0 m entre plantas. Foi implantada em fevereiro de 1986, na Fazenda Criciúma (Latitude 26°58'57"S, Longitude 51°52'13"O e Altitude 1.140 m), localizada no município de Irani, SC, em gleba com CAMBISSOLO HÚMICO Aluminoférrico léptico, horizonte A húmico, textura muito argilosa ou argilosa, relevo plano a suave ondulado, bem a moderadamente drenado, terço médio da encosta, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 25 cm e profundidade efetiva < 100 cm. População manejada e com boas condições silviculturais. Área total: 1,35 ha. Foram selecionadas oito matrizes para atender aos propósitos do melhoramento.
- **População-Base 2:** Banco de Conservação Genética procedente de região situada a 43 km ao sul de Bombala, estado de New South Wales, Austrália. Base genética

original formada a partir de 20 matrizes, a qual possibilitou estruturar a avaliação das respectivas progêneses sob o delineamento de blocos casualizados, contendo 20 repetições e parcelas de uma única planta, mantendo-se um espaçamento regular de 4,0 m x 3,0 m entre plantas. Foi implantada em março de 1986, na Fazenda Campina da Alegria (Latitude 26°56'26"S, Longitude 51°48'07"O e Altitude 1.114 m), localizada no município de Catanduvas, SC, em gleba com CAMBISSOLO HÚMICO Aluminoférrico típico, horizonte A húmico, textura muito argilosa ou argilosa, relevo ondulado, bem a moderadamente drenado, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 25 cm e profundidade efetiva > 100 cm. População manejada e com boas condições silviculturais. Área total: 0,62 ha. Foram selecionadas quatro matrizes para atender aos propósitos do melhoramento.

- **População-Base 3:** Banco de Conservação Genética procedente de região localizada a 16 km no rumo sudoeste de Bendoc, estado de Victoria, Austrália. Base genética original formada a partir de 25 matrizes, a qual possibilitou estruturar a avaliação das respectivas progêneses sob o delineamento de blocos casualizados, contendo 30 repetições e parcelas de uma única planta, mantendo-se um espaçamento regular de 4,0 m x 3,0 m entre plantas. Foi instalada em março de 1986, na Fazenda São João do Irani/Camargo (Latitude 26°54'15"S, Longitude 51°46'57"O e Altitude 1.179 m), localizada no município de Vargem Bonita, SC, em gleba com NITOSSOLO BRUNO Distroférrico cambissólico, horizonte A húmico, textura muito argilosa, relevo plano a suave ondulado, bem a moderadamente drenado, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 30 cm e profundidade efetiva > 100 cm. População manejada e com boas condições silviculturais. Área total: 1,04 ha. Foram selecionadas oito matrizes para atender aos propósitos do melhoramento.
- **População-Base 4:** Talhão procedente do estado de New South Wales, Austrália. Base genética original desconhecida. Foi instalada na forma de povoamento comercial (sob espaçamento de 3,0 m x 2,0 m entre plantas) em dezembro de 1995, na Fazenda Pinho (Latitude 26°50'12"S, Longitude 51°51'51"O e Altitude 1.028 m), localizada no município de Ponte Serrada, SC, em gleba com predomínio de NITOSSOLO BRUNO Distroférrico cambissólico, horizonte A húmico, textura muito argilosa, relevo ondulado, bem drenado, terço superior a médio de encosta, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 25 cm e profundidade efetiva > 100 cm. Na parte inferior da encosta ocorre a presença de CAMBISSOLO HÚMICO Aluminoférrico léptico, horizonte A húmico, textura muito argilosa ou argilosa, relevo plano a suave ondulado, bem a moderadamente drenado, material de origem rochas eruptivas básicas a intermediárias, espessura do horizonte superficial ≥ 25 cm e profundidade efetiva < 100 cm. As boas condições silviculturais, a adequada densidade populacional remanescente e a

qualidade das matrizes conferem uma condição muito favorável para aproveitamento da população como fonte de sementes melhoradas.

As referidas populações foram ou ainda vêm sendo manejadas por meio de desbastes seletivos. Os critérios adotados para eliminação de árvores foram os seguintes: presença de sintomas de doenças ou de má adaptação; taxa de crescimento abaixo da média; acentuada tortuosidade; ocorrência de bifurcação; deformação na base do fuste; galhos excessivamente grossos; danos mecânicos e inclinação anormal. A intenção foi estruturar as áreas para se tornarem áreas produtoras de sementes na modalidade Área de Produção de Sementes (APS). As Populações 1 e 3 mostraram-se sensivelmente superiores à População-Base 2. As quatro áreas encontram-se em maturidade reprodutiva, evidenciada pela formação de frutos.

As Tabelas 11 e 12 apresentam resumidamente o desempenho em termos de crescimento dos dois conjuntos de matrizes que estão servindo de base para a continuidade do melhoramento genético e futura produção de sementes de melhor qualidade.

Tabela 11. Resultados das medições realizadas para os caracteres DAP (cm), altura total (m) e volume de madeira por árvore (m³), para o conjunto de 20 matrizes de *Eucalyptus viminalis* selecionadas nas Populações-Base 1, 2 e 3, aos 28 anos de idade.

Atributo	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume de madeira por árvore ⁽¹⁾ (m ³)	Forma do fuste ⁽²⁾
Média	72,2	41,6	8,69	4,1
Maior valor	89,1	44,1	12,72	5
Menor valor	60,5	37,2	5,57	3
Amplitude	28,6	6,9	7,15	2
Desvio padrão	9,069	1,797	2,349	-
IMA ⁽³⁾	2,6	1,5	0,31	-

⁽¹⁾Para fins de estimativa do volume de madeira, atribuiu-se para todas as árvores o mesmo fator de forma (no caso 0,5), que funcionou como uma constante nos cálculos matemáticos; ⁽²⁾A nota para forma do fuste varia de 1 (pior) a 5 (melhor); ⁽³⁾IMA: Incremento Médio Anual (cm/ano para DAP; m/ano para altura total e m³/ano para volume de madeira).

Tabela 12. Resultados das medições realizadas para os caracteres DAP (cm), altura total (m) e volume de madeira por árvore (m³), para o conjunto de 12 matrizes de *Eucalyptus viminalis* selecionadas na População-Base 4, aos 19 anos de idade.

Atributo	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume de madeira por árvore ⁽¹⁾ (m ³)	Forma do fuste ⁽²⁾
Média	68,3	45,2	8,42	4,3
Maior valor	87,1	49,7	14,79	5
Menor valor	57,1	41,2	5,73	3
Amplitude	29,9	8,5	9,06	2
Desvio padrão	8,819	2,315	2,472	-
IMA ⁽³⁾	3,6	2,4	0,44	-

⁽¹⁾Para fins de estimativa do volume de madeira, atribuiu-se para todas as árvores o mesmo fator de forma (no caso 0,5), que funcionou como uma constante nos cálculos matemáticos; ⁽²⁾A nota para forma do fuste varia de 1 (pior) a 5 (melhor); ⁽³⁾IMA: Incremento Médio Anual (cm/ano para DAP; m/ano para altura total e m³/ano para volume de madeira).

Para as 32 matrizes selecionadas foram realizadas avaliações para os seguintes caracteres: densidade básica e poder calorífico superior (a partir de um par de amostras de lenho do tipo baguetas obtidas na posição correspondente ao DAP por meio de sondas de incremento, sendo uma na direção leste-oeste e a outra na direção norte-sul) e composição química (teores de cinzas, extrativos, lignina Klason, lignina solúvel, arabinose, galactose, glicose, xilose, manose, celobiose e total de açúcares. Os resultados das determinações se encontram nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13. Resultados da caracterização de propriedades físicas, energéticas e químicas da madeira de *Eucalyptus viminalis* à idade de 28 anos. Amostras provenientes de 20 matrizes selecionadas nas localidades de Irani, SC, Catanduvas, SC e Vargem Bonita, SC.

Parâmetro	Densidade básica (g/cm ³)	Poder calorífico superior (MJ/kg)	Teor de cinzas (%)	Teor de extrativos (%)	Teor de lignina Klason (%)	Teor de lignina solúvel (%)
Média	0,483	18,068	0,13	2,8	25,3	3,4
Maior valor	0,545	18,737	0,17	4,8	27,4	4,7
Menor valor	0,415	17,399	0,10	1,0	23,2	1,7
Amplitude	0,131	1,339	0,08	3,8	4,3	3,0
Desvio padrão	0,031	0,397	0,02	1,0	1,2	0,9

Parâmetro	Arabinose (mg/g)	Galactose (mg/g)	Glicose (mg/g)	Xilose (mg/g)	Manose (mg/g)	Celobiose (mg/g)	Teor de açúcares (%)
Média	3,0	6,9	322,5	104,3	5,0	42,4	48,4
Maior valor	5,8	11,9	396,7	161,8	19,8	59,3	62,6
Menor valor	1,4	3,4	219,1	65,0	0,0	29,8	31,9
Amplitude	4,5	8,5	177,6	96,9	19,8	29,5	30,7
Desvio padrão	1,4	2,5	44,5	23,9	4,9	7,9	6,9

Observação: Para as propriedades físicas e energéticas, a amostragem utilizada foi do tipo bagueta e, para a determinação do perfil químico, a amostragem foi do tipo farelo, ambas obtidas em nível de DAP (aproximadamente 1,30 m da superfície do solo) mediante o emprego de extratores específicos.

Tabela 14. Resultados da caracterização de propriedades físicas, energéticas e químicas da madeira de *Eucalyptus viminalis* à idade de 20 anos. Amostras provenientes de 12 matrizes selecionadas na localidade de Ponte Serrada, SC.

Parâmetro	Densidade básica (g/cm ³)	Poder calorífico superior (MJ/kg)	Teor de cinzas (%)	Teor de extrativos (%)	Teor de lignina Klason (%)	Teor de lignina solúvel (%)
Média	0,476	18,115	0,12	2,8	24,4	2,2
Maior valor	0,511	19,575	0,16	3,9	26,3	2,5
Menor valor	0,419	17,455	0,09	2,0	22,7	1,6
Amplitude	0,092	2,120	0,08	1,9	3,6	0,9
Desvio padrão	0,032	0,548	0,02	0,6	1,2	0,3

Parâmetro	Arabinose (mg/g)	Galactose (mg/g)	Glicose (mg/g)	Xilose (mg/g)	Manose (mg/g)	Celobiose (mg/g)	Teor de açúcares (%)
Média	4,2	8,7	398,6	140,3	6,7	45,4	60,4
Maior valor	5,2	13,0	455,9	172,6	12,1	57,0	69,5
Menor valor	3,3	5,7	323,3	119,3	1,6	37,1	49,6
Amplitude	1,8	7,3	132,6	53,3	10,6	19,9	19,9
Desvio padrão	0,6	2,2	39,6	14,8	3,3	6,4	5,9

Observação: Para as propriedades físicas e energéticas, a amostragem utilizada foi do tipo bagueta e, para a determinação do perfil químico, a amostragem foi do tipo farelo, ambas obtidas em nível de DAP (aproximadamente 1,30 m da superfície do solo) mediante o emprego de extratores específicos.

Pesquisa e desenvolvimento florestal no Semiárido

A região Semiárida do Brasil está situada na parte central da região Nordeste, tendo os seus limites contornados por áreas subúmidas, exceto na porção setentrional (Figura 1). Essa região ocupa uma área de 844.453 km² (IBGE, 2019) e é caracterizada por balanço hídrico negativo, resultante de precipitações pluviais anuais que variam de 250 mm a 800 mm, insolação média de 2.800 horas ano⁻¹, temperatura média anual de 27 °C, evaporação de 2.000 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50%. Possui regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações pluviais em um período curto de apenas três meses (Moura et al., 2007).

A Embrapa Semiárido, desde 1979, vem buscando selecionar espécies/procedências de eucalipto potenciais para diferentes condições edafoclimáticas do Nordeste, objetivando minimizar a pressão exercida sobre as espécies nativas lenhosas, que apresentam, em geral, crescimento lento. Uma importante região consumidora de



Figura 1. Mapa de delimitação do Semiárido brasileiro.

Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

lenha no Nordeste é a do Araripe, localizada entre os municípios pernambucanos de Ouricuri e Araripina. Nessa região existe uma concentração de indústrias de gesso, que utilizam a lenha como fonte de energia, com um consumo médio de 30.000 m³ por mês. Este consumo resulta em desmatamento de aproximadamente 25 ha por dia, com produção média de lenha da vegetação nativa de 40 m³ ha⁻¹. Diante dessa demanda e da baixa oferta de madeira, essas indústrias têm-se articulado para encontrar apoio de órgãos ligados ao setor florestal sobre orientações técnicas de reflorestamento como a indicação de espécies potenciais para essa região.

As características silviculturais e a importância econômica das espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* que apresentaram melhor desempenho silvicultural na região Semiárida são a seguir discutidas.

