



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

ISSN 1517-536X

Novembro, 2001

Documentos 62

Workshop sobre Melhoramento de Espécies Florestais e Palmáceas no Brasil

Curitiba 9 a 10 de agosto de 2001

Marcos Deon Vilela de Resende (Editor)

Colombo, PR
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira km 111 - CP 319

83411-000 - Colombo, PR - Brasil

Fone: (41) 666-1313

Fax: (41) 666-1276

Home page: www.cnpf.embrapa.br

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

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Moacir José Sales Medrado

Secretário-Executivo: Guiomar Moreira Braguinha

Membros: Antônio Carlos de S. Medeiros, Edilson B. de Oliveira, Erich G. Schaitza,

Honorino R. Rodigheri, Jarbas Y. Shimizu, José Alfredo Sturion, Patricia P. de Mattos,

Sérgio Ahrens, Susete do Rocio C. Penteadó

Supervisor editorial: Moacir José Sales Medrado

Revisor de texto: Elly Claire Jansson Lopes

Normalização bibliográfica: Lidia Woronkoff

Tratamento de ilustrações: Cleide Fernandes de Oliveira

Foto(s) da capa: Marcos Deon Vilela de Resende

Editoração eletrônica: Cleide Fernandes de Oliveira

1ª edição

1ª impressão: 500 exemplares - Ano 2001

Todos os direitos reservados.

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

CIP – Brasil. Catalogação na Publicação

Embrapa Florestas

Workshop: Melhoramento de Espécies Florestais e Palmáceas no Brasil (2000: Curitiba, PR).

Anais... / Coordenação de Marcos Deon Vilela de Resende et al. - Colombo : Embrapa Florestas, 2001.

245 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 62

ISSN 1517-536X

1. Espécie florestal - melhoramento - congresso - Brasil. 2. Palmáceas - melhoramento - congresso - Brasil. I. Resende, Marcos Deon Vilela de, Coord. II. Título. III. Série.

CDD 634.956

© Embrapa 2001

Comissão Organizadora

Marcos Deon Vilela de Resende

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

Afonso Celso C. Valois

Engenheiro-Arônomo, Doutor, Embrapa,
afonso.valois@embrapa.br

Antonio Rioyei Higa

Engeneheiro Florestal, Doutor, Professor da
Universidade Federal do Paraná,
arhiga@florestas.ufp.br

Jarbas Yukio Shimizu

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa
Florestas*, jarbas@cnpf.embrapa.br.

Rosana Clara Victória Higa

Engenheira-Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da
Embrapa Florestas, rhiga@cnpf.embrapa.br.

Apresentação

Os integrantes da *Embrapa Florestas* vem buscando contribuir de forma decisiva para que seja alcançada sua missão de viabilizar soluções tecnológicas para o uso múltiplo e a conservação dos recursos florestais para o desenvolvimento sustentável por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos científicos e tecnológicos em benefício da sociedade.

O documento que ora editamos, reúne as principais contribuições associadas ao melhoramento de espécies florestais e de palmáceas no Brasil, resultado de uma demanda identificada junto ao setor florestal brasileiro.

Com mais este esforço ressaltamos a importância do melhoramento de várias espécies que reforçam a importância do setor florestal no desenvolvimento econômico brasileiro e sua contribuição no comércio internacional.

A iniciativa também decorre da análise efetuada quanto ao ambiente externo da *Embrapa Florestas* e é uma resposta a algumas de suas demandas.

Igualmente importante ressaltar que a obra é um esforço de parceria entre integrantes da *Embrapa Florestas* e de várias instituições brasileiras, ação realçada no Plano Diretor da Embrapa e da *Embrapa Florestas*.

A *Embrapa Florestas* procurará viabilizar, juntamente com importantes parceiros que as recomendações emanadas dos Grupos de Trabalho sejam adequadamente implementadas, e que se insiram na formulação de agendas de pesquisa sobre o assunto.

Vitor Afonso Hoeflich
Chefe Geral
Embrapa Florestas

Sumário

Melhoramento para Produtividade e Qualidade da Celulose de Fibra Longa. Fier, I. S. N.	9
Utilização de Espécies do Gênero Acacia na Produção de Celulose de Fibra Curta no Sudeste Asiático e na África. Resende, M. D. V. de; Rezende, G. D. S. Peçanha; Demuner, Bráz.	15
Melhoramento Genético de Eucaliptos para Energia na V & M Florestal. Andrade, H. B.; Ramalho, M. A. P.; Althoff, P.	41
Melhoramento Genético da Erva-Mate. Sturion, J. A.; Resende, M. D. V. de, . . .	51
Genolyptus - Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de <i>Eucalyptus</i> . Grattapaglia, D.	61
Melhoramento de Espécies Florestais na Embrapa. Shimizu, J. Y.	75
Melhoramento de Pinus para a Produção de Madeira Serrada, Chapas, Palitos e Lápis. Mori, E. S.	85
Melhoramento de <i>Eucalyptus</i> para a Produção de Óleos Essenciais. Pires, I. E.; Xavier, A.	91
Melhoramento de Palmáceas. Kalil Filho, A. N.; Resende, M. D. V. de	95
Mudanças Climáticas Globais e o Melhoramento Genético Florestal. Higa, R. C. V.; Higa, A. R.	115

Melhoramento Genético da Seringueira para as Regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Gonçalves, P. de S.	121
Melhoramento Genético para a Produção de Tanino no Brasil. Mora, A. L.; Higa, A. R.; Higa, R. C. V.; Simon, A. A.	141
Melhoramento de Espécies Alternativas para o Centro Oeste: Teca. Costa, R. B. da Costa; Resende, M. D. V. de.....	153
The Relevance of Site Analysis for Tre Breeding in South África. Zwolinski, J.	169
Melhoramento Genético para Produção de Resina no IFSP. Romanelli, R.	185
Melhoramento para Produtividade e Qualidade de Celulose de Fibra Curta ...	193
Grupos de Trabalho	215
I. Celulose	219
II. Madeira para Serraria e Laminação	223
III. Energia	227
IV. Produtos Extrativos e Espécies Alternativa: Tanino, Resina, Chá-mate, Óleo Essencial, Borracha e Teca	231
V. Palmáceas	241

Melhoramento para Produtividade e Qualidade da Celulose de Fibra Longa

Ivone Satsuki Namikawa Fier¹

A indústria nacional de celulose e papel utiliza exclusivamente matéria-prima proveniente de florestas plantadas. Atualmente, o setor conta com cerca de 220 empresas, em 16 estados brasileiros, empregando diretamente 102 mil pessoas. O faturamento do setor de celulose e papel, em 1999, foi da ordem de 6,0 bilhões de dólares.

O Brasil totaliza aproximadamente 4,8 milhões de hectares reflorestados, dos quais 1,8 milhões são representados por espécies de *Pinus*. As projeções sobre o consumo de madeira, admitindo-se a taxa crescente no consumo de *Pinus* dos últimos anos, indicam que haverá falta de madeira deste gênero, a partir de 2005 (Garlipp, 2001). Esta escassez está ligada ao fato de que 75 % dos plantios foram realizados antes de 1980, tendo, portanto, sido cortados ou estando em fase de corte. Por outro lado, a demanda tem sido crescente e, dentro em breve, a base florestal não conseguirá supri-la.

Além de considerar importantes aspectos na viabilização de fluxos de capital necessários à implantação de novos plantios florestais com o gênero *Pinus*, é importante contemplar a utilização do melhoramento genético florestal, visando aumentar a produtividade das áreas florestais existentes, bem como considerar a variabilidade entre os materiais genéticos (espécies, procedências, progênies e clones) para a adequação da matéria-prima aos diferentes produtos florestais.

¹ Engenheiro Florestal, Mestre, Klabin Papéis S.A.

No Brasil introduziu-se cerca de cinquenta espécies diferentes de *Pinus*, cada qual específica para determinada condição ecológica e objetivo econômico.

Pinus elliottii e *Pinus taeda* foram introduzidas pelo Serviço Florestal do estado de São Paulo, oriundos do sul dos Estados Unidos, com grande sucesso, face à sua precocidade. Atualmente, estas espécies são plantadas nos estados de Santa Catarina e Paraná, principalmente. São empregadas como matéria-prima para celulose e papel, além de móveis, chapas e placas.

O *Pinus taeda* apresenta produtividades da ordem de 25 a 30 m³/ha/ano, em rotações de 20 a 25 anos de idade, manejado sob sistema com desbastes. Em meados de 1970, efetuaram-se experiências com várias espécies tropicais de *Pinus*, entre elas *P. oocarpa*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. strobus* var. *chiapensis* e outras. Apesar dessas espécies apresentarem bom potencial de crescimento, as mesmas se adaptaram melhor às condições de clima tropical, onde foram suplantadas pelas espécies de eucalipto que apresentavam maior crescimento. Na região sul, prevaleceu o plantio com as espécies *P. taeda* e *P. elliottii*.

No final da década de 1980, iniciaram-se trabalhos com algumas das espécies de *Pinus* do México e América Central, nas regiões de transição entre o clima temperado e climas mais quentes. Nessas regiões, espécies como o *P. tecunumanii*, *P. maximinoi* e *P. oocarpa* têm apresentado crescimentos da ordem de 30 a 40 % superiores quando comparadas às espécies tradicionalmente plantadas.

Esses estudos têm sido estabelecidos com materiais de diferentes procedências, apresentando em alguns casos, variação entre procedências. Detecta-se assim a superioridade de algumas que podem ser selecionadas em um programa de melhoramento.

Tradicionalmente, os programas de melhoramento de *Pinus* têm sido enfocados para a melhoria da produtividade volumétrica, com algum enfoque para características de retidão do fuste e características da copa, como por exemplo, diâmetro e ângulo dos ramos. Essas características são importantes quando se considera o material genético para utilização na forma de madeira serrada.

Outra característica, muito abordada, é a densidade básica da madeira. Ladrach (1987) estudou os efeitos da idade sobre a densidade básica e comprimento da fibra para *P. oocarpa*, *P. patula* e *P. kesiya*, encontrando os maiores valores de densidade para *P. oocarpa* e de comprimento de fibras para *P. patula*. Barrichelo et al. (1978) fizeram um estudo bastante abrangente visando o aproveitamento industrial de diferentes procedências de *P. taeda*. Essa avaliação, realizada aos 9 anos de idade, revelou variações genéticas ao nível de procedências para as características de crescimento, densidade da madeira e rendimento em celulose, levando a conclusão de que as procedências Georgetown (SC), Central Mississipi, Jackson (FL) e Berkeley (FL) seriam as melhores em termos de produção de celulose kraft.

O aumento na densidade promove de maneira geral um ganho na quantidade de celulose contida em um metro cúbico de madeira, o que significa aumento de rendimento em todas as operações que a envolvem.

Os processos de polpação são altamente influenciados pela quantidade de lignina, bem como os extrativos. Assim, material genético que apresente menos lignina ou lignina mais facilmente extraível, significa uma menor quantidade de químicos a serem utilizados no processo.

É importante considerar quando se discute o melhoramento de Pinus para celulose e papel, a adequação, não só para a qualidade do produto final, mas também para as variáveis do processo utilizado.

O *P. tecunumanii*, por exemplo, quando testado para a produção de pasta termo-mecânica apresentou excelentes resultados, com baixo teor de extrativos, alto teor de fibras longas e alta resistência à tração, rasgo e estouro (Shimoyama; Wiecheteck, 1992).

Wright e Wessels (1992) apresentaram resultados da comparação entre *P. pseudostrobus* e *P. maximinoi* com o *P. patula* na África do Sul, para o processo kraft, mostrando que as características de resistência do *P. pseudostrobus* foram praticamente iguais ao do *P. patula* (utilizado no estudo como testemunha, já que é a principal espécie para a região).

As características de resistência do papel estão fortemente ligadas às dimensões das fibras e a interação entre as fibras na formação do papel.

Assim, o melhoramento pode interferir nestas características através da seleção para as dimensões de fibras mais adequadas.

Em se tratando de adequação, é importante ressaltar que o papel pode ter diferentes usos e, conseqüentemente, requerer diferentes propriedades. Por exemplo, o papel kraft utilizado para a produção de caixas de papelão ondulado necessita de resistência ao esmagamento de anel (RCT). O papel para embalagem de alimentos líquidos, necessita de maior rigidez, resistência à delaminação, boa colagem e características superficiais para impressão.

A melhoria de algumas propriedades, como exemplo, o RCT pode ser melhorado com a adição de fibra curta em determinados percentuais. Isso significa que propriedades que dependem das dimensões das fibras não necessariamente dependem de um melhoramento para a característica, mas de uma adequação no processo.

Considerando esses diversos fatores, a integração entre as áreas industrial e florestal é de importância primordial para o sucesso dos esforços voltados para o melhoramento da qualidade da madeira. A adoção do método ou estratégia ideal é tomada pelo melhorista, mas os objetivos do trabalho de melhoramento devem ser fruto de uma definição tomada em conjunto com a área operacional florestal (silvicultura, produção de madeira), industrial e de comercialização e marketing.

Referências Bibliográficas

BARRICHELO, L. E. G.; KAGEYAMA, P. Y.; SPELTZ, R. M.; BONISH, H. J.; BRITO, J. O.; FERREIRA, M. Estudos de procedencias do *Pinus taeda* visando ao seu aproveitamento industrial. *Silvicultura*, São Paulo, v. 2, n. 14, p. 142-147, 1979.

GARLIPP, R. C. D. O setor florestal privado brasileiro e os desafios para o seu desenvolvimento. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, v. 14, n. 34, p. 45, 2001. Edição da Memória do Simpósio Ibero-Americano de Gestão e Economia Florestal, 1., 2001, Porto Seguro. Resumo.

LADRACH, W. E. Qualidade da madeira de *P. oocarpa*. *Informe de Investigación Forestal*, Cali, n. 16, p. 1-7, 1987.

SHIMOYAMA, V. R. S.; WIECHETECK, M. S. S. Características da madeira e da pasta termomecânica de *Pinus patula* var. *tecunumanii* para produção de papel imprensa. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 9, n. 27, p. 63-80, 1993. Edição dos Anais do Workshop "Qualidade da Madeira em Pinus", Piracicaba, 1992.

WRIGHT, J. A.; WESSELS, A. Laboratory scale pulping of *Pinus pseudostrobus*, *P. maximinoi* and *P. patula*. **IPEF Internacional**, Piracicaba, v. 2, p. 39-44, 1992.

Utilização de Espécies do Gênero *Acacia* na Produção de Celulose de Fibra Curta no Sudeste Asiático e na África

*Marcos Deon Vilela de Resende*¹

*Gabriel Dehon Sampaio Peçanha Rezende*²

Bráz Demuner

1. Panorama Geral da Acacicultura

Dentre os principais gêneros empregados na produção de celulose nas regiões tropicais e subtropicais destacam-se: *Eucalyptus*, *Pinus* e *Acacia*. Destes, o *Pinus* fornece fibras longas e o *Eucalyptus* e a *Acacia* são utilizados para a produção de celulose de fibra curta.

Embora o eucalipto seja a principal matéria-prima para produção de celulose de fibra curta, a polpa de *Acacia* passou a ganhar mercado a partir de meados da década de 1990. Estima-se que atualmente a produção anual de polpa de acácia deve chegar a 2,5 milhões de toneladas, com grande tendência de crescimento, especialmente a partir de 2008, quando as florestas plantadas serão, em sua maioria, responsáveis pelo abastecimento das principais fábricas que já utilizam esta matéria-prima.

Existem em torno de 1340 espécies de *Acacia*, sendo que a maioria ocorre naturalmente na Austrália, Papua Nova Guiné e Indonésia (Gunn & Midgley, 1991). Várias espécies têm sido cultivadas tanto em regiões tropicais (Indonésia, Malásia, Vietnã, Índia, China, Tailândia e Filipinas) quanto subtropicais (África do Sul, Brasil, China). Dentre as espécies tropicais

¹ Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*, deon@cnpf.embrapa.br

² Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Aracruz Celulose S.A.

destacam-se: *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Acacia crassiparpa* e *Acacia aulacocarpa*. Destas, *Acacia crassiparpa* e *Acacia aulacocarpa* são espécies muito próximas botanicamente, e *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* são as espécies mais conhecidas e utilizadas em plantios comerciais, existindo inclusive híbridos naturais entre as mesmas sendo identificados e cultivados. A *Acacia crassiparpa* é considerada a terceira acácia tropical mais importante no sudeste asiático. Por outro lado, a *Acacia aulacocarpa* destaca-se pela qualidade da madeira para produção de celulose, semelhante à *A. mangium*, à *A. auriculiformis* e aos eucaliptos de clima temperado, e superior à *Betula* da Escandinávia (Clark et al., 1994).

Dentre as espécies subtropicais, destacam-se: *A. mearnsii* (acácia-negra ou black wattle), *A. dealbata* (acácia-prateada ou silver wattle), *A. decurrens* (acácia-verde ou green wattle), *A. silvestris* e *A. melanoxyton*. Destas, a espécie mais importante é *A. mearnsii* a qual é utilizada principalmente na indústria de celulose e como fonte de tanino para curtimento de couros. Esta foi a primeira espécie de *Acacia* a ser domesticada e cultivada, tendo sido introduzida na África do Sul em 1864, e cultivada desde então. No Brasil e China foi introduzida por volta de 1930, sendo cultivada principalmente como fonte de tanino. Entretanto, recentemente (década de 1990), a acácia-negra vem sendo cultivada principalmente como fonte de madeira para a indústria de celulose na África do Sul e Japão (utilizando a madeira produzida no Brasil e parte da madeira produzida na África do Sul).

As espécies *A. dealbata* e *A. decurrens* também foram introduzidas com vistas à produção de tanino, mas foram descartadas desta finalidade, em função da cor excessivamente vermelha do extrato de tanino (Luyt et al., 1987). Recentemente estas duas espécies vêm sendo reintroduzidas na África do Sul, com vistas à utilização pela indústria de celulose, principalmente por apresentarem alto rendimento e alta alvura no branqueamento (Clark et al., 1994).

Quanto à *A. melanoxyton*, que apresenta populações naturais tropicais e subtropicais, vem sendo utilizada principalmente como produto sólido, apresentando uma madeira de alta qualidade (Maslin & Mc Donald, 1996; Neilsen et al., 1998). Tal espécie apresenta pobre performance em ambientes mais tropicais (Haines et al., 1991).

Cerca de 129 espécies de acácia ocorrem na África e, ao contrário das Australianas (954), apresentam espinhos. Taxonomistas sugeriram que as

espécies australianas deveriam ser agrupadas em um novo gênero, denominado *Racosperma*, as espécies com espinhos tortos em um novo gênero denominado *Senegalia*, e apenas as espécies com espinhos retos deveriam permanecer no gênero *Acacia*. Entretanto, tal nomenclatura não foi ainda aceita (Barnes, 2000). Recentemente, a celulose de acácia tem demonstrado potencial para competir com a celulose de eucalipto. Dentre os fatores que contribuem para isso, destacam-se: (i) boa qualidade da polpa (especialmente no que se refere à opacidade, maciez e formação do papel); (ii) alto rendimento de celulose; (iii) maior benefício ao ambiente, tendo em vista a fixação de nitrogênio; (iv) maior produção de folhagem (serrapilheira), contribuindo para uma maior produtividade sustentável dos sítios; (v) grande capacidade competitiva com gramíneas, reduzindo gastos com controle de plantas daninhas; (vi) possibilidade de propagação vegetativa; (vii) baixa exigência nutricional.

Por outro lado, as espécies de acácia apresentam algumas desvantagens, como dificuldade de descascamento e incapacidade de rebrotar.

2. Qualidade da Madeira de *Acacia* para a Produção de Celulose

A seleção de espécies ou populações para uso industrial na produção de celulose deve basear-se nos seguintes atributos: (i) adaptação às condições climáticas e edáficas da região de plantio; (ii) produção de massa de madeira (não somente produção volumétrica); (iii) qualidade da madeira adequada ao processo de obtenção da celulose; (iv) qualidade da celulose, com vistas à obtenção dos produtos de papel desejados. Em resumo, deve-se selecionar as espécies, populações ou clones pela máxima quantidade de celulose de alta qualidade produzida por hectare e por ano. Segundo Balodis (1991), o caráter denominado produtividade de celulose, definido como quilogramas de celulose produzida por m³ de madeira é, provavelmente, o mais importante, juntamente com a produção volumétrica. Tal caráter depende da densidade básica da madeira (DB) e do rendimento de celulose (RC), sendo que este último depende dos teores de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos.

A produtividade de celulose (PC) em kg/m³ é dada de forma generalizada por $PC = (DB * RC)/100$, em que DB é medida em kg/m³ e a RC é medida por

(peso seco de celulose/peso seco de madeira) x 100. Combinando-se a produção volumétrica com a produtividade de celulose, obtém-se o peso de celulose produzido por hectare e por ano (PCHA), em ton/ha/ano, através da fórmula $PCHA = (PC * IMA)/1000$, em que IMA refere-se ao incremento médio anual medido em $m^3/ha/ano$.

A produtividade em volume das florestas plantadas de acácia está em torno de 30 a 40 $m^3/ha/ano$, podendo ser considerada semelhante a dos eucaliptos, para uma mesma rotação de 7 anos. A produtividade de celulose também é semelhante ou até mesmo superior à encontrada para os eucaliptos. Segundo Balodis (1991), existem relatos de 275 kg de celulose Kraft por m^3 de madeira para a *A. aulacocarpa*, e 330 kg/m^3 para *A. auriculiformis*, enquanto a média dos eucaliptos tropicais está em torno de 250 kg/m^3 (densidade da madeira equivalendo a cerca de 500 kg/m^3 e rendimento de celulose equivalendo a cerca de 50%).

Uma classificação das principais características de polpação e de fabricação de papel associadas à produção de celulose em folhosas é apresentada na Tabela 1, com base em Balodis (1991).

TABELA 1. Classificação das principais características associadas à polpação e fabricação de papel via uso de espécies florestais folhosas (Balodis, 1991).

CARACTERÍSTICAS DE POLPAÇÃO (KAPPA número 20)	
Produtividade de celulose (kg/m³)	
> 300	Excelente
271 – 300	Muito Bom
231 – 270	Bom
191 – 230	Moderado
151 – 190	Baixo
≤ 150	Muito Baixo
Rendimento de celulose	
> 53%	Muito Bom
48,1 – 53%	Bom
43,1 – 48%	Moderado
< 43%	Baixo
Alcali Ativo (Na₂O)	
≤ 13%	Baixo
13,1 – 16%	Moderado
16,1 – 18%	Alto
> 18%	Muito Alto
CARACTERÍSTICAS DE FABRICAÇÃO DE PAPEL (freeness > 250 Csf)	
Índice de Rasgo (milli Newtons.m²/g)	
> 12	Excelente
9,5 – 12	Muito Bom
7,0 – 9,4	Bom
4,5 – 6,9	Moderado
< 4,5	Baixo
Índice de Tração (Newtons.m/g)	
> 100	Excelente
81 – 100	Muito Bom
61 – 80	Bom
41 – 60	Moderado
< 40	Baixo

Algumas características associadas à produção de celulose e papel, para as principais espécies de acácia, são apresentadas respectivamente nas Tabelas 2 e 3.

TABELA 2. Valores de algumas características da madeira associadas à produção de celulose pelo processo Kraft, para algumas espécies de acácia.

Espécie	Idade (anos)	Densidade Básica (kg/m ³)	Rendimento de Celulose (%)	Número Kappa	Produtividade de celulose (kg/m ³)	Referência
<i>A.auriculiformis</i>	13	516	53,1	19,3	274	Clark et al., (1994)
	10	497	55,0	19,9	284	Clark et al., (1991)
<i>A. mangium</i>	9	420	52,3	21,0	220	Clark et al., (1994)
	9	483	48,0	18,5	232	Clark et al., (1991)
<i>A.aulocarpa</i>	12	598	55,4	19,3	331	Clark et al., (1991)
<i>A.crassicarpa</i>	10	638	47,2	20,3	301	Clark et al., (1991)
<i>A.mearnsii</i>	10	598	52,4	21,0	313	Guigan et al., (1991)
	10	590	52,8	20,1	312	Guigan et al., (1991)
	-	608	52,8	20,0	321	Guigan et al., (1991)
	13	595	52,8	20,8	313	Guigan et al., (1994)
<i>A.dealbata</i>	-	553	52,6	20,7	292	Guigan et al., (1994)
<i>A. decurrens</i>	9	457	55,9	18,7	255	Clark et al., (1994)
<i>A.melanoxylon</i>	-	487	52,2	20,5	254	Clark et al., (1994)
<i>A.silvestris</i>	-	551	53,3	20,3	294	Guigan et al., (1991)

TABELA 3. Valores de algumas características associadas à produção de papel, para algumas espécies de acácia.

Espécie	Beating (revs.PFI)	Freeness CSF	Bulk(cm ³ / g)	Índice de Rasgo (nM.m ² /g)	Índice de Tração (N.m ² /g)	Índice de Estouro (Kpa.m ² /g)	Alvura (%)	Opacidade (%)	Referências
<i>A.auriculiformis</i>	2000	262	1,41	11,3	111	7,7	79,7	-	1
<i>A. mangium</i>	2000	341	1,23	7,8	114	8,6	79,2	-	1
<i>A.aulacocarpa</i>	2000	368	1,51	9,2	89	5,7	81,3	73,1	1
<i>A.crassicaipa</i>	2000	330	1,50	9,0	76	4,5	69,4	76,0	1
<i>A.auriculiformis</i>	-	250	1,40	11,3	114	8,0	-	-	2
<i>A. mangium</i>	-	250	1,19	7,4	125	9,3	-	-	2
<i>A.aulacocarpa</i>	-	250	1,40	9,3	103	7,5	-	69,4	2
<i>A.crassicaipa</i>	-	250	1,40	8,8	84	5,6	-	73,0	2
<i>A.meansii</i>	-	250	1,49	7,5	83	4,7	-	74,8	2
<i>A.dealbata</i>	-	250	1,42	10,4	78	5,6	-	69,1	2
<i>A.melanoxylon</i>	-	250	1,35	7,5	93	6,1	-	70,9	2
<i>A.silvestris</i>	-	250	1,37	7,2	99	6,5	-	70,9	2
<i>A.decurrens</i>	-	350	1,26	10,0	95	6,6	-	-	3

1. Clark et al. (1991), 2. Clark et al. (1994), 3. Logan (1987).

Dentre as espécies subtropicais de acácia, verifica-se que a acácia-negra (*A. mearnsii*) se destaca pela alta densidade da madeira (em torno de 600 kg/m³) e produtividade de celulose (em torno de 315 kg/m³), sobressaindo-se em relação às suas competidoras *A. dealbata*, *A. decurrens* e *A. silvestris* (Tabela 2).

Quanto às espécies tropicais, *A. aulacocarpa*, *A. crassicarpa* e *A. auriculiformis* destacam-se pela densidade da madeira e produtividade de celulose em relação à *A. mangium*, espécie mais plantada atualmente. Quanto ao rendimento, destacam-se *A. auriculiformis* e *A. aulacocarpa*, com valores em torno de 55% (Tabela 2).