Para o Nordeste do Brasil, Golfari e Caser (1977) recomendaram a experimentação das espécies *Eucalyptus alba*, *E. camaldulensis*, *E. confertiflora*, *E. crebra*, *E. dichromophloia*, *E. exserta*, *E. microtheca*, *E. miniata*, *Corymbia papuana*, *C. polycarpa* e *C. tessellaris*, na região Semiárida, com destaque para *E. camaldulensis* que foi indicada, desde a região 2 (subúmido, úmido tropical) até a região 5 (árido tropical). Neste caso, cabendo-se a certificação das melhores procedências para cada localidade.

É importante ressaltar que a espécie *E. camaldulensis* atualmente vem sendo preterida em outras regiões do Brasil em decorrência da suscetibilidade a insetos de importância econômica (percevejo bronzeado, psilídeo de concha e vespa da galha). Existem clones de híbridos interespecíficos com *E. camaldulensis* sendo plantados comercialmente, especialmente quando os plantios estão localizados em regiões com presença de déficit hídrico, porém, ainda assim existem riscos de suscetibilidade aos referidos insetos.

Na seleção de diferentes espécies de eucalipto potenciais para a região Semiárida do Brasil, a Embrapa Semiárido, por meio do Programa Nacional de Pesquisa Florestal no Semiárido brasileiro, implantou vários experimentos em diferentes municípios dos estados da Bahia (Caetitê, Contendas do Sincorá, Brumado e Euclides da Cunha), de Pernambuco (Trindade e Petrolina), da Paraíba (Umbuzeiro e Souza), do Rio Grande do Norte (Pedro Avelino) e do Ceará (Barbalha) (Tabela 15).

Segundo Drumond (1992), nas introduções feitas pela Embrapa Semiárido, 24 espécies e 180 procedências de *Eucalyptus* e *Corymbia* foram testadas na região Semiárida brasileira, caracterizada por precipitações pluviométricas entre 250 mm e 800 mm anuais. A potencialidade de *E. camaldulensis* foi confirmada, sendo a espécie que apresentou maior produção média de madeira, juntamente com *E. tereticornis*, *E. crebrilla* e *E. drepanophylla*.

No Semiárido brasileiro existem algumas iniciativas de resgate, via propagação vegetativa, de materiais genéticos de espécies puras com grande potencial de crescimento como *E. grandis* e *E. urophylla*, objetivando a formação de híbridos com as

Tabela 15. Localização geográfica e dados climáticos dos municípios onde foram testadas as diferentes espécies e procedências de *Eucalyptus* e *Corymbia*.

Localidade	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)	Precipitação média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)
Caetitê, BA	14°04'	42°28'	826	847	21,4
Contendas do Sincorá, BA	13°45'	41°02'	286	557	22,7
Brumado, BA	14°12'	41°40'	457	640	25,0
Euclides da Cunha, BA	10°30'	40°01'	523	724	23,6
Petrolina, PE	09°24'	40°30'	376	480	26,0
Trindade, PE	07°45'	40°16'	450	565	26,0
Souza, PB	06°45'	38°13'	220	784	27,0
Umbuzeiro, PB	07°41'	35°39'	541	658	26,4
Barbalha, CE	07°18'	39°18'	414	1.112	24,1
Pedro Avelino, RN	05°31'	36°23'	097	414	25,5

espécies de menor desempenho em crescimento e forma, porém, de maior tolerância aos estresses abióticos (*E. crebra*, *E. microtheca*, entre outras). As espécies *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* são as mais importantes para o reflorestamento em zonas tipicamente tropicais da África e já despontam como potenciais para as regiões mais secas do Brasil. Outras espécies como *E. crebra* e *E. microtheca* também podem ser consideradas como materiais genéticos estratégicos na formação de híbridos interespecíficos (Oliveira; Drumond, 2003; Oliveira et al., 2010; Drumond et al., 2016).

Assim, ações de resgate de plantas remanescentes de experimentos têm sido realizadas continuamente por meio de propagação vegetativa (enxertia) para viabilizar oportunamente as etapas de polinização controlada e obtenção de híbridos, com base no bom desempenho silvicultural e principalmente na sobrevivência de *E. crebra* em plantio experimental na região de Trindade, PE (68%) e Contendas do Sincorá, BA (43%) com mais de 25 anos de idade. Os valores médios encontrados para altura (m) e DAP (cm) foram respectivamente 16 m (16 m a 19 m) e 16,5 cm (13 cm a 23cm). Essa constatação in loco incentivou a importação, em 2010, de procedências e progênies dessa espécie das localidades australianas de Pentland (QLD), Bogantungan (QLD) e Torrens Creek Area (QLD), visando aumentar a variabilidade genética da espécie na região Semiárida do Nordeste, além de possibilitar avaliações silviculturais e produção de sementes melhoradas. Os lotes de sementes dessa espécie corresponderam a 31 progênies, sendo dez de Bogantungan, onze de Pentland e dez de Torrens Creek Area, que são procedências originárias entre as latitudes de 20° a 23°S e longitudes de 145° a 147°L, com altitudes variando de 382 m a 523 m.

A partir do recebimento das sementes, foram produzidas mudas e plantadas em experimento instalado sob delineamento de blocos ao acaso com famílias compactas, no espaçamento de 3 m x 2 m, quatro plantas por parcela e três repetições, em três

localidades: Araripina, PE, Petrolina, PE e Nossa Senhora da Glória, SE. Esses ensaios foram implantados no período de 2013 a 2015 e, considerando que *Eucalyptus crebra* tem como peculiaridade o desenvolvimento inicial lento até o terceiro ano de idade, dados de crescimento em altura e DAP serão obtidos a idades mais avançadas para serem submetidos à análise estatística, possibilitando assim investigar possíveis diferenças de desempenho entre as procedências. No que se refere às médias de sobrevivência, os resultados foram superiores a 90% até o quarto ano de idade para as três procedências.

Em face da diversidade de solo e clima da região Semiárida, a produtividade de madeira das espécies varia em função da localidade (Tabela 16).

Tabela 16. Produtividade média das espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* em diferentes localidades do Semiárido brasileiro.

Espécie	Localidade/Incremento médio anual ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>E. alba</i>	12,2	6,3	3,6	4,0	6,8	3,6	2,7	2,4	1,9	-
<i>E. camaldulensis</i>	60,8	8,0	10,0	44,2	25,6	19,1	8,5	9,6	14,4	41,6
<i>C. citriodora</i>	38,0	5,3	9,6	54,1	24,2	19,7	-	9,0	6,5	-
<i>E. crebra</i>	7,5	5,2	-	8,0	9,9	24,2	16,2	-	2,0	-
<i>E. exserta</i>	28,9	5,2	10,2	27,8	25,7	23,3	-	5,0	10,0	-
<i>E. microtheca</i>	0,9	4,8	-	-	1,8	-	2,1	-	-	-
<i>E. tereticornis</i>	-	5,9	26,0	62,5	23,0	23,4	10,3	-	7,0	-

Identificação das localidades: 1) Caetitê, BA (5 anos); 2) Contendas do Sincorá, BA (4 anos); 3) Barbalha, CE (6 anos); 4) Brumado, BA (5 anos); 5) Euclides da Cunha, BA (5 anos); 6) Trindade, PE (6 anos); 7) Petrolina, PE (7 anos), 8); Pedro Avelino, RN (5 anos); 9) Umbuzeiro, PB (4 anos); 10) Souza, PB (7 anos).

A produtividade de *E. tereticornis* em Brumado, BA, cuja localização do experimento está a aproximadamente 900 m de altitude, no microclima propício ao desenvolvimento vegetativo das plantas, a produtividade da espécie foi de $62,5 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (volume cilíndrico), enquanto que em Contendas do Sincorá, BA, região de extrema aridez, sua produtividade foi dez vezes menor. Convém ressaltar que, para o Semiárido brasileiro, *E. tereticornis*, *E. alba* e *E. camaldulensis* são as espécies mais indicadas, apresentando produtividade em torno de $10 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Esse índice foi atingido por essas espécies até nas regiões consideradas mais áridas como Contendas do Sincorá, BA, Petrolina, PE e Pedro Avelino, RN (Drumond, 1992). Com relação à produtividade de *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*, acima de $40 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, a mesma foi obtida em localidades mais favoráveis em relação às condições edafoclimáticas. Aos sete anos de idade, as espécies *E. microtheca*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e *E. crebra*, apresentaram valores de incremento médio anual de volume de madeira (IMA) de $2,1 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$; $8,5 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$; $10,3 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e $16,2 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$,

respectivamente, no Campo Experimental da Caatinga, pertencente à Embrapa Semiárido, localizado em Petrolina, PE (Drumond, 1992; Drumond et al., 2016).

A pesquisa florestal desenvolvida desde 1979 na região Nordeste do Brasil conseguiu significativos avanços no conhecimento em relação às técnicas silviculturais, principalmente naquelas áreas com pouca ou nenhuma tradição florestal. Os resultados obtidos por meio dos ensaios de espaçamento e adubação envolvendo espécies potenciais para usos múltiplos, com ênfase na produção de energia, contribuíram sensivelmente para a definição de protocolos silviculturais e, conseqüentemente, para o aumento da produtividade e melhoria da qualidade das plantações. Da mesma forma, possibilitaram a seleção de espécies mais adequadas e adaptadas às condições adversas do Semiárido brasileiro (Drumond, 1992; Lima; Oliveira, 1997; Ribaski; Lima, 1997; Drumond et al., 2001, 2009, 2011, 2012, 2015; Oliveira; Drumond, 2003; Oliveira et al., 2010; Gadelha et al., 2012, 2015).

Considerando-se que não existem perspectivas, no curto e médio prazo, para a substituição da lenha como principal fonte energética regional e diante do fato de que as mudanças climáticas globais são uma realidade, as florestas plantadas passam a ter papel relevante na elaboração de estratégias de mitigação e adaptação. Dessa forma, faz-se necessária a ampliação das pesquisas na área florestal, procurando identificar novos materiais genéticos potenciais e aperfeiçoando as tecnologias silviculturais para assegurar o fornecimento de matéria-prima, em quantidade e qualidade, para suprir a demanda regional de forma sustentável.

Particularmente na Chapada do Araripe, onde existe grande demanda de madeira para energia, o plantio de eucaliptos é uma alternativa para diminuir a pressão sobre a Caatinga quanto à obtenção de lenha para abastecer os fornos das indústrias gesseiras. O estabelecimento de florestas energéticas utilizando híbridos de eucalipto tem apresentado resultados bastante promissores, demonstrando que, a partir do quarto ano, é possível produzir mais de 100 m³ de madeira por hectare. Com essa produtividade e diante de um consumo médio anual de cerca de dois milhões de metros estéreos (condição empilhada) de lenha na região, considera-se que, com o cultivo desse material introduzido, será possível reduzir consideravelmente o consumo de madeira oriunda da vegetação nativa.

Deve-se ressaltar, ainda, que o cultivo de florestas energéticas com eucalipto, quando bem conduzido, resulta em impactos positivos, pois é uma atividade sustentável (permite a conversão de carbono em biomassa), geradora de emprego e renda e de um produto renovável capaz de substituir a madeira de espécies nativas utilizadas como fonte energética, proporcionando ainda o aumento do rendimento energético dos fornos por se tratar de um material homogêneo em suas características gerais.

Percebe-se, no entanto, a necessidade de um maior incentivo por parte de órgãos do governo, para que os produtores optem pelo plantio em áreas degradadas da Caatinga. Seria muito importante a criação de um programa florestal incentivado, onde

fosse possível inserir o pequeno produtor na produção dessa energia de forma sustentável, tratando a floresta plantada como outra cultura qualquer capaz de gerar emprego e renda no campo. Com essa finalidade, poder-se-ia considerar a possibilidade da criação de subsídios para programas de plantio florestal comercial na região do Polo Gesseiro do Araripe, em Pernambuco. Com isso, indústrias de calcinação poderiam implantar suas próprias florestas ou incentivar programas de fomento florestal junto a pequenos e médios proprietários rurais, garantindo seu autoabastecimento de lenha.

Para averiguar a condição silvicultural geral de germoplasmas de espécies de eucaliptos de uma antiga rede experimental do Prodepef, denominada “Teste de Espécies de Eucaliptos”, instalada em parceria com entidades públicas e privadas do Nordeste, pesquisadores da Embrapa Semiárido e da Embrapa Florestas visitaram, no final de 2010, diversos experimentos dessa rede estabelecidos nos municípios baianos de Contendas do Sincorá, Caetitê, Brumado, Planaltino e Maracás, com vistas à avaliação e perspectivas de resgate de materiais (via pólen, sementes ou material vegetativo), visando identificar aqueles de interesse à continuidade de pesquisas na região. Os resultados dessa avaliação para o resgate de genótipos são apresentados adiante:

Experimento I: Floresta Nacional (Contendas do Sincorá, BA):

- Coordenadas geográficas: latitude 13°55'43”S, longitude 41°05'31”O e altitude 342 m.
- Parecer técnico: aspecto silvicultural condizente com a condição climática regional e com o estado selvagem dos germoplasmas, havendo grande mortalidade de plantas e perda completa de parcelas de algumas espécies. As medições foram realizadas somente até a idade de cinco anos.
- Particularidades do sítio: a precipitação pluviométrica média anual é 550 mm, distribuída de forma irregular entre novembro e março; lenço freático muito profundo; solo de textura argilosa com profundidade de até 1,5m; vegetação natural típica de Caatinga.
- Interesse da Embrapa: resgate vegetativo dos melhores indivíduos das espécies *E. crebra*, *E. microtheca* e *E. drepanophylla*.
- Orientação para a detentora da área (Ibama): manutenção e conservação genética da unidade experimental, protegendo o material contra a ação de fogo, formigas cortadeiras, vandalismo e furto.
- Em avaliação dendrométrica expedita efetuada nas parcelas de *E. crebra*, foram encontrados os seguintes valores: 43% para sobrevivência, 15,2 cm para DAP e entre 14,0 e 16,5 m de amplitude para altura total.
- Observações adicionais: das espécies potenciais sobreviventes observadas, o desempenho geral (crescimento, forma e sobrevivência) em ordem decrescente (melhor para pior) foi o seguinte: *E. crebra*, *E. microtheca* e *E. drepanophylla*. Presença muito restrita de frutos.