Pelas propriedades apresentadas na Tabela 3, verifica-se que, de maneira geral, as polpas branqueadas de acácia são adequadas para a fabricação de papéis de escrita e impressão (P&W), e também Tissue. Para o mercado P&W as principais vantagens da polpa de acácia são opacidade, maciez, boa formação e baixa porosidade. Já para o mercado Tissue, a maciez merece destaque. Por outro lado, as polpas de acácia perdem para as de eucalipto em resistência à tração, requerendo intensa quantidade de energia de refino e afetando negativamente a drenagem e a velocidade das máquinas de papel. O baixo Bulk também é limitante, principalmente em comparação com a polpa de eucalipto (Soini, 1999). Estas limitações afetam especialmente o segmento de impressão e escrita.

Alguns comentários adicionais podem ser feitos sobre a madeira de acácia para produção de celulose: (i) determinadas espécies de acácia apresentam densidade básica da madeira maior do que a de outras folhosas de rápido crescimento empregadas nas condições tropicais, tais como *Eucalyptus* e *Gmelina* (Logan, 1987); (ii) as acácias propiciam altos rendimentos de celulose (> 50%) com moderada quantidade de álcalis usados no processo (Logan, 1987); (iii) a recuperação de compostos químicos no processo de polpação pode ser mais fácil para acácia do que para eucaliptos (Guigan et al., 1991); (iv) *A. auriculiformis*, *A. aulacocarpa* e *A. mangium* propiciam qualidade de celulose similar à obtida a partir de eucaliptos de clima temperado, os quais são tidos como os melhores neste atributo (Clark et al., 1994); (v) o teor de lignina em *A. auriculiformis* é da ordem de 22% (Jesus et al., 1993a), o qual é comparável aos valores relatados para *E. globulus* e *E. smithii*.

Assim como no caso dos eucaliptos, melhorias adicionais nas características da madeira de acácia podem ser obtidas via melhoramento genético, através da seleção entre e dentro de populações, visto que tais espécies estão ainda em processo de domesticação e, portanto, apresentam elevada variabilidade genética a ser explorada. No entanto, para várias condições ambientais do Brasil, o eucalipto já se encontra completamente adaptado, principalmente no que se refere ao comportamento silvicultural (crescimento em volume, forma, resistência à pragas e doenças etc.). Um esforço adicional seria necessário, portanto, para colocar a acácia em condição semelhante.

3. Plantios com Fins Industriais em Vários Países

Dentre os principais países que cultivam comercialmente espécies do gênero *Acacia* citam-se: Indonésia, Malásia, Vietnã, China, Índia, Tailândia, África do Sul e Brasil. Descrições sobre áreas de plantios nestes e em outros países são apresentadas a seguir com base em Turnbull et al. (1998), Dunlop et al. (2000), Higa & Resende (1994) e Luyt et al. (1987).

Indonésia

Os plantios de acácia em larga escala na Indonésia iniciaram-se em 1986, através de apoio governamental, inicialmente com *A. mangium*. O projeto como um todo previa o estabelecimento de 2,3 milhões de ha até 2000 e 10,5 milhões de ha até 2030. A maioria destes plantios destinam-se à produção de celulose. O país possui 13 companhias e 23 projetos adicionais. A maioria das plantações são de *A. mangium*. Em 1996, 10 empresas haviam plantado 426.000 ha de *A. mangium*. A maior empresa (PT Musi Hutan Persada) havia plantado 165.000 ha de *A. mangium* e a segunda maior (PT Arara Abadi) havia plantado 10.000 ha de *A. mangium* e 4.400 ha de *A. crasscarpa* (Turnbull et al., 1998). No ano de 2001, relata-se uma área acima de 40.000 ha com *A. crasscarpa*, em áreas sujeitas à inundação na Ilha de Sumatra. Embora nestas áreas, a *A. crasscarpa* produza um menor IMA que *A. mangium* em áreas de sequeiro, aquela espécie apresenta densidade da madeira mais alta e rendimento de celulose similar, de forma que a produção de celulose por hectare permanece aceitável (Midgley, 2001).

A empresa PT Musi Hutan Persada (MHP) é uma junção da Companhia PT

Enim Musi Lestari (uma subsidiária do Grupo Barito Pacific) com a PT Inhutani V (uma empresa florestal governamental que atua no sul da ilha de Sumatra). A MHP tem um projeto de plantio equivalente a 193.500 ha com vistas à produção de 1,2 milhões de toneladas de celulose Kraft branqueada por ano, sendo que *A. mangium* ocupa 90% da área total e o restante é ocupado principalmente por *Eucalyptus urophylla* e seringueira (*Hevea brasiliensis*) (Hardiyanto, 1998). A área total plantada com diferentes espécies de acácia na Indonésia atualmente é de cerca de 640.000 ha.

Malásia

A Malásia possui, aproximadamente, 100.000 ha de plantios com *A. mangium*, sendo 50.000 ha na Malásia Peninsular e 50.000 ha em Sabah, para a produção de celulose. Em Sarawak existem pequenas áreas de plantio mas existem planos para uma grande expansão dos plantios para a produção de celulose. Também existe grande interesse no uso do híbrido *A. mangium* x *A. auriculiformis* (Turnbull et al., 1998).

Em Sabah, o estado (ilha) mais a leste da Malásia, as três principais agências que desenvolvem plantios em larga escala de acácia são: SAFODA, SSSB e SFI. O maior interesse industrial pelas acácias tropicais surgiu a partir de 1966 com a introdução da *A. mangium* em Sabah. A área total plantada com acácias neste país é de 180.000 ha.

Vietnã

Após 1960, várias espécies de acácias foram introduzidas no Vietnã. Destas, a *A. auriculiformis*, *A. mangium* e *A. crassicarpa* foram identificadas como espécies aptas para plantios no país, mas apenas a *A. auriculiformis* foi amplamente utilizada, principalmente nas penínsulas do Sul. Entre 1986 e 1992 foram estabelecidos 43.000 ha de plantios com *A. auriculiformis* e 23.000 ha com *A. mangium*, visando, principalmente, a produção de celulose. A área total plantada atualmente, considerando todas as espécies do gênero, é de aproximadamente 127.000 ha.

Após 1997, existia a previsão de plantio anual de acácias na taxa de 10.000 a 15.000 ha, inclusive com a utilização de clones híbridos *A. auriculiformis* x *A. mangium*, os quais apresentam crescimento superior e excelentes características da madeira em relação às duas principais espécies cultivadas (Turnbull et al., 1998).

China

Cerca de 200.000 ha de plantações de acácia foram estabelecidas na China, principalmente com *A. mearnsii*, *A. mangium*, *A. auriculiformis* e *A. crassicarpa*. A área com *A. mangium* vem se expandindo rapidamente, atingindo 120.000 ha. A área de plantio com *A. mearnsii* é superior a 10.000 ha. A *A. crassicarpa* é plantada em pequena escala e a *A. aulacocarpa* é uma espécie potencial (Turnbull et al., 1998).

Índia

A *A. auriculiformis* é cultivada na Índia em variadas condições climáticas, desde áreas costeiras até regiões de elevada altitude e com precipitação anual variando de 500 a 7000 mm. Esta é a principal espécie utilizada para reflorestamento nos estados do sul da Índia e é plantada em Karnataka por indústrias de celulose e papel. Atualmente as plantações de acácia na Índia somam 6,4 milhões de ha, sendo que apenas cerca de 15% deste total se destina a fins industriais. O restante é utilizado principalmente como forragem na alimentação animal, na extração de tanino e também na produção de madeira sólida.

Filipinas

Neste país, a empresa BFI possui área de plantio de cerca de 21.000 ha, dos quais 50% são constituídos por *A. aulacocarpa*, *A. auriculiformis* e *A. mangium*. Outras significativas plantações de acácia pertencem a Provident Tree Farm Inc. em Mindanao e Mindoro e a Paper Industries Corporation em Mindanao. A área total estimada com plantios de acácia nas Filipinas em 1997 era de 45.000 ha (Turnbull et al., 1998).

Tailândia

Em 2000, a área total de plantio com acácia na Tailândia atingiu 148.000 ha (FAO, 2001). A *A. auriculiformis* tem sido utilizada com grande sucesso, e existem projetos para plantações de *A. mangium* no nordeste do país. A empresa Asia Tech tem promovido o plantio de cerca de 32.000 ha com *A. mangium* (Turnbull et al., 1998).

Já existe no país, sementes melhoradas de *A. auriculiformis*, as quais estão sendo utilizadas para estabelecimento de novos plantios. Também híbridos de *A. auriculiformis* x *A. mangium* tem sido desenvolvidos.

África do Sul

A África do Sul foi o primeiro país do mundo a cultivar e melhorar uma espécie de *Acacia*. Neste país, foi fundado em 1947 o Wattle Research Institute em Pietermaritzburg, Província de Natal, destinado à pesquisa com a acácia-negra. O cultivo de *A. mearnsii* sempre objetivou o uso da casca para extração de tanino. Entretanto, mais recentemente, ênfase vem sendo dada ao seu cultivo com vistas ao uso da madeira na indústria de celulose.

A área de plantio na África do Sul, atingiu cerca de 300.000 ha em 1960. Atualmente, a área plantada situa-se ao redor de 130.000 ha, sendo este decréscimo causado pela retração do mercado de tanino. Apesar disto, o plantio de acácia-negra constituiu a mais rentável cultura florestal no país.

Na última década, por ser fonte de fibras de alta qualidade, a madeira de acácia negra ganhou importância local e internacional, na fabricação de celulose. A África do Sul produz atualmente cerca de 1 milhão de toneladas de madeira de acácia por ano, sendo a maioria utilizada para a produção de celulose. Deste total, aproximadamente 160.000 toneladas de madeira seca são processadas pela indústria Sappi e 817.000 toneladas de madeira seca são exportadas pela Silvacel e CTC para indústrias de celulose Kraft no Japão (Dunlop et al. 2000).

Brasil

No Brasil, praticamente somente a *A. mearnsii* é cultivada comercialmente. A área total de plantio equivale a cerca de 200.000 ha (Higa & Resende, 1994) no Rio Grande do Sul, e é praticada pelas empresas Tanac, Seta e por cerca de 160.000 minifundiários (Resende et al., 1991). Assim como na África do Sul, a ênfase dos plantios sempre foi a produção de tanino mas, atualmente, a produção de madeira tem sido mais rentável, sendo quase em sua totalidade exportada para indústrias de celulose no Japão.

As espécies *A. mangium* (Ferreira et al., 1990; Yared et al., 1990; Jesus et al., 1993b; Silva et al., 1996) e *A. auriculiformis* (Jesus et al., 1993a) tem sido avaliadas experimentalmente no Brasil, com resultados promissores, principalmente no Vale do Rio Doce e Litoral do Espírito Santo.

Venezuela

Um outro país produtor de celulose na América do Sul e que tem avaliado experimentalmente a *A. mangium* é a Venezuela. Stock & Rosales (2000), avaliaram oito procedências desta espécie na Venezuela (em áreas da Smurfit Cartón de Venezuela) e concluíram que existe um grande potencial para a utilização comercial da acácia.

4. Espécies Principais: Produtividade, Genética e Melhoramento

4.1. Espécies tropicais

Acacia mangium

A *A. mangium* ocorre naturalmente na região nordeste da Austrália, em Papua Nova Guiné e na Indonésia (nas ilhas de Java, Molucas e Nova Guiné), em altitudes de 0 a 800 m e entre as latitudes de 1 a 19°S (Gunn & Midgley, 1991). As regiões de ocorrência natural apresentam climas úmidos e quentes, com temperatura média anual de 19°C, temperatura média máxima de 32°C e precipitação média anual variando entre 1.500 mm e 3.000 mm, bem distribuídos.

A espécie hibridiza-se naturalmente com *A. auriculiformis* e *A. aulacocarpa*. Alguns valores de produtividade volumétrica relatados em literatura são: 46 m³/ha/ano na Malásia aos 9 anos de idade (NAS, 1983); 43 m³/ha/ano a 61 m³/ha/ano para as melhores procedências em Belo Oriente-MG aos 5,2 anos, município com precipitação anual de 1.200 mm e estação seca de 3 meses (Silva et al., 1996); 40 m³/ha/ano a 46 m³/ha/ano para as melhores procedências em Coronel Fabriciano-MG aos 5,2 anos, município com déficit hídrico de 30 a 90 mm anuais (Silva et al., 1996); 30 m³/ha/ano em Sabah na

Malásia (Liang, 1987); 33 m³/ha/ano aos 4,5 anos no Alto Tapajós (Yared et al., 1990); 30 m³/ha/ano aos 8 anos em Linhares-ES, local com 1.300 mm de precipitação anual (Jesus et al., 1993b).

Dentre as 16 procedências avaliadas por Silva et al. (1996) em dois locais, destacaram-se a de Oriomo River (Papua Nova Guiné), Broken Pole Creek (Queensland-Austrália) e Claudie River (Queensland-Austrália). Também, Abergonrie SF (Queensland-Austrália) e Mission Beach (Queensland-Austrália) apresentaram excelente produtividade em um dos locais, não sendo avaliadas no outro. A procedência Broken Pole Creek foi a que apresentou maior crescimento no Alto Tapajós (Yared et al., 1990). É importante relatar que estas melhores procedências não foram avaliadas em Linhares-ES, por Jesus et al. (1993b). A procedência Oriomo River mostrou-se a melhor nos dois locais avaliados por Silva et al. (1996), chegando a produzir 5,5 vezes mais que a pior procedência. A superioridade desta procedência tem sido confirmada também em outros estudos (Gunn & Midgley, 1991).

Apesar desta grande variabilidade entre procedências, a qual tem grande importância prática, estudos realizados com isoenzimas (Moran et al., 1989) tem revelado uma baixa variabilidade genética na espécie, fato que parece contraditório. O programa de melhoramento da *A. mangium* em Sabah iniciou-se em 1980, com a introdução de novas procedências. Originalmente, apenas uma família de meios-irmãos foi introduzida em 1966 e seus descendentes utilizados por várias gerações, fato que causou um declínio de produtividade com as gerações de plantio. Atualmente, além das novas populações, híbridos de *A. mangium* x *A. auriculiformis* tem sido utilizadas.

Acacia auriculiformis

A *A. auriculiformis* é nativa do Sul de Papua Nova Guiné, Norte da Austrália (nos estados de Queensland e Território Norte) e da Indonésia (em Irian Jaya na Ilha de Nova Guiné e no grupo das ilhas Kai). A amplitude latitudinal varia de 8 a 16°S e a altitude varia de 0 a 800 m, sendo predominante a ocorrência em regiões abaixo de 100 m (Gunn e Midgley, 1991).

É encontrada em diversos tipos de solo, tolerando ampla faixa de pH e níveis de fertilidade, podendo sobressair-se em condições em que o *Eucalyptus* e outras espécies não crescem. É uma espécie altamente tolerante à salinidade.

Na natureza, a espécie apresenta grande variação, apresentando plantas com um único fuste e excelente forma até plantas com vários fustes tortuosos.

Alguns valores de produtividade e qualidade da madeira relatados em literatura são 33 m³/ha/ano a 40 m³/ha/ano aos 5,5 anos, densidade básica da madeira de 550 kg/ m³, 22% de lignina e 68% de holocelulose, em Linhares-ES (Jesus et al., 1993a). As procedências de Papua Nova Guiné têm apresentado maior crescimento do que as procedências do Território Norte (Austrália) e da Tailândia, sendo que as procedências de Queensland apresentam desenvolvimento intermediário (Harwood et al., 1991). É importante relatar que procedências de Papua Nova Guiné não foram avaliados por Jesus et al. (1993a).

Um defeito apontado para *A. auriculiformis* refere-se à forma defeituosa. A *A. mangium*, por seu turno, possui melhor forma mas apresenta outros caracteres indesejáveis, como galhos grandes e densidade mais baixa, além de apresentar maior exigência em água. *A. auriculiformis* é adaptada a ambientes mais secos, mas desenvolve-se bem também em ambientes úmidos. Esta espécie hibridiza-se naturalmente com *A. mangium*. Estes híbridos têm apresentado valores intermediários para densidade da madeira e heterose para crescimento e para produtividade de celulose. Adicionalmente, este híbrido tem apresentado melhor forma que *A. auriculiformis*.

A densidade da madeira de *A. auriculiformis* é similar à de *A. mearnsii* e *A. aulacocarpa* e superior à de *A. mangium* e *A. crassicarpa* (Liang e Gan, 1991). Programas de melhoramento para *A. auriculiformis* vêm sendo conduzidos, principalmente na Tailândia (Pinyopusarek, 1987) e Vietnã (Kha et al., 1998).

Acacia crassicarpa

Esta espécie ocorre no norte da Austrália (em Queensland), no oeste e ao sul de Papua Nova Guiné e ao sul da Indonésia (sul de Irian Jaya). A amplitude latitudinal é 8-20°S, em altitudes variando de 0 a 200 m. Em condições naturais a espécie tolera condições mais adversas que *A. mangium*, *A. auriculiformis* e *A. aulacocarpa*, se adaptando em solos com difícil drenagem e também em ambientes mais áridos. O fuste é freqüentemente reto com grandes copas abertas e muitos ramos. *A. crassicarpa* é taxonomicamente próxima a *A. aulacocarpa* com a qual forma híbridos naturais (entretanto, a distribuição natural de *A. crassicarpa* é mais restrita que a de *A. aulacocarpa*).

Resultados de testes de procedências tem revelado uma superioridade das populações de Papua Nova Guiné, destacando-se Mata, Oriomo River e Woroi Wipin (Minguan & Yutian, 1991). Também ao Sul da Sumatra na Indonésia, a procedências de Papua Nova Guiné foram superiores (Nirsatmanto, 1998), o mesmo acontecendo no Vietnã (Nghia e Kha, 1998). No Brasil, uma procedência australiana produziu 34 m³/ha/ano de madeira aos 8 anos, em Linhares-ES (Jesus et al., 1993b).

Existem cerca de 40.000 ha cultivados com *A. crassicarpa* na Indonésia (Midgley, 2001). Programas de melhoramento desta espécie vem sendo conduzidos neste país e na China (Minguan & Yutian, 1991, Nirsatmanto, 1998). Existem pomares de sementes estabelecidos também no Vietnã e nas Filipinas. Estimativas da herdabilidade individual no sentido restrito para altura variaram de 0,06 a 0,13 para altura e de 0,03 a 0,11 para diâmetro aos 16 meses (Nirsatmanto, 1998).

Acacia aulacocarpa

A. aulacocarpa tem a mais ampla distribuição dentre as 4 espécies de acácia tropicais apresentadas neste trabalho, com amplitude latitudinal variando de 6-30°S e amplitude altitudinal variando de 0 a 1.000 m. Ocorre na Austrália (nos territórios Oeste, Norte, Queensland e New South Wales), em Papua Nova Guiné e Indonésia (Gunn e Midgley, 1991). Pode hibridizar-se naturalmente com *A. mangium*, *A. auriculiformis* e *A. crassicarpa*.

Resultados de testes de procedências tem revelado superioridade das populações de Papua Nova Guiné, destacando-se Keru e Oriomo River, tanto em crescimento quanto em forma (Minguan & Yutian, 1991). Também Nghia e Kha (1998) relatam a superioridade da procedência Keru, e, Luangviriyasaeng et al. (1998) confirmam a superioridade de procedências distribuídas ao longo do rio Oriomo. Estes últimos autores relatam também que a maioria das árvores apresentaram tronco único e boa forma. Todos estes resultados concordam também com os relatos de Yutian & Minguan (1994).

Atualmente, *A. aulacocarpa* vem sendo utilizada para plantios em larga escala nas Filipinas, devido à sua melhor forma em relação a *A. mangium* e outras acácias (Arnold et al., 1998). Também em Queensland na Austrália, esta

espécie vem sendo preferida para plantios devido ao maior valor da madeira e maior resistência ao vento que a *A. mangium* (Nikles et al., 1998).

Programas de melhoramento vem sendo conduzidos na Austrália, Tailândia e Malásia (Sabah).

4.2. Espécies subtropicais

Acacia mearnsii

Esta é a única espécie de acácia cultivada comercialmente (cerca de 200.000 ha) no Brasil. *A. mearnsii* ocorre na Austrália, nos estados de New South Wales (NSW), Victoria (VIC), South Australia e Tasmânia entre as latitudes de 33°43'S a 42°58'S e em altitudes variando de 0 a 1.050 m (Yulin et al., 1994). A espécie é predominantemente alógama, assim como as demais do gênero.

Considerável variação entre procedências existe nesta espécie. Dentre as melhores procedências avaliadas na China destacam-se Batemans Bay (NSW), Blackhill Reserve (VIC), Braidwood (NSW), Gippsland (VIC), Cann (VIC) e Brasil (Yulin et al., 1994). No Brasil, dentre seis procedências avaliadas, as melhores em crescimento e sobrevivência foram Brasil, Batemans Bay e Bega (Resende et al., 1992). Quanto ao caráter teor de tanino na casca, as melhores procedências parecem ser de Victoria (Gippsland e Blackhill), África do Sul, Brasil e China, as quais apresentam entre 40% e 41% de tanino (Jiyuan et al., 1994).

Programas de melhoramento genético da acácia-negra tem sido conduzidos na África do Sul, Brasil e China. Na África do Sul, o programa de melhoramento vem sendo conduzido desde 1950 no Wattle Research Institute (hoje ICFR), caracterizando-se como um dos primeiros programas de melhoramento florestal ao nível mundial. Por volta de 1966 vários testes de progênies de meios irmãos e de irmãos germanos já haviam sido conduzidos e por volta de 1974 os pomares de sementes de terceira geração foram implantados. As primeiras estimativas de herdabilidade em acácia foram obtidas também por volta de 1966, pelo método da regressão pais-filhos. As estimativas da herdabilidade individual no sentido restrito foram 0,2 para diâmetro do fuste e para espessura de casca e 0,60 para teor de tanino na casca (Wright, 1976).

No Brasil, as primeiras estimativas de herdabilidade foram obtidas por meio da correlação intraclasse entre meios irmãos em 1991. As seguintes estimativas

foram obtidas para a herdabilidade individual no sentido restrito: (i) 0,08 para altura, 0,11 para diâmetro, 0,05 para sobrevivência, 0,76 para teor de tanino na casca e 0,57 para a relação tanantes/não tanantes na população local do Rio Grande do Sul (Resende et al., 1991); (ii) 0,27 e 0,34 para altura, 0,31 e 0,37 para diâmetro, 0,19 e 0,14 para sobrevivência em dois locais no Rio Grande do Sul, em populações australianas (Resende et al., 1992); (iii) 0,05 para resistência à gomose em população local do Rio Grande do Sul, sem inoculação (Resende et al. (1993a); (iv) 0,04 para resistência ao inseto serrador em população local do Rio Grande do Sul, sem inoculação (Resende et al., 1993b); (v) 0,30 para diâmetro do fuste em populações australianas (Resende et al., 1998). Com base no material genético local instalou-se uma área de produção de sementes e os plantios estabelecidos com este material genético melhorado têm apresentado 10-15% de ganho realizado em produção volumétrica. Foram também estabelecidos pomares de sementes por mudas, a partir da população local e também das novas procedências australianas introduzidas (Mora et al., 2001).

Na China, a partir de testes de progênie/procedência, as seguintes estimativas de herdabilidade individual foram obtidas: 0,30 e 0,38 para altura, e 0,29 e 0,37 para diâmetro, em populações australianas (Bi et al., 1991).

Acacia dealbata

A *A. dealbata* ocorre no sudeste da Austrália nos estados de New South Wales, Victoria e Tasmânia, sendo amplamente distribuída na Tasmânia. A amplitude latitudinal de ocorrência equívale a 29°S a 43°S, em altitudes entre 350 e 1.000 m.

Esta espécie apresenta excelente qualidade de polpação e é uma das espécies temperadas mais resistentes à geada. Considerável variação tem sido encontrada entre procedências e entre famílias, destacando-se as populações de Barnback e Branches Creek, ambas da Tasmânia. Os maiores crescimentos da espécie na Austrália tem atingido 23 m³/ha/ano. Não existem plantios comerciais em larga escala com esta espécie (Neilsen et al., 1998).

Acacia melanoxylon

A *A. melanoxylon* ocorre no sudeste (NSW, Victoria e Tasmânia) e norte (Queensland) da Austrália, em altitudes de 0 a 1.000 m, sendo mais comum em áreas frescas e úmidas, com baixa intensidade de geadas e precipitação anual moderada a alta (aproximadamente 1.500 mm).

Esta espécie é excelente para movelaria. Existem várias indústrias na Tasmânia que utilizam sua madeira, sendo que existem 800 ha de plantios comerciais. Tem sido cultivada em várias partes do mundo. Existem diferenças significativas entre procedências de *A. melanoxylon* (Neilsen et al., 1998). Em estudo sobre diversidade genética em nove espécies de acácia, usando isoenzimas, Moran et al. (1989) verificaram que *A. melanoxylon* é a espécie mais variável, seguida por *A. mearnsii*, enquanto *A. mangium* mostrou-se a menos variável. Playford et al. (1993) demonstraram que existe grande diferenciação genética entre as populações do sudeste e nordeste da Austrália.

Acacia decurrens

A *A. decurrens* ocorre apenas em New South Wales, Austrália, entre as latitudes de 33°S e 37°S e em altitudes entre 100 e 700 m. Esta espécie, embora apresente boa qualidade de polpação, não é muito cultivada. Possui baixo teor de tanino.

Acacia silvestris

A. silvestris ocorre nos estados de New South Wales e Victoria, entre as latitudes de 35°S e 38°S, em altitudes entre 30 e 300 m. Possui qualidade da madeira semelhante à *A. decurrens*.

5. Considerações Finais

Os principais gêneros florestais cultivados no mundo são: *Pinus* (37,4 milhões ha), *Eucalyptus* (17,9 milhões ha), *Acacia* (8,3 milhões ha), *Hevea* (seringueira) (9,9 milhões ha) e *Tectona* (teca) (5,7 milhões ha) - (FAO, 2001). Estes dados reforçam a importância dos gêneros *Eucalyptus* e *Acacia* no setor florestal mundial, especialmente em se tratando de áreas tropicais e subtropicais. Somente na Ásia, as áreas de plantio com acácias somam 7,922 milhões de ha, indicando que a utilização industrial da acácia na parte tropical deste continente encontra-se plenamente estabelecida.

Apesar do grande potencial deste gênero (produtividade de celulose de boa qualidade, fixação de nitrogênio, adaptação a solos marginais etc.), a utilização industrial de acácias tropicais no Brasil, demanda ainda pesquisas

básicas nas áreas de melhoramento genético, silvicultura e processamento industrial, a exemplo do que foi feito com o eucalipto. Na área de melhoramento genético, os resultados obtidos ao nível mundial tem indicado a grande importância da avaliação e seleção de espécies e procedências adequadas às diferentes condições ambientais e com características desejáveis tais quais: presença de caule único, forma menos tortuosa, densidade mais alta. Portanto, é necessário adquirir experiência com acácias tropicais no Brasil e, sobretudo, comparar os seus rendimentos industriais com aqueles propiciados pelos eucaliptos.