Experimento II: Propriedade particular (Caetité, BA)

- Coordenadas geográficas: latitude 14°08'50"S, longitude 42°19'30"O e altitude 650 m.
- Parecer técnico: aspecto silvicultural condizente com a condição climática regional e com o estado selvagem dos germoplasmas, havendo grande mortalidade de plantas e perda generalizada de parcelas. As medições foram realizadas somente até a idade de 5 anos.
- Particularidades do sítio: a precipitação pluviométrica média anual é 850 mm, distribuída de forma irregular entre novembro e março; solo de textura média; vegetação natural típica de Caatinga; árvores de *C. citriodora* nas circunvizinhanças.
- Interesse da Embrapa: conservação genética do material.
- Orientação: Manutenção e conservação genética da unidade experimental.

Experimento III: Propriedade particular (Caetité, BA)

- Coordenadas geográficas: latitude 14°09'07"S, longitude 42°20'34"O e altitude 686 m.
- Parecer técnico: aspecto silvicultural condizente com a condição climática regional e com o estado selvagem dos germoplasmas, havendo grande mortalidade de plantas e perda generalizada de parcelas. As medições foram realizadas somente até a idade de 5 anos.
- Particularidades do sítio: a precipitação pluviométrica média anual é 850 mm, distribuída de forma irregular entre novembro e março; solo de textura média; vegetação natural típica de Caatinga; existem algumas árvores *E. resinifera* nas bordas do experimento e várias de *C. citriodora* remanescentes de plantio comercial ocupando uma área de aproximadamente 1,0 ha efetuado nas circunvizinhanças.
- Interesse da Embrapa: resgate de genótipos de *C. intermedia*.
- Orientação: Manutenção e conservação genética da unidade experimental.

Experimento IV: Empresa Magnesita (Brumado, BA)

- Coordenadas geográficas: latitude 14°09'27"S, longitude 41°42'30"O e altitude 895 m.
- Parecer técnico: aspecto silvicultural condizente com a condição climática regional e com o estado selvagem dos germoplasmas, havendo grande mortalidade de plantas e perda generalizada de parcelas. As únicas espécies que sobreviveram foram: *E. tereticornis*, *E. camaldulensis* e *C. intermedia*. Com exceção desta última, as duas primeiras foram colocadas como bordadura do experimento. As medições foram realizadas somente até a idade de 5 anos.
- Particularidades do sítio: a precipitação pluviométrica média anual é 750 mm, distribuída de forma irregular entre novembro e março; solo de textura média; vegetação

natural do ecossistema “caatinga alta”, havendo ocorrência de árvores de maior porte e do extrato herbáceo; frio intenso durante os meses de inverno e presença de cerração nessa época; talhão comercial de *C. citriodora* nas circunvizinhanças, apresentando desenvolvimento considerado relativamente bom para a condição local.

- Interesse da Embrapa: resgate genético de *E. intermedia*.
- Orientação para a empresa proprietária: Manutenção e conservação genética da unidade experimental.

Pesquisa e desenvolvimento florestal nas condições tropicais do Sudeste, Centro-Oeste e Meio-Norte

Para as condições tropicais, aqui entendidas aquelas nas quais não ocorrem frios de forte intensidade, devido ao fato do conjunto de posicionamentos geográficos (altitude e latitude) serem menores em relação às do Sul do País, há um maior número de gêneros e, dentro desses, várias espécies passíveis de serem cultivadas. Assim, há no gênero *Eucalyptus* L’Her (Brooker, 2000) ao menos três espécies que foram ou estão sendo cultivadas: *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. cloeziana*, havendo predomínio de híbridos interespecíficos entre as duas primeiras, denominados “urograndis”. Em outro gênero, *Corymbia* (Hill; Johnson, 1995), se destacam os cultivos comerciais da espécie *C. citriodora*, também largamente empregado em cruzamentos com *C. torelliana*.

A Embrapa é uma empresa de pesquisa com mais de quarenta unidades regionais no País, notadamente voltada para produtos agrícolas e animais e não dispõe, em muitas delas, de recursos materiais e humanos direcionados para execução de pesquisas florestais. Além dessa dificuldade, somam-se no Centro-Oeste as longas distâncias rodoviárias entre municípios nos quais se localizam os polos industriais, além dos plantios de florestas comerciais estarem em solos não apropriados para cultivos agrícolas. Diante dessas limitações, na década 2000, o programa de pesquisas foi orientado por estratégias como: a) reduzido número de espécies; b) foco em sementes de matrizes coletadas em testes da rede nacional, em áreas e regiões com condições edáficas assemelhadas em São Paulo e Minas Gerais; c) desenvolvimento de segunda geração de seleção genética no País; d) obtenção de germoplasma híbrido por meio de cruzamentos naturais em bases da Embrapa, localizadas em Campo Grande, MS e Goiânia, GO.

Na década seguinte, com material já melhorado e coletado na forma de sementes, empreendeu-se a formação de parcerias público-privadas, formando bases de melhoramento em Niquelândia, GO e Rio Verde, GO, voltadas para testes de progênies híbridas e seleção de germoplasma apto para propagação clonal.

Em 2008, a Embrapa Florestas estabeleceu contrato de parceria por dez anos com a Empresa Anglo American Níquel do Brasil S.A. por meio da sua Unidade Codemin,

instalada no município de Niquelândia, norte do Estado de Goiás e que utiliza madeira de eucalipto como fonte energética no processo industrial. A parceria objetivou o melhoramento genético com a seleção de genótipos com elevada produção de madeira, tolerância a estresse hídrico, densidade básica da madeira elevada, resistência às principais doenças e usos múltiplos da madeira. Em 2010, por um mesmo período de duração, a Embrapa Florestas estabeleceu contrato de cooperação técnica com a Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano (Comigo) (Rio Verde, GO) visando o melhoramento genético de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia*, para obter clones altamente produtivos em biomassa, tolerantes a estresses hídricos e a pragas e doenças. Nesse espaço de tempo, nas fazendas florestais da Comigo, foram selecionadas e avaliadas populações, progênies e clones experimentais. Como resultados das parcerias havia um conjunto de clones elite no âmbito de campo que, para serem alçados à categoria de cultivares comerciais, necessitavam ser devidamente avaliados quanto ao comportamento na clonagem em escala comercial, quanto à qualidade da madeira e também validados em diversos ambientes produtivos. No final da década de 2010, novas parcerias público-privadas foram estabelecidas com produtores de mudas clonais em Toledo, PR e Manduri, SP. Essas parcerias visam a ampliação dos germoplasmas clonais e validação do desempenho dos mesmos para usos múltiplos da madeira em diversos ambientes, bem como o lançamento de cultivares.

O Programa de Melhoramento Genético da Embrapa também conduz: a) populações de melhoramento de *Corymbia maculata* e *C. torelliana* (Ponta Porã, MS, Niquelândia, GO e Rio Verde, GO); b) um banco de conservação de *C. maculata*, sob o qual foram implantadas mudas de *C. torelliana* visando cruzamentos, em conjunto com o Instituto Florestal de São Paulo, em Pirajú, SP; c) testes de progênies de novas introduções de *E. pellita* (procedência Papua Nova Guiné) (Ponta Porã, MS, Niquelândia, GO e Rio Verde, GO) e de *E. crebra*, este voltado à região do Semiárido brasileiro.

As prioridades do melhoramento genético, em termos de características para as espécies de ambos os gêneros consideradas estratégicas foram classificadas em cinco categorias, conforme seguem:

- Caracteres de crescimento das árvores: diâmetro na altura do peito (DAP), comprimento do tronco comercial e volumes, de massa verde e biomassa da madeira.
- Características silviculturais das árvores: retidão do fuste, espessura, ângulo de incidência e desrama dos galhos, circularidade na base do fuste e sanidade.
- Características físicas da madeira para fins energéticos: densidade básica e produção energética.
- Caracteres tecnológicos da madeira para processamento mecânico: rachaduras de topo das toras e das tábuas.

- Capacidade de emissão de rebrotes de minicepas, enraizamento de miniestacas e volume de raízes ativas.

Esse conjunto de atributos atende a fase inicial de prospecção de germoplasma clonal, sendo que, por ocasião da validação, outras características e indicadores são definidos visando atender demandas comerciais a partir da madeira produzida.

Com vistas à obtenção de híbridos e materiais puros melhorados, a Embrapa Florestas desencadeou atividades de experimentação, seleção e melhoramento genético como se seguem.

Eucalyptus grandis

No final da década de 1990, a Embrapa Florestas iniciou um processo de coleta de sementes em matrizes geneticamente selecionadas de algumas espécies oriundas da introdução realizada no início da década de 1980 e que foram intensivamente avaliadas em diversas condições ambientais, em várias regiões brasileiras. No caso de *E. grandis*, 581 lotes de sementes na forma de progênies de polinização aberta representaram o produto dessa ação, sendo colhidas nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Para avanço da geração de seleção e constituição de uma nova população melhorada foi utilizada a seleção recorrente intrapopulacional, mediante o plantio em dezembro de 2002 de 90 progênies, cada uma delas representada por 54 indivíduos, em São Carlos, SP, prevalecendo progênies de origem da macrorregião de Atherton, QLD (75 matrizes) em relação a de Kenilworth, QLD (15 matrizes), ambas na Austrália. A seleção genética foi realizada para produtividade de madeira com base na característica diâmetro à altura do peito (DAP), sendo também selecionados em anos sucessivos indivíduos por valores genéticos para outros caracteres de interesse do melhoramento, como retidão e conicidade do fuste, diâmetro de galhos e ângulo de inserção destes no fuste e tolerância a doenças do fuste. Avaliações do DAP aos 8, 25, 48 e 72 meses de idade permitiram a condução de desbastes seletivos tendo como base o ordenamento pelo valor genético aditivo e por observações de campo, sendo praticadas intensidades variadas de seleção (Tabela 17).

Tabela 17. 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	Número de plantas	Intensidade de seleção (%) e número de matrizes	DAP médio da população (cm)
2003/2006	4.860	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

Essas ações foram combinadas com a avaliação dos genótipos para os cancos causados por *Chrysoporthe cubensis* e *Coniothyrium zuluense*, conforme a Tabela 18 que, seguidas de desbastes seletivos e mortalidade, reduziram o teste de progênes para 146 matrizes (3%), com média geral de 39,1 cm para DAP obtido em 69 progênes. Sob condição natural de infecção, 58% das matrizes selecionadas apresentaram resistência a ambos os tipos de cancro avaliados no campo. A formação de uma nova população, tendo como base somente as matrizes selecionadas como resistentes ao cancro, aprimorou o processo de melhoramento intrapopulacional para minorar a presença de alelos que condicionaram a suscetibilidade aos cancos.

Tabela 18. Resultados das avaliações de resistência natural de matrizes de *Eucalyptus grandis* para cancos na base, meio e parte superior do fuste em São Carlos, SP, aos 7 anos de idade.

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

Ressaltam-se as dificuldades de obtenção de propágulos vegetativos do germoplasma de *E. grandis* plantado em São Carlos, SP, como pode ser observado aos sete anos de idade, em que 14 genótipos foram anelados e dos quais não foram obtidas brotações. Aos seis anos de idade foram colhidas 4,2 kg de sementes em 76 matrizes e depositadas no Banco de Sementes da Embrapa Florestas. Das seleções efetuadas aos 13 anos em 75 árvores, 24 foram selecionadas para serem cortadas e avaliadas para serraria, por apresentarem sanidade, boa forma, galhos preferencialmente finos e pouco persistentes até 10 m de altura e elevado volume de tronco. Em 2019, aos 17 anos, as matrizes permanecem no campo para avaliações e usos futuros.

Corymbia maculata

Com a expansão do cultivo de eucaliptos na maioria dos biomas do País surgiram, além de novas doenças, outras demandas de usos múltiplos da madeira. Com essa finalidade, alguns remanescentes das introduções anteriores de eucaliptos e corimbias foram considerados para uso *per se* e em cruzamentos. Visando atender futuras necessidades, foram coletadas sementes de um banco de conservação genética composto por 25 matrizes, implantado em 1984 na Floresta Estadual de Piraju, SP (latitude 23°06'46"S, longitude 49°23'08"O e altitude 575 m) das procedências de Wondai State Forest e Woodum State Forest Gympie, QLD, Austrália. Foram implantadas

populações em Goiânia, GO, Niquelândia, GO, Ponta Porã, MS e Rio Verde, GO (Tabela 19) visando seleção recorrente intrapopulacional. A espécie *C. maculata* apresenta copa reduzida, madeira densa, fuste reto e ausência de bifurcações, características essas favoráveis para aplicação em sistemas silvipastoris. Entretanto, apresentam elevado percentual de indivíduos com forte exsudação de extrativos, chamados de “kino”, contidos em bolsas e veios. Esses extrativos surgem como resposta de defesa das árvores a estresse hídrico e a outros eventos desfavoráveis como ventos fortes, insetos que perfuram fustes ou qualquer ferimento na casca que estimule a sua formação em espécies do gênero *Corymbia*, o que compromete a emissão de rebrotes do fuste quando induzidos por anelamento basal.

Tabela 19. Locais em que foram implantadas populações base de *Corymbia maculata* com vistas à formação de raças locais e aproveitamento em cruzamentos com outras espécies.

Município/ estado	Local	Área (ha)	Ano de implantação	Número de matrizes selecionadas
Goiânia, GO	Fazenda Retiro, Embrapa Arroz e Feijão	1,0	2004	324
Ponta Porã, MS	Campo Experimental de Ponta Porã, Embrapa Agropecuária Oeste	1,0	11/2010	Não realizada
Niquelândia, GO	Horto Rio Vermelho, empresa Anglo American Níquel Brasil	1,0	12/2009	Não realizada
Niquelândia, GO	Horto Aranha, empresa Anglo American Níquel Brasil	1,0	12/2009	População descartada
Rio Verde, GO	Fazenda Florestal IV, Cooperativa Comigo	1,0	02/2010	121

A obtenção de rebrotes de matrizes aneladas foi prejudicada devido à emissão de exsudações do fuste, em Goiânia, GO, as quais limitaram drasticamente o objetivo de reprodução clonal. Assim, a manutenção de áreas com a referida espécie visa tão e somente a possibilidade de aproveitamento do potencial da espécie em cruzamentos interespecíficos restritos às espécies de corimbias, uma vez que são incompatíveis cruzamentos com as espécies de eucaliptos. Dessa forma, as populações vêm sendo selecionadas e mantidas com vistas a cruzamentos naturais com *C. torelliana*, espécie essa já implantada na mesma área física em Rio Verde, GO e no banco de conservação genética de Piraju, SP.

Cruzamentos entre *C. torelliana* e *C. maculata* apresentam forte heterose e melhoram as chances de se obterem genótipos clonáveis devido à participação de *C. torelliana*. A maior capacidade de rebrota e de enraizamento das miniestacas, normalmente, é repassada aos híbridos interespecíficos quando a espécie *C. torelliana* é usada

como parental feminino (Assis, 2012). A partir do uso intensivo de clones nos plantios comerciais, as estruturas produtoras de sementes no campo e também as sementes armazenadas em câmaras mantidas sob climatização perderam espaço, tendo em vista a menor produtividade de madeira dos plantios a partir de mudas seminais em relação às clonais, bem como devido aos elevados custos para a colheita de sementes.

Eucalyptus cloeziana

Um dos condicionantes do uso de eucaliptos em plantios comerciais no Brasil tem sido a facilidade na produção de mudas clonais em larga escala. Embora possua a característica ímpar de produção em abundância de sementes por árvore, anualmente, a espécie *E. cloeziana* não se destaca em termos de área cultivada. Há inúmeras razões para tal, dentre as quais o fato de não ser utilizada para a produção de celulose e papel devido ao expressivo volume de reagentes necessário para a pré-hidrólise e cozimento Kraft (Mezzomo, 1996). Para carvão, devido à friabilidade, aqui entendida como capacidade de se esfarelar durante todo o manuseio, gerando finos que são considerados perdas, não é possível o seu uso nos altos-fornos. Além desses aspectos, a granulometria muito baixa do carvão de *E. cloeziana* é responsável por problemas técnicos na siderurgia, gerando resíduos também entendidos como perdas, que podem chegar a 30%.

Entretanto, dada à considerável durabilidade natural de sua madeira, a espécie se torna altamente atrativa para uso na propriedade rural, mesmo sem ser submetida a tratamento contra fungos e cupins (Boland et al., 2006). Dessa forma, trabalhos com a espécie visando usos da madeira em sistemas de cultivos de frutíferas tutoradas por estruturas, como uva e maracujá em espaldeira, cercas, dentre outros usos, são fatores que fizeram com que a Embrapa atuasse no melhoramento da espécie, na tentativa de obter genótipos superiores quanto à produção de madeira, propriedades tecnológicas da madeira, tolerância a fatores bióticos e abióticos e capacidade de clonagem (elevada emissão de rebrotes e enraizamento das miniestacas).

Em Goiânia, Ponta Porã e Niquelândia, populações-base de melhoramento foram implantadas em 2004, 2007 e 2009, respectivamente, sendo que esta última não apresentou genótipos com crescimento adequado, enquanto que a de Ponta Porã não foi selecionada. As sementes das populações de *E. cloeziana* são provenientes de 96 matrizes selecionadas geneticamente em testes instalados em Minas Gerais e São Paulo. Nas matrizes selecionadas em Goiânia, em 2013, foi aplicada a clonagem em 30 matrizes (corte das árvores, limpeza do solo e desbastes de árvores próximas). Após 40 dias do corte das árvores, a eficiência na emissão de brotações foi de 75%, sendo obtidos rebrotes de 28 matrizes, os quais foram transportados para viveiro de mudas clonais da Comigo, em Rio Verde. Foram avaliadas minicepas no jardim clonal quanto à capacidade de emissão de brotações e quanto à tolerância à ferrugem.

Em relação a doenças, foi constatada a presença de ferrugem do eucalipto nas minicepas pela presença de esporos amarelos típicos. Nas mudas de diversas idades foram observados o estado geral de desenvolvimento, o sistema radicular, se abundante e ou formado apenas por calos e por raízes rudimentares. Nas cepas, as brotações dos genótipos suscetíveis foram altamente afetadas pela ferrugem causada pelo fungo *Puccinia psidii* (Alfenas et al., 2004). Da mesma forma, observou-se intensa mortalidade de mudas após o enraizamento das miniestacas, nas várias coletas efetuadas durante o período de seis meses, provocadas por manchas foliares, não formação de raízes e suscetibilidade à ferrugem. Entretanto, foi constatada a variabilidade intraespecífica de *E. cloeziana* para resistência à ferrugem.

Em teste clonal multiespécies, instalado em abril de 2016 na Fazenda Florestal IV da Comigo, foram incluídos seis clones de *E. cloeziana* provenientes de rebrotes de matrizes submetidas a corte raso da população base de Goiânia, GO (brs 805, 806, 809, 819, 821 e 822). Em avaliações aos 7, 11 e 23 meses de idade foi constatado que os clones de *E. cloeziana* apresentaram fraco desempenho silvicultural, bifurcações, galhos grossos e escurecimento de folhas dos galhos baixos, sendo por isso descontinuados.

Na população selecionada em Goiânia, a Embrapa registrou a cultivar seminal BRS 364 (Porteira) sendo que um plantio seminal dessa cultivar se encontra em processo de validação em solo classificado como Neossolo Quartzarênico, na Fazenda Florestal I da Comigo. Nessas condições foi observada alta variabilidade fenotípica e menor crescimento em DAP (21%) em relação a padrões comerciais de clones de eucalipto “urograndis” e de *E. urophylla*, bem como por características silviculturais, culminando com a indicação de inaptidão dessa cultivar para as condições locais. Outra questão considerada plausível para explicar o desempenho abaixo do esperado foi a possibilidade de uma parte das sementes terem sido autofecundadas, em face da possível carência de polinizadores para recombinar adequadamente as matrizes do pomar de Goiânia ou eventual falta de sincronismo de época de florada entre as matrizes. Adicionalmente, pode ter ocorrido a endogamia, como resultado de cruzamentos entre indivíduos aparentados, contribuindo para perda de vigor e baixa qualidade das árvores quanto à forma e à presença de bifurcações. Devido às condições observadas, a citada unidade de validação da cultivar foi desativada e, conseqüentemente, a comercialização de sementes foi descontinuada.

Alternativamente, com vistas à seleção de genótipos de *E. cloeziana* com características favoráveis ao enraizamento de miniestacas (índices comerciais acima de 50%), foram selecionadas em viveiro, com base em vigor, 1.000 mudas formadas das colheitas de sementes das matrizes de Goiânia, em 2013. A partir destas foram selecionados 200 genótipos quanto à resistência à ferrugem e manchas foliares que, implantados em canaletão em minijardim clonal, com seleção daquelas com maior emissão de rebrotes para formar mudas que deram origem a novas cepas, as quais finalmente

produziram mudas para avaliação no campo.

Na Fazenda Florestal IV foi implantado em março de 2017 um teste clonal fase I (primeira avaliação) contendo parcelas de 20 plantas (5 plantas em 4 linhas), em 3 blocos constituídos por 52 genótipos, dentre os quais dez são da série brs 1000 (*E. cloeziana*), proveniente de clonagem de mudas seminais. A fonte das sementes foi a população base de Goiânia. Na primeira avaliação, aos 12 meses de idade, o genótipo brs 1255 se destacou em crescimento e pela forma diferenciada para o padrão da espécie quanto à disposição de ramos e folhas. O mesmo comportamento foi observado em novo teste clonal implantado em março de 2018 na Fazenda Florestal II da Comigo. O teste será continuamente avaliado até a idade de seis anos (2023). Por apresentar crescimento favorável, o genótipo brs 1255 foi relacionado em 2018 para desenvolvimento de protocolos clonais com parceiros viveiristas da Embrapa nos estados de São Paulo e Paraná.

Eucalyptus pellita

Uma das características de *E. pellita* procedente da coleta da Austrália efetuada pela Embrapa na década de 1980 foi o baixo desempenho em crescimento no País, de forma que não há cultivares puras clonais e tampouco interesse por sementes no Brasil oriundas dessa introdução. A outra é a proximidade genética com *E. urophylla*, que demonstrou vantagens em múltiplas características em relação a *E. pellita*. Entretanto, algumas características de *E. pellita*, tais como florescimento precoce, bom crescimento mesmo sob condições de estresse hídrico, aliada às características silviculturais desejáveis como boa forma do fuste, madeira densa e rica em extrativos, alta capacidade de rebrota e enraizamento, além de agregar resistência à ferrugem (*Puccinia psidii*), murcha do eucalipto (*Ceratocystis fimbriata*) e mancha foliar (*Cylindrocladium pteridis*) (Fonseca et al., 2010; Guimarães et al., 2010), fizeram com que fosse necessário manter essa espécie em programas de melhoramento.

No intuito de ampliar a base genética da espécie no Brasil com procedência de melhor desempenho, como a de Papua Nova Guiné, a Embrapa Florestas importou sementes de 24 árvores matrizes de um pomar clonal de segunda geração da Austrália em 2008, para estruturar uma população-base de melhoramento e, posteriormente, obter genótipos para fins clonais adaptados às condições tropicais. A partir desse germoplasma, testes de progênes foram implantados em quatro ambientes da região Centro-Oeste do Brasil (Tabela 20). Pretende-se com essa introdução e seleções em múltiplos ambientes obter cultivares com melhores características para a produção de carvão com fins energéticos, bem como para outros usos da madeira.

Tabela 20. Fatores condicionantes do crescimento nos ambientes dos testes de progênies de *Eucalyptus pellita*.

Condicionantes de desenvolvimento	Municípios, estados e locais			
	Niquelândia, GO Horto Aranha	Niquelândia, GO Horto Rio Vermelho	Rio Verde, GO Fazenda Florestal IV	Ponta Porã, MS Campo Experimental da Embrapa
Latitude (Sul)	14°19'25.86"	14°28'44.87"	18° 7'56.87"	22°33'21.71"
Longitude (Oeste)	48°41'40.21"	48°47'32.12"	51° 7'36.86"	55°38'52.69"
Altitude (m)	589	595	650	640
Tipo de solo	Latossolo Vermelho Distrófico típico	Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico	Neossolo Quartzarênico	Latossolo Vermelho Distrófico
Precipitação média anual (mm)	1.500	1.500	1.766	1.660
Temperatura máxima média (°C)	30,5	30,5	29,8	23,6
Temperatura mínima média (°C)	20,2	20,2	17,6	16,4

Em Rio Verde, GO, o experimento foi implantado no ano de 2010, sob delineamento experimental de blocos completos casualizados, com 40 repetições, parcelas de uma planta e espaçamento de 3 m x 3 m. Na idade de 43 meses foram mensurados o diâmetro à altura do peito (DAP), coletadas folhas e amostras de madeira, via baguetas, de 773 árvores. Algumas propriedades físicas da madeira como densidade básica determinada por baguetas extraídas à altura de 1,30 m indicaram, para 41 genótipos, uma média de 0,475 g/cm³ comparativamente aos clones comerciais AEC 144 e GG100, respectivamente, com 0,450 g/cm³ e 0,430 g/cm³ (Tabela 21). A maior densidade observada na mesma idade em um genótipo de *E. pellita* foi 0,573 g/cm³.