6. Referências Bibliográficas

- ARNOLD, R. J.; GONZALES, A.; ABARQUEZ, A. Domestication of exotic *Acacia* species in Bukidnon Province, Philippines In: TURNBULL, J. W.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. ***Recent developments in acacia planting***. Canberra: ACIAR, 1998. p. 136-142. (ACIAR. Proceedings, 82).
- BALODIS, V. Planning of pulpwood production from plantations. In: TURNBULL, J.W. ***Advances in tropical acacia research***. Canberra: ACIAR, 1991. p. 132-137. (ACIAR. Proceedings, 35).
- BARNES, R. D. The African Acacias: a thorny subject. In: FOREST GENETICS FOR THE NEXT MILLENNIUM, 2000, Durban. ***Proceedings...*** Durban: IUFRO / ICFR, 2000. p. 9-15. IUFRO Working Party 2.08.01: Tropical Species Breeding and Genetic Resources.
- BI, G. C.; YUAN, L. J.; WILLIAMS, E. R. Performance of *Acacia mearnsii* provenances / progeny in Southern China. In: TURNBULL, J. W. ***Advances in tropical acacia research***. Canberra: ACIAR, 1991. p. 215-218. (ACIAR. Proceedings, 35).
- CLARK, N. B.; BALODIS, V.; GUIGAN, F.; JINGXIA, W. Pulping properties of tropical acacias. In: TURNBULL, J.W. ***Advances in tropical acacia research***. Canberra: ACIAR, 1991. p. 138-144. (ACIAR. Proceedings, 35).
- CLARK, N. B.; BALODIS, V.; GUIGAN, F.; JINGXIA, W. Pulpwood potential of Acacias. In: BROWN, A.G. ***Australian tree species research in China***. Canberra: ACIAR, 1994. p. 196-202. (ACIAR. Proceedings, 48).

DUNLOP, R. W.; GOODRICKE, T. G.; CLARKE, C. R. E. Open-pollinated family variation in growth, wood and dissolving pulp properties of *Acacia mearnsii*. In: FOREST GENETICS FOR THE NEXT MILLENNIUM, 2000, Durban. **Proceedings...** Durban: IUFRO / ICFR, 2000. p.103 -106. IUFRO Working Party 2.08.01: Tropical Species Breeding and Genetic Resources.

FAO. **World forest plantations**. Roma, 2001. Disponível em <www.fao.org>. Acesso em 2001.

FERREIRA, C. A.; SILVA, F. P.; SILVA, M. D. D.; YARED, J. A. G.; CAPITANI, L. R.; SUITER FILHO, W. *Acacia mangium*: uma opção para reflorestamento? In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS, 1990. p. 564-568.

GUIGAN, F.; BALODIS, V.; JINGXIA, W.; CLARK, N. B. Kraft pulping properties of *Acacia mearnsii* and *A. silvestris*. In: TURNBULL, J.W. **Advances in tropical acacia research**. Canberra: ACIAR, 1991. p. 145-150. (ACIAR. Proceedings, 35).

GUIGAN, F.; JINGXIA, W.; GUANGLIANG, L. Kraft pulping properties of plantation-grown *Acacia mearnsii* from Zhangzhou. In: BROWN, A. G. **Australian tree species research in China**. Canberra: ACIAR, 1994. p. 214-217. (ACIAR. Proceedings, 48).

GUNN, B. V.; MIDGLEY, S. J. Exploring and accessing the genetic resources of four selected tropical acacias. In: TURNBULL, J. W. **Advances in tropical acacia research**. Canberra: ACIAR, 1991. p. 57-63. (ACIAR. Proceedings, 35).

HAINES, M. W.; McKINNELL, F. H.; MARCAR, N. E.; TURNBULL, J. W. Recommendations for research into tropical Acacias. In: TURNBULL, J. W. **Advances in tropical acacia research**. Canberra: ACIAR, 1991. p. 8-12. (ACIAR. Proceedings, 35).

HARDIYANTO, E. B. Approaches to breeding acacias for growth and form: the experience at Barito Pacifico Group. In: TURNBULL, H. R.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. (Ed.). **Recent developments in acacia planting**. Canberra: ACIAR, 1998. p. 178-183.

- HARWOOD, C. E.; MATHESON, A. C.; GARORO, N.; HAINES, M. W. Seed orchards of *Acacia auriculiformis* at Melville Island, Northern Territory, Australia. In: TURNBULL, J. W. **Advances in tropical acacia research**. Canberra: 1991. p. 87-91. (ACIAR. Proceedings, 35).
- HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. de. Breeding *Acacia mearnsii* in southern Brazil. In: BROWN, A. G. **Australian tree species research in China**. Canberra: ACIAR, 1994. p. 158-160. (ACIAR. Proceedings, 48).
- JESUS, R. M.; DARIO, F. R.; DIAZ, M. P. Espaçamento em *Acacia auriculiformis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993. Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS, 1993a. p. 286-288.
- JESUS, R. M.; DARIO, F. R.; DIAZ, M. P. Introdução de espécies/procedências de *Acacia*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993. Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS, 1993b. p. 137-139.
- JIYUAN, L.; CHUANBI, G.; FANGJI, Z.; HUADONG, R. Bark quality of *Acacia mearnsii* provenances from different geographic origins growing in south China. In: BROWN, A. G. **Australian tree species research in China**. Canberra: ACIAR, 1994. p. 203-213. (ACIAR. Proceedings, 48).
- KHA, L. D.; HAI, N. D.; VINH, H. Q. Clonal tests and propagation options for natural hybrids between *Acacia mangium* and *A. auriculiformis*. In: TURNBULL, H. R.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. (Ed.) **Recent developments in acacia planting**. Canberra: ACIAR, 1998. p. 203-210.
- LIANG, S. B. Research on *Acacia mangium* in Sabah: a review. In: TURNBULL, J. W. **Australian acacias in developing countries**. Canberra: ACIAR, 1987. p. 164-166. (ACIAR. Proceedings, 16).
- LIANG, S. B.; GAN, E. Performance of *Acacia* species on four sites of Sabah Forest Industries. In: TURNBULL, J. W. **Advances in tropical acacia research**. Canberra: ACIAR, 1991. p. 159-165. (ACIAR. Proceedings, 35).
- LOGAN, A. F. Australian acacias for pulpwood. In: TURNBULL, J. W. **Australian acacias in developing countries**. Canberra: ACIAR, 1987. p. 89-94. (ACIAR. Proceedings, 16).

LUANGVIRIYASAENG, V.; PINYOPUSARERK, K.; THAINGAN, R. Variation in growth traits of a six-year *Acacia aulacocarpa* progeny trial in Thailand. In: TURNBULL, J. W.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. **Recent developments in acacia planting**. Canberra: ACIAR, 1998. p. 173-177. (ACIAR. Proceedings, 82).

LUYT, I. E.; MULLIN, L. J.; GUAZE, D. P. Black wattle (*Acacia mearnsii*) in Zimbabwe. In: TURNBULL, J. W. **Australian acacias in developing countries**. Canberra: ACIAR, 1987. p. 128-131. (ACIAR. Proceedings, 16).

MASLIN, B. R.; McDONALD, M. W. **A key to useful Australian acacias for the seasonally dry tropics**. Canberra: CSIRO, 1996. 80 p.

MIDGLEY, S. **Acacia crassicaarpa**: a tree in domestication fast lane. Disponível em < www.ffp.csiro.au/tigr/atrnews/atrnews6.htm > . Acesso em 2 jun. 2001.

MINQUAN, Y.; YUTIAN, Z. Results from a four-year-old tropical *Acacia* species/provenance trial on Hainan Island, China. In: TURNBULL, J. W. **Advances in tropical acacia research**. Canberra: ACIAR, 1991. p. 170-172. (ACIAR. Proceedings, 35).

MORA, A. L.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SIMON, A. A. Melhoria genética para a produção de tanino no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E PALMÁCEAS NO BRASIL, 2001, Curitiba. **Memórias...** Colombo: Embrapa Florestas, 2001. (Embrapa Florestas. Documentos, 62). p. 143-154. Coordenação de Marcos Deon Vilela de Resende.

MORAN, G. F.; MUONA, O.; BELL, J. C. *Acacia mangium*: a tropical forest tree of the coastal lowlands with low genetic diversity. **Evolution**, v. 43, p. 231-235, 1989.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Mangium and others acacias of humid tropics**. Washington: National Academic Press, 1983. 46 p.

NEILSEN, W. A.; KUBE, P. D.; ELLIOTT, H. J. Prospects for commercial plantations of *Acacia melanoxylon* and *A. dealbata* in Tasmania. In: TURNBULL, J. W.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. **Recent developments in acacia planting**. Canberra: ACIAR, 1998. p. 94-101. (ACIAR. Proceedings, 82).

NGHIA, N. H.; KHA, L. D. Selection of *Acacia* species and provenances for planting in Vietnam. In: TURNBULL, J. W.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. **Recent developments in acacia planting**. Canberra: ACIAR, 1998. p. 130-135. (ACIAR. Proceedings, 82).

NIKLES, D. G.; HARWOOD, C. E.; ROBSON, K. J.; PORNSOY, P. C.; KEENAN, R. J. Management and use of ex situ genetic resources of some tropical *Acacia* species in Queensland. In: TURNBULL, J. W.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. **Recent developments in acacia planting**. Canberra: ACIAR, 1998. p. 184-196. (ACIAR. Proceedings, 82).

NIRSATMANTO, A. Growth and performance of *Acacia crassicaarpa* seedling seed orchard in South Sumatra, Indonésia. In: TURNBULL, J. W.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. **Recent developments in acacia planting**. Canberra: ACIAR, 1998. p. 359-362. (ACIAR. Proceedings, 82).

PINYOPUSARERK, K. Improving *Acacia auriculiformis* through selection breeding in Thailand. In: TURNBULL, J. W. **Australian acacias in developing countries**. Canberra: ACIAR, 1987. p. 147-148. (ACIAR. Proceedings, 16).

PLAYFORD, J.; BELL, J. C.; MORAN, G. F. A major disjunction in genetic diversity over the geographic range of *Acacia melanoxylon*. **Australian Journal of Botany**, v. 41, p. 355-368, 1993.

RESENDE, M. D. V de; SOUZA, S. M. de; HIGA, A. R.; STEIN, P. P. Estudos da variação genética e métodos de seleção em testes de progênies de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 22/23, p. 45-59, jan./dez. 1991.

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

RESENDE, M. D. V. de; MORA, A. L.; HIGA, A. R.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Efeito do tamanho amostral na estimativa da herdabilidade em espécies perenes. **Floresta**, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 51-63, 1998.

RESENDE, M.D.V. de; HELLER, J. B. Análise binominal da resistência genética a gomose em acácia-negra. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, supl., p. 369, 1993a.

RESENDE, M. D. V. de; HIGA, A. R.; HELLER, J. B. Análise quantitativa da resistência genética ao serrador em acácia-negra. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, supl., p. 369, 1993.

SILVA, F. P.; BORGES, R. C. G.; PIRES, I. E. Avaliação de procedências de *Acacia mangium* aos 63 meses de idade no Vale do Rio Doce. **Revista Árvore**, v. 20, n. 3, p. 299-308, 1996.

SOINI, P. Refining experiences with *Acacia mangium*. In: INTERNATIONAL REFINING CONFERENCE, 5., 1999, Vienna. **Proceedings**. [S.l.: s.n.], 1999. p. 1-9.

STOCK, J.; ROSALES, L. Potential of *Acacia mangium* for the establishment of plantations in the western planes of Venezuela. In: FOREST GENETICS FOR THE NEXT MILLENNIUM, 2000, Durban. **Proceedings...** Durban: IUFRO / ICFR, 2000. p. 255. IUFRO Working Party 2.08.01: Tropical Species Breeding and Genetic Resources.

TURNBULL, J. W.; MIDGLEY, S. J.; COSSALTER, C. Tropical acacias planted in Asia: an overview. In: TURNBULL, J. W.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. **Recent developments in acacia planting**. Canberra: ACIAR, 1998. p. 14-28. (ACIAR. Proceedings, 82).

WRIGHT, J. W. **Introduction to forest genetics**. New York: Academic Press, 1976. 463 p.

YARED, J. A. G.; VIANA, R. M.; KANASHIRO, M. **Ensaios de procedências de *Acacia mangium* no planalto do Tapajós, Pará**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1990. 19 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 107).

YULIN, F.; CHUANBI, G.; FANGJI, Z.; HUADONG, R. Field evaluation and selection of *Acacia mearnsii* provenances. In: BROWN, A. G. **Australian tree species research in China**. Canberra: ACIAR, 1994. p. 149-157. (ACIAR. Proceedings, 48).

YUTIAN, Z.; MINQUAN, Y. Provenance trials of *Acacia aulacocarpa*. In: BROWN, A. G. **Australian tree species research in China**. Canberra: ACIAR, 1994. p. 180-184. (ACIAR. Proceedings, 48).

Melhoramento Genético de Eucaliptos para Energia na V & M Florestal

Hélder Bolognani Andrade¹

Magno Antônio Patto Ramalho²

Peter Althoff³

Os trabalhos de pesquisa da V&M Florestal (VMFL) iniciaram na década de 80, concentrando-se na área de entomologia. Com os ótimos resultados obtidos nesta área e vislumbrando os consideráveis ganhos que poderiam ser obtidos, foram empreendidos maiores esforços e recursos na área de pesquisa a partir de 1985 com a implantação do Centro de Apoio a Pesquisa e Experimentação Florestal (CAPEF) em Paraopeba – MG.

Com a implantação do CAPEF, as ações de pesquisa passaram a abranger além da entomologia, as áreas de nutrição, manejo, melhoramento genético, proteção ambiental e dendroenergia. A integração entre as diferentes áreas resultou em uma sinergia positiva, possibilitando ganhos expressivos na produtividade e qualidade dos maciços florestais. A produtividade obtida em 1980 que era de 11 st/ha/ano, passou para 18 st/ha/ano em 1990 e para 27 st/ha/ano em 1998. Os ganhos em produtividade obtidos durante estes 18 anos de atuação da pesquisa são muito expressivos, resultando em um incremento de 145% na produtividade.

Este resultado é mais expressivo quando se considera que as condições ambientais prevalecentes no norte e noroeste de Minas Gerais são desfavoráveis, especialmente no tocante a precipitação. Existem poucos relatos na literatura de ganho anual em produtividade de tamanha magnitude. Embora não seja possível quantificar com precisão a contribuição das

¹ Mestre, Pesquisador da V & M Florestal, helderb@vmtubes.com.br

² Doutor, Professor do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras

diferentes áreas de pesquisa, inferências de outras espécies cultivadas como o milho, permitem afirmar que o melhoramento genético tem contribuído com aproximadamente 50% desse ganho, (Cardwell, 1982).

Os ganhos genéticos obtidos entre 1980 e 1990 foram advindos principalmente da escolha de espécies e procedências mais adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas. Isso só foi possível porque a empresa investiu na introdução maciça de materiais genéticos, onde foram introduzidos, principalmente da Austrália, 41 espécies de eucalipto, 273 procedências constituídas de 3600 famílias. Estes materiais foram implantados em diferentes condições edafoclimáticas, possibilitando não só identificar as melhores espécies, procedências e progênies para as diferentes regiões de atuação da empresa, mas sobretudo, disponibilizar um valioso germoplasma que é útil atualmente, bem como é a garantia de sucessos futuros. Deve ser salientado que a obtenção de um banco de germoplasma desta natureza é praticamente inviável devido as restrições atuais ao fluxo de germoplasma entre países e até mesmo dentro do país.

O ganho obtido entre 1990 e 1998 foi resultado do investimento em seleção massal e também com famílias de meios irmãos das espécies de maior potencial de crescimento e sobrevivência para a região. Isso permitiu que a empresa produzisse o seu próprio material genético adaptado às condições locais. O sucesso deste trabalho pode ser observado ao se comparar as primeiras florestas plantadas e as derivadas do material genético selecionado.

Um outro salto expressivo, ocorreu mais recentemente com a introdução dos plantios clonais. Em realidade o clone é o melhor modo de perpetuar uma combinação híbrida superior. Não só pela uniformidade, mas sobretudo pela rapidez com que se verifica os ganhos genéticos. A utilização de clones se mostrou extremamente viável, e o seu emprego ocorre em aproximadamente 95% da área reformada a cada ano.

Como salientado acima, um clone é a perpetuação de uma combinação híbrida superior, o que não é possível por semente na cultura do eucalipto. Todo programa clonal inicia-se pela utilização da variabilidade genética já existente, por meio da seleção dos melhores indivíduos que se destacam não só nos trabalhos de melhoramento como na área comercial. O grande esforço

realizado nos últimos 5 anos para promover esta seleção, possibilitou a identificação de mais de 2000 indivíduos cujos clones estão sendo extensivamente avaliados. É esperado que os clones a serem selecionados irão substituir com vantagem os já existentes.

É preciso enfatizar, contudo, que o procedimento descrito anteriormente, não gera combinações novas, isto é, híbridos simples superiores. Pois, existem fundamentos amostrais que permitem inferir que a seleção continuada em uma mesma população não permite obter progressos genéticos adicionais. Comentando a esse respeito Comstock (1964), argumentou que se amostras sucessivas, de igual tamanho, são retiradas de uma mesma população, a possibilidade de se obter indivíduos mais extremos é a mesma para todas as amostras.

Para se obter progresso a médio e sobretudo a longo prazo é preciso intensificar os trabalhos de melhoramento visando a geração de novas combinações híbridas. Neste sentido, o primeiro passo dado foi estabelecer as hibridações artificiais de modo sistemático. Nestes últimos anos, foram desenvolvidos vários trabalhos que possibilitaram tornar as hibridações artificiais atividades rotineiras no programa de melhoramento genético da empresa.

Recentemente, em um trabalho conjunto com a Universidade Federal de Lavras, foi mostrado ser viável promover a emasculação e polinização simultaneamente, facilitando / agilizando esta operação. Apesar dos avanços expressivos, ainda há necessidade de tornar o processo ainda mais eficiente, sobretudo no que se refere a indução de floração, para acelerar o processo de obtenção de sementes híbridas, além de promover um melhor sincronismo entre as plantas a serem cruzadas.

A literatura, relata que o processo mais eficiente de obter novas combinações híbridas superiores é por meio de seleção recorrente recíproca, (Lamkey, 1992, Arias, 1995). Como a maior parte dos clones superiores são obtidos a partir de híbridos naturais interespecíficos, o emprego da seleção recorrente recíproca é o método mais adequado para a obtenção das novas populações. Ela tem como princípio o melhoramento de uma população em função de outra. Como já dispomos de informações sobre os pares de espécies que possuem boa capacidade de combinação, podemos inferir que a aplicação deste método, deverá fornecer os resultados que a literatura preconiza.

A VMFL já começou a investir neste procedimento nos últimos três anos, através de cruzamentos controlados, principalmente entre as espécies *E. camaldulensis* e *E. urophylla*. Trabalhos envolvendo outras espécies como *E. grandis*, *E. pellita* e *E. tereticornis*, estão sendo conduzidos, porém em menor escala. Este programa está sendo conduzido com três estratégias diferentes de obtenção de novos materiais genéticos superiores.

A primeira é a seleção recorrente recíproca, propriamente dita. Embora um ciclo seletivo seja relativamente demorado, pois envolve a obtenção das sementes híbridas entre pares de plantas das espécies envolvidas, avaliação das combinações híbridas e intercruzamento dos melhores indivíduos de uma espécie que se combinaram com os melhores da outra. É esperado que cada ciclo seletivo, na melhor das hipóteses irá demandar 10 anos. Porém, ainda durante o período de avaliação das combinações híbridas, os indivíduos superiores serão clonados, assim será possível a obtenção de novos clones a cada ciclo seletivo (Anexo 2).

Outra estratégia que está sendo implementada é a utilização dos clones com melhor desempenho comercial na empresa como matéria prima para a extração de novos clones. Isto tem sido realizado por meio da hibridação entre clones e entre indivíduos do mesmo clone. Este é um procedimento mais rápido que os anteriores e ao que tudo indica muito promissor.

Uma das formas para se obter sucesso na seleção de novos clones, é aliar a geração de novos materiais genéticos superiores a avaliação de um grande número de materiais em ensaios de competição de clones, possibilitando adotar altas intensidades de seleção. No programa de melhoramento visando a produção de clones superiores, a etapa de avaliação é a mais cara e demorada. Neste sentido a empresa implanta os testes dentro de uma apropriada técnica experimental. Assim, para melhorar a eficiência destes testes, novos ensaios também estão sendo conduzidos visando uma melhor definição do tamanho e forma das parcelas.

Para permitir uma maior intensidade de seleção, o teste clonal é dividido em duas etapas de avaliação. Na primeira etapa são avaliados pelo menos quatrocentos novos clones por ano, visando identificar no final do ciclo seletivo pelo menos quatro clones superiores. Nesta etapa, o principal objetivo é destacar os clones de maior potencial e não necessariamente selecionar os

melhores para um plantio direto no campo. Neste sentido, o delineamento adotado é o látice triplo com tratamentos comuns. As repetições do látice são implantadas cada uma em um local diferente, obedecendo a estrutura de blocos aumentados, com as parcelas constituídas de 5 plantas em linha, tendo como referência 4 tratamentos comuns. É aplicada uma intensidade de seleção de 10 % entre 18 e 24 meses idade. Esta idade de seleção é considerada eficiente conforme trabalho de Resende et al. (1995). As características a serem avaliadas nesta fase estão descritas no anexo 1.

Os clones selecionados são novamente avaliados em uma segunda etapa, a qual objetiva uma melhor discriminação entre os clones previamente selecionados, fazendo-se necessário adotar um delineamento estatístico mais eficiente com parcelas maiores para evitar a competição entre os clones. Desta forma, os testes são implantados em látice com tratamento comum na parcela, 3 repetições e parcelas de 20 plantas (4 linhas de 5 plantas), sendo avaliados em 3 locais. A primeira avaliação é também realizada entre os 18 e 24 meses de idade.

Para a seleção final dos clones são considerados os resultados das avaliações dos dois testes, nas diferentes idades. No primeiro teste, são utilizadas as medições de 18 e 54 meses e no segundo teste aos 18 meses. Isto permite uma melhor comparação de desempenho dos materiais, inclusive entre anos diferentes de plantio. A seleção dos melhores clones será realizada através da utilização de índices de seleção.

Para avaliação da qualidade da madeira e outras características será adotado o critério de seleção dos clones em cada uma das etapas de avaliação como descrito no fluxograma de seleção de clones (Anexo 1). A maior ênfase nas características densidade básica e teor de lignina, deve-se ao fato da primeira estar relacionada diretamente com a densidade do carvão e conseqüentemente com a produtividade do alto forno e a segunda porque influencia diretamente no rendimento de transformação da lenha em carvão (rendimento gravimétrico), pois os demais componentes da madeira se degradam durante a carbonização. Vale ressaltar que os testes são implantados em três sítios com características edafoclimáticas distintas, e que os procedimentos descritos acima são adotados para cada sítio.

A exploração do potencial genético de um clone exige que as condições

ambientais sejam as mais adequadas. Como há interação entre os genótipos x ambientes deve-se procurar ajustar do melhor modo possível o ambiente ao clone. Assim, toda recomendação de um novo clone é acompanhada de estudos que mostram o melhor sistema de manejo, como espaçamento, nutrição e a seleção de sítios mais produtivos.

No que se refere a nutrição, Barros et al. (1990), comentam que não há uma relação direta entre a biomassa e eficiência de utilização de nutrientes, e que cada clone tem uma habilidade diferente de uso para cada nutriente absorvido, segundo a parte da planta considerada. Isso implica que a alocação do nutriente absorvido pode variar de clone para clone, possibilitando obter ganhos através do trabalho conjunto de seleção e nutrição de clones.

Do exposto anteriormente, os trabalhos de manejo devem ser tão dinâmicos como o da obtenção de novos clones. Também, a avaliação dos clones deve ser realizada em ambientes representativos da área de plantio, de modo a obter uma maior eficiência na exploração do potencial genético.

Investindo nestes trabalhos, é possível que a cada 7 anos a empresa possua novos clones que substituam com vantagem os já existentes. Considerando a duração média de um ciclo seletivo de 10 anos, e as evidências de outros programas de melhoramento, pode-se esperar um ganho genético anual médio de 2%. Vale salientar contudo, que o ganho genético esperado é com referência a produtividade média atual da empresa e não a de 1980. Portanto, em valores absolutos este ganho é superior ao obtido no passado.

Finalmente deve-se ressaltar que na área florestal não há relatos de ganhos com sucessivos ciclos seletivos, devido os programas serem recentes e o ciclo seletivo relativamente demorado. Entretanto, em outras espécies cultivadas como o milho por exemplo, que mais se aproxima da cultura do eucalipto pelo modo de reprodução, há relatos de resposta continuada com a seleção por 90 ciclos seletivos para o teor de óleo e proteína, (Dudley, 1992). Também nesta espécie, há relatos que nos últimos 60 anos foram continuamente introduzidos novos híbridos que tem propiciado ganhos em produtividade superior a 1% ao ano, (Troyer & Mascia, 1999). Não há nenhuma evidência de que estes ganhos não continuem na mesma proporção no futuro.