Tabela 21. Densidade básica da madeira de matrizes de *Eucalyptus pellita* e de clones comerciais, obtida por meio de baguetas, procedentes da Fazenda Florestal IV, Comigo, Rio Verde, GO.

Germoplasma	Número de árvores amostradas	Idade (meses)	Densidade básica (média) (g/cm ³)	Densidade básica (limite superior) (g/cm ³)	Densidade básica (limite inferior) (g/cm ³)
<i>E. pellita</i>	41	43	0,475	0,573	0,364
Clones comerciais (2)	3	46	0,440	0,450	0,430

As folhas desses genótipos foram enviadas ao Laboratório de Genética de Plantas e Biotecnologia da Embrapa Cenargen para extração de DNA, avaliação da diversidade genética e genotipagem. Constatou-se que o nível de diversidade foi inferior ao de populações de *E. grandis* e *E. urophylla*, com somente cerca de 20 mil SNPs

polimórficos e que as sementes poderiam ser provenientes de mistura de progênies e, ou de enganos por ocasião da colheita das sementes (Müller et al., 2017).

Aos 52 meses de idade ocorreu na região um evento climático com fortes ventos, que ocasionou a perda de áreas comerciais (por acamamento e quebra de fuste) contíguas ao experimento, causando consideráveis prejuízos. Dessa forma, optou-se por abater todas as 41 matrizes para nova indução de brotações. Após clonagem e avaliações qualitativas em mudas formadas foram selecionados 33 clones que foram plantados na Fazenda Florestal I em junho de 2015. Esses clones foram avaliados em duas ocasiões, respectivamente aos 9 e 33 meses de idade, nos quais foram consideradas características silviculturais, sendo atribuídas as seguintes notas aos clones: 1 - Fraco desempenho, acamamento, suscetibilidade a doenças foliares, bifurcações e quebramentos; 2 - Desempenho mediano e 3 - Superioridade em relação às testemunhas. Destacaram-se: a testemunha, clone AEC 144 (*E. urophylla*), com nota 2,8; brs 722 (*E. pellita*) com nota 2,5 e BRS QUARENTA (*E. urophylla*) com nota 2,0. Quanto ao DAP (diâmetro à altura do peito), destacaram-se: BRS QUARENTA, com 16,5 cm; AEC 144, com 15,3 cm e brs 722, com 14,3 cm. A média de DAP do clone comercial AEC 1528, plantado na mesma época em frente ao teste clonal, resultou em 14,9 cm. Os genótipos AEC 144, AEC 1528 e BRS QUARENTA possuem as características de genótipos de *E. urophylla* e apresentam volume de crescimento superior aos de *E. pellita*. Entretanto, não apresentaram a densidade básica da madeira elevada, típica de *E. pellita*. Dessa série, apenas brs 722 foi indicado para prosseguimento de avaliação em novos testes. Outros testes clonais se encontram em desenvolvimento nas fazendas florestais da Comigo. Ao germoplasma existente na Comigo, foram adicionados rebrotos de matrizes coletadas nos testes de progênies de *E. pellita* instalados em Niquelândia (Tabela 22).

Tabela 22. Características dos clones experimentais de *Eucalyptus pellita* selecionados nos testes de progênies em Niquelândia, GO, aos 7,5 anos de idade. Volume de massa verde sem casca do tronco.

Clone	Densidade básica (g/cm ³)	Comprimento comercial do tronco (m)	Volume de madeira (massa verde) (m ³ /árvore)
brs 3079	0,643	19,07	0,317
brs 3081	0,666	21,00	0,265
brs 3043	0,657	20,80	0,240
brs 3084	0,568	20,16	0,222
brs 3063	0,642	19,00	0,219
brs 3064	0,634	18,20	0,201
AAC 33 ⁽¹⁾	0,633	22,37	0,200
brs 3088	0,533	20,00	0,198
brs 3042	0,544	20,00	0,191
brs 3040	0,654	20,30	0,174

⁽¹⁾Clone comercial da Codemin.

Em Niquelândia, os experimentos foram implantados em 2009, em dois locais (Tabela 20), sob o mesmo delineamento empregado em Rio Verde e em Ponta Porã. As avaliações do diâmetro à altura do peito (DAP) foram realizadas aos 3; 4,8; 6 e 7,5 anos de idade. No processo seletivo, devido ao alto índice de quebras e mortalidades observadas na idade de 7,5 anos, foi utilizada a seleção fenotípica, tendo como referência a forma da copa, o DAP e a espessura da casca avaliada *in loco*. Em julho de 2017, aos 90 meses de idade, procedeu-se a uma nova seleção por DAP, casca fina e retidão do fuste, além de outras características silviculturais. Foram selecionadas 24 matrizes, 13 no Horto Aranha e 11 no Horto Rio Vermelho, sendo medido o comprimento total e comercial do tronco, bem como obtidas amostras de madeira na forma de discos, em seis partes do tronco, para a determinação de propriedades físicas.

Devido à forte estiagem verificada no período após os cortes e das dificuldades operacionais da equipe da Codemin, diante das estruturas de viveiros estarem inoperantes por danos provocados por eventos climáticos, em 2018 foram colhidos rebrotos de apenas 16 matrizes, sendo os mesmos transportados em tubos tipo falcon para a base de melhoramento da Embrapa junto à Cooperativa Comigo em Rio Verde, GO, os quais foram, então, submetidos ao enraizamento. Dessas matrizes, nove enraizaram (Tabela 24), formando-se mudas que se encontram em canaletão, na forma de minicepas. Após completar-se o processo de formação, as mudas irão compor testes clonais.

No Campo Experimental de Ponta Porã, MS, em área física da Embrapa Agropecuária Oeste, foi implantado no final do ano de 2009 o quarto teste de progênies. Em função de dificuldades operacionais para a condução de um trabalho que culminasse com a transformação do experimento em uma área produtora de sementes ou ainda na clonagem dos melhores genótipos, deu-se prioridade para a transformação do módulo experimental em um Banco Ativo de Germoplasma.

Eucalyptus crebra

A introdução da espécie *E. crebra* objetivou atender a produção de madeira em locais com alta deficiência hídrica anual, como é o caso da região Semiárida brasileira. Como forma de contornar o baixo desempenho da espécie em decorrência da ausência de melhoramento e do seu menor desempenho quando comparada a outras espécies de eucalipto, a forma de reprodução clonal, desde que viável, parece ser a mais eficiente na obtenção de árvores de maior produção de madeira. Adicionalmente, vislumbra-se seu uso em cruzamentos controlados como forma de transferir alelos de tolerância ao estresse hídrico para clones comerciais tradicionalmente de alto desempenho e cultivados em outras regiões do País. Aliado ao crescimento em ambientes de altas temperaturas anuais e elevada deficiência hídrica, *E. crebra* apresenta elevada densidade básica da madeira, podendo chegar a 0,910 g/cm³ (Oliveira et al., 2010).

A partir de sementes importadas pela Embrapa Semiárido e repassadas à Codemin pela Embrapa Florestas, foram produzidas mudas, sendo que, em fevereiro de 2013, foi implantado no Horto Aranha um teste com 31 progênies de polinização aberta, sob delineamento de blocos casualizados contendo 30 repetições e parcelas de uma planta, no espaçamento de 3 m x 2 m, sendo utilizados como testemunhas cinco clones comerciais desenvolvidos pela Codemin: AAC 30, AAC 33, AAC 86, AAC 117 e AAC 645. O objetivo deste experimento foi a formação de população-base de melhoramento tolerante ao estresse hídrico, situação bastante comum na região, seleção de indivíduos para clonagem e testes de comprovação de superioridade em ambientes contrastantes.

A primeira avaliação de desempenho desse teste, aos seis meses de idade, durante o período de quase ausência total de chuvas (maio a outubro), indicou que, em média, os indivíduos de *E. crebra* apresentaram altura igual a 1,43 m, sendo que o desempenho das testemunhas foi em média de 3,05 m. Foi observado que o teste de progênies de *E. crebra* apresentou, a partir da idade de nove meses, melhoria em seu desenvolvimento no período das chuvas. Análises genético-estatísticas resultantes de dados mensurados em novembro de 2013 evidenciaram elevada taxa de sobrevivência das plantas (99,7%), após nove meses de idade. A estimativa da acurácia seletiva foi de elevada magnitude (99,6%), adequada ao preconizado em experimentos de melhoramento genético. A altura média das progênies de *E. crebra* foi 1,83 m e, para as testemunhas, a altura média foi 4,55 m. Essa diferença já era esperada, pois as progênies de *E. crebra* provêm de material não melhorado. Por outro lado, as testemunhas eram clones comerciais elite de alto desempenho, selecionados na região de Niquelândia, sendo um dos genitores a espécie *E. urophylla*, tradicionalmente com elevado desempenho em adaptação e produção de madeira na região.

No ranqueamento dos valores genotípicos dos tratamentos, constatou-se que os clones AAC 645, AAC 33, AAC 86, AAC 117 e AAC 30 obtiveram os melhores desempenhos (em ordem decrescente). Em seguida, as cinco melhores progênies, em ordem decrescente de desempenho, foram identificadas pelas numerações 30, 21, 16, 22 e 29. Foi observado, pelas avaliações dendrométricas realizadas pela Anglo American, que apenas um indivíduo de *E. crebra* apresentou altura superior à média dos clones comerciais.

Na idade de 18 meses foram avaliados fenotipicamente os indivíduos das 31 progênies de *E. crebra* mais as testemunhas clonais por meio da seguinte escala: 1 - Muito bom; 2 - Bom; 3 - Regular; 4 - Ruim e 5 - Descartável. Os resultados observados foram: 205 árvores das testemunhas clonais classificadas com nota 1; 12 árvores de *E. crebra* com nota 2; 58 árvores de *E. crebra* com nota 3; 431 árvores de *E. crebra* com nota 4 e 536 árvores de *E. crebra* com nota 5 (Tabela 23). Um total de 54 parcelas foram contabilizadas como falhas e/ou mortas. Doze matrizes foram selecionadas para clonagem, sendo atribuída às mesmas a identificação de clones experimentais (brs).

Novas avaliações foram realizadas aos 37 e 45 meses, sendo que nessa última foram abatidas 15 matrizes e obtidas amostras de madeira na forma de discos dos troncos, nas seguintes posições: base, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% (limite de 5,0 cm de diâmetro) para avaliação da relação cerne/alburno, espessura da casca e densidade básica da madeira. Os dados de comprimento total e comercial do tronco, bem como as estimativas de volume de madeira sem casca, por árvore, e a média aritmética da densidade básica da madeira por matriz são apresentados na Tabela 24. Observa-se a baixa produtividade de madeira, que contrasta com a expressiva densidade básica, que exibe valores acima de $0,700 \text{ g/cm}^3$ em idade inferior a quatro anos. Ressalta-se que as testemunhas (clones comerciais plantados pela Codemin) foram retiradas do experimento mediante corte raso efetuado aos 18 meses de idade, por apresentarem crescimento muito destacado em relação às progênies, portanto limitando o desempenho do germoplasma em avaliação.

Das 15 matrizes de *E. crebra* da Tabela 24, foi possível apenas o resgate de rebrotes de três matrizes (brs 3007, brs 3014 e brs 3019), em julho de 2017, os quais foram acondicionados em tubos tipo *falcon* contendo água, sendo posteriormente transportados em recipiente de isopor, com o objetivo de evitar exposição ao calor até o viveiro de mudas da Comigo em Rio Verde, GO, com o intuito de serem submetidas ao processo de obtenção de mudas clonais. Essa medida foi necessária, pois os equipamentos que compõem o sistema de multiplicação clonal da Codemin não estavam em operação naquele ano.

Em março de 2018, uma nova avaliação fenotípica do teste de progênies indicou a necessidade de realizar o desbaste silvicultural, sendo também feita a seleção das melhores árvores, que se aproximaram de 12 metros de altura, para coletar sementes melhoradas em anos subsequentes. Na ocasião, nenhuma árvore se encontrava em florescimento ou frutificação. Como resultado da atividade de clonagem, a Codemin resgatou apenas uma matriz de campo, correspondente ao clone brs 3007, que se encontra no banco clonal implantado em dezembro de 2017 em Rio Verde, GO, no Projeto RV II-C, juntamente com outros germoplasmas clonais. Em Rio Verde, GO, estão sendo replicados os clones brs 3007 e brs 3014 na forma de minicepas, sendo que, em 2019, foram remetidas mudas para Petrolina, PE, para dar prosseguimento aos testes de produtividade nas condições do Semiárido.