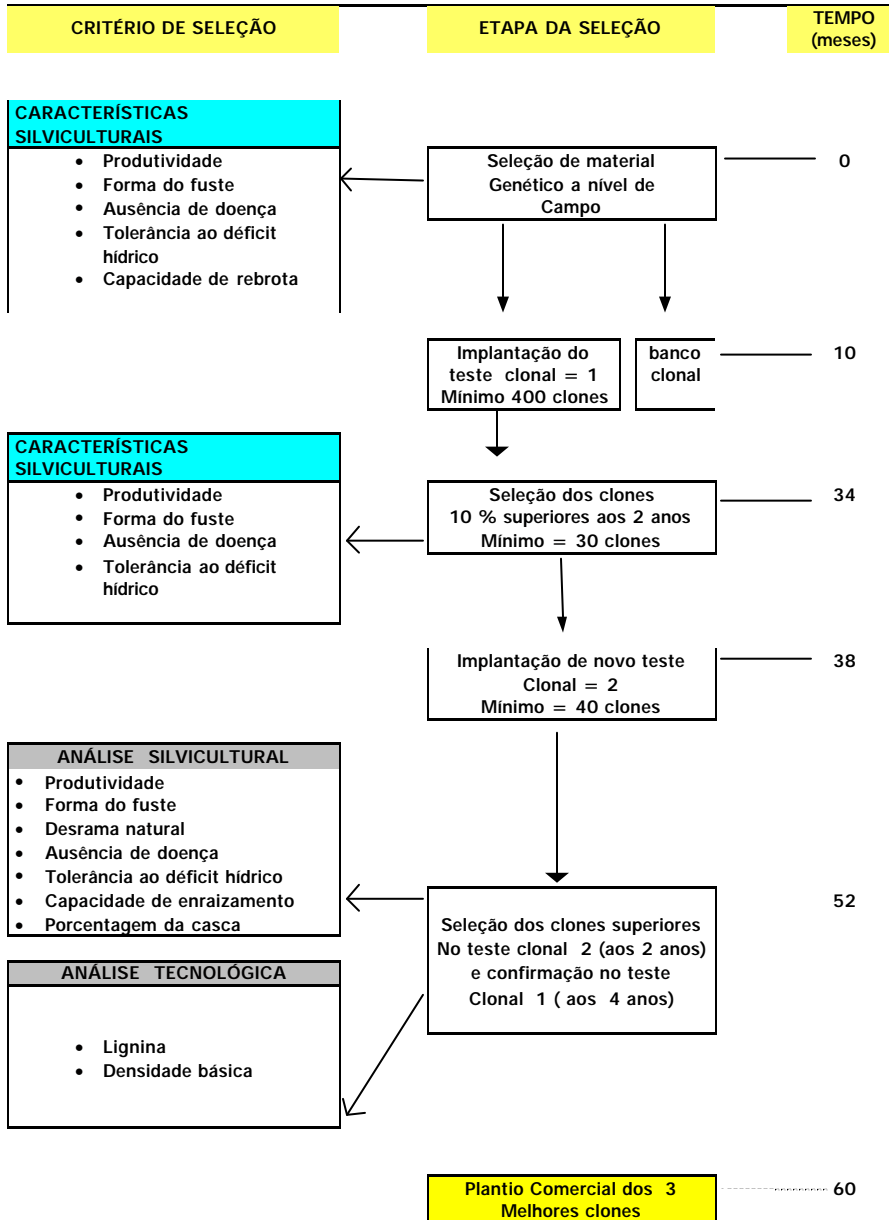
O melhoramento de plantas é uma acumulação de vantagens. A cada ciclo seletivo ocorrem novas combinações que superam as existentes anteriores. São

tantos genes envolvidos que é possível afirmar que não há chance de encontrarmos indivíduo que possua todos os alelos favoráveis. Sobretudo, porque a cada mudança no manejo, novas combinações de alelos são exigidas.

Referências Bibliográficas

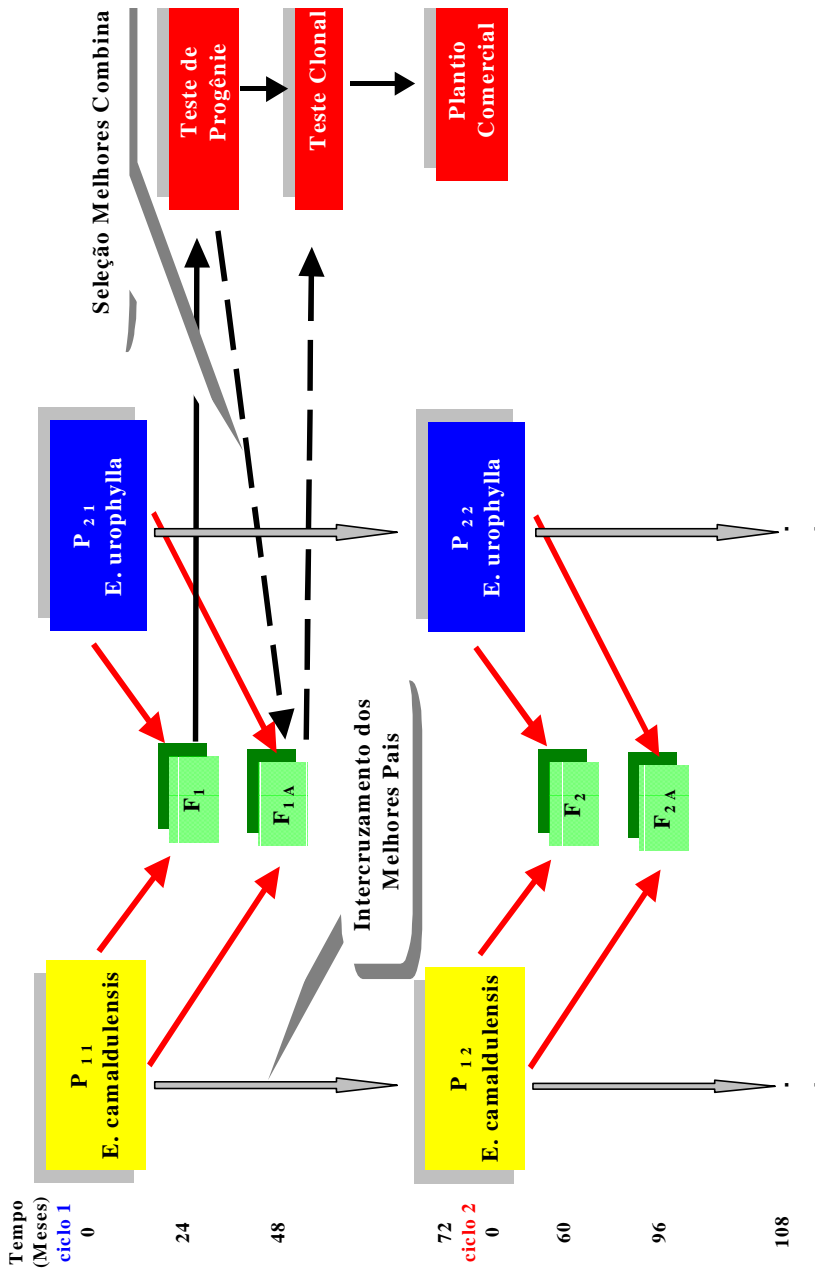
- ARIAS, C. A. A. *Componentes de variância e covariância genética relacionados à seleção recorrente intra e interpopulacional no milho (Zea Mays L.)*. 1995. 139 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - ESALQ, Piracicaba.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). *Relação solo-eucalipto*. Viçosa: [s.n.], 1990. p. 127-186.
- CARDWELL, V. B. Fifty years of Minnesota corn production: Sources of yield increase. *Agronomy Journal*, v. 74, p. 984-990, 1982.
- COMSTOCK, R. E. Consequences of genetic linkage. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 1., 1964, Madrid. *Proceedings*. [S.l.: s.n.], 1964. p. 353-364.
- DUDLEY, J. W.; LAMBERT, R. J. 90 generations of selection for oil and protein in maize. *Maydica*, Bergamo, v. 37, p. 81-87, 1992.
- LAMKEY, K. R. Fifty years of recurrent selection in Iowa Stiff Stalk Synthetic maize population. *Maydica*, Bergamo, v. 37, p. 19-28, 1992.
- TROYER, A. F.; MASCIA, P. N. Key technologies impacting corn genetic improvement – past, present and future. *Maydica*, Bergamo, v. 44, p. 55-68, 1999.

ANEXO 1. Fluxograma de seleção de clones



**ANEXO 2: FLUXOGRAMA DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO
SELEÇÃO RECORRENTE RECÍPROCA**

ETAPA 1



Melhoramento Genético da Erva-mate

José Alfredo Sturion¹

Marcos Deon Vilela de Resende²

1. Introdução

A erva-mate consiste numa das espécies arbóreas de grande importância econômica, ambiental social e cultural para o Sul e Centro-Oeste do Brasil, Nordeste da Argentina e grande parte do Paraguai. No Brasil, é explorada economicamente, em cerca de 486 municípios dos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, englobando cerca de 180 mil propriedades rurais, a maioria familiares, congregando cerca de 725 empresas processadoras e mais de 710 mil trabalhadores, com uma produção de, aproximadamente, 450 mil toneladas por ano do produto industrializado (Da Croce & Floss, 1999). Apresenta um mercado potencial que ultrapassa o seu uso como bebida; a área dos fármacos é um deles. Cerca de 80% da produção brasileira de erva-mate é comercializada internamente, ficando o restante para exportação. Dentre os países importadores, o Uruguai absorve quase integralmente a erva-mate exportada, ficando pequenos volumes para o Chile, Alemanha e Estados Unidos, de forma mais representativa (Winge et al., 1996).

Em função do desmatamento, expansão da fronteira agrícola e, por outro lado, do aumento do consumo, esta espécie está sendo plantada em cultivos homogêneos puros ou em associação. Estima-se que mais de quinze milhões de mudas de erva-mate são produzidas anualmente na região Sul, com

¹ Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*, sturion@cnpf.embrapa.br

² Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*, deon@cnpf.embrapa.br

sementes oriundas, em sua grande maioria, de árvores de ervais nativos ou implantados, sem qualquer critério de seleção, ou de áreas de coleta de sementes. Como consequência os ervais apresentam alta taxa de mortalidade, desenvolvimento heterogêneo e baixa qualidade da massa foliar produzida. Levantamentos indicam que em ervais produtivos 35% das plantas são responsáveis por mais de 50% da produção de massa foliar (Belingerheri & Prat Kricun, 1992).

O melhoramento genético da cultura é recente, tendo-se iniciado a partir de 1974 na Argentina e na década de 1990 no Brasil. Basicamente três programas estão em desenvolvimento: o do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA) na Argentina (Belingerheri e Prat Kricun, 1997), o da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) (Floss, 1997) e o da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (Sturion e Resende, 1997). De maneira geral, estes programas tem enfatizado as seguintes características silviculturais: adaptação, produção de massa verde, resistência à pragas e doenças, desfolhamento e tipo de ramificação ou arquitetura. Em um futuro próximo, características associadas à qualidade dos produtos da erva-mate também deverão ser consideradas nos programas de melhoramento.

2. Origem e variabilidade genética do germoplasma de erva-mate

A área de distribuição natural de *Ilex paraguariensis* é bastante ampla, ocupando 5% do território nacional (considerando apenas a ocorrência em território brasileiro) e 3% da América do Sul (considerando também a ocorrência em territórios argentino e paraguaio) (Oliveira & Rotta, 1985). Esses autores fornecem uma relação de 235 municípios brasileiros com ocorrência de erva-mate, sendo 90 em Santa Catarina, 65 no Paraná, 63 no Rio Grande do Sul e 17 no Mato Grosso do Sul. Assumindo o número de populações como sendo igual ao número de municípios, poder-se-ia dizer que, apenas do material existente no Brasil, haveria ao menos 235 populações ou procedências diferentes. Populações adicionais decorrem da existência, menos conhecida, da erva-mate em outros pontos das Regiões Sudeste e Centro-Oeste. Assim, supõe-se que o germoplasma de erva-mate deve ter grande variabilidade genética, em função da amplitude da área de distribuição da espécie. De fato, resultados de campo tem revelado a presença de considerável variabilidade entre populações (Resende et al., 2000).

Tem sido observada, visualmente, grande variabilidade fenotípica em populações de erva-mate, principalmente quanto às características cor do talo (pecíolo) da folha (roxo, branco ou amarelo), tamanho de folha (pequenas, grandes), pilosidade das folhas (com pelos, sem pelos) e susceptibilidade à queda-de-folhas. Técnicos e produtores envolvidos com a silvicultura da espécie têm-se referido a esta variabilidade com o termo “**variedades**” de erva-mate. Analisando plantios e exemplares nativos dessa espécie, conclui-se que provavelmente não existem variedades quanto à cor do talo e ao tamanho das folhas, mas sim que existe uma grande segregação para estas duas características. Assim, em uma população geralmente são observadas gradações entre os diferentes tamanhos de folhas e cores do talo. Esta variação faz parte da variabilidade genética intrapopulacional natural da espécie, mesmo porque parece não haver barreiras impedindo o fluxo gênico entre indivíduos dos diferentes tipos. Estes relatos concordam com a abordagem realizada por Mattos (1983). Por outro lado, além da variedade típica *Ilex paraguariensis*, são relatadas em literatura mais duas variedades botânicas (Carvalho, 1994): a) *Ilex paraguariensis* var. *vestita*, conhecida popularmente como erva-mate peluda, com ocorrência em Minas Gerais, Paraná e São Paulo; b) *Ilex paraguariensis* var. *sincorensis*, com ocorrência na Serra de Sincorá, na Bahia, a 1.500 m de altitude.

Diferenciações fenéticas, ou seja, morfológicas, existem em cada população (procedência e/ou origem) de erva-mate, e devem ser adequadamente utilizadas em benefício da conservação e melhoramento genético. Esta espécie é diplóide ($2n = 40$) (Scherer, 1997), de forma que os modelos básicos e tradicionais de genética quantitativa, baseados em diploidia, podem ser aplicados à erva-mate.

O programa do INTA tem-se concentrado na avaliação de clones e progênes em ensaios comparativos de rendimento de massa foliar. A rede experimental consta de 20 ensaios com 346 materiais sob avaliação (Belingheri e Prat Kricun, 1997).

O programa da EPAGRI, baseia-se em 4 experimentos (2 em Água Doce - SC e 2 em Chapecó - SC) e 22 populações (procedências), sendo 8 do Paraná, 7 do Rio Grande do Sul, 6 de Santa Catarina e 1 da província de Misiones, Argentina, totalizando cerca de 400 progênes (Floss 1994 e 1997).

Por sua vez, o programa de melhoramento genético da erva-mate coordenado pela *Embrapa* (PROMEGEM/EMBRAPA), apóia-se na avaliação de 14 procedências, amostradas na natureza, com um número total de 256 progênies e 14 clones, totalizando 7 experimentos, sendo um deles teste clonal (Tabela 1). Esses experimentos estão instalados nas seguintes localidades; Colombo - PR (dois experimentos em propriedade da *Embrapa*; Ponta Grossa (dois experimentos em propriedade da *Embrapa*); Ivaí - PR (1 experimento em propriedade da Ervateira Bitumirim); Guarapuava - PR (1 experimento em propriedade da Ervateira 81) e Rio Azul - PR em propriedade do Sr. Ângelo Ulbrich. O número total de indivíduos submetidos à avaliação genética é de, aproximadamente, 35.000. Adicionalmente, o PROMEGEM/EMBRAPA (Resende et al., 2000) contribuiu com os programas de melhoramento da EPAGRI e da UFPR (Departamento de Genética) fornecendo mudas de cerca de 138 e 64 progênies, respectivamente, de 7 procedências. Com as mudas a EPAGRI estabeleceu dois ensaios, um em Três Barras - SC e outro em Chapecó - SC e a UFPR em Pinhais - PR. Recentemente, a rede experimental do PROMEGEM está sendo expandida para o Rio Grande do Sul (Município de Erechim) e Mato Grosso do Sul (Município de Dourados), empregando-se progênies de segunda geração do material genético selecionado em Colombo, PR.

3. Promegem / Embrapa

Os testes da rede experimental coordenada pela Embrapa Florestas e que compõem o programa de melhoramento genético da erva-mate – PROMEGEM, estão sendo conduzidos com os seguintes objetivos:

- a) Avaliar o comportamento de procedências, progênies e clones de erva-mate de valor econômico e ecológico para diversas regiões potenciais ;
- b) Desenvolver material propagativo melhorado de erva-mate com alto potencial produtivo para várias localidades do Sul e Centro-Oeste do Brasil;
- c) Gerar conhecimentos básicos em genética quantitativa e molecular de características poligênicas de erva-mate, visando dar subsídios técnicos ao desenvolvimento de programas eficientes de melhoramento da espécie.

4. Controle genético para peso de massa foliar e avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones

Seguem resultados de oito experimentos de erva-mate implantados no Paraná. Os experimentos foram avaliados para o caráter produção de massa verde na primeira poda ou poda de formação. Foram avaliadas 14 populações, 256 progênies e 14 clones. Nos experimentos de Colombo foram obtidas as estimativas de 0,19 e 0,28 para as herdabilidades individuais no sentido restrito e amplo, respectivamente, para o caráter produção de massa verde. A superioridade da herdabilidade no sentido amplo é esperada para caracteres que apresentam dominância alélica. Em Ponta Grossa, os experimentos foram instalados em duas classes de solos. O teste número 1 foi instalado em solo classificado como LATOSSO VERMELHO ESCURO Álico e o teste número 2 foi instalado em solo classificado como CAMBISSOLO DISTRÓFICO. A produção de massa foliar foi 88% superior no Latossolo em relação ao Cambissolo e as estimativas de herdabilidade para produção de massa foliar equivaleram a 0,27 e 0,44 para o Latossolo e Cambissolo, respectivamente. Três experimentos com o mesmo material genético foram instalados em Ivaí, Guarapuava e em Rio Azul. Os materiais avaliados constituíram-se das procedências de Antônio Olinto (21 progênies), Barão de Cotegipe (21 progênies), Cascavel (25 progênies), Colombo (25 progênies), Ivaí (25 progênies), Pinhão (25 progênies) e Quedas do Iguaçu (25 progênies). Os resultados referentes ao comportamento das procedências por local e as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos são apresentados na Tabela 1. Verifica-se que Ivaí foi o local que propiciou maior produção de massa verde, sendo que Guarapuava e Rio Azul praticamente não diferiram em produtividade. Em termos de variabilidade genética expressa, Ivaí, sobressaiu-se em relação a Guarapuava e este em relação a Rio Azul. Mas quando se analisa a variabilidade expressa em relação a média do local, a ordem dos locais que apresentaram maior coeficiente de variação genética aditiva (CV_a) é Guarapuava, Rio Azul e Ivaí. Essa ordem coincide com a ordem para os maiores valores de herdabilidade, revelando que Guarapuava é o local mais favorável para seleção. Para plantios em Ivaí e Rio Azul, as melhores procedências são Barão de Cotegipe, Quedas do Iguaçu, Ivaí e Cascavel. Para

cultivo em Guarapuava, as procedências não diferenciaram entre si. De maneira geral, destacaram-se as procedências Barão de Cotegipe, Quedas do Iguaçu, Ivaí e Cascavel. A superioridade destas procedências foi também verificada em Pinhais – PR. As estimativas da herdabilidade em Ivaí (0,15) e em Rio Azul (0,23) apresentaram magnitudes semelhante a estimada para o teste de Colombo. Em Guarapuava, a estimativa da herdabilidade foi bem superior (0,62). A estimativa da média geral da herdabilidade equivaleu a cerca de 0,33, podendo ser classificada como moderada a alta. Os resultados obtidos fornecem subsídios para um melhor embasamento dos programas de melhoramento tendo em vista o comportamento do germoplasma em diferentes ambientes e as informações sobre o controle genético do caráter produção de massa foliar. Adicionalmente, os próprios resultados da avaliação genética guiarão a seleção com vista a obtenção de cultivares adaptados aos diferentes ambientes. Neste sentido, as perspectivas são ótimas tendo em vista os ganhos em produtividade estimados.

TABELA 1. Valores genéticos (G) das procedências por local de plantio, bem como estimativas da herdabilidade individual no sentido restrito (h^2), correlação intraclassa devida ao ambiente comum da parcela (c^2), coeficiente de variação genética aditiva (CV_a), variância genética aditiva (σ_a^2) para cada procedência. Locais Ivaí (LATOSSOLO BRUNO VERMELHO ESCURO Álico), Guarapuava (CAMBISSOLO Álico húmico) e Rio Azul (NITOSSOLO háplico distrófico).

Local	Procedência	G	h^2	c^2	CV_a (%)	
Ivaí	Ivaí	0,84	0,15	0,11	27,44	0,047
	Barão de Cotegipe	0,89	0,23	0,14	32,60	0,075
	Quedas do Iguaçu	0,88	0,14	0,14	24,11	0,041
	Pinhão	0,58	0,17	0,09	36,99	0,037
	Cascavel	0,82	0,15	0,11	27,33	0,042
	Colombo	0,36	0,22	0,08	54,77	0,027
	Média	0,73	0,18	0,11	33,87	0,045
Guarapuava	Ivaí	0,24	0,78	0,05	77,78	0,032
	Barão de Cotegipe	0,26	0,92	0,08	86,75	0,059
	Quedas do Iguaçu	0,24	0,74	0,18	90,35	0,036
	Pinhão	0,22	0,46	0,12	52,16	0,012
	Cascavel	0,25	0,53	0,14	70,63	0,022
	Colombo	0,20	0,04	0,30	72,44	0,017
	Média	0,24	0,58	0,15	75,02	0,030
Rio Azul	Ivaí	0,28	0,43	0,13	55,74	0,021
	Barão de Cotegipe	0,32	0,06	0,19	20,40	0,004
	Quedas do Iguaçu	0,28	0,22	0,17	45,61	0,013
	Pinhão	0,21	0,56	0,17	72,46	0,021
	Cascavel	0,30	0,45	0,15	52,05	0,025
	Colombo	0,13	0,00	0,08	79,06	0,009
	Antônio Olinto	0,23	0,19	0,26	40,46	0,008
	Média	0,25	0,27	0,16	52,28	0,014

5. Necessidade de pesquisa e tendências futuras

Atualmente, a erva oriunda de ervais nativos têm obtido um preço maior que aquela de ervais implantados à céu aberto. O produtor atribui a erva sombreada um chimarrão de sabor mais suave que aquele oriundo de folhas colhidas de ervais à céu aberto. Entretanto, acredita-se ser possível produzir chimarrão de sabor suave em ervais solteiros, a partir da identificação de procedências, progênies e de árvores, por meio de análises químicas e sensoriais. A identificação simultânea de indivíduos mais produtivos, mais resistentes a pragas e doenças e, também, à queda de folhas, que pode diminuir em até 30% a produção de massa foliar, deve ser uma constante no programas de melhoramento dessa espécie. Além disso, o desenvolvimento de técnicas de propagação vegetativa, que permitam a multiplicação dos melhores genótipos, é uma prioridade. Nesse sentido, é necessário aprimorar a técnica de propagação de matrizes adultas por estaquia, com o propósito de aumentar a quantidade de estacas que enraizam. Por outro lado, o cultivo da erva-mate orgânica, sem o uso de agrotóxicos e de fertilizantes químicos, abre a perspectiva para a seleção de genótipos produtivos e menos exigentes em nutrientes minerais. A obtenção de novos produtos dessa espécie consiste, também, num importante segmento para novas pesquisas. É oportuno ressaltar que a seleção e recombinação do material genético dos testes conduzirá à formação de populações de melhoramento propriamente ditas, populações estas com bom nível de produtividade e com ampla variabilidade genética. Estas populações deverão prover o melhoramento gradativo da espécie para plantio com fins industriais. A coleta e avaliação de novo germoplasma também é recomendável. Por fim, programas de melhoramento como este, representa um importante passo no cultivo racional da erva-mate, o que vem, em última instância beneficiar toda sua cadeia produtiva, bem como a conservação de recursos genéticos da espécie.

6. Referências Bibliográficas

BELINGHERI, L. D.; PRAT KRICUN, S. D. Evaluación preliminar de clones y progenies policlonales de yerba mate en San Vicent, Misiones, Argentina. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1992, Porto Alegre. **Resumos**. Porto Alegre: UFRS, 1992a. p. 45.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

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

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

FLOSS, P.A. **Variações genéticas entre populações naturais de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (erva-mate) avaliadas em Chapecó-SC e Três Barras-SC**. 1994. 94 f. Tese (Mestrado) – ESALQ, Piracicaba.

MATTOS, N .F. Revisão taxonômica da erva-mate - *Ilex paraguariensis* St. Hil. In: SEMINARIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: Silvicultura da Erva-mate (*Ilex paraguariensis*), 10., 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1983. p. 37-46. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 15).

OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROTTA, E. Área de distribuição geográfica nativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10.: Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), 1983, Curitiba. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p. 17-36. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 15).

RESENDE, M. D. V. de; STURION, J. A.; MENDES, S. **Genética e melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 33 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 25).

RESENDE, M. D. V. de; STURION, J. A.; CARVALHO, A. P. de; SIMEÃO, R. M.; FERNANDES, J. S. C. **Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela Embrapa: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 65 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 43).

SCHERER, R. A. **Early selection of yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Bonn: Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, 1997. 58 p.

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

WINGE, H.; DA GROCE, D.; MAZUCHOVSKI, J. Z. **Diagnóstico e perspectivas da erva-mate no Brasil**. Chapecó. EPEGRI / UFRS / EMATER-PR, 1996. 27 p.

Genolyptus* - Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma de *Eucalyptus

Dario Grattapaglia

Florestas de eucalipto de rápido crescimento suprem hoje, de modo racional e eficiente, a demanda por biomassa lenhosa com propriedades tecnológicas específicas para diversos setores industriais brasileiros, notadamente o de papel e celulose. As empresas nacionais líderes no setor de papel e celulose contam com as maiores produtividades florestais do mundo, produtos de classe internacional e permanente atualização tecnológica e de controle ambiental.

Nas décadas por vir, produtividades florestais crescentes e refinamentos na qualidade dos produtos de madeira por meio das diversas técnicas de melhoramento e seleção genética direcional, tornar-se-ão cada vez mais estratégicas para a manutenção da vantagem competitiva da indústria nacional de papel e celulose. Neste contexto, o desenvolvimento das ciências genômicas, e os avanços da biologia computacional têm revolucionado profundamente as perspectivas e a velocidade de utilização do conhecimento biológico em algumas áreas da atividade econômica. Existe hoje um conjunto de tecnologias cada vez mais sofisticadas, eficientes e precisas para gerar, analisar e interpretar em paralelo grandes quantidades de dados de sequenciamento, mapeamento molecular e expressão gênica de genomas complexos. Estas tecnologias, integradas aos conhecimentos e estratégias de genética clássica, abrem perspectivas de enorme potencial para acelerar os avanços de gerações no melhoramento de espécies perenes, com um impacto significativo direto nos ganhos de produtividade e qualidade por unidade de tempo.

¹ Engenheiro Florestal, Doutor, Laboratório de Biotecnologia Genômica da Universidade Católica de Brasília, dario@pos.ucb.br

Histórico da proposta da Rede GENOLYPTUS

Tendo em vista as iniciativas crescentes em pesquisas genômicas de outras espécies florestais (ex. *Pinus* e *Populus*) em outros países, é consenso que a manutenção e crescimento da competitividade das indústrias brasileiras baseadas em biomassa de eucalipto demanda hoje, com urgência, um posicionamento estratégico mais agressivo das empresas do setor em relação a esta área da biotecnologia. Entretanto, é certo também que dificilmente as empresas brasileiras de papel e celulose individualmente teriam fôlego tecnológico e financeiro para sustentar um esforço concentrado na área de ciências genômicas que se caracteriza pela novidade constante, complexidade técnica, necessidade de equipes especializadas e uma imprevisão do retorno efetivo a curto /médio prazo do investimento realizado. Neste contexto, um projeto em formato de rede de pesquisa de caráter pré-competitiva entre as empresas do setor, em uma estreita cooperação com Universidades, Institutos de pesquisa e Governo Federal através do Ministério de Ciência e Tecnologia é o modelo proposto para atacar este desafio tecnológico.