Tabela 23. Indivíduos candidatos à clonagem selecionados pela avaliação fenotípica em *Eucalyptus crebra* efetuada à idade de 18 meses, em Niquelândia, GO.

Bloco	Parcela	Tratamento	Altura			DAP (16 meses) FEC ⁽¹⁾ (m)	Diferença de altura (16 menos 9 meses) (m)	Código para clonagem
			(6 meses) FEC ⁽¹⁾ (m)	(9,2 meses) IEC ⁽²⁾ (m)	(16 meses) FEC ⁽¹⁾ (m)			
1	17	16	2,01	2,80	5,20	4,30	2,40	brs 3001
2	12	30	1,65	2,20	5,00	4,30	2,80	brs 3002
4	20	26	1,46	2,10	5,30	4,93	3,20	brs 3003
8	14	4	1,76	2,55	5,25	4,14	2,70	brs 3004
8	11	21	2,00	2,80	5,40	4,77	2,60	brs 3005
10	24	25	1,75	2,90	5,70	5,41	2,80	brs 3006
11	11	2	1,68	1,90	5,30	3,82	3,40	brs 3007
13	12	23	1,70	2,10	5,40	4,46	3,30	brs 3008
18	13	31	1,75	2,70	6,00	5,19	3,30	brs 3009
19	21	21	1,64	2,50	5,30	4,30	2,80	brs 3010
27	3	28	1,81	2,35	5,40	5,41	3,05	brs 3011
33	12	10	1,34	1,50	5,80	3,98	4,30	brs 3012

⁽¹⁾FEC: Final da estação chuvosa; ⁽²⁾IEC: Início da estação chuvosa.

Tabela 24. Caracteres por matriz de *Eucalyptus crebra* e estimativas dos volumes de massa verde e biomassa do tronco sem casca aos 45 meses de idade, em Niquelândia, GO.

Matriz	Comprimento total do tronco (m)	Comprimento comercial do tronco (m)	Densidade básica (g/cm ³)	Volume de madeira (massa verde sem casca (m ³))	Volume de Biomassa sem casca (m ³)
brs 3003	11,50	8,00	0,650	0,012	0,0178
brs 3004	11,50	7,70	0,649	0,011	0,0173
brs 3005	12,95	8,65	0,675	0,013	0,0187
brs 3007	10,20	6,50	0,725	0,010	0,0137
brs 3008	10,50	6,50	0,618	0,008	0,0128
brs 3009	12,00	8,50	0,630	0,015	0,0243
brs 3011	12,10	8,70	0,614	0,013	0,0214
brs 3012	13,00	9,10	0,649	0,014	0,0213
brs 3013	11,40	7,90	0,640	0,011	0,0179
brs 3014	11,65	8,40	0,712	0,016	0,0224
brs 3015	11,40	8,10	0,681	0,013	0,0184
brs 3016	11,40	8,00	0,683	0,013	0,0183
brs 3017	12,35	9,10	0,669	0,016	0,0242
brs 3018	11,00	8,00	0,633	0,012	0,0193
brs 3019	12,30	9,00	0,644	0,015	0,0225

Híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

As espécies *E. grandis* e *E. urophylla* apresentam notórias características que embasaram muitos programas de melhoramento no País. A primeira se caracteriza por apresentar rápido crescimento volumétrico, excelente forma do fuste, madeira de baixa densidade, suscetibilidade ao cancro e à ferrugem e aos frios de forte intensidade. Por sua vez, *E. urophylla* apresenta comportamento distinto em relação a *E. grandis* quanto à estabilidade em múltiplos ambientes, mesmo sob estresses climáticos e algumas características diferenciadas, como fácil rebrota e resistência às principais doenças, tornando-a ideal para efetuar cruzamentos com *E. grandis*. Dessa combinação resultou o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, conhecido popularmente como eucalipto “urograndis”, o qual não pode ser nominado como espécie, mas constitui, junto com seus parentais, o trio de ouro do cultivo dos eucaliptos no Brasil.

Em 2003 esforços foram conduzidos para a obtenção de progênies híbridas da combinação de *E. grandis* e *E. urophylla*, nas bases de melhoramento genético de Goiânia, GO e Campo Grande, MS. A base tropical da expansão de plantios comerciais de eucaliptos está centrada nessa combinação, visando reunir as qualidades de crescimento rápido e da madeira de *E. grandis* com a rusticidade e resistência às doenças e facilidade de enraizamento de *E. urophylla*, além da heterose para caracteres de crescimento (Assis, 2000).

As progênies de *E. urophylla* têm como origem matrizes das procedências 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. Na base de melhoramento de Goiânia, GO, o programa concentrou esforços na geração de progênies híbridas. Cinquenta progênies de polinização aberta das duas espécies, representadas cada uma por 42 indivíduos, as quais tiveram as parcelas implantadas de forma intercalada em fevereiro de 2003. A estratégia do plantio foi a de maximizar ganhos genéticos pela seleção de genótipos das duas espécies no mesmo local físico, atendendo os princípios da seleção recorrente recíproca. Nos genótipos de *E. grandis* foram avaliados os caracteres de crescimento e resistência à infecção natural do cancro (*Chrysosporthe cubensis*), sendo a altura média das plantas obtida aos 6 e 10 meses e o DAP médio aos 18 meses. Para as matrizes selecionadas aos 36 e 70 meses, o DAP foi 4,9 cm maior para *E. grandis* em relação a *E. urophylla*, confirmando a característica de rápido crescimento de *E. grandis*.

A seleção na base de melhoramento de Goiânia, GO foi realizada com base em valores genéticos aditivos individuais por espécie associada às avaliações silviculturais, o que permitiu desbastes seletivos que reduziram a população para 175 matrizes, aos cinco anos de idade, sendo 93 de *E. grandis* e 82 de *E. urophylla*. Aos seis anos e meio foi realizada a primeira colheita de sementes das matrizes de *E. grandis* (74 matrizes de 38 progênies) e de *E. urophylla* (34 matrizes de 23 progênies), sendo que as mudas das progênies híbridas foram formadas na base de melhoramento da Anglo American Níquel do Brasil - Unidade Codemin, no Horto Aranha, em Niquelândia, GO. Nesse município, foram instalados testes formados por 105 progênies em dois locais: Horto Aranha e Horto Rio Vermelho. Como resultado, foram selecionadas 21 árvores no Horto Rio Vermelho e 82 no Horto Aranha, por desempenho de crescimento, objetivando o maior volume de madeira, característica essa predominante para fins energéticos. Após resgates e clonagem foram obtidos 52 clones, sendo que somente 32 foram submetidos a teste de campo em janeiro de 2016 por limitação do número de mudas (Tabela 25). Entretanto, uma muda de cada um dos 52 clones foi encaminhada em 2015 para a base de melhoramento na Comigo em Rio Verde, GO para multiplicação em viveiro.

Da mesma forma que em Niquelândia, GO, em Rio Verde, GO foi instalado teste de progênies com mudas formadas a partir de sementes colhidas em Goiânia, GO. No processo seletivo foi utilizada seleção truncada, sendo selecionados 80 indivíduos com CAP igual ou superior a 27 cm. Esse critério de seleção foi estabelecido com base na média de desempenho de testes clonais multiespécies comerciais, implantados em adjacência ao teste de progênies. Dentre os genótipos selecionados foram excluídos candidatos a clones que apresentaram, ao menos, uma das seguintes características eliminatórias: fuste tortuoso, inclinado, ovalado, alta conicidade, bifurcado, com grã retorcida, galho grosso, além de incidência de doenças e insetos-praga.

Em Campo Grande, MS foi instalado em 2003 um segundo teste com 60 progênies de polinização aberta de *E. grandis* e *E. urophylla*, representadas por 36 indivíduos em parcelas implantadas de forma intercalada. O diâmetro à altura do peito médio, aos 12 e 15 meses de idade, foi 4,13 cm e 8 cm, respectivamente. A seleção precoce foi efetuada tendo como base os valores genéticos aditivos individuais por espécie, por fenótipos para resistência à infecções do cancro 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 (altura). Aos 80 meses foram iniciadas colheitas de sementes em *E. grandis* e em *E. urophylla*. As mudas das progênies, possivelmente híbridos interespecíficos, foram formadas na base de melhoramento da Comigo, em Rio Verde, GO, sendo que o teste composto por 81 progênies foi implantado em agosto de 2011.

Das seleções efetuadas nos testes de progênies híbridas, em Niquelândia, GO e em Rio Verde, GO foram formados clones experimentais submetidos a testes clonais implantados em março e em maio de 2013 e junho de 2014 (Tabela 25).

Tabela 25. Testes clonais de multiespécies de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp., em diferentes fases de avaliação, estabelecidos em áreas de empresas parceiras em diversos anos e locais.

Mês e ano de plantio	Testes Clonais (TCs)	Municípios, estados e locais
Dez/2009	Multiespécies Fase I	Rio Verde, GO (Comigo), Fazendas Florestais I e IV e Ponta Porã, MS (Embrapa)
Mar/2013	TC fase I com 180 clones “urograndis”	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal IV
Mar/2013	Testes ampliados de cultivares BRS 362 e BRS 363	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal IV
Mai/2013	<i>E. pellita</i> , <i>E. cloeziana</i> , “urograndis” e <i>E. urophylla</i>	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal IV
Jun/2014	TC fase I com 239 clones “urograndis” seleção na Comigo e na Codemin	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal II
Out/2014	TC Fase I, com 6 clones de corymbias (<i>C. citriodora</i> x <i>C. torelliana</i>) e <i>C. torelliana</i> x <i>C. citriodora</i>	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal I
Mar/2015	Teste ampliado da cultivar <i>E. cloeziana</i> (BRS 364)	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal I
Mar/2015	Teste ampliado da cultivar <i>E. urophylla</i> (BRS Quarenta)	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal I
Jun/2015	TC Fase I <i>E. pellita</i> com 30 clones na FL 1	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal I
Jan/2016	Teste clonal Fase I com 32 clones “urograndis”	Horto Cristo Redentor (Codemin), Niquelândia, GO
Abr/2016	TC Fase II com 16 clones de <i>E. cloeziana</i> , <i>E. pellita</i> e <i>E. urophylla</i>	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal IV
Mar/2017	TC Fase II com 52 clones de “urograndis” (Niquelândia), <i>E. cloeziana</i> e híbridos de corimbias (<i>C. citriodora</i> x <i>C. torelliana</i>)	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal IV
Mar/2018	TC Fase II com 52 clones de “urograndis” (Niquelândia), <i>E. cloeziana</i> e híbridos de corimbias (<i>C. citriodora</i> x <i>C. torelliana</i>)	Rio Verde, GO (Comigo), Faz. Florestal II

Observações: 1^o) Clones de *C. citriodora* x *C. torelliana* - selecionados em viveiro a partir de sementes coletadas em árvores matrizes de *C. citriodora*; 2^o) Clones de *C. torelliana* x *C. citriodora* - selecionados em viveiro a partir de sementes coletadas em árvores matrizes de *C. torelliana*.

Clones multiespécies de *Eucalyptus* e *Corymbia*

Testes clonais objetivam avaliar o desempenho de clones experimentais, em diferentes condições ambientais, para lançamento de cultivares comerciais. Para isso, são empregadas três formas de avaliação: teste clonal fase I, geralmente com elevado número de clones e limitado número de plantas por parcela; teste clonal fase II, somente com os melhores clones selecionados na fase I, com menor número de repetições e parcelas constituídas por um maior número de plantas, geralmente acima de 20 e, finalmente, testes ampliados contemplando os melhores clones da fase II, com número superior a 300 plantas por clone, dispostas em forma de blocos ou na forma ampliada, sem limitação de número de plantas. Este último visa simular plantios comerciais e serve como validação para registro e proteção de cultivares comerciais junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Em um programa de melhoramento essas atividades são realizadas continuamente, à medida que são gerados e selecionados indivíduos com capacidade para se tornarem candidatas a clones comerciais. Entretanto, dependem da capacidade operacional dos parceiros quanto à multiplicação clonal das mudas obtidas a partir de resgate de genótipos selecionados no campo. Como a seleção ocorre nos testes de progênes e em populações de espécies florestais, são necessárias mais de duas décadas para o desenvolvimento de um clone comercial. Dessa forma, apenas a partir de 2009, quase uma década após o início do programa de melhoramento genético na região, foram possíveis de serem instalados testes clonais nas suas diversas fases (Tabela 25).

Alguns resultados podem ser relatados a partir dos testes clonais com vistas a múltiplos usos da madeira, como alguns caracteres que embasaram o registro da cultivar clonal BRS QUARENTA (Tabela 26), além de propriedades como maior tolerância a formigas cortadeiras e à competição com espécies de gramíneas durante a fase inicial de desenvolvimento. Resultados de testes clonais de BRS QUARENTA (*E. urophylla*), na Fazenda Florestal I, em Rio Verde, GO, apresentam para o caractere DAP, aos quatro anos de idade, a dimensão de 5% e 2% acima das testemunhas comerciais, respectivamente os clones AEC 144 e AEC 1528.