Seguindo as tendências internacionais das diversas cooperativas de biotecnologia florestal formadas nos últimos dez anos, a idéia de se formar uma rede nacional de pesquisa pré-competitiva na interface entre genética genômica e melhoramento florestal de *Eucalyptus* já era discutida desde 1995. Em várias ocasiões desde então, esta idéia foi aventada reiteradamente entre os grupos de pesquisa atuantes na área e representantes de empresas florestais. Durante uma reunião técnica em Agosto de 2000 esta idéia foi novamente discutida e, a partir do interesse concreto demonstrado pelos pesquisadores de empresas e Universidades, considerando ainda o ambiente favorável ao desenvolvimento das ciências genômicas no país, foi estabelecida a meta de se apresentar um projeto para discussão e potencial submissão ao Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT. Um anteprojeto foi preparado e enviado às empresas juntamente com um questionário de levantamento preliminar de expectativas em relação a um projeto desta natureza. Em Novembro do mesmo ano, em uma reunião em Brasília para a qual todas as empresas florestais operando no Brasil foram convidadas, foi apresentada oficialmente uma primeira versão do projeto. A reunião foi bem sucedida e, a partir deste momento, a idéia foi se concretizando com a contribuição e todas as pessoas envolvidas no processo. Após uma segunda reunião técnica realizada em Março de 2001, novamente contando com um

importante apoio do MCT, chegou-se a uma formatação final e um projeto detalhado, submetido oficialmente ao MCT em Maio de 2001. O projeto passou pelo processo de avaliação do mérito científico, equipe técnica, orçamento, articulação e coerência por parte de três consultores ad-hoc do MCT, e, feitos alguns ajustes de orçamento, o projeto foi aprovado em Outubro de 2001.

Para a concepção e execução deste projeto, denominado GENOLYPTUS – Rede Nacional de Pesquisa do Genoma de *Eucalyptus* - foram reunidas 12 empresas do setor de papel e celulose e oito instituições de ensino/pesquisa. Com o apoio do governo federal, este projeto pré-competitivo será um exemplo pioneiro de parceria entre o MCT e as competências instaladas no setor produtivo e nas instituições de pesquisa em um empreendimento de desenvolvimento científico e tecnológico na interface entre ciências genômicas, melhoramento genético, tecnologia da madeira e produção florestal. Vale destacar que, no que se refere à pesquisa e desenvolvimento em genética, melhoramento, marcadores moleculares e clonagem de *Eucalyptus*, as empresas e os cientistas brasileiros ocupam posição de destaque internacional. O Brasil é, portanto, o candidato natural a sediar um projeto de maior envergadura do estudo do genoma de *Eucalyptus*, projeto este que terá uma forte visibilidade internacional.

Instituições participantes (Empresas, Universidades e Institutos de pesquisa)

Após uma apresentação preliminar do projeto ao MCT em Abril de 2001, seguida de uma ampla convocação das empresas do setor para participar do projeto, a configuração final da Rede GENOLYPTUS foi fechada no dia 20 de maio de 2001 com 12 empresas e 8 Universidades/Institutos de pesquisa listados nas tabelas a seguir. Os mecanismos específicos de ingresso de outras empresas a partir de agora e ao longo do desenvolvimento do projeto ainda serão especificados e acordados entre os participantes e o MCT.

Instituição	Pesquisadores representantes
Aracruz Celulose S.A.	Gabriel Dehon Rezende Ricardo Penchel Filho Fernando Bertolucci
Bahia Sul Celulose S. A.	João Flávio da Silva
CELMAR S.A. Indústria de Celulose e Papel	Anderson Luciano Placezzi Silas Zen
Celulose Nipo-Brasileira S.A. - CENIBRA	David Fernandes
Embrapa (Arroz e Feijão, Florestas)	Rosana Brondani Marcos Deon Vilela de Resende
International Paper do Brasil Ltda. Jarcel Celulose S. A.	Fabio Luis Brun Laercio Duda Eduardo N. Campinhos Oswaldo Navegante Cânciao Rocco Antônio R. Nelson
Klabin/ Riocell	José A. Totti Teotônio Francisco de Assis
Lwarcel Celulose e Papel Ltda.	Yara Mosca Rodrigo T. Zillo Giovanetti
Rigesa Celulose, Papel E Embalagens Ltda.	Arnaldo Ribeiro Ferreira Ricardo M. Paim
Universidade Católica de Brasília	Dario Grattapaglia Georgios Pappas Wellington Martins
Universidade Estadual de Campinas	Gonçalo Guimarães Pereira
Universidade Estadual de Santa Cruz	Julio Cascardo
Universidade Federal de Goiás	Alexandre Siqueira Guedes Coelho
Universidade Federal de Lavras	Eduardo Bearzoti
Universidade Federal de Viçosa	Acelino Couto Alfenas Sergio Brommonschenkel
Universidade Federal de Viçosa	José Lívio Gomide Jorge Colodete

Instituição	Pesquisadores representantes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Giancarlo Pasquali
Veracel Celulose S. A.	Moacyr Fantini Júnior
Votorantim Celulose e Papel S. A.	Cesar Augusto V. Bonine Walter Sales Jacob
Zanini Florestal Ltda.	Sebastião Fonseca

Além daqueles listados, outros pesquisadores das instituições participantes estarão envolvidos nas atividades de pesquisa. Além disso, o projeto terá um forte componente de treinamento e qualificação de recursos humanos contando com a participação efetiva de diversos estudantes de graduação, profissionais recém-mestres e recém-doutores captados através de bolsas solicitadas ao MCT. Respeitados todos os procedimentos de confidencialidade, pesquisadores de outras instituições poderão vir a participar do projeto no âmbito desta filosofia de capacitação tecnológica seguindo os mecanismos a serem definidos com o início do projeto.

Orçamento Inicial da Rede GENOLYPTUS

O projeto GENOLYPTUS foi orçado em pouco mais de oito milhões de reais para uma duração inicial de cinco anos visando à realização da maior parte das atividades de pesquisa e desenvolvimento e um sexto ano para o acompanhamento de mensurações fenotípicas dos experimentos de campo. A participação das empresas em investimento direto no projeto vai totalizar cerca de 30% deste valor. Os demais 70% foram solicitados ao MCT que, possivelmente, implementará este apoio através dos Fundos Setoriais, mais especificamente o Fundo Verde Amarelo. Além dos recursos a serem disponibilizados especificamente para o projeto, caso sejam computadas as contrapartidas institucionais, sejam ou públicas e privadas em termos de infraestrutura e principalmente em tempo dedicado de pesquisadores, o custo total do projeto certamente chegaria aos 12 milhões de reais, ou cerca de 5 milhões de dólares.

Aspectos da estrutura administrativa proposta para a rede

Gerenciamento administrativo do projeto

O projeto deverá ser contratado através da Fundação Arthur Bernardes - FUNARB de apoio à pesquisa na UFV a qual se responsabilizará pelo gerenciamento administrativo e contábil do projeto, pela importação dos equipamentos e suprimentos necessários.

Um escritório de advocacia especializado no estabelecimento de contratos em biotecnologia intermediará as negociações do contrato que regerá a forma de participação, deveres e direitos e propriedade intelectual entre os participantes da Rede GENOLYPTUS.

Para o bom andamento do projeto, deverá ser constituído um comitê gestor composto em princípio por representantes da Funarbe, do MCT, das empresas e dos pesquisadores envolvidos do projeto, para a preparação e negociação de um contrato entre as empresas e a pessoa jurídica GENOLYPTUS.

Acompanhamento, revisão e avaliação do projeto

Pretende-se constituir um comitê externo de revisão e acompanhamento periódico do projeto. Este comitê será composto por pelo menos três cientistas de renome na área de genética, melhoramento e genômica de espécies florestais. Termos específicos de confidencialidade deverão ser assinados pelos membros deste comitê uma vez que as informações do projeto podem vir a constituir objeto de patentes de processos tecnológicos.

Os coordenadores dos subprojetos serão responsáveis pela execução do cronograma físico de metas estabelecido, respondendo ao comitê gestor e ao comitê externo de avaliação sobre o atingimento das metas de cada subprojeto nos prazos estipulados. Estará a cargo de cada coordenador propor um sistema de acompanhamento e cobrança das metas para o bom desenvolvimento do projeto. O comitê gestor do projeto em conjunto com o comitê externo terá ainda poderes para, caso necessário, relocar equipamentos de um laboratório para outro para o seu melhor aproveitamento e melhor andamento do projeto.

Serão realizadas reuniões semestrais de acompanhamento com a participação dos coordenadores dos subprojetos, o comitê gestor e evidentemente todos os integrantes do projeto. Anualmente haverá uma avaliação por parte do comitê externo.

Transferência de Tecnologia

Por se tratar de uma rede atuando na interface entre diferentes áreas e por ter como um dos principais objetivos a integração entre genética clássica e genética genômica, Workshops e cursos técnico-científicos serão realizados ao longo do projeto visando à discussão de resultados e a atualização de todos os participantes em assuntos tais como métodos de melhoramento florestal, qualidade da madeira, genética genômica, bioinformática etc.. Estes cursos serão muito importantes para a transferência de tecnologia e capacitação dos pesquisadores das empresas para a utilização dos dados genômicos gerados no projeto bem como a capacitação dos pesquisadores das Universidades nas tecnologias de melhoramento genético. Pretende-se ainda realizar workshops de divulgação durante encontros e/ou congressos nacionais (ex. Congresso Nacional de Genética) bem como internacionais (ex. "Plant and Animal Genome").

Estrutura e filosofia da rede GENOLYPTUS

O objetivo central da Rede GENOLYPTUS é o descobrimento, sequenciamento, mapeamento e determinação de função de genes de importância econômica de espécies de *Eucalyptus*, visando a incorporação de tecnologias de genética genômica nos programas de melhoramento e produção florestal. O projeto está organizado em oito subprojetos, coordenados por diferentes pesquisadores com comprovada experiência na área. Estes subprojetos são:

1. **Instalação e avaliação continuada de uma rede experimental de campo**
Este será o maior e mais completo experimento florestal conduzido no mundo para fins de investigação genômica. Nos moldes do que permitiu os grandes avanços na pesquisa genômica em humanos com as famílias referência do CEPH (Centre d'Etudes du Polymorphisme Humain), esta rede experimental constituirá um recurso de valor inestimável para o avanço científico e tecnológico na genética do *Eucalyptus* e representará

a espinha dorsal do projeto de determinação de função dos genes seqüenciados e mapeados nas demais ações;

2. **Internalização de tecnologias de alto desempenho para a avaliação de qualidade da madeira.** Com um trabalho amplo de calibração envolvendo amostras de madeira dos experimentos instalados, será internalizada no Brasil a tecnologia de mensuração de várias características físicas e químicas da madeira com base em espectroscopia do infra-vermelho próximo. Esta tecnologia permitirá acelerar enormemente as avaliações fenotípicas da madeira e com isso viabilizar a determinação funcional do genoma para as características chave nos processos industriais;
3. **Base genética e identificação de genes que conferem resistência a doenças em *Eucalyptus*.** Serão determinados os modelos de herança à ferrugem, ao cancro, à murcha-de-ceratocistis e à mancha foliar de origem bacteriana em *Eucalyptus*. Para estas doenças serão mapeadas regiões genômicas (QTLs) e/ou genes que conferem resistência a estas doenças. No âmbito deste subprojeto será iniciado o desenvolvimento de um protocolo de transformação genética e regeneração de *Eucalyptus* como uma ferramenta experimental para caracterização gênica.
4. **Construção de mapas genéticos e mapeamento de QTLs (locos controladores de características quantitativas).** Mapas de ligação serão construídos com marcadores microsatélites visando a identificação de regiões genômicas (QTLs Quantitative Trait Loci) controlando características físico-químicas da madeira, resistência a doenças e características de crescimento volumétrico em campo. Os QTLs localizados nos mapas serão as pistas ("leads") para a identificação dos genes importantes na definição final dos fenótipos de interesse industrial;
5. **Construção de mapas físicos localizados no genoma de *Eucalyptus*.** Todo o genoma do eucalipto será clonado e mantido na forma de uma biblioteca genômica de fragmentos longos (BAC Bacterial Artificial Chromosomes). Inicialmente, para a geração de um "scaffold" preliminar os clones de BAC serão ancorados no mapa genético via PCR com os marcadores microsatélites. Em regiões genômicas relevantes e devidamente validadas, detectadas via mapeamento de QTLs, se buscará

a ampliação dos contíguos de BACs pelo ordenamento via fingerprinting fluorescente e sequenciamento de pontas de BACs de forma a fechar contíguos que cubram o intervalo em centiMorgans no qual o QTL está posicionado. Mapas físicos completos poderão ser contruídos para cromossomos específicos que contiverem uma forte concentração de genes de interesse. A técnica de FISH (Fluorescence in Situ Hybridization) com os BACs como sondas deverá ser utilizada. Pretende-se com isto iniciar o desenvolvimento de um mapa físico completo, o que representará um recurso genômico fundamental para investigações detalhadas de regulação gênica, identificação de promotores, clonagem de genes baseada em mapeamento e futuramente para o sequenciamento completo do genoma estrutural de *Eucalyptus*. Uma vez que o desenvolvimento de um mapa físico completo constitui uma tarefa de grande envergadura, e considerando que os poucos mapas físicos construídos no mundo foram feitos tipicamente em colaborações multilaterais entre países, colaborações com outras instituições fora do Brasil serão buscadas para este empreendimento.

6. **Sequenciamento do transcriptoma de *Eucalyptus*.** Um trabalho massivo e sistemático de sequenciamento de 200.000 leituras ("reads") a partir de diversas bibliotecas de cDNA, algumas delas normalizadas, buscará a identificação de todos os estimados 25 a 30 mil genes do eucalipto com ênfase especial em genes envolvidos na formação da madeira e genes envolvidos em resistência a doenças fúngicas. Trata-se, portanto, de uma abordagem de sequenciamento do genoma funcional com base em sequenciamento de EST (expressed sequence tags). Com base nas informações derivadas das anotações dos ESTs e dos resultados dos experimentos de expressão em microarrays, espera-se identificar um conjunto de 100 ou mais genes prioritários para investigações detalhadas. Estes 100 ou mais genes serão mapeados fisicamente nos BACs e por recombinação no mapa genético gerando assim informação transcricional que poderá ser integrada e comparada com a localização de QTLs validados.
7. **Análise de expressão gênica em microarranjos (microarrays).** Experimentos piloto serão conduzidos com hibridização em microarranjos de DNA para entender a expressão diferencial de genes candidatos a funções importantes para o melhoramento do eucalipto em diferentes tecidos e

principalmente no mesmo tecido entre indivíduos fenotipicamente contrastantes como, por exemplo, árvores de alta/baixa densidade ou alto/baixo rendimento em celulose. Estratégias de microarranjos temáticos e cegos ("blind arrays") serão utilizados e genes com perfis de expressão diferencial interessantes serão selecionados para investigações mais detalhadas.

- 8. Bioinformática para a análise, integração e disponibilização de dados genômicos.** Serão desenvolvidos diversos componentes de software para gerenciamento e análise de dados de mapeamento genético, integração com mapas físicos, com o banco de dados de seqüências e com os dados dos experimentos de campo. Serão ainda desenvolvidos softwares inovadores para a implementação de seleção assistida por marcadores nos programas operacionais de melhoramento genético das empresas participantes.

Somente um projeto que integre todos estes componentes poderá efetivamente ter o sucesso esperado e disponibilizar resultados concretos passíveis de aplicação em um ambiente operacional. Um projeto de seqüenciamento, independentemente da estratégia adotada (genômico completo, ESTs, genômico parcial) somente vai gerar conhecimento, produtos e processos de impacto no setor produtivo se fortemente integrado a um esforço experimental de campo muito bem coordenado envolvendo mapeamento de QTL, avaliações fenotípicas detalhadas com tecnologias de alto desempenho e precisão, mapeamento físico de genes candidatos e intensa experimentação de genômica funcional com a interrogação em paralelo de milhares de genes conhecidos ou não identificados ao longo do seqüenciamento.

Resultados e Impacto Esperados

O principal impacto do projeto será um salto rápido qualitativo e quantitativo no entendimento da genética molecular e quantitativa de *Eucalyptus* voltada para o controle das características de importância econômica silvicultural e industrial. No final deste projeto pretende-se que o Brasil e as empresas participantes passem a estar em um outro patamar de conhecimento do genoma e genes de *Eucalyptus* e em uma posição de vanguarda mundial no que se refere à biotecnologia genômica florestal.

Do ponto de vista operacional, pretende-se que as empresas participantes venham a ter acesso a metodologias, capacitação de recursos humanos e informações científicas relevantes para implementar, em seus programas de melhoramento, procedimentos de seleção de árvores superiores para características físico-químicas específicas com base na utilização de marcadores moleculares e seleção direta de genes. Os principais resultados esperados que irão viabilizar esta nova tecnologia são:

- Instalação de uma rede experimental de campo de grande alcance por todo o território nacional para a avaliação continuada de características da madeira e crescimento em árvores de *Eucalyptus* em diferentes condições ambientais pelos próximos 7 a 10 anos.
- Geração de um banco de dados de QTLs (quantitative trait loci – locos de características quantitativas) mapeados para as várias características de importância econômica silvicultural e industrial em *Eucalyptus*. Este banco de dados vai conter informações sobre a posição de mapa, marcadores úteis para o descobrimento de variabilidade alélica útil àquele QTL, magnitude da variância fenotípica explicada pelo QTL e experimentos de seleção assistida por marcadores;
- Geração de um mapa transcricional de *Eucalyptus* com informações de mapeamento de genes candidatos e possivelmente a identificação de genes diretamente envolvidos na expressão de fenótipos de interesse e sua co-localização com QTLs;
- Construção de mapas físicos localizados em regiões genômicas que contém genes de interesse detectados via mapeamento genético, ancoragem destes mapas físicos parciais com o mapa genético de microsatélites e mapeamento de ESTs relevantes nestes contíguos;
- Geração de um banco de dados de 200.000 sequências de ESTs e cerca de 30.000 genes únicos de *Eucalyptus* devidamente anotados;
- Geração de um banco de dados sobre perfis de expressão gênica de alguns milhares de genes de *Eucalyptus*, e mais especificamente de genes identificados como sendo chave na determinação de fenótipos de interesse via mapeamento genético;
- Disponibilização da tecnologia de espectroscopia do infra vermelho próximo para avaliações da madeira nos programas de melhoramento das empresas participantes;

- Desenvolvimento de metodologias para seleção assistida por marcadores de clones e progenitores para QTLs envolvidos em características de expressão tardia e alta herdabilidade (química da madeira);
- Capacitação tecnológica de empresas, Universidades e profissionais no Brasil na interface entre genética, melhoramento e ciência genômica de *Eucalyptus*.

Conclusões e Perspectivas

A corrida ao genoma florestal está apenas começando. Recentemente, grupos de pesquisadores nos EUA e Austrália tem se mobilizado no sentido de buscar apoio governamental maciço para sequenciar o genoma completo de uma árvore. Obviamente que *Pinus*, por ter um genoma cerca de 12 vezes maior que o genoma humano representa uma tarefa inalcançável com as tecnologias atuais. Os candidatos mais cotados são *Populus* nos EUA e *Eucalyptus* na Austrália. Projetos de sequenciamento parcial dos genomas de *Pinus* e *Populus* já estão em andamento nos EUA e Europa e pesquisas nesta área com *Eucalyptus*, em menor escala, estão também acontecendo na Austrália. Uma característica das iniciativas em andamento chama a atenção, entretanto: uma ênfase tímida em experimentação de campo, ponto este crucial para que efetivamente os dados genômicos um dia se transformem em tecnologia de impacto.

Uma característica forte da proposta da Rede GENOLYPTUS é justamente o investimento em experimentação de campo para a geração e caracterização de fenótipos de interesse silvicultural e industrial. A parceria com as empresas é fundamental para que isso se concretize. Após esta primeira etapa prevista para seis anos, as empresas e as instituições de pesquisa e ensino terão participado da construção de um grande patrimônio de informações genômicas obtidas de uma forma integrada com experimentos de campo permitindo assim o empreendimento de inúmeros investimentos em pesquisa e desenvolvimento na interface entre genética, melhoramento e ciência genômica de *Eucalyptus* pelas próximas décadas.

Vale por fim lembrar que o projeto tem um caráter pré-competitivo se constituindo em uma etapa inicial onde um grande volume de trabalho será

realizado, volume este que possivelmente nenhuma empresa ou instituição de pesquisa individualmente teria fôlego tecnológico ou financeiro para sustentar. Ao final desta etapa, espera-se que a Rede esteja consolidada ao ponto que empresas, individualmente ou de forma conjunta, derivem ações específicas de forma competitiva ou não, utilizando a base de dados genômicos produzida no projeto para desenvolver processos mais eficientes de identificação, seleção e geração de árvores superiores em seus respectivos programas de melhoramento genético dentro das suas respectivas estratégias empresariais e realidades de mercado.

Melhoramento de Espécies Florestais na Embrapa

Jarbas Yukio Shimizu¹

Apesar da Embrapa ter iniciado sua atuação na pesquisa florestal em 1978, os trabalhos de melhoramento genético florestal sob sua responsabilidade vêm sendo conduzidos desde o início dos anos 70. Naquela época, o setor florestal brasileiro vivia um período de intensa atividade de reflorestamento, alimentada pelos incentivos fiscais do governo, visando à produção de matéria-prima florestal, principalmente para o abastecimento de carvão vegetal para as indústrias siderúrgicas e de madeira para as indústrias de celulose e papel.

Entretanto, dois grandes problemas se destacaram na implementação dos projetos de reflorestamento com recursos do incentivo fiscal. Um deles foi a falta de sementes de boa qualidade para atender a demanda e, o outro, a falta de conhecimentos básicos sobre as espécies indicadas para plantio nas diversas regiões. No esforço de atender a essas demandas, o IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal), que administrava a execução dos projetos incentivados de reflorestamento, estabeleceu um convênio com o PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) e a FAO (Food and Agriculture Organization, das Nações Unidas), no sentido de estabelecer uma organização de pesquisa florestal no âmbito do governo federal. Foi criado, assim, o PRODEPEF (Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal), que deu início às pesquisas florestais, com grande ênfase no melhoramento florestal.

¹Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*, jarbas@cnpf.embrapa.br

Três personalidades foram trazidas pelo convênio e tiveram grande influência no estabelecimento da pesquisa em melhoramento florestal no PRODEPEF:

1) o Dr. Lamberto Golfari, que percorreu o país todo, coletando informações sobre as condições ecológicas, bem como sobre a vegetação natural e o desempenho dos plantios florestais, elaborando importantes documentos sobre o zoneamento ecológico e recomendações de espécies para plantios florestais nas diversas regiões do país;

2) o Dr. Maxwell Jacobs, ex-Chefe do Forestry and Timber Bureau, da Austrália, e ex-Diretor da Escola de Ciências Florestais da Universidade Nacional da Austrália, que percorreu o Brasil, fazendo análise crítica sobre o desempenho dos plantios de eucalipto, tendo deixado um importante documento sobre espécies e procedências indicadas para reflorestamento;

3) o Dr. John A. Pither, geneticista florestal, pesquisador do Serviço Florestal dos Estados Unidos, que estabeleceu as principais linhas de ação para os programas de melhoramento florestal, iniciando com o estabelecimento de ensaios de espécies e procedências de *Pinus* do sul e sudeste dos Estados Unidos, *Pinus* tropicais, grande número de espécies de *Eucalyptus* e algumas outras para testes como *Araucaria cunninghamii* e *Cupressus lusitanica*.

Em 1978, a Embrapa criou o PNPf (Programa Nacional de Pesquisa Florestal) e a Unidade Regional de Pesquisa Florestal Centro-Sul. Esta última foi extinta em 1984, dando lugar ao Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Até aquele momento, já havia um grande número de espécies florestais em uso intensivo no Brasil para fornecimento de matéria-prima para as indústrias de celulose e papel, carvão siderúrgico, madeira serrada, chapas e outros produtos (Ferreira, 2000). No entanto, a maioria dos trabalhos em melhoramento genético era desenvolvida, isoladamente, por empresas do setor florestal e instituições de pesquisa, nas Regiões Sul e Sudeste, com ênfase em ensaios de espécies e procedências, instalação de áreas de produção de semente e pomares de semente. Uma importante constatação na época foi de que, principalmente com os eucaliptos, não estava havendo o esperado progresso em produtividade e qualidade, em grande parte devido à restrição da base genética e às hibridações interespecíficas descontroladas. Além disso, o material disponível não se mostrava apropriado para plantios nas novas fronteiras que se expandiam por áreas sem tradição florestal no resto do país.

Uma das primeiras medidas tomadas pela Embrapa, na área de melhoramento florestal, foi a constituição e a coordenação do Grupo de Trabalho em Melhoramento Genético Florestal, congregando especialistas das principais instituições de pesquisa e universidades (Galvão, 2000). Entre os frutos desse grupo de trabalho podem-se citar as publicações como:

- Terminologias de melhoramento genético florestal (Ferreira, 1982);
- Procedimentos e recomendações para testes de procedência (Ferreira & Araújo, 1981);
- Procedimentos e recomendações para estudos de progênies de essências florestais (Shimizu et al. 1982);
- Procedimentos e recomendações para cadastro de germoplasma florestal (Coutinho, 1981);
- Implantação de populações bases de espécies florestais (Brune, 1981);
- Diretrizes para credenciamento de fontes de material genético melhorado para reflorestamento (Shimizu & Pinto Jr., 1985).

As orientações básicas no direcionamento do programa de melhoramento eram o prosseguimento aos estudos de espécies e procedências iniciados pelo PRODEPEF e a avaliação da rede de experimentos estabelecida. A partir desse levantamento, estabeleceu-se, como prioridade, a introdução de sementes das procedências mais potenciais das principais espécies de eucalipto. Uma expedição de coleta de semente, enviada à Austrália, resultou na amostragem de 55 procedências de 12 espécies (Embrapa, 1982). Esse material foi utilizado na instalação de uma ampla rede de experimentos (testes combinados de procedências e progênies) e bancos de conservação, com a participação de 30 entidades parceiras entre empresas privadas, instituições de pesquisa e universidades, abrangendo 64 municípios em nove Estados da Federação (Higa et al., 1997).

Os testes combinados de procedências e progênies tiveram como propósito a seleção de árvores pelo valor genético e a transformação dos experimentos em PSM (pomares de semente por mudas), envolvendo somente as árvores de maior valor genético em cada ambiente. Com isso, procurou-se avançar no melhoramento da produtividade e da qualidade, em cada local, ao mesmo tempo em que, no conjunto, seria mantida uma ampla base genética para futuras recombinações. Vários experimentos já passaram por essa fase, tendo-se coletado sementes das árvores selecionadas em cada experimento. Essas

serão destinadas à instalação de testes de progênies de gerações avançadas. Como fruto da participação na rede experimental, as entidades parceiras usufruíram, de imediato, dos materiais genéticos selecionados, tanto na formade sementes quanto de propágulos vegetativos para implementação de seus próprios programas de melhoramento florestal.

Dada a impossibilidade de se separar ações de melhoramento das de conservação de recursos genéticos florestais, além da responsabilidade pela conservação dos recursos genéticos de espécies nativas, o Grupo de Trabalho elaborou e implementou um projeto multi-institucional de conservação de germoplasma de espécies florestais, com a participação de entidades como o Instituto de Pesquisa Florestal - IPEF/ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ - Universidade de São Paulo - USP, Instituto Florestal de São Paulo, Sociedade de Investigações Florestais - SIF/ Universidade Federal de Viçosa - UFV, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - FCAP, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF e Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Esse projeto teve como meta a coleta de sementes dos remanescentes de espécies florestais nativas para o estabelecimento de populações genéticas bases para a conservação da variabilidade genética. Cada instituição ficou encarregada de trabalhar com determinadas espécies, tendo sido estabelecidas populações bases de *Johanesia princeps*, *Aspidosperma polyneuron*, *Araucaria angustifolia*, *Astronium urundeuva*, *Peltophorum dubium*, *Machaerium vilosum*, *Dipterix alata*, *Plathymenia foliolosa*, *Zeyhera tuberculosa* e *Mimosa scabrella*.