Tabela 26. Estimativa de volume médio de madeira e propriedades físicas de dois clones de *Eucalyptus urophylla*, aos 80 meses de idade, na Fazenda Florestal I, em Rio Verde, GO.

Clone	Comprimento comercial do tronco (m)	Volume de massa verde por árvore (m ³)	Densidade básica ⁽¹⁾ (t/m ³)	Biomassa ⁽²⁾ (t/árvore)
BRS QUARENTA	24,85	0,350	0,537	0,188
AEC 144	23,66	0,340	0,559	0,190

⁽¹⁾Média ponderada da árvore; ⁽²⁾Volume de madeira do tronco sem galhos.

Outros resultados visando múltiplos usos da madeira foram obtidos de avaliações realizadas aos seis anos para características silviculturais, em laboratório e em serraria. Para tal, foram abatidas árvores, realizadas amostragens de madeira para a caracterização física e processadas em serraria as duas primeiras toras de cada árvore (Tabela 27). A biomassa dos clones, entendida como a madeira seca em estufa, foi estimada após a determinação da densidade básica da madeira (ABNT, 2003) com aproveitamento comercial. Quanto aos clones, de modo geral, todos apresentaram maior volume de massa verde por árvore em relação à testemunha do teste (clone comercial AEC 144) (Tabela 28). Registra-se o fato de que os clones experimentais foram avaliados por meio de apenas uma árvore por parcela, enquanto o clone testemunha teve avaliadas árvores do plantio comercial ao lado do teste clonal.

Tabela 27. Clones experimentais de *Eucalyptus* spp, avaliados e processados em serraria.

Clones	Número de árvores abatidas	Número de amostras de madeira (cunhas)	Número de amostras para serraria (toras de 2,5 m de comprimento)
brs 53	4	40	2
brs 57	3	30	2
brs 58	4	40	2
brs 59	3	30	2
Tratamento 17	1	10	1
Tratamento 44	1	10	1
Tratamento 148	1	10	1
AEC 144	3	30	3
brs 80	2	10	-
brs 83	1	-	-
Total	23	210	14

Tabela 28. Estimativas de volume de massa verde, de densidade da madeira, biomassa e relação cerne/alburno de clones de *Eucalyptus* spp., na idade de 6 anos.

Clones experimentais	Volume de massa verde por árvore (m ³)	Densidade básica ⁽¹⁾ (g/cm ³)	Biomassa por árvore (kg)	Relação cerne/alburno
brs 53	0,464	0,489	227,26	0,57
brs 57	0,500	0,479	240,13	0,54
brs 58	0,408	0,502	204,96	0,64
brs 59	0,493	0,488	240,67	0,70
brs 79N	0,543	0,469	254,53	0,63
brs 69N	0,603	0,477	287,76	0,58
Tratamento 44	0,504	0,486	245,19	0,34
AEC 144	0,309	0,487	151,05	0,55

⁽¹⁾Média ponderada da árvore.

As produtividades de massa verde (volume verde) e biomassa (madeira seca) dos clones experimentais serão posteriormente confirmadas em testes clonais ampliados de validação em vários locais. Quanto à densidade básica média, os resultados se situam dentro dos padrões observados para genótipos de *E. urophylla* e do eucalipto “urograndis” (híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*), ou seja, próximo dos 0,500 g/cm³ em base seca. Apenas o clone brs 58 superou esse indicador, provavelmente por apresentar maior volume de cerne em relação ao volume de alburno na madeira. Essa relação foi 0,64 para o clone brs 58, enquanto que, para AEC 114, foi 0,55. Como esperado, o clone brs 80, com a menor relação cerne/alburno na idade de cinco anos, não apresentou madeira que possibilitasse bom aproveitamento para fins energéticos.

Com vistas a avaliar a produção de energia e a umidade da madeira foram coletadas amostras ao longo de cinco posições do comprimento comercial do tronco (base, 25%, 50%, 75% e 100%), tendo-se como limite de medição para esse comprimento a posição correspondente ao diâmetro de 5 cm. Pode-se observar que quanto mais densa a madeira, menor é a quantidade de água contida na mesma, como se pode observar no clone brs 58, que apresentou a maior densidade básica (Tabela 28) e a menor umidade na madeira (Tabela 29). Dessa forma, espera-se maior produtividade energética de clones de maior densidade e menor umidade. Entretanto, a produção final maior de biomassa por clone predomina sobre a produção final energética. Na mesma Tabela é apresentada a produção energética estimada das amostras em laboratório, considerando a madeira absolutamente seca, que remete a um poder calorífico superior (PCS) e a um poder calorífico útil (PCU) quando a umidade da madeira se encontra entre 20% e 30%, situação essa comumente obtida após secagem natural no

Tabela 29. Umidade média e estimativas de produção energética da madeira total de uma árvore dos clones, na idade de 6 anos, avaliados na Comigo, Fazenda Florestal IV, em Rio Verde, GO.

Clones experimentais	Umidade da madeira em base seca (%)	Produção de energia PCS ⁽¹⁾ (Gj)	Produção de energia PCU ⁽²⁾ (Gj)
brs 53	102,0	3,81	2,59
brs 57	108,0	4,02	2,73
brs 58	98,0	3,43	2,33
brs 59	102,0	4,03	2,74
brs 79N	116,0	4,26	2,90
brs 69N	113,0	4,82	3,28
Tratamento 44	104,0	4,11	2,79
AEC144	112,0	2,53	1,72
brs 80 (5 anos)	112,0	3,29	2,24
Média geral	107,4	3,81	2,59

⁽¹⁾PCS base: 4.000 kcal/kg, equivalente a 0,0167 Gigajoule (Gj); ⁽²⁾PCU base: 2.720 kcal/kg, equivalente a 0,0114 Gigajoule (Gj).

campo decorridos por volta de dois meses. A diferença de 30% entre PCS e PCU é dada pela umidade da madeira que, quanto maior, menor será a energia aproveitada durante a queima, diminuindo a eficiência energética, pois parte do calor liberado durante a queima é utilizado para evaporar a água livre presente na madeira.

Quanto ao uso da madeira para obtenção de serrados, a madeira das duas primeiras toras (comprimento de 2,55 m) de cada árvore selecionada foi processada mecanicamente logo após o corte. Ressalta-se que não houve manejo do teste clonal para a melhoria da qualidade da madeira, tradicionalmente aplicada como raleio e podas de galhos ainda verdes. O desdobro das toras foi realizado em serraria portátil da Comigo, seguindo a prática tradicional de desdobro para obtenção de tábuas (cortes paralelos sequenciais com rotação do bloco em 180° ao se aproximar da medula). A espessura da tábua foi fixada em 2,5 cm, tendo larguras variáveis, sendo que as observações e medições das rachaduras de extremidades foram realizadas em tábuas úmidas.

Observa-se na Tabela 30 que o clone brs 58 apresentou o menor índice de rachaduras de tábuas na condição úmida (IRTU) (média da somatória das rachaduras dos dois extremos). Uma das características do clone brs 58 é o de apresentar grã entrecruzada, a qual pode reduzir a resistência mecânica, aumentar deformações por ocasião da secagem e dificultar acabamentos, enquanto o clone brs 59 apresentou o maior índice de rachaduras. Os clones com comprimento de rachaduras menores que 10 cm em tábuas na condição úmida foram considerados como potenciais para serraria no âmbito da presente avaliação.

Tabela 30. Caracteres de crescimento (DAP e comprimento comercial), índice de rachaduras de tábuas úmidas (IRTU) e outras observações de clones de *Eucalyptus* spp., na idade de 6 anos. Comigo, na Fazenda Florestal IV, em Rio Verde, GO.

Clones experimentais	DAP (cm)	Comprimento comercial do tronco (m)	IRTU (cm)	Observações quanto a usos e ou características
brs 53	22,9	26,1	4,6	Forte presença de quino na madeira
brs 57	23,5	26,3	4,8	Cerne pouco pronunciado com distribuição irregular
brs 58	22,3	26,0	1,4	Grã entrecruzada
brs 59	22,5	27,8	48,3	Descartada para uso em serraria
brs 79N	23,7	26,5	0,0	Sem rachaduras com cerne bem destacado
brs 69N	25,2	27,1	0,0	Sem rachaduras com volume expressivo de cerne
Tratamento 44	23,2	28,1	69,0	Descartado por rachaduras
AEC 144	19,0	25,9	9,2	Rachaduras pronunciadas
brs 80 (5 anos)	21,1	26,1	-	Não avaliado em serraria

De forma geral, a densidade básica da madeira dos clones não destoou do esperado, aos seis anos de idade, confrontando-se com dados disponíveis na literatura, indicando que, para fins energéticos, a madeira dos clones ainda não apresenta o seu maior potencial energético nos plantios comerciais, isso porque a densidade tende a aumentar com a idade. Prevalece sobre essa característica o volume de massa verde, que ainda constitui o mais importante fator a ser considerado. Especificamente na presente situação, alguns clones tiveram resultados expressivos em relação ao clone utilizado como testemunha (AEC 144). Este, nas condições locais observadas, não apresentou resultados satisfatórios, evidenciando uma produção de biomassa seca de 151 toneladas por hectare, aos seis anos de idade. Os sete clones experimentais (brs) que foram avaliados para produtividade de biomassa produziram, em média, 37,2% a mais do que o referido clone comercial, largamente plantado pela Comigo. Essas produtividades serão confirmadas por ocasião dos testes de validação. Neste particular, para fins energéticos, o clone brs 59 resultou 37,2% a mais em biomassa e em energia, em relação ao AEC 144. Além da melhor produtividade, a relação cerne/alborno maior (21,4%) contribuiu para tal.

Quanto a outros possíveis usos, como obtenção de peças serradas notadamente das duas primeiras toras, os melhores resultados foram dos clones brs 58, brs 69N e brs 79N. As avaliações para usos em serraria serão continuadas na idade de 12 anos, pois a Comigo se dispôs a manter 50% da área experimental para cortes apenas em 2025. O clone brs 57 se destacou por apresentar um cerne “difuso”, o que sugere a possibilidade do seu uso para fins energéticos, na forma de carvão vegetal, bem como para ser utilizado como postes de madeira tratada mediante impregnação com soluções contendo sais preservativos, sob processos de vácuo-pressão em autoclave. Essas características ainda serão avaliadas no laboratório de madeira da Embrapa Florestas em Colombo, PR. Quanto a usos em sistemas integrados de cultivo, como no ILPF (integração lavoura-pecuária-floresta), o clone brs 53 deixou a desejar quanto à qualidade da madeira, bem como por expressivas rachaduras e presença de bolsões e veios de extrativos acumulados na madeira (“kino”). Essas características, que agora depõem contra o referido clone, não foram detectadas à idade de três anos, na qual foi considerado o melhor clone na seleção de campo, sendo que a provável causa foi uma forte interação do genótipo com o ambiente provocada por estresses hídricos e térmicos. Visando avaliar o desempenho silvicultural desse clone ao ambiente, o mesmo será avaliado em outros locais sob condições edáficas e climáticas diversificadas. Os testes com os clones brs 69N e brs 79N dependem da possibilidade da presença e coleta de rebrotes das matrizes abatidas bem como da capacidade de enraizamento dos mesmos no sistema de propagação clonal.

O estabelecimento de novas parcerias público-privadas com produtores de mudas clonais em Toledo, PR e Manduri, SP, visando a ampliação do germoplasma clonal e validação do desempenho do mesmo para usos múltiplos da madeira em diversos

ambientes, permitirá acelerar o lançamento de cultivares comerciais. Além do foco nas espécies apresentadas, o Programa também conduz populações de melhoramento de *Corymbia maculata* e *C. torelliana* em Niquelândia, GO e Rio Verde, GO, bem como em conjunto com o Instituto Florestal de São Paulo em Pirajú, SP, um banco de conservação de *C. maculata*, no qual foram implantadas mudas de *C. torelliana* visando cruzamentos entre essas espécies. Com essas ações espera-se atender os objetivos estabelecidos no Programa de Melhoramento que, em sua primeira fase, visa dotar os pequenos e médios produtores de florestas comerciais de tecnologias que contribuam com o aumento e a estabilidade das produtividades, bem como ampliem o uso da madeira nos processos industriais e domésticos.

Considerações finais e perspectivas

Os eucaliptos e os corimbias movimentam ativamente a economia brasileira pelo importante papel que desempenham em diferentes segmentos de cadeias produtivas, especialmente naquelas em que o produto florestal madeira participa diretamente. Nesse contexto, a atuação da Embrapa e de seus parceiros públicos e privados têm trazido substanciais benefícios à cultura dos eucaliptos no Brasil, contemplando uma grande gama de ecossistemas que possuem aptidão e amparo legal para a utilização comercial dos citados gêneros. A empresa tem participado de forma expressiva das etapas que caracterizam um programa de melhoramento genético, por si só complexo e de resultados que demandam longos períodos de tempo para atingir a maturidade e, conseqüentemente, para serem efetivamente aproveitados pelos segmentos produtores dessa importante matéria-prima, por meio de plantações florestais.