Entre as espécies de *Pinus*, novas introduções incluíram procedências e progênies de espécies tropicais, principalmente da América Central e México, através da Cooperativa de Recursos de Coníferas da América Central e México (CAMCORE), OFI (Oxford Forestry Institute), USDA-FS (US Department of Agriculture - Forest Service), FAO (Food and Agriculture Organization) e DANIDA (Danish International Development Agency). Além desses, constam, ainda, materiais obtidos através das empresas privadas.

Embora qualquer espécie que tenha rápido crescimento e boa forma de fuste possa ser utilizada para produção de madeira, as particularidades de cada espécie poderão ser exploradas para se obter maior retorno dos investimentos. Por exemplo, *P. patula* e *P. greggii* para produção de madeira densa, de alta resistência mecânica, na Região Subtropical; *P. chiapensis* para produção de

madeira de baixa densidade e de excelente qualidade para marcenaria; e *P. oocarpa*, *P. maximinoi* e *P. tecunumanii* para madeira de alta densidade e resistência mecânica na Região Tropical. Dada à menor exigência quanto à qualidade solo e à maior tolerância à estiagem do que as espécies folhosas, os *Pinus* representam uma alternativa estratégica de alto valor para produção de madeira e resina, proteção do solo e recuperação da cobertura vegetal, principalmente na Região dos Cerrados.

Na rede de experimentos da Embrapa, existem testes de procedências e progênies, bem como bancos de conservação instalados nos três Estados do Sul, e em São Paulo, Minas Gerais, Distrito Federal, Bahia, Pará e Rondônia. Após séries de testes e experiências com plantios comerciais, ficou evidente que, na região de clima subtropical, as espécies de *Pinus* mais produtivas são *P. taeda*, *P. elliottii* e *P. patula*. Esta última, especificamente em locais de maior altitude (acima de 1.000 m). Além dessas, começam a se despontar outras como *P. greggii* e *P. maximinoi* como alternativas de alta produtividade. Na região tropical, as mais produtivas têm sido *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *P. kesiya* e *P. chiapensis*.

Ao longo dos anos, o foco principal da demanda de matéria-prima florestal foi se direcionando para usos múltiplos, incluindo-se, também a produção em sistemas agroflorestais. Para atendimento à maior diversidade de situações de plantio e de uso do componente florestal, outras espécies foram incluídas nas atividades de pesquisa da Embrapa como *Grevillea robusta*, *Liquidambar styraciflua*, *Acacia mellanoxydon* e *Cupressus lusitanica*.

A grevilea (*Grevillea robusta*) vinha sendo utilizada somente como quebra-ventos para proteção de cafezais e outras culturas nos Estados do Paraná e São Paulo. No entanto, assim que se esgotou o estoque de madeira nos remanescentes das florestas nativas, esta espécie passou a ser procurada como fonte de madeira para desdobro. Para explorar o seu potencial como produtora de madeira, a Embrapa iniciou um estudo, partindo da busca de procedências e progênies mais produtivas.

A rede de experimentos com grevilea foi instalada nos Estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul. A primeira fase de testes já foi avaliada e os experimentos se encontram em pleno processo de transformação em Pomares de Sementes por Mudanças - PSM. Sementes de árvores selecionadas deverão ser

coletadas na safra do ano 2001, a partir do mês de dezembro, para dar início à segunda fase de testes. O envolvimento de pequenos produtores, individualmente, ou através de cooperativas na instalação e manutenção de experimentos e pomares de semente seria ideal, uma vez que esta espécie é apropriada para usos múltiplos em sistemas agroflorestais. O liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) é uma espécie potencial para produção de madeira de alta qualidade para marcenaria, laminação e acabamento em construções civis. Sua produtividade, verificada em plantios homogêneos, no sudoeste do Paraná, apresenta perspectivas altamente favoráveis, com estimativas de até 50 m³/ha.ano, em média, usando-se materiais genéticos provenientes da América Central. Um PSM está em fase de formação, através de desbaste seletivo em um teste combinado de procedências e progênies.

Materiais genéticos de *Cupressus lusitanica*, selecionados na Colômbia, foram plantados em testes de progênies em Minas Gerais e no Paraná, onde vêm demonstrando produtividade maior do que a obtida com material selecionado no Brasil. A inclusão de um grande número de progênies selecionadas contribuiu para elevar a linha base da produtividade dessa espécie em plantios comerciais. Além disso, a ampla base genética estabelecida oferece oportunidades para se obter ganhos genéticos expressivos nas gerações futuras através da seleção de matrizes. Os próximos passos no processo de desenvolvimento de materiais genéticos melhorados desta espécie deverão envolver a formação de PSM e Pomares de Sementes Clonal - PSC. Dado o seu valor como componente de sistemas agroflorestais, bem como para plantios homogêneos, o envolvimento de pequenos produtores será vital para o seu desenvolvimento.

Embora os objetivos do melhoramento genético de espécies florestais sejam específicos para cada finalidade industrial ou de uso direto da matéria-prima, existem alguns aspectos de interesse comum entre os usuários. Características como incremento volumétrico, forma de fuste, produção de sementes e tolerância às adversidades do meio são fundamentais para todos os setores como ponto de partida para seus objetivos específicos. A ampla variabilidade existente nessas características básicas precisa ser explorada para tornar os empreendimentos florestais mais produtivos e abrangentes em todas as regiões bioclimáticas.

No caso dos eucaliptos, acompanhando-se a evolução do melhoramento florestal no Brasil, podem ser destacadas três fases distintas:

- 1) a primeira, caracterizada pela tentativa de melhorar a produtividade de eucaliptos derivados dos povoamentos iniciais estabelecidos no Horto Florestal de Rio Claro - como os eucaliptos têm alta capacidade de cruzamento interespecífico dentro de cada subgênero, mesmo fazendo seleções, não se obtinha a resposta esperada devido a hibridações descontroladas que ocorriam naquele horto e posteriores segregações nos plantios comerciais, além da degeneração genética decorrente de possíveis restrições na base genética original;
- 2) a segunda, marcada pela introdução de novas procedências, coletadas segundo critérios rígidos de amostragem, separadamente por árvores matrizes - na rede experimental, foram identificadas procedências e progênies de produtividade maior que do material genético "melhorado" por algumas gerações no Brasil;
- 3) a terceira, quando se obtém o maior avanço na produtividade, decorrente do efeito cumulativo da seleção dos melhores materiais genéticos introduzidos e das recombinações entre esses indivíduos que, em seu estado natural, nunca tiveram possibilidade de se cruzarem devido à distância geográfica.

Para a implementação das diversas redes de experimento, a Embrapa Florestas vem incrementando as parcerias, tanto com empresas privadas quanto com as demais instituições de pesquisa florestal e universidades, visando às ações conjuntas de maior efetividade no atendimento às demandas da sociedade, no que se refere ao desenvolvimento e difusão de materiais genéticos melhorados.

Estratégias de Melhoramento

Para o caso da maioria das espécies, cuja finalidade é a produção de madeira, a atuação da Embrapa deverá concentrar-se no melhoramento das características básicas (incremento volumétrico, forma de fuste, produção de sementes e resistência ou tolerância às adversidades do meio) que interessam a todos os usuários da matéria-prima florestal. Porém, existem casos excepcionais de características específicas em que a Embrapa estará atuando, desde que seja de interesse para um amplo segmento do setor produtivo. Exemplos disso são o melhoramento da produtividade de resina de *Pinus* ou

de óleos essenciais de eucaliptos, assim como o melhoramento para produção de madeira com menor incidência de defeitos ou com maior proporção de cerne.

As prioridades de ação nos aspectos das espécies, regiões bioclimáticas e características a serem melhoradas serão definidas e revistas, periodicamente, em função das demandas gerais ou localizadas, bem como das tendências de mercado. Em todos os casos, serão mantidos registros dos materiais genéticos desenvolvidos e assegurada a sua conservação para uso nas fases subseqüentes de melhoramento e utilização.

Um aspecto que deverá ser intensamente explorado na busca de genótipos de maior utilidade para os produtores florestais e agroflorestais será a geração e testes de híbridos inter e intra-específicos, combinados com o aperfeiçoamento de técnicas de propagação vegetativa. Técnicas de caracterização bioquímica ou molecular serão aplicadas para auxiliar no monitoramento da variabilidade genética nas populações parentais para melhoramento, bem como para a identificação de clones.

Referências

BRUNE, A. *Implantação de populações bases de espécies florestais*. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. 9 p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 1).

COUTINHO, S. C. *Procedimentos e recomendações para cadastro de germoplasma florestal*. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. 16 p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 7).

EMBRAPA. *Coleta de sementes na Austrália, de espécies/procedências selecionadas de Eucalyptus, para melhoramento e conservação genética*. Belo Horizonte: EMBRAPA / PNPf / IBDF, 1982. 90 p.

FERREIRA, M. O histórico da introdução de espécies florestais de interesse econômico e o status de sua conservação no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS FLORESTAIS. PARANAGUÁ, 2000. *Memórias*. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 19-66. (Embrapa Florestas. Documentos, 56).

FERREIRA, M. *Terminologia de melhoramento genético florestal*. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1982. 91 p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 8).

FERREIRA, M.; ARAUJO, A. J. **Procedimentos e recomendações para testes de procedência**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. 28 p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 6).

GALVÃO, A. P. M. Ações do Programa Nacional de Pesquisa Florestal da Embrapa no âmbito da conservação de recursos genéticos florestais. In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS GENÉTICOS FLORESTAIS. PARANAGUÁ, 2000. **Memórias**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 67-74. (Embrapa Florestas. Documentos, 56).

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 OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings**. Colombo: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997. v. 1, p. 377-385.

SHIMIZU, J. Y.; KAGEYAMA, P. Y.; HIGA, A. R. **Procedimentos e recomendações para estudos de progênies de essências florestais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1982. 33 p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 11).

SHIMIZU, J.Y.; PINTO JUNIOR, J.E. **Diretrizes para credenciamento de fontes de material genético melhorado para reflorestamento**. Curitiba: EMBRAPA-CNPF, 1988. 20 p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 18).

Melhoramento de Pinus para Produção de Madeira Serrada, Chapas, Palitos e Lápiz

Edson Seizo Mori¹

O melhoramento florestal no Brasil tem se desenvolvido rapidamente nas últimas décadas. Programas de melhoramento genético visando aumentar a produção de madeira das espécies florestais de importância econômica têm ocorrido com sucesso. Dentre as espécies com gerações mais avançadas de melhoramento, no panorama mundial e brasileiro, sem dúvida alguma, estão as espécies do gênero *Pinus*.

Com o advento da globalização, o mercado de madeira manufaturada tem se tornado exigente na qualidade dos produtos madeireiros. Hoje, é imperativo que os manufaturados de madeira tenham boa qualidade. O manejo das florestas para a obtenção de produtos exigidos pelo mercado deve obrigatoriamente incluir povoamentos uniformes e com características que atendam o consumidor. Para tanto, programas de melhoramento genético bem conduzidos são imprescindíveis para oferecer madeira de qualidade, alta produtividade e uniformidade. Os ciclos vegetativos dos pinus envolvem longos períodos de tempo, fazendo-se necessário aprimorar técnicas de propagação vegetativa para garantir uniformidade e alta produtividade.

A madeira de pinus sempre foi utilizada sem os devidos cuidados quanto a sua qualidade da madeira. Diversos produtos manufaturados de pinus exigem uniformidade e qualidade. Essa qualidade está relacionada a variáveis e enfoques que a ela se associam dependendo do uso final da madeira.

¹ Professor do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias da UNESP-Botucatu / SP

Para utilização da madeira em processos de produção de chapas de aglomerado e similares, menor importância é dada para as qualidades físicas da madeira de pinus. Quando o objetivo é produzir madeira para produtos como palitos e lápis a madeira é importante para que o produto tenha boa qualidade. Madeira livres de nós, ou de defeitos, com boa uniformidade e livres de madeiras de compressão são importantes para que lápis ou palitos tenham sua forma regular, uniforme sem torções. A mesma matéria prima deve ser considerada quando o objetivo final é madeira serrada para o mercado de móveis.

A característica que representa a qualidade da madeira, mais utilizada nos estudos genéticos, é sem dúvida a densidade básica da madeira.

Alguns coeficientes de herdabilidade para a densidade básica da madeira (Tabela 1) e correlações genéticas e fenotípicas são apresentados na Tabela 2.

TABELA 1. Coeficientes de herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas individuais (h^2_{sr}) e no sentido amplo (h^2_{sa}) para a característica densidade básica da madeira de pinus.

Espécie	Idade (anos)	h^2_{sr}	h^2_{sa}
<i>Pinus elliottii</i>	5	-	0,59
	5	-	0,49
	14	-	0,73
	14	0,21	-
<i>Pinus pinaster</i>	4	0,75	-
	5	0,33	-
<i>Pinus radiata</i>	6	0,20	-
	8	-	0,60
	8	-	0,65
	10	-	0,63
	10	0,16	-
	13	-	0,70
	19	-	0,70
	20	-	0,50
	25	-	0,42
<i>Pinus taeda</i>	2	0,20	-
	2	0,43	-
	2	0,55	-
	5	-	0,64
	5	0,82	-
	5	0,47	-
<i>P. caribaea</i> var <i>hondurensis</i> (*)	11	0,62	-
Média		0,43	0,60

Fonte: Moraes (1987) e (*)Harding et al. (1990)

TABELA 2. Correlações genéticas (R_G) e fenotípicas (R_F) entre altura (ALT), diâmetro (DAP) e volume de madeira (VOL) e a densidade básica da madeira (DBM) para espécies de Pinus.

Característica	Espécie	Idade (anos)	R_G	R_F
ALT x DBM	Pinus radiata	5	-0,31	0,10
	Pinus radiata	10	-	-0,09
	Pinus taeda	5	-0,32	-0,16
	Pinus taeda	5	-0,23	0,27
	Pinus virginiana	8	0,27	0,18
	Média		-0,15	0,06
DAP x DBM	Pinus radiata	5	-0,45	0,00
	Pinus radiata	10	-	0,30
	Pinus taeda	5	-0,75	-0,51
	Pinus taeda	5	0,02	0,23
	Média		-0,39	0,01
VOL x DBM	Pinus radiata	5	-0,43	0,03
	Pinus taeda	-	0,36	0,28
	Pinus taeda	5	-0,82	-0,45
	Pinus taeda	5	0,46	0,24
	Média		-0,11	0,03

Fonte: Moraes (1987).

No geral, os coeficientes de herdabilidade para a densidade básica da madeira são altos, facilitando sua seleção em programas de melhoramento. No entanto, existem diversas outras características de grande importância para obtenção de madeira de qualidade cujas herdabilidades são baixas e de difícil mensuração.

A Tabela 3 apresenta coeficientes de herdabilidade para diversas características ligadas direta ou indiretamente a produção de madeira de qualidade e a Tabela 4 mostra correlações genéticas entre diferentes características para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

TABELA 3. Coeficientes de herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas individuais (h^2_{sr}) para diferentes características de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, com 7 anos.

Característica	h^2_{sr}
DAP	0,43 ± 0,16
Altura	0,25 ± 0,13
Retidão de Fuste	0,22 ± 0,12
% de Madeira de Compressão	0,02 ± 0,07
Largura média do anel radial	0,29 ± 0,14
Gran espiral da madeira	0,36 ± 0,15

Fonte: Harding et al. (1990)

TABELA 4. Correlações genéticas para diferentes características de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, com 7 anos.

Característica	DAP	Altura	Retidão de Fuste	% Madeira Tardia	% Madeira Compressão	Densidade de Básica Madeira	Largura Média Anel Radial	Gran Espiral Madeira
DAP	---	0,24	0,13	-0,54	0,52	-0,72	0,92	-0,45
Altura		---	-0,01	-0,22	2,05	0,02	0,21	-0,10
Retidão de Fuste			---	-0,61	1,31	-0,38	0,27	-0,78
% Madeira Tardia				---	0,80	0,62	-0,76	0,60
% Madeira de Compressão					---	0,15	0,41	-0,04
Densidade Bás. Madeira						---	-0,81	0,36
Largura Média do Anel Radial							---	0,69
Gran Espiral da Madeira								---

Fonte: Harding et al. (1990)

Programas de melhoramento bem elaborados podem fornecer subsídios para uma boa seleção de clones elites com qualidades específicas para diferentes objetivos industriais (Zobel & Jett, 1995). Estratégias de melhoramento bem elaboradas devem existir para subsidiar plantações produtivas, uniformes e de qualidade para produtos competitivos no mercado de manufaturados de madeira.

Referências

HARDING, K. J.; KANOWSKI, P. J.; WOOLASTON, R. R. Preliminary genetic parameter estimates for some wood quality traits of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Queensland, Australia. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 40, n. 3/4, p. 152-156, 1991.

MORAES, M. L. T. **Varição genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento.** Piracicaba. 1987. 115 f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Piracicaba.

ZOBEL, B. J.; JETT, J. B. *Genetics of wood production*. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 338 p.

Melhoramento de Eucalipto para Produção de Óleos Essenciais

Ismael Eleotério Pires¹

Aloisio Xavier²

Introdução

A produção de essências a partir de espécies florestais é uma prática antiga usada pelos índios, na busca de corantes e chás, que tornou atividade lucrativa para diversos tipos de produtos. A rigor todas as espécies florestais são potencialmente produtoras de óleo, entretanto, nem todas têm valor comercial.

No gênero *Eucalyptus* os óleos são classificados em três categorias: medicinais, industriais e perfumísticos. Dentre as espécies produtoras de óleos medicinais tem-se o *E. globulus*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* como produtoras de cineol; no grupo dos óleos industriais tem-se o *E. dives* e *E. elata* na produção de piperitona, e; no dos óleos perfumísticos destacam-se o *E. citriodora* e *E. staigerana* produtoras de citronelal e citronelol (Boland *et al.* 1991). Entretanto, destacam-se como grandes produtores de óleos de *E. globulus* Portugal e Espanha, enquanto que para *E. citriodora* destacam-se o Brasil, China e Índia, além de diversos outros países, em menor escala.

No Brasil a produção principal está voltada para o *E. citriodora*, com uma produção ao redor das 800 toneladas/ano, empregada em grande parte na indústria de desinfetantes, como óleo bruto, na produção de balas e na indústria farmacêutica. O componente principal é o citronelal, correspondendo a aproximadamente 85%, seguido do citronelol com 14% e outros sem interesse comercial 1%.

¹ Engenheiro Florestal, Sociedade de Investigações Florestais e Prof. da Univ. Federal de Viçosa

² Engenheiro Florestal, Mestre, Depart. de Engenharia Florestal da Univ. Federal de Viçosa, xavier@ufv.br

Silvicultura

A produção está fundamentada tanto na floresta com fins madeireiros como em florestas com fins específicos de óleo. No primeiro caso, faz-se o aproveitamento das folhas das árvores por ocasião do corte raso da floresta, normalmente feito em destilarias improvisadas próximo à floresta. Neste caso, trata-se de um valor agregado pouco rentável, tendo em vista o baixo rendimento do processo. No segundo caso, as poucas empresas que atuam estão situadas no estado de São Paulo e Minas Gerais, não chegando, porém a ter grandes destilarias.

As florestas destinadas especificamente à produção de óleo têm a exploração iniciada entre os 18 e 24 meses de idade e a partir daí, extrações anuais a cada 12 meses, com um rendimento de biomassa de folhas variando de 10 a 20 toneladas por hectare.

A colheita das folhas pode constituir no processo de desfolha, tendo o inconveniente da altura da árvore a partir dos três anos de idade, neste caso, recomendável para plantios com fins madeireiros; ou pelo corte raso, que além das folhas e ramos produziria uma haste sem valor comercial. No segundo caso, o plantio é feito normalmente no espaçamento de 2,5 a 3,0m entre linhas e 50 a 75cm entre plantas, de modo a permitir a mecanização. O corte raso é feito à cerca de 50 a 80cm acima do solo, sendo a altura de 80cm mais recomendada por permitir maior sobrevivência e brotação (Rosado *et. al.* 1997).

O rendimento de óleo no processo de destilação varia de um a 1,5%, proporcionando uma produção de 100 a 150 kg/ha. Porém, diversos fatores interferem no rendimento, como época de corte, idade das árvores e das folhas, o tempo de permanência das folhas no campo ou no pátio, do corte até a destilação, o processo de destilação (equipamentos, temperatura, pressão de vapor, etc.). Informações nesse sentido podem ser constatadas em Talalaj (1966), Galanti (1987) e Xavier (1993).

Cabe destacar, porém, a falta de estudos sobre técnicas silviculturais de condução desses plantios, em especial no que se refere à fertilização mineral em relação ao número de cortes e rendimento de biomassa e de óleo.

Genética e Melhoramento

O fator genótipo no rendimento e qualidade do óleo ainda requer maiores estudos (Xavier *et al.* 1996 e Wang *et al.* 1997). Xavier (1993), estudando 30 famílias de meio-irmãos de *E. citriodora*, correspondentes a segunda geração da população natural na Austrália não encontrou variação genética entre famílias tanto para produção de óleo total como para o componente citronelal, com herdabilidades de 0,19 e 0,23, respectivamente, revelando poucas chances de sucesso com a aplicação de seleção.

Paula (1994) avaliando famílias de meio-irmãos de *E. citriodora*, aos 19 meses de idade, constatou uma amplitude de variação na produção de óleo de 0,79g a 1,45g e de citronelal de 91,3 a 95,8 % por planta em nível de média de famílias. Apesar de não constatar variação genética significativa, a análise de divergência genética proporcionou a formação de grupos divergentes, evidenciando a possibilidade do direcionamento de cruzamentos em programas de melhoramento.

Finalmente, cabe ainda salientar as dificuldades da pesquisa em face aos baixos investimentos no segmento de florestas para produção de óleo, métodos precisos de avaliação do óleo e de seus componentes, levando-se em conta o grande número de amostras para fins de estudos genéticos.

Recomendações

Recomenda-se a realização de um levantamento das empresas que atuam no setor; disponibilizar, ao pequeno produtor, informações sobre os plantios para produção; intensificar os estudos genéticos relacionados com a produção de biomassa foliar, com a produção de óleo e determinação dos componentes principais (citronelal e citronelol), visando à identificação de genótipos de alto rendimento. Desenvolver técnicas de clonagem e ao mesmo de tempo de marcadores moleculares, de modo a proporcionar a exploração de genótipos de alta produção, como ferramenta auxiliar nos programas de melhoramento. Deve-se atentar, também, para as questões silviculturais e industriais do processo de obtenção do óleo essencial, visto este estar diretamente relacionado aos custos e rendimento na produção.

Literatura

- BOLAND, D. J, BROPHY, J. J.; HOUSE, A. P. N. *Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing*. Melbourne: Ikata Press, 1991. 252 p.
- GALANTI, S. *Produção de óleo essencial do Eucalyptus citriodora no município de Torrinha, estado de São Paulo*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 50 p.
- PAULA, R. A de. *Variabilidade genética para características de crescimento e produção de óleo essencial em progênies de Eucalyptus citriodora*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994. 32 p.
- ROSADO, A. M; PAULA, R. A.; PIRES, I. E. Influência da altura de corte no crescimento e na produção de biomassa e de óleo, em três rotações, em progênies de Eucalyptus citriodora. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS, 1997, Salvador. *Proceedings...* Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 3, p. 258-261.
- TALALAJ, S. Essential oil of *Eucalyptus citriodora* grow in Ghana. *West Afr. Pharm.*, v. 8, n. 6, p. 117-118, 1966.
- XAVIER, A. *Variabilidade genética de óleo essencial e de crescimento em progênies de meio-irmãos de Eucalyptus citriodora Hook*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- XAVIER, A.; SILVEIRA, A. M da.; BRITO, J. O. Melhoramento de Eucalyptus spp. na produção de óleo essencial. In: SIMPÓSIO IPEF, 6., 1996, São Pedro. *Anais...* Piracicaba: IPEF, 1996. v. 3. Não paginado.
- VITTI, A. M. S.; BRITO, J. O. Avaliação do rendimento e do teor de citronelal do óleo essencial de procedências e raças locais de *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 56, p. 145-154, 1999.
- WANG, H.; WANG, Z.; XIE, P. Genetic environmental variations of eucalypt. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT EUCALYPTS, 1997, Salvador. *Proceedings...* Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. v. 1, p. 213-215.

Melhoramento de Palmáceas

Antonio Nascim Kalil Filho¹

Marcos Deon Vilela de Resende²

1. Introdução

Várias espécies de palmáceas são importantes para a agricultura e economia do Brasil, principalmente pela produção de palmito, frutos, óleo, cera, madeira e produtos com fins medicinais. Dentre as espécies cultivadas no País, destacam-se: açazeiro (produtora de palmito e frutos), coqueiro (produtora de frutos), dendezeiro (produtora de frutos para usos industriais), juçara (produtora de palmito), palmeira-real (produtora de palmito), pupunheira (produtora de palmito e frutos) e tamareira (produtora de frutos).

As palmáceas constituem um grupo especial de plantas do ponto de vista do melhoramento de plantas perenes, especialmente em função das dificuldades inerentes à reprodução vegetativa dos indivíduos, fato que dificulta ou mesmo impossibilita o pleno uso dos genótipos superiores. Este fator tem impacto direto nas estratégias de melhoramento e de produção de propágulos melhorados das espécies mencionadas.

O presente artigo aborda aspectos referentes ao mercado dos produtos das palmáceas mencionadas, ao germoplasma utilizado para obtenção de tais produtos (relatando suas vantagens e deficiências), ao melhoramento genético e estratégias recomendadas, às necessidades de pesquisa e às estratégias de propagação de material genético melhorado.

¹Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*, kalil@cnpf.embrapa.br

²Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*, deon@cnpf.embrapa.br

2. Produção de Palmito

O palmito é basicamente um produto do Brasil, que produz cerca de 85% da produção mundial. Entretanto, os maiores exportadores mundiais são a Costa Rica e o Equador que produzem palmito de pupunha a baixo custo e de melhor qualidade. O Brasil exporta palmito basicamente para a Argentina enquanto que a Colômbia exporta basicamente para a França (Guimarães, 2000).

Atualmente, mais de 50% do palmito produzido no Brasil provém de açai da região do Baixo Rio Amazonas no Pará e Ilha de Marajó. O palmito de juçara, antes comum, tem-se tornado raro devido à sua exploração predatória nas regiões de Mata Atlântica. Por outro lado, o palmito de pupunha tem crescido anualmente no mercado mundial, sendo que a contribuição atual deste palmito é acima de 40% (Bovi, 2000). Em regiões de clima subtropical no sul do Brasil, a palmeira real tem sido recentemente cultivada com vistas à produção de palmito.

Com referência às quatro espécies utilizadas para a produção de palmito, citam-se as seguintes características:

Juçara (*Euterpe edulis*): espécie umbrófila endêmica da Mata Atlântica no litoral brasileiro, preferindo plantios à sombra; espécie unicaule sem capacidade de rebrota; espécie de ciclo produtivo tardio (7 a 8 anos); palmito de cor branca e sem sabor adocicado; fruto não comestível.

Açai (*Euterpe oleraceae*): espécie de clima tropical úmido oriunda da Amazônia; espécie umbrófila, multicaule, com capacidade de perfilhamento após o corte, mais precoce que a juçara; palmito de cor branca e sem sabor adocicado; produz frutos comestíveis muito valorizados.

Pupunha (*Bactris gasipaes*): espécie cuja distribuição geográfica atual estende-se desde a América Central até a Amazônia Maranhense (Clement, 1991), com adaptação às mais diversas regiões. Exceto nas áreas sujeitas à ocorrência de geadas fortes, permite plantios a pleno sol, em alta densidade (5.000 a 6.600 plantas por hectare); espécie precoce, rústica (com alta sobrevivência a campo), multicaule, com intenso perfilhamento, com crescimento muito acelerado; palmito com coloração amarelada, sabor adocicado e textura mais macia que o de açai e juçara, que não sofre oxidação

com escurecimento após o corte, fato que permite a comercialização do produto "in natura"; produz frutos comestíveis de grande valor nutritivo.

Palmeira-real (*Archontophoenix* spp.): denominada Bangalow Palm na Austrália, é representada por duas espécies: *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude, incluindo a variedade *beatricae*, que se diferencia da *A.alexandrae* por exibir engrossamento na base do tronco, e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. et Drude, sendo a *A. alexandrae*, incluindo a forma *beatricae* com melhor adaptação ao litoral do Paraná e Santa Catarina e Vale do Itajaí(SC). A palmeira real é oriunda da costa oeste da Austrália, em climas temperados e subtropicais; permite plantios a pleno sol; espécie unicaule, precoce e rústica; palmito de cor branca e sem sabor adocicado; frutos não comestíveis; os genótipos introduzidos são tolerantes à geada e solos pobres em fertilidade.

Verifica-se que três espécies apresentam produtos do mesmo tipo, quanto à cor e sabor do palmito: juçara, açai e palmeira-real. Por outro lado, a pupunheira apresenta um produto diferenciado nestes aspectos. No geral, as espécies mais favoráveis em termos de cultivo econômico são a pupunheira e o açazeiro, sendo que a pupunheira apresenta adaptação a uma maior gama de condições ambientais. Por outro lado, a palmeira-real constitui a única opção segura para cultivos em regiões sujeitas à ocorrência de geadas, embora possa ser cultivada também em regiões mais tropicais.

3. Produção de Frutos

As palmáceas produtoras de frutos não são competidoras entre si, uma vez que seus produtos são destinados a diferentes usos e, portanto, possuem seus próprios mercados. Citam-se as seguintes características associadas aos frutos destas palmáceas:

Coco: os frutos do coqueiro apresentam múltiplas utilidades como: consumo "in natura" da água de coco, produção de alimentos através do aproveitamento do albúmen sólido do fruto (coco ralado, leite de coco, óleo comestível) e produção de óleo para usos industriais.

Dendê: Diferencia-se das demais palmeiras aqui enumeradas por produzir frutos para extração de óleo vegetal, além de comestíveis. O óleo de dendê,

rico em b-caroteno (pró-vitamina A), é empregado na indústria siderúrgica, na indústria de óleo vegetal para culinária e como combustível na substituição do óleo diesel (Barcelos et al., 1987), fabricação de margarinas e sabonetes. É a oleaginosa de maior produtividade, alcançando até 7t/ha de óleo, constituindo o segundo maior volume de óleo vegetal produzido no mundo, sendo superado apenas pelo óleo de soja.

Tâmara: Palmeira (*Phoenix dactylifera* L.) ornamental, característica dos oásis dos desertos africanos, cultivada principalmente pelos árabes graças aos frutos. A tâmara é importante como alimento, o qual é consumido depois de fervido e açucarado (Ferreira, 1987). É a mais importante cultura para frutos no sudeste asiático, cultivada desde tempos pré-históricos. Myhara & Karkalas (1999) determinaram por cromatografia em HPLC, a composição dos frutos em diferentes estádios de desenvolvimento por quatro meses. Detectaram no estádio de fruto verde, pequenas quantidades de glicose e frutose. Nos estádios intermediários (frutos amarelos e vermelhos) encontraram grandes quantidades de sacarose (500-565g/kg de peso seco) e nenhuma glicose ou frutose adicional. No estádio de tâmara madura, toda sacarose havia sido convertida em glicose e frutose (> 800g/kg de peso seco). O conteúdo de fibras dietéticas como polissacarídeos não amiláceos foi reduzido de 250 para 50 g/kg entre do desenvolvimento da fase de kimri para tâmara. Os principais monômeros dos frutos são: glicose, galactose, xilose, manose, arabinose e ramnose.

Pupunha: os frutos da pupunheira contém óleo (rico em ácidos graxos insaturados), proteína, amido e b-caroteno (pró-vitamina A), vitamina frequentemente ausente na dieta dos povos no neotrópico. São muito consumidos após cozimento em água e sal no norte do Brasil e em outros países da América Latina. Por ordem de importância, têm como objetivo o consumo humano direto, o fabrico de farinha, a produção de óleo e preparação de ração animal (Clement, 1991).

Açaí: os frutos do açaizeiro são utilizados para consumo "in natura", para preparo de sucos, creme, compotas, licor, geléia, mingau e sorvetes. Ainda serve como adubo orgânico, carburante e antidiarréico. São ricos em ferro e fósforo.

4. Estratégia de Melhoramento e Métodos de Seleção no Melhoramento das Palmáceas

Uma visão geral no melhoramento das principais palmáceas é apresentado a seguir:

Côco (*Cocos nucifera*)

O Sudeste Asiático é, provavelmente, a região de origem do coqueiro, de onde foi introduzido na Índia. Posteriormente a espécie foi levada para o continente Africano e deste para as Américas. Os principais países produtores são: Indonésia, Filipinas e Índia.

O coqueiro possui mais de 300 ecótipos e duas variedades principais: o coqueiro gigante (variedade alógama) e o coqueiro anão (variedade autógama). O coqueiro anão apresenta as subvariedades verde, vermelha e amarela (recessiva em relação à verde e à vermelha). A subvariedade vermelha apresenta dois tipos distintos fenotipicamente: o anão-da-malásia e o anão-dos-camarões. Do ponto de vista do melhoramento genético, os caracteres mais importantes são o número de frutos, a quantidade de copra no fruto, a resistência a pragas e doenças e a tolerância ao déficit hídrico (Siqueira et al. 1998).

Embora a clonagem para plantios comerciais em coqueiro não seja ainda uma tecnologia disponível, a utilização de sementes híbridas para plantios em larga escala é corriqueira. Isto se deve a facilidade de obtenção destas sementes através do uso das variedades anãs (autógamas) como genitores femininos e das técnicas de emasculação, conservação de pólen e polinização controlada.

Devido à superioridade dos cultivares híbridos, o programa de melhoramento do coco na África baseia-se em um esquema de Seleção de Recorrente Recíproca que visa melhorar simultaneamente os híbridos Anão x Gigante e Gigante x Gigante, envolvendo dois ecótipos do coqueiro gigante (Baudouim et al., 1997).

Dendê (*Elaeis guineensis*)

O dendê (espécie alógama) é originário da África e tem sido cultivado no sul da Bahia e no norte do Brasil, visando a produção de óleo. A produção do

dendê concentra-se principalmente nos países do Sudeste Asiático, sendo a Malásia e a Indonésia os maiores produtores mundiais. Outros países que cultivam esta espécie são a Costa do Marfim e Camarões.

Os principais programas de melhoramento genético do dendê são conduzidos na Costa do Marfim, na Malásia e no Brasil. O programa conduzido pelo Brasil baseia-se em germoplasma introduzido através do Cirad (França) e visa, dentre outras características, o aumento da produção de óleo (principalmente através do aumento do número e peso de cachos de frutos), a redução do porte, a resistência ao amarelecimento fatal, utilizando o germoplasma do caiaué (*Elaeis oleifera*) como fonte de resistência e de ácidos graxos insaturados e porte reduzido. A introdução de germoplasma de caiaué foi feita por coleta de sementes de 54 populações nas calhas dos rios Solimões, Negro e Madeira (Santos et al., 1984).

As variedades comerciais de dendê são produzidas por polinizações envolvendo duas populações distintas, uma utilizada como genitor feminino (*Elaeis guineensis* var. *dura*) e a outra como genitor masculino (*Elaeis guineensis* var. *pisifera*), visando conciliar características agrônomicas favoráveis. Dessa forma, um programa de SRR foi adotado visando o melhoramento do dendê na África (Bourdeix et al., 1991 a e b; Baudouim et al., 1997). Em realidade, o programa de seleção recorrente em dendê foi iniciado por volta de 1950 (Munier e Gascon, 1972) e tem produzido excelentes resultados (Cochard et al., 1993; Baudouim, 1995; Barcelos et al., 2000). O esquema de melhoramento empregado no dendezeiro é similar ao usado no melhoramento do milho, visto que ambos procuram explorar e melhorar a capacidade específica de combinação entre materiais genéticos pertencentes a grupos genéticos divergentes, via seleção recorrente recíproca e utilização de híbridos. Uma diferença básica refere-se à utilização de linhagens completamente homozigóticas para a produção dos híbridos no milho e indivíduos de linhagens S_1 (uma geração de autofecundação) no caso do dendezeiro. Linhagens S_1 são utilizadas em função do dendezeiro não permitir fácil propagação vegetativa e do fato de apenas uma planta genitora não ser capaz de produzir a quantidade necessária de sementes híbridas.

Em trabalho de análise genética envolvendo vários caracteres, Baudouim et al. (1995) concluíram que os efeitos epistáticos podem contribuir significativamente para a média populacional se os materiais avaliados forem

altamente heterozigotos, a base genética for restrita (materiais selecionados ou uso de poucos indivíduos) ou se existe desequilíbrio de ligação devido a recombinação insuficiente após seleção, situações estas, comuns no melhoramento de plantas perenes. Um tratamento histórico e prático do melhoramento genético do dendê é realizado por Hartley (1977).

Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)

A bactricultura ou cultura da pupunha é atualmente uma das opções econômicas mais rentáveis aos pequenos, médios e grandes produtores. O palmito pode ser comercializado *in natura* ou envasado no mercado interno ou para exportação.

O maior uso da pupunha por habitantes da Amazônia é o fruto. Porém, atualmente, o palmito é o principal motivo do plantio da pupunha em larga escala. As vantagens da planta de pupunha são crescimento a pleno sol, precocidade, rusticidade, perfilhamento, palatabilidade e tolerância à oxidação do palmito após o corte.

Recentemente, Henderson (2000) revisou o gênero *Bactris*, reconhecendo 73 espécies e 21 variedades. Neste estudo, verificou que todas as populações de pupunha com frutos maiores que 3,5cm de comprimento por 3cm de diâmetro devem ser denominadas *Bactris gasipaes* Kunth. var. *gasipaes* e todas as populações com frutos menores que 2,3cm de comprimento por 1,8cm de diâmetro devem ser denominadas *Bactris gasipaes* Kunth. var. *chichagui* (H. Karsten) Henderson.

A pupunheira (espécie alógama) é uma palmeira nativa da Amazônia e América Central. Existem nesta espécie, populações com e sem espinhos, sendo que as populações inermes (sem espinhos, caráter dominante (Clement, 1997) são preferidas para cultivo, pois além de produzirem palmito de superior qualidade (sem as marcas produzidas pelos espinhos), facilita a colheita e o manuseio do palmito. Populações sem espinhos ocorrem no Peru, Brasil, Colômbia e Costa Rica. As principais populações sem espinhos cultivadas são a Yurimáguas, Peru (60-80% inermes), San Carlos, Costa Rica (15-30% inermes) e Benjamim Constant, Brasil (15-25% inermes) (Clement, 1997). Além das várias populações com e sem espinhos, a pupunha é classificada em raças quanto ao tamanho do fruto: macrocarpa, mesocarpa e microcarpa.

Três instituições brasileiras possuem germoplasma estabelecidos de maneira formal: o Instituto Agrônomo Campinas - IAC (43 acessos do Brasil, Costa Rica e Peru estabelecidos em 1974); o Instituto de Pesquisa da Amazônia - INPA (450 acessos do Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, Panamá e Peru, estabelecidos em 1979) e a Comissão Executiva do Plano de Desenvolvimento da Lavoura Cacaueira - CEPLAC (com 27 acessos da Bolívia, Brasil, Colômbia e Costa Rica, estabelecidos em 1993) (Mora Urpi et al., 1997). Em 1990/1991, o IAC e a Universidade Estadual de São Paulo - UNESP com o apoio do Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq realizaram a coleta de 319 progênies de pupunha em Yurimáguas, Peru, visando ao aumento da variabilidade genética *ex-situ*. Entretanto, estas coleções não abrangem a variabilidade genética da espécie presente na natureza, sendo necessárias novas coletas.

Além da ausência de espinhos, os principais caracteres de interesse do melhoramento são: medidas vegetativas essenciais - número de perfilhos, altura da folha bandeira e número de folhas; medidas vegetativas opcionais - diâmetro da planta, área foliar, e biomassa foliar; medidas produtivas essenciais - número de palmitos colhidos, peso e comprimento do palmito (tipo exportação); medidas produtivas opcionais - peso do estipe tenro (resíduo basal), peso da folha tenra (resíduo apical) e diâmetro do palmito (Clement & Bovi, 2000). Estas medidas foram consideradas, ou pelas correlações com produtividade - medidas vegetativas de precocidade, ou por estarem relacionadas diretamente com a produtividade per se (perfilhamento e medidas do palmito). No caso das regiões sul e sudeste do Brasil, deverá ser considerada também a característica de tolerância ao frio.

Variabilidade genética para os caracteres de interesse tem sido detectada, dependendo da população utilizada (Clement e Bovi, 1999; Farias Neto e Resende, 2001).

Quanto aos processos de seleção empregados no melhoramento da pupunheira destaca-se a Seleção Recorrente Intrapopulacional - SRI. Entretanto, Clement et al.(1987) argumentam em favor do uso SRR, a exemplo do que vem sendo amplamente realizado pelos franceses com o dendê. Os referidos autores justificam a proposição com base em uma provável divergência genética entre as três principais populações sem espinhos utilizadas, as quais, inclusive são originárias de diferentes países.

Tamareira (*Phoenix dactilifera*)

A tamareira (espécie alógama dióica) é uma palmácea produtora de frutos comestíveis, a qual é comercialmente explorada em diferentes regiões áridas e semi-áridas do mundo. Apresenta grande importância sócio-econômica para vários países no norte da África, Oriente Médio e Ásia Oriental. Na América, os dois únicos países produtores são os EUA e o México. O Brasil é um grande importador de tâmaras e apenas recentemente estudos sistemáticos tem sido realizados com esta cultura. No nordeste do Brasil a tamareira foi introduzida em projetos públicos de irrigação e é nesta região que a espécie tem apresentado resultados mais promissores (Queiroz et al., 1995).

A espécie é dióica e pode ser propagada por sementes, por gemas caulinares, por rebentos e por cultivo "in vitro". A forma de propagação vegetativa mais simples é através de rebentos, a qual permite conservar as características genéticas das variedades comerciais originais. No Brasil, a Embrapa - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA e Centro Nacional de Recursos Genéticos - Cenargen introduziram, na década de 1980, variedades originárias da África e Estados Unidos. Foram introduzidas em banco ativo de germoplasma, 11 variedades contemplando os tipos de tâmara seca, semi-seca e mole. A produtividade de alguns acessos foi superior a 40 kg de frutos por planta, valor este superior aos rendimentos médios de 30 kg por planta no Marrocos e 35 kg por planta na Argélia e Somália (Assis et al., 1999). Este resultado ressalta o potencial da cultura no nordeste do Brasil e a importância de programas de melhoramento com a espécie.

Palmeira-real (*Archontophoenix* spp.)

A palmeira-real é originária da Austrália, onde é denominada Bangalow Palm. O gênero *Archontophoenix* é endêmico deste país e é composto de duas espécies principais: *A. cunninghamia* e *A. alexandrae*. Ela ocorre na costa leste desde o norte de Batemans Bay no estado de New South Wales até Bundaberg no estado de Queensland. Ocorre comumente em manchas próximas ao litoral mas estende-se também, em algumas partes, a até 120 km da costa. O clima predominante na área de ocorrência natural varia de subtropical a temperado ameno. A temperatura média das máximas no mês mais quente varia de 27°C a 32°C e a temperatura média das mínimas no mês mais frio varia de 4°C a 10°C. As precipitações variam de 1.000 a 1.550 mm anuais. É encontrada em solos aluviais, podzólicos (argissolos) e solos derivados do basalto (Boland et al., 1984).

A. alexandrae, denominada Alexandra Palm é uma espécie comumente cultivada, nativa da costa de Queensland ao norte de Bundaberg (Boland et al., 1984).

Estas duas espécies de palmáceas tem, recentemente, sido cultivadas no centro-sul do Brasil (Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo), sendo indicada inclusive para regiões em que ocorrem geadas (Ramos & Heck, 2001; Bovi, 1998). Programas de melhoramento com estas espécies tem sido iniciados. No estágio atual, torna-se prioritária a introdução de germoplasma das populações naturais, com vistas a realização de testes de procedências. O material utilizado comercialmente possui, provavelmente, base genética restrita.

No Brasil, os cultivos iniciais da palmeira – real basearam-se em ambas espécies e seus híbridos. Atualmente vem sendo dada preferência para *A alexandrae* (Ramos & Heck, 2001). Entretanto, *A cunninghamia* pode apresentar populações mais adequadas ao cultivo em regiões de ocorrência de geadas, dado que várias populações naturais da referida espécie apresentam ocorrência em clima subtropical.

Juçara (*Euterpe edulis*)

A juçara (espécie predominantemente alógama) apresenta ocorrência natural na floresta umbrófila densa, sendo uma das espécies mais frequentes na mata Atlântica, ocorrendo desde o estado de Pernambuco até o estado do Rio Grande do Sul, com ocorrência também em Minas Gerais (Zona da Mata), Goiás (Sul), Mato Grosso do Sul (Sul), Argentina e Paraguai (Carvalho, 1994).

Esta espécie é predominantemente alógama e testes de procedências e progênies foram estabelecidos como passos iniciais de um programa de melhoramento genético (Nodari et al., 1987; 1993). Como caracteres relevantes para a seleção citam-se a produção de palmito (peso, comprimento e diâmetro do palmito), a sobrevivência e o diâmetro do caule do palmitreiro. Este último caráter tem se mostrado altamente correlacionado com a produtividade de palmito (Bovi et al., 1991; Bovi e Godoy, 1991). Baixas e nulas estimativas de herdabilidade para vários caracteres em juçara foram obtidas por Nodari et al. (1993), as quais podem estar associadas às baixas sobrevivências (entre 30% e 38% aos 6 anos) observadas nos experimentos.

Híbridos entre juçara e açai foram desenvolvidos experimentalmente, os quais apresentaram maior velocidade de germinação e maior crescimento vegetativo das mudas do que a juçara. Apresentaram também adaptação a elevados níveis de insolação, perfilhamento em 70% a 80% das plantas e maior produção de palmito que as espécies genitoras. Entretanto, o híbrido interespecífico apresentou baixos índices de fertilidade e alta variabilidade fenotípica para a maioria das características estudadas. Nos cruzamentos recíprocos utilizando a juçara como fêmea, ocorreu reduzida porcentagem de plantas híbridas com perfilhamento, sugerindo herança materna para este caráter (Bovi et al., 1987b). Tendo em vista as dificuldades associadas à propagação vegetativa em palmáceas, os baixos índices de fertilidade dos híbridos interespecíficos açai x juçara limitam a utilização prática de tais híbridos. Detalhes referentes ao melhoramento de *E. edulis* são apresentados por Nodari & Fantini (2000) e Reis et al. (2000).

Açai (*Euterpe oleracea*)

O açazeiro apresenta ocorrência natural na Amazônia, nos estados do Amapá, Maranhão, Pará, Tocantins e Mato Grosso. É encontrado também na Guiana, Guiana Francesa, Suriname, Venezuela, Colômbia, Equador, Panamá e Trinidad. Basicamente existem dois tipos: Açai – roxo e Açai – branco (Oliveira et al., 2000).

A espécie é predominantemente alógama e testes de procedências tem sido realizados visando estudar a variabilidade natural da espécie. Variação genética entre populações para o caráter perfilhamento foi detectada, com o número de perfilhos por planta variando de 8 a 45. De maneira geral, baixa variabilidade genética entre populações foi verificada para os caracteres altura total, diâmetro do colo, sobrevivência, altura da estirpe, comprimento da bainha e altura da copa (Ohashi et al., 1992).

Um dos caracteres mais importantes para o melhoramento refere-se ao número de perfilhos. Segundo Bovi et al. (1987a), plantas com 8 a 15 perfilhos são mais precoces, produzem palmito de maior diâmetro e não necessitam de manejo de touceira. Recentemente, ênfase tem sido dada ao caráter produção de frutos. Programas de melhoramento do açai para a produção de palmito e frutos estão sendo conduzidos (Oliveira, 1999; Oliveira et al., 2000).

Estimativas de Parâmetros Genéticos em Algumas Palmáceas

Estimativas de parâmetros genéticos são essenciais no delineamento de eficientes estratégias de melhoramento e na predição de valores genéticos dos candidatos à seleção. Via de regra, a estimação de parâmetros genéticos e a predição de valores genéticos em palmáceas devem ser baseadas na metodologia de modelos lineares mistos, através do procedimento REML/BLUP (Resende, 2000). Algumas estimativas de parâmetros genéticos em palmáceas são apresentadas a seguir.

Dendê (*Elaeis guineensis*): herdabilidade individual no sentido restrito.

Caráter	h_a^2	Referência
Número de cachos	0,35	Soh (1994)
Peso do cacho	0,20	Soh (1994)
Óleo/cacho	0,15	Soh (1994)
Frutos/cacho	0,15	Soh (1994)
Frutos/cacho	0,18	Hartley (1977)

Pupunha (*Bactris gasipaes*): herdabilidade individual no sentido restrito.

Caráter	h_a^2	Referência
Altura da planta	0,18	Farias Neto e Resende (2001)
Diâmetro da planta	0,10	Farias Neto e Resende (2001)
Tamanho do palmito	0,42	Farias Neto e Resende (2001)
Peso do palmito	0,06	Farias Neto e Resende (2001)

Dendê (*Elaeis guineensis*): herdabilidade individual no sentido amplo.

Caráter	h_g^2	Referência
Número de cachos	0,70	Baudouim & Durandgasselin (1991)
Peso médio do cacho	0,50	Baudouim & Durandgasselin (1991)
Produção de cachos	0,40	Baudouim & Durandgasselin (1991)
Frutos/Cacho	0,30	Baudouim & Durandgasselin (1991)
Mesocarpo/Fruto	0,60	Baudouim & Durandgasselin (1991)
Óleo/Mesocarpo	0,50	Baudouim & Durandgasselin (1991)
Óleo/Cacho	0,40	Baudouim & Durandgasselin (1991)
Produção de óleo	0,40	Baudouim & Durandgasselin (1991)

Coqueiro: Repetibilidade individual

Número de frutos por planta	0,45	1	Siqueira (1982)
-----------------------------	------	---	-----------------

Outras estimativas de herdabilidade em dendezeiro são apresentadas por Barcelos et al. (2000).

5. Propagação de Material Genético Melhorado

A multiplicação dos materiais genéticos selecionados desempenha papel fundamental nos programas de melhoramento genético, de uma maneira geral. Em palmáceas, a propagação via sementes é bastante adequada, visto que grandes quantidades de frutos são produzidas anualmente. Entretanto, a disponibilidade de uma forma de propagação vegetativa é essencial na formação de pomares de sementes clonais e realização de testes e plantios clonais, visando a fixação imediata de genótipos superiores. A ausência de um sistema de propagação vegetativa implica produção de propágulos melhorados apenas a partir de pomares de sementes por mudas (via desbastes nos testes de progênes), ou via hibridação artificial e plantios dos híbridos via sementes (como ocorre no melhoramento do coqueiro e do dendezeiro).

Rebentos basais de pupunha podem ser propagados, mas a sobrevivência no campo é geralmente baixa (Satler, 1986; Pinedo-Panduro & Meléndez-Torres, 1993). O método mais comum no Peru é dividir parcialmente a conexão basal entre o velho rebento ou caule e o novo rebento com raízes quando este apresenta 20 a 40cm de altura, permitindo ao rebento novo desenvolver suas raízes no local por várias semanas, após o que, é praticado o corte para separar o rebento da planta-mãe, o novo rebento sendo transportado e cultivado em viveiro por dois a sete meses e, em seguida, sendo plantado no local definitivo (Mora Urpi et al., 1997).

A Universidade da Costa Rica desenvolveu protocolo para cultura de tecido de pupunha e está realizando experimento em nível de clones, coletando os rebentos em diversas condições ecológicas (Mora Urpi et al., 1997).

Em *E. edulis*, a única técnica de propagação vegetativa disponível é a micropropagação de inflorescências jovens, passando pela fase de embriogênese somática (Gonçalves, 1993). Em tamareiras, pode-se praticar eficientemente a propagação vegetativa via rebentos. Em coqueiro, a cultura de tecidos é o método mais viável de propagação vegetativa (Siqueira et al., 1998).

Projetos de pesquisa delineados com o objetivo de desenvolvimento da propagação vegetativa de palmáceas, em escala comercial, devem ser implementados.

6. Referências Bibliográficas

ASSIS, J. S.; MELO, N. F.; QUEIRÓZ, M. A. Avaliação da qualidade dos frutos de quatro acessos de tamareiras (*Phoenix dactylifera* L.) do BAG da Embrapa Semi-árido. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. Anais on line. Disponível em < www.cpatsa.embrapa.br > .

BARCELOS, E.; PACHECO, A. R.; MULLER, A. A.; VIÉGAS, I. de J.; TINOCO, P. B. **Dendê**: Informações básicas para o seu cultivo. Brasília, 1987. 40 p. (EMBRAPA. UEPAE de Belém. Documentos, 1).

BARCELOS, E.; NUNES, C.D.M.; CUNHA, R.N.V. Melhoramento genético e produção de sementes comerciais de dendezeiro. In: VIÉGAS, I.J.M.; MULLER, A.A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa, 2000. p. 145-174.

BAUDOIN, L. Sélection récurrente réciproque chez le palmier à huile. In: CIRAD (Montpellier, France). **Traitements statistiques des essais de sélection**: stratégies d'amélioration des plantes pérennes: actes du séminaire de biométrie et génétique quantitative. Montpellier, 1995. p. 217-226.

BAUDOIN, L.; BARIL, C.; CLEMENTDEMANGE, A.; LEROY, T.; PAULIN, D. Recurrent selection of tropical tree crops. **Euphytica**, v. 96, n. 1, p. 101-114, 1997.