Dentre as contribuições advindas dos trabalhos conduzidos ao longo dos últimos 40 anos, merecem destaque: i) a introdução de germoplasmas, ampliando a base genética de espécies pré-existentes e inserindo novos materiais genéticos de pesquisa, possibilitando conseqüentemente a ocupação de áreas marginais e favorecendo a consolidação da silvicultura nas novas fronteiras de cultivo; ii) o melhoramento intrapopulacional, elevando progressivamente os níveis de adaptação, produtividade e qualificação das espécies; iii) a hibridação interespecífica, agregando características adaptativas, silviculturais e tecnológicas na descendência; iv) a clonagem de genótipos altamente selecionados para otimizar os rendimentos no campo e na conversão da matéria-prima em energia ou produtos industrializados.

Diante dos cenários de mudanças climáticas globais e aumento da ocorrência de eventos potencialmente danosos às plantações florestais de eucaliptos, tais como frios de alta intensidade, altas temperaturas, secas prolongadas, tornados e outros fenômenos meteorológicos extremos, novos desafios se apresentam aos melhoristas, na busca de materiais genéticos que possam fazer frente a tais adversidades. O mesmo

se aplica ao aumento da incidência de pragas e doenças, decorrentes da expansão da área plantada e das próprias alterações climatológicas, as quais conjuntamente tendem a favorecer os organismos que utilizam as plantas como substrato para a sua sobrevivência.

Paralelamente, em face da diversificação e sofisticação dos usos da madeira para atender as necessidades das indústrias e dos usuários finais, abrem-se novas perspectivas para o melhoramento genético, na medida em que as características desejadas passarão a ser prospectadas dentro da variabilidade natural disponível nos diferentes germoplasmas.

Considerando o histórico dos trabalhos conduzidos pela Embrapa e seus parceiros e levando-se em conta os eventos naturais, sejam abióticos ou bióticos, mais a contínua busca por melhores rendimentos e qualificação da madeira, pode-se afirmar que a área de melhoramento genético deverá continuar desempenhando um papel estratégico para garantir o sucesso da silvicultura de eucaliptos no Brasil como provedora de bens e serviços à sociedade.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 11941:2003**: madeira: determinação da densidade básica. São Paulo, 2003.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2004. 442 p.
- ARNOLD, R. J.; CLARKE, B.; LUO, J. **Trials of cold-tolerant eucalypt species in cooler regions of south central China**. Canberra: ACIAR, 2004. 106 p. (ACIAR. Technical reports, 57).
- ASSIS, T. F. de. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: HYBRID BREEDING AND GENETICS OF FOREST TREES, 2000, Noosa. **Proceedings...** Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 63-74.
- ASSIS, T. F. **Relatório de visitas à Arcelor Mittal Bioflorestas**, 17. [S.l.]: Assistech, 2012. 15 f.
- BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; McDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. 5th ed. Collingwood: CSIRO Publishing, 2006. 736 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, DF, 2005. 32 p.
- BROOKER, M. I. H. A new classification of the genus *Eucalyptus* L'Hér. (Myrtaceae). **Australian Systematic Botany**, v.13, p. 79-148, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1071/SB98008>.
- CABRAL, J. I. **Sol da manhã**: memória da Embrapa. Brasília, DF: UNESCO, 2005. 346 p.

DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; SANTOS, R. A. V. Comportamiento de especies y procedencias de *Eucalyptus* para la región de la provincia de Petrolina-PE, Brasil. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL IUFRO, 2001, Valdivia. **Desarrollando el eucalipto del futuro**: actas. Valdivia: IUFRO: INFOR, 2001. CD-ROM.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; RIBASKI, J. **Eucalipto no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. 42 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 276; Embrapa Florestas. Documentos, 297). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1058535>.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; SA, I. B.; RANGEL, J. H. de A.; MACEDO, A. G. F. Competição de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* e de híbridos de *Eucalyptus* em Nossa Senhora das Dores, Sergipe, Brasil. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, 8., 2011, Quito. **Proceedings** [...]. Quito: INIAP, 2011. CD-ROM.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de; TAVARES, J. A.; RIBASKI, J.; SANTOS, P. E. T. dos. Performance of two hybrid clones of *Eucalyptus* planted under five spacings in the Araripe Plateau, Pernambuco, Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 959, p. 167-171, 2012. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.959.20>.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R. de.; TAVARES, J. A.; SA, I. B.; MESQUITA FILHO, A. L. de. Efecto del espaciamiento sobre el desarrollo inicial del híbrido de *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* en la Chapada do Araripe, Pernambuco, Brasil. In: CONGRESO FORESTAL MUNDIAL, 13., 2009, Buenos Aires. **Desarrollo forestal, equilibrio vital**. Buenos Aires: FAO, 2009. CD-ROM.

DRUMOND, M. A. Reflorestamento na região semi-árida do Nordeste brasileiro. In: NOVAIS, A. B. de; SÃO JOSÉ, A. R.; BARBOSA, A. de A.; SOUZA, I. V. B. **Reflorestamento no Brasil**. Vitória da Conquista: UESB, 1992. p. 28-34.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J.; TAVARES, J. A.; OLIVEIRA, V. R. de; SA, I. B.; PEREIRA, P. S.; NASCIMENTO, C. E. de S. Influência do preparo de solo no crescimento de híbridos de *Eucalyptus* na Chapada do Araripe, Pernambuco. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. **Experiências e oportunidades para o desenvolvimento**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015. CD-ROM. (Embrapa Semiárido. Documentos, 262).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; Curitiba: Embrapa-CNPf, 1986. 89 p. (Embrapa-CNPf. Documentos, 17). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/293499>.

FONSECA, R. R. G.; GONÇALVES, F. M. A.; ROSSE, L. N.; RAMALHO, M. A. P.; BRUZI, A. T.; REIS, C. A. F. Realized heritability in the selection of *Eucalyptus* spp. trees through progeny test. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, n. 10, v. 2, p. 160-165, 2010. DOI: <https://doi.org/10.12702/1984-7033.v10n02a09>.

GADELHA, F. H. L.; SILVA, J. A. A.; CARACIOLO, R. L. F.; MELO, I. V.; JORGE, D. L.; TAVARES, J. A.; SILVA, S. P. R. Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus* sp. no Polo Gesseiro do Araripe-PE. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 331-341, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050985740>.

GADELHA, F. H. L.; SILVA, J. A. A.; CARACIOLO, R. L. F.; SANTOS, R. C. dos; TAVARES, J. A. Produtividade de clones de eucaliptos em diferentes sistemas de manejo para fins energéticos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 263-270, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.83.827>.

GALVÃO, A. P. M. O Programa Nacional de Pesquisa Florestal e suas ações pertinentes à conservação de recursos genéticos florestais. In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E USO DE RECURSOS GENÉTICOS FLORESTAIS, 2000, Paranaguá. **Memórias** [...]. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 67-74. (Embrapa Florestas. Documentos, 56). Conferência.

GOLFARI, L.; CASER, R. **Zoneamento ecológico da região Nordeste para experimentação florestal**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal do Cerrado, 1977. 116 p. (PRODEPEF. Série técnica, 10).

GUIMARÃES, L. M. S.; TITON, M.; LAU, D.; ROSSE, L. N.; OLIVEIRA, L. S. S.; ROSADO, C. C.G.; CHRISTO, G. G. O.; ALFENAS, A. C. *Eucalyptus pellita* as a source of resistance to rust, ceratocystis wilt and leaf blight. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, n. 10, v. 2, p. 124-131, 2010.

HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. de; KODAMA, A. S.; LAVORANTI, O. Programa de melhoramento de eucalipto na Embrapa. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS - CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Proceedings...=Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 1, p. 377-385.

HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. Systematic studies in the *Eucalypts*: a revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Teloepa**, v. 6, p. 185-504, 1995.

IAPAR. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49 p. (IAPAR. Documento, 18).

IBGE. **Brasil em Síntese 2019**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>. Acesso em: 09 ago. 2019.

LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R. de. Espécies e procedências do gênero *Eucalyptus* para a região do Espinhaço Meridional da Bahia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS=CONFERÊNCIA IUFRO SOBRE SILVICULTURA E MELHORAMENTO DE EUCALIPTOS, 1997, Salvador. **Proceedings...= Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 1. p. 151-156.

MARCO, M. A.; LOPEZ, J. A. Performance of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus dunnii* in the Mesopotamia region, Argentina. In: CRCTHF-IUFRO CONFERENCE, 1995, Hobart. **Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality**. Hobart: CRC, 1995. p. 40-45.

MEZZOMO, L. X. **Potencialidade de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell, *E. citriodora* Hook, *E. urophylla* St. Blake e *E. urophylla* x *E. grandis*, cultivados na Bahia, na produção de celulose solúvel**. 1996. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

MONTAGNER, L. H.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Teste de procedência de *Eucalyptus dunnii* em Colombo, PR**. Colombo: EMBRAPA-URPFCS, 1984. 2 f.

MOURA, M. S. B.; GALVÍNCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. de; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B.; GAMA, G. F. B. (org.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. p. 37-59.

MÜLLER B. S. F.; NEVES L. G.; de ALMEIDA FILHO J. E.; RESENDE JUNIOR, M. F. R.; MUÑOZ P. R.; dos SANTOS, P. E. T.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; KIRST M.; GRATTAPAGLIA D. Genomic prediction in contrast to a genome-wide association study in explaining heritable variation of complex growth traits in breeding populations of *Eucalyptus*. **BMC Genomics**, v. 18, article 524, 2017. DOI: <https://doi-org.ez103.periodicos.capes.gov.br/10.1186/s12864-017-3920-2>.

OLIVEIRA, V. R. de; DRUMOND, M. A. Avaliação de procedências de *Eucalyptus microtheca* F. Muell em Petrolina-PE. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 54.; REUNIÃO DE BOTÂNICOS DA AMAZÔNIA, 3., 2003, Belém. **Resumos** [...]. Belém, PA: SBB: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. CD-ROM.

OLIVEIRA, V. R. de; NASCIMENTO, C. E. de S.; DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J.; SANTOS, P. E. T. dos. ***Eucalyptus crebra***: espécie com potencial energético para a região semiárida brasileira. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 4 p. (Embrapa Semiárido. Instruções técnicas, 94). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/884346>.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. **Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii* no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 141). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/312045>.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 129). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/298986>.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas**: resultados e perspectivas. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 64 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 214). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/898045>.

PEREIRA, J. C. D; HIGA, A. R.; SHIMIZU, J. Y.; HIGA, R. C. Comparação da qualidade da madeira de três procedências de *Eucalyptus dunnii* Maiden, para fins energéticos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 13, p. 9-16, 1986.

PICHELLI, K. R. (ed.). **Embrapa Florestas: 30 anos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 156 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51443/1/Livro-30anos.pdf>.

PINTO JÚNIOR, J. E.; FERREIRA, C. A. **A pesquisa florestal na Embrapa 1978-1993**: versão preliminar. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 171). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/315141>.

PINTO JUNIOR, J. E.; SANTOS, P. E. T. dos; AGUIAR, A. V. de; KALIL FILHO, A. N.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. de; SOUSA, V. A. de. **Melhoramento genético de espécies arbóreas na Embrapa Florestas**: uma visão histórica. Colombo: Embrapa Florestas, 2013. 109 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 259). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/980125>.

PIRES, C. I. da S.; PARENTE, P. R. Comparison of species and provenances of *Eucalyptus* in the Mogi Mirim region, São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Florestal de São Paulo**, v. 40, p. 314-325, 1986.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F. Brasil. In: FAO. **Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina**. Santiago, 1997. p. 105-155. (FAO. Zonas Áridas y Semiáridas, 12).

SANTA CATARINA. Departamento de Geografia e Cartografia. **Atlas geográfico de Santa Catarina**. [S.l.], 1958. Não paginado.

SANTOS, P. E. T. dos; PALUDZYSZYN FILHO, E.; MAGALHÃES, W. L. E.; VANDRESEN, P. B. **Melhoramento genético de eucaliptos subtropicais**: contribuições para a espécie *Eucalyptus badjensis*. Colombo: Embrapa Florestas, 2018. 95 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 325). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1104201>.

SANTOS, P. E. T. dos; PALUDZYSZYN FILHO, E.; SILVA, L. T. de M. da; VANDRESEN, P. B. Genetic variation for growth and selection in adult plants of *Eucalyptus badjensis*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 38, n. 4, p. 457-464, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-475738420150041>.

SHIMIZU, J. Y. Melhoramento de espécies florestais na Embrapa. In: WORKSHOP SOBRE MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E PALMÁCEAS NO BRASIL, 2001, Curitiba. [Anais.]. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 75-84. (Embrapa Florestas. Documentos, 62).

WANG, G.; ARNOLD, R. J.; GARDINER, C. A.; ZHANG, J.; WU, Z. Seed source variation for growth in *Eucalyptus dunnii*; results from trials in south central China. **Australian Forestry**, v. 62, n. 2, p. 120-127, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1080/00049158.1999.10674773>.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de (ed.). **Atlas climático da região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 333 p.