BAUDOIN, L.; DURANDGASSELIN, T. Genetic transmission of characters linked to oil yields in oil palm by cloning results for young palms. **Oleagineux**, v. 46, n. 8-9, p. 313-320, 1991.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. Bangalow palm: Picabeen palm. In: BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Melbourne: Nelson / CSIRO, 1984. p. 74.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. Bangalow palm: Picabeen palm. In: _____. **Forest trees of Australia**. Melbourne: Nelson / CSIRO, 1984. p. 74.

BOURDEIX, R.; MEUNIER, J.; N'CHO, Y. P. Une stratégie de sélection du cocotier *Cocos nucifera*. II. Amélioration des hybrides Grand x Grand. **Oleagineux**, v. 46, n. 7, p. 267-282, 1991a.

BOURDEIX, R.; MEUNIER, J.; N'CHO, Y. P. Une stratégie de sélection du cocotier *Cocos nucifera*. II. Amélioration des hybrides Nain x Grand. **Oleagineux**, v. 46, n. 10, p. 361-374, 1991b.

BOVI, M. L. A.; GODOY, J. R. G.; SAES, L. A. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agronômico de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DOS PESQUISADORES EM PALMITO, 1., 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CNPf, 1988b. p. 1-43.

BOVI, M. L. A. O agronegócio palmito de pupunha. **O Agrônomo**, v. 52, n. 1, p. 10-12, 2000.

BOVI, M. L. A. Cultivo da palmeira australiana visando à produção de palmito. Campinas: IAC, 1988. 26p. (IAC. Boletim Técnico IAC , 172).

BOVI, M. L. A.; GODOY JUNIOR, G. Juvenile-mature correlations in heart of palm plants. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14, n. 3, p. 739-751, 1991.

BOVI, M. L. A.; GODOY, J. R. G.; SAES, L. A. Correlações fenotípicas entre caracteres da palmeira *Euterpe edulis* Mart. e produção de palmito. **Revista Brasileira de Genética**, v. 14. n. 1, p. 105-121, 1991.

BOVI, M. L. A.; GODOY, J. R. G.; SAES, L. S. Híbridos interespecíficos de palmito (*Euterpe oleraceae* x *Euterpe edulis*). **Bragantia**, v. 42, n. 2, p. 343-363. 1987a.

BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H.; CAMARGO, S. B. Correlações fenotípicas entre caracteres avaliados no estágio juvenil e adulto de açazeiros. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990b. p. 635-641.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPf / Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.35-39.

CLEMENT, C.R. Pupunha: recursos genéticos para produção de palmito. **Horticultura Brasileira**, v. 15, supl., p. 186-191, 1997.

CLEMENT, C.R. Pupunha: uma árvore domesticada. **Ciência Hoje**. Especial Amazônia, p. 66-73, 1991.

CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Melhoramento genético da pupunheira: conhecimentos atuais e necessidades. In: SEMINARIO DO AGRONEGOCIO PALMITO DE PUPUNHA NA AMAZONIA, 1., 1999, Porto Velho. **Anais**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1999. p. 57-70. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Documentos, 41).

CLEMENT, C. R.; BOVI, M. L. A. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimentos com pupunheira para palmito. **Acta Amazônica**, v. 30, n. 3, p. 349-362, 2000.

CLEMENT, C. R.; CHAVEZ, W. B.; GOMES, J. B. M. Considerações sobre a pupunha como produtora de palmito. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., 1987, Curitiba. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA-CNPF, 1988. p. 225-247. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 19).

COCHARD, B.; NOIRET, J. M.; BAUDOUIN, L.; AMBLARD, P. Second cycle de sélection récurrente réciproque chez le palmier à huile *Elais guineensis*. Résultat des tests d'hybrides Deli x La Mé. **Oleagineux**, v. 48, n. 11, p. 441-451, 1993.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico em plantios florestais no estado do Paraná**. Colombo, 1986. 89p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 21).

FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V. de. Predição de valores genéticos e estimação de componentes de variância em pupunheira (*Bactris gasipaes*) pela metodologia BLUP/REML com ênfase na produtividade de palmito. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 3, suppl., p. 533, 2000.

FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V. de. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 320-324, 2001.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo dicionário Aurélio**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975. 1499 p.

GONÇALVES, C. H. R. P. Cultura *in vitro* de palmeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE BIOTECNOLOGIA VEGETAL, 1., 1993, Brasília. **Programas e Resumos**. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN / REDBIO, 1993. p. 31.

GUIMARÃES, O. Palmito. **Globo Rural**, n. 174, p. 70-71, 2000.

HARTLEY, C. W. S. Oil palm selection and breeding. In: HARTLEY, C.W.S. **The oil palm**. London: Longman, 1977. p. 195-310.

HENDERSON, A. **Bactris (Palmae)**. New York: New York Botanical Garden, 2000. 181 p. (Flora Neotropica Monograph, 79).

MORA URPI, J.; WEBER, J. C.; CLEMENT, C. R. Peach palm: *Bactris gasipaes* Kunth. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1997. 83 p.

MUNIER, J.; GASCON, J. P. Le schema général d'amélioration du palmier à huile à IRHO. **Oléagineux**, v. 27, p. 1-12, 1972.

MYHARA, R. M.; KARKALAS, J.; TAYLOR, M. S. The composition of maturing Omani dates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 79. n. 11, p. 1345-1350.

NODARI, R. O.; REIS, A.; GUERRA, M. P.; REIS, M. S. Teste de procedência e progênie de palmito (*Euterpe edulis* Mart. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Curitiba, 1987. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. p. 183-188.

NODARI, R. O.; REIS, M. S.; FANTINI, A. C.; REIS, A.; GUERRA, M. P.; MANTOVANI, A.; DIAS, M. P. Teste de procedência e progênie de *Euterpe edulis* – I. Procedências Saí-Guaçú e Itapocu, vales do Mampituba e Araranguá e Médio Vale do Itajaí-Açu. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura / SBEF, 1993. p. 470-472.

NODARI, R. O.; FANTINI, A. C. Melhoramento genético do palmito. In: Reis, M. S.; Reis, A. **Euterpe edulis (Palmito)**: biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p.163-188.

OHASHI, S. T.; KAGEYAMA, P. Y.; COSTA, L. G. S. Variação genética entre populações de *Euterpe oleracea* Mart. do estuário amazônico. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESSÊNCIAS NATIVAS. 2., 1992, São Paulo. **Anais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 1246-1251. Publicado na Revista do Instituto Florestal, 1992.

OLIVEIRA, M. S. P. Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazonia Oriental (Belem, PA). **Programa de Melhoramento Genético e de Adaptação de Espécies Vegetais para a Amazônia Oriental**. Belém: Embrapa, 1999. p. 9-24. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 16).

OLIVEIRA, M. S. P.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí** (*Euterpe oleracea* Mart.). Jaboticabal: FUNEP / Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. 52 p. (Série Frutas Nativas).

QUEIROZ, M. A.; NUNES, R. F. de M.; MELO, N. F.; ASSIS, J. S. Germplasm bank of date palm in Northeast Brasil. In: JORNADAS INTERNACIONALES SOBRE LA PALMERA DATILERA EN LA AGRICULTURA DE LOS OASIS DE LOS PAISES MEDITERRÂNEOS, 1995, Elche, Espanha. **Resúmenes de la ponencias y cartiles**. Elche: GRIDAO / CIHEAM, Estacion Poenix, 1995. 10 p.

RAMOS, M. G.; HECK, T. C. **Cultivo da palmeira-real-da-austrália para produção de palmito**. Itajaí: EPAGRI, 2001. 31 p. (Boletim didático, 40).

REIS, M. S.; VENCOVSKY, R.; KAGEYAMA, P. Y. et al. Variação genética em populações naturais de palmitero (*Euterpe edulis*) na floresta ombrófila densa. In: REIS, M. S.; REIS, A. ***Euterpe edulis* (Palmitero): biologia, conservação e manejo**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000. p.131-149.

RESENDE, M. D. V. de. Genética biométrica no melhoramento de fruteiras. In: PAIVA, J. R. (Eds.). In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 15., 2000, Fortaleza. **Genética no desenvolvimento do Nordeste**: Fortaleza: Sociedade Brasileira de Genética, 2000. Disponível online.

SANTOS, M. de M.; VALOIS, A. C. C.; ROCHA NETO, O. G. Programa Nacional de Pesquisa de Dendê na EMBRAPA: bases sólidas para o desenvolvimento desta cultura no Brasil. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. **Resumos**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1984. p. 251. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 31).

SIQUEIRA, E. R. Coeficiente da repetibilidade de produção de frutos de coqueiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 573-574, 1982.

SIQUEIRA, E. R.; RIBEIRO, F. E.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. Melhoramento genético do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-SPI., 1998, p. 73-98.

SOH, A. C. Ranking parents by best linear unbiased prediction (BLUP) of breeding values in oil palm. **Euphytica**, v. 76, n. 1-2, p. 13-21, 1994.

Mudanças Climáticas Globais e o Melhoramento Genético Florestal

Rosana Clara Victoria Higa
Antonio Rioyei Higa

Foram analisadas as possíveis conseqüências das mudanças climáticas globais no desenvolvimento das plantas e nas diferentes etapas que compõem um programa de melhoramento genético, baseado em regeneração via sementes.

Segundo o relatório do Grupo de Trabalho I do IPCC (Intergovernmental Pannel of Climate Change), Mudanças Climáticas 2001: a Base Científica, a temperatura da superfície do globo terrestre aumentou $0,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante o século 20. Diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa (SRES: Special Report on Emission Scenarios) indicam que a temperatura média vai subir de $1,4$ a $5,8^{\circ}\text{C}$ até o ano de 2100 em relação ao ano de 1990 e o nível dos oceanos deverá subir de $0,09$ a $0,88\text{m}$ até o ano de 2100. O aquecimento deverá ser variável entre diferentes regiões e serão acompanhados por quedas e aumentos nas taxas de precipitação. Também poderão ocorrer mudanças na variabilidade do clima com alterações na freqüência e intensidade de fenômenos climáticos extremos.

Durante os últimos cem anos, a temperatura média anual do Brasil subiu aproximadamente $0,5^{\circ}\text{C}$ (Hulme e Sheard, 1999). Os três anos mais quentes (1995, 1997 e 1998), ocorreram na década de 90, a mais quente deste século. Este aquecimento ocorreu em todas as estações do ano, sendo mais pronunciado no período de junho a agosto. Os registros de precipitação

¹Engenheira-Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Florestas, rhiga@cnpf.embrapa.br

²Engenheiro Florestal, Doutor, Professor da Universidade Federal do Paraná, arhiga@florestas.ufp.br

existentes desde o início do século indicam um aumento da precipitação anual em cerca de 4%, ao longo do século 20. Grande parte deste crescimento tem ocorrido nos períodos de março a maio. As projeções apontam para um aumento de 0,2 e 0,6 °C por década durante o período de junho a agosto, sendo que os maiores aumentos serão observados na Amazônia, onde a precipitação deverá diminuir entre 5 e 20% durante o período de março a maio. O estado do Rio Grande do Sul pode observar um aumento na precipitação entre 5 e 20%. No Pantanal do Mato Grosso, os anos mais úmidos serão duas ou três vezes mais freqüentes, com maior risco de enchentes. A zona seca do nordeste sofre variações opostas numa primeira metade do ano entre dezembro e maio (se tornando mais úmida) e numa segunda, de junho a novembro (se tornando mais seca) (Hulme e Sheard, 1999).

Essas alterações têm sido atribuídas ao aumento na concentração dos chamados gases de efeito estufa na atmosfera. Entre eles o CO₂ é considerado o gás que mais contribui para a intensificação do efeito estufa. Sua concentração subiu de 280 partes por milhão, no período que antecede à Revolução Industrial, para quase 360 partes por milhão nos dias de hoje (Brasil, 1999). O aumento na concentração desses gases é decorrente da atividade antrópica.

O tema vem gerando grandes preocupações na comunidade técnico-científica em nível mundial, pelos prováveis impactos aos diferentes ecossistemas. A área florestal está entre as mais preocupantes, pois, entre outros efeitos, são citados aumento no período de crescimento vegetativo em regiões de altas latitudes, alterações na distribuição natural de animais e plantas, “declínio” de populações naturais, precocidade de florescimento de espécies florestais, severidade de pragas e doenças.

Alguns estudos discutem os efeitos das mudanças climáticas em espécies florestais de interesse para os Brasil, como o *Pinus taeda*, espécie florestal mais plantada nas regiões frias do planalto sulino brasileiro. De acordo com Groninger et al. (1999) as principais respostas fisiológicas do *P. taeda* em relação ao aumento do CO₂ atmosférico, são: as taxas de fotossíntese poderão ser inicialmente aceleradas através da maior disponibilidade de CO₂ e maior eficiência fotossintética (efeito fertilizador no CO₂); respiração, condutância estomática e evapotranspiração não serão afetadas ou podem decrescer; ponto de compensação poderá diminuir com conseqüente aumento

do período de retenção das folhas (beneficia as folhas sombreadas); área foliar poderá aumentar, mas a densidade foliar (área foliar por unidade de comprimento de galhos) poderá diminuir; arquitetura da copa poderá ser alterada em função de modificações nas estruturas dos galhos; sistema radicular poderá aumentar, beneficiando a resistência ao déficit hídrico.

Quais seriam, então, os principais efeitos das mudanças climáticas globais nos programas de melhoramento genético clássico de uma espécie florestal? Para essa análise, é importante lembrar que uma estratégia de melhoramento genético para espécies florestais envolve uma série de etapas discutidas a seguir, onde o ambiente (clima e solo) desempenham papel fundamental:

- a) **Zonas de melhoramento** são áreas ambientalmente homogêneas onde um material genético selecionado poderá ser plantado. Isso significa que os locais de plantios deverão ser caracterizados quanto ao clima e solo e, agrupados em zonas relativamente semelhantes. Os principais fatores climáticos que afetam o desenvolvimento (sobrevivência, crescimento e reprodução) das espécies florestais utilizadas em reflorestamentos no Brasil, são a geada e o déficit hídrico (seca). Alterações climáticas significativas na temperatura, que alterem a intensidade e ocorrência de geadas em um determinado local podem, portanto, influir na definição da Zona de Melhoramento.
- b) **A espécie/procedência** deve ser adaptada ao clima e solo do local de plantio (Zona de Melhoramento), além de produzir madeira com qualidade para o mercado local e apresentar rentabilidade econômica competitiva. Resultados observados em plantios localizados na divisa dos Estados do Paraná e São Paulo, entre as latitudes 24°00' S e 24°30' S, região de transição entre os climas tropical e subtropical, ilustram bem o efeito climático na escolha da espécie. A produtividade atual do *P. taeda* e *P. elliotii* é 25 m³/ha.ano e a produtividade dos Pinus tropicais é 35 m³/ha.ano, ou seja, 40% superior. Isso mostra a importância do clima no estabelecimento das Zonas de Melhoramento e, conseqüentemente, na escolha de espécies/procedências e na complexidade da seleção das árvores que irão compor a População de Melhoramento e os Pomares de Sementes. Caso haja um aumento significativo na temperatura, as sementes de *P. taeda* utilizadas atualmente não seriam mais adequadas para as áreas de plantio da

espécie ou, numa situação mais crítica, a própria espécie deveria ser substituída por outra mais tropical.

- c) **A seleção das árvores** para compor a População de Cruzamento e para compor o Pomar de Sementes é baseada na performance do indivíduo em relação a produtividade (volume) e qualidade da madeira (retidão do fuste, ramificação, etc). Estas são características quantitativas bastante influenciadas pelo ambiente.
- d) **A população de cruzamento** é normalmente composta por várias centenas de indivíduos selecionados. Assim, as árvores selecionadas podem ser agrupadas em uma única população ou várias sub-populações. Geralmente utiliza-se várias sub-populações no caso do programa envolver várias Zonas de Melhoramento.
- e) **Os cruzamentos** entre as árvores selecionadas podem ser controlados ou abertos. Em ambos os casos, os processos são significativamente influenciados pelo ambiente, principalmente pelo clima. Observações fenológicas realizadas em um banco clonal de *P. taeda*, estabelecido em Sengés, PR, no período de 1999 a 2000, mostram que a precipitação influenciou na época de florescimento.

Com base nos aspectos discutidos anteriormente e, considerando que o ciclo (rotação) de uma espécie florestal pode demandar vários anos (sete anos para os eucaliptos e acácia-negra destinados a produção de celulose ou energia; vinte anos para o *P. taeda* destinados a serraria), conclui-se que os efeitos das possíveis mudanças climáticas não devem ser negligenciados no planejamento de um programa de melhoramento genético de uma espécie florestal.

Como não se tem certeza do que possa acontecer, recomenda-se selecionar genótipos (espécies/procedências/progênes/indivíduos) mais generalistas (plásticos e estáveis) e/ou implantar um programa de melhoramento abrangendo toda a área efetiva e potencial de plantio, com uma **População de Cruzamento** formada por um número muito grande de árvores (várias centenas). As sementes das árvores que deverão compor a **População de Selecionada** deverão ser plantadas na forma de testes de progênes, não somente nas áreas potenciais de plantios, mas também de locais representativos dos climas futuros, conforme os vários cenários possíveis.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, Gabinete do Ministro, Coordenação de Pesquisa em Mudança de Clima. ***Efeito estufa e a convenção sobre a mudança do clima***. [Brasília], 1999. 38 p.

GRONINGER, J. W.; JOHNSEN, K. H.; SEILER, J. R.; WILL, R. E.; ELLSWORTH, D. S.; MAIER, C. A. Elevated carbon dioxide in the atmosphere – What might it mean for Loblolly pine plantation forestry? ***Journal of Forestry***, v. 97, n. 7, p. 4-10, 1999.

HULME, M.; SHEARD, N. ***Cenários de alterações climáticas para o Brasil***. Norwick: Climatic Research Unit, 1999. 6 p.

THOMAS, R. B.; LEWIS, J. D.; STRAIN, B. R. Effects of leaf nutrient status on photosynthetic capacity in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings grown in elevated atmospheric CO₂. ***Tree Physiology***, v. 14, p. 947-960, 1994.

Melhoramento Genético da Seringueira para as Regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil

Paulo de Souza Gonçalves

1. Introdução

A borracha natural sempre permaneceu disponível para o homem, desde que ele começou a povoar a terra. Como um hidrocarboneto (isopreno polimerizado), está presente no látex branco de algumas das 7.000 espécies que ocorrem nos dois hemisférios. Nenhuma das grandes civilizações do Velho Mundo, a utilizou para qualquer propósito. No Novo Mundo onde os nativos utilizaram a borracha para menores intentos, os índios amazônicos usavam as sementes da seringueira como fonte primária de alimentos.

Única entre os produtos naturais, a borracha natural combina elasticidade, plasticidade, resistência ao desgaste (fricção), propriedades de isolamento elétrico e permeabilidade aos líquidos e gases. O homem descobriu a “borracha sintética” que apresenta superioridade para algumas utilidades, entretanto, torna-se inferior para a produção de pneus, produto que requer 80% da produção mundial de borracha.

Sua grande importância decorre da influência que veio exercer sobre a civilização humana, chegando mesmo a caracterizar uma época, denominada de “ciclo da borracha”. Seu valor econômico tem exercido influência profunda na civilização moderna, possibilitando o desenvolvimento dos transportes, das indústrias e da tecnologia.

¹ Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas, paulog@cec.iac.br

Um marco importante na história da seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg.] aconteceu em 1823, quando o escocês Charles MacIntosh observou que a borracha se solubilizava na nafta. Isso levou à implantação de pequenas indústrias na Inglaterra, França e Estados Unidos. A maior parte das indústrias falhou, principalmente porque seus produtos tornavam-se pegajosos no calor e quebradiços durante o inverno. Foi em 1839, entretanto, que a borracha realmente tomou a forma atual, quando o americano Charles Goodyear desenvolveu experimentos em laboratório, empregando uma técnica de misturar enxofre à borracha em alta temperatura, resultando num produto de qualidade superior, tornando a borracha que era pegajosa em plástica e elástica. Dessa forma, o processo de vulcanização tinha sido descoberto, fazendo com que mudasse toda a história da borracha. A matéria prima que supria aquelas primeiras indústrias vinha de seringais explorados pelos seringueiros amazônicos.

Foi em 1875, há cerca de 125 anos, que a seringueira foi introduzida no Sudeste Asiático, dando-se início a sua domesticação. Antes era considerada mais uma espécie selvagem da Amazônia. Durante esse período, o melhoramento genético da seringueira contribuiu para o seu progresso, elevando o nível da produção de 400 kg a 3.000 kg/ha/ano nos dias atuais. Melhoristas têm tentado formular novas estratégias, com o intuito de incrementar cada vez mais a produtividade do seringal, integrando um conjunto de métodos desenvolvidos pela pesquisa.

No Brasil, o melhoramento com a seringueira teve início em 1937 após a ocorrência de surtos do mal-das-folhas causado pelo, o fungo *Microcyclus ulei* (P.Henn) v. Arx. nos plantios efetuados pela companhia Ford nos campos da Fordlândia, em 1928, e em Belterra, em 1932, ambos no baixo Amazonas, Estado do Pará.

O presente trabalho tem como objetivo enfatizar as estratégias de seleção utilizadas no melhoramento genético ora em desenvolvimento nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

2. Análise de Mercado

A seringueira tem seu centro de origem na Amazônia. Pertencente ao gênero *Hevea*, da família Euphorbiaceae, tem a *H. brasiliensis* como a espécie mais importante do gênero. Plantada nos países do Sudeste Asiático, alguns países

do continente africano e das Américas Central e do Sul, é considerada a principal fonte de borracha natural, contribuindo com 80% da produção mundial na indústria de pneumáticos. No ano 2000 mais de 75% da produção mundial foi originária do Sudeste Asiático principalmente da Tailândia, Indonésia e Malásia, que contribuíram separadamente com 32%, 27% e 12%, respectivamente da produção global. A produção de borracha natural mundial manteve-se praticamente estável entre os anos de 1999 e 2000 com ligeiro aumento de 0,9%. É importante ressaltar que, entre 1998 e 1999 a produção registrou pequena queda de 0,4%, percebendo-se que a produção vem se mantendo estável. O consumo por sua vez vem aumentando nos últimos anos. A variação foi de 20% entre 1998 e 1999 e de 8,2% entre 1999 e 2000, registrando-se que em 2000, o consumo ultrapassou a produção em 5,4% mostrando um déficit de produção. Segundo Burger e Smit (1997) no cenário mundial da produção vs. consumo, as curvas de produção tendem a divorciar-se nesse milênio, quando o mundo, no ano de 2000 estará produzindo 7,06 milhões de toneladas diante de um consumo de 9,71 milhões de toneladas.

A área total estimada de seringueira plantada no globo é superior a nove milhões de hectares, tradicionalmente cultivados na região equatorial, situada entre 10° Norte e Sul do Equador.

No Brasil, a história da produção da borracha vegetal mostra que o país desfrutou da condição de principal produtor e exportador mundial no final do século XIX e início da segunda metade do século XX passando a ser importador desta matéria-prima a partir do início 1951. Apesar de ser o berço das espécies desse gênero, o Brasil contribuiu em 2000 com apenas 85 mil toneladas, 1,24 da % da produção mundial de 6,85 milhões de toneladas para um consumo de 205 mil toneladas cerca de 3,00% de um total de 7,22 milhões de toneladas da demanda mundial (Internacional..., 2001). No ano 2000 o Brasil importou 122 mil toneladas de borracha natural. Considerando os atuais preços de mercado R\$1,65, o quilograma de borracha seca, o Brasil gastou mais de US\$198 milhões de dólares em importação de borracha natural.

Vale lembrar que a heveicultura é reconhecidamente uma das culturas que mais agrega empregos. A proporção é de um homem para cada 3,5 hectares, ou seja, com apenas 47 mil hectares de seringueira no Estado de São Paulo, são gerados mais de 13 mil empregos no campo.

Para um país que possui, em relação aos demais países produtores, área incomparavelmente maior para o plantio de seringueira, o déficit de produção significa, no mínimo, descaso dos nossos governantes para um produto estratégico de tão alto valor econômico-social. Particularizando as áreas de escape, só o Estado de São Paulo possui 14 milhões de hectares aptos a heveicultura e desse total cerca de 47 mil hectares menos de 0,5% estão ocupados com seringueiras, conferindo ao Estado a condição de primeiro produtor de borracha natural do Brasil, com uma produção em 2000, estimada em 45 mil toneladas mais de 50% da produção nacional e uma produtividade superior a 1.200 kg/ha/ano. Essa produtividade coloca o Estado de São Paulo entre os maiores do mundo, quando comparado com as médias obtidas em 1996, nos tradicionais países produtores como a Tailândia 1.112 kg/ha/ano, Indonésia 706 kg/ha/ano e Malásia 896 kg/há/ano (Loyen, 1998).

3. Objetivo do Melhoramento

Os objetivos atuais do melhoramento genético da seringueira variam de acordo com as necessidades específicas de cada região. No geral, dois são os objetivos principais: o primeiro está voltado exclusivamente para o aumento da produção e vigor como é normalmente praticado nos países da Ásia e África; o segundo está relacionado com o aumento da produção e resistência a doenças importantes a cada região. Um exemplo é o caso dos clones amazônicos das siglas Fx e IAN que foram e continuam sendo melhorados para produção e resistência ao mal-das-folhas.

Entretanto, todo objetivo se fundamenta principalmente na obtenção de clones com alto potencial de produção, seguido de outros caracteres secundários desejáveis que contribuem para a redução do potencial de produtividade. Entre esses caracteres secundários os principais são:

- **Vigor** - reduz o período de imaturidade do clone, proporcionando ganho mais rápido ao produtor.
- **Crescimento do caule durante o procedimento da sangria** - mantém produção satisfatória e reduz a quebra pelo vento
- **Espessura de casca virgem** - diminui a incidência de ferimento no caule, o que afetaria a produtividade nas próximas sangrias dos painéis C e D.

- **Boa regeneração de casca** - proporciona um ciclo econômico de sangria.
- **Resistência às principais doenças da região** - assegura um melhor crescimento e produção também minimiza o risco de plantações com alta incidência de *Microcyclus ulei*, *Colletotrichum gloeosporioides* causadores do mal-das-folhas e Antracnose das folhas e do painel, respectivamente.
- **Tolerância à quebra pelo vento** – assegura um bom estande de sangria por toda a vida útil do seringal.
- **Tolerância à seca do painel** – aumenta a produtividade do seringal.

Um clone vigoroso reduz o período improdutivo do seringal gerando em menos tempo maior retorno do investimento. Abertura precoce do painel e boa produção são somente possíveis nas árvores do seringal que crescem vigorosamente na fase juvenil. Após a abertura, o fotossintetizado é repartido em duas fontes competidoras: látex explotado e crescimento de árvore. Conforme o clone, a taxa de crescimento tende a declinar e a tarefa do melhorista é maximizar a produção do látex na árvore para manter uma produção crescente por muitos anos (Wycherley, 1976). Dessa forma, o bom crescimento do caule, durante o período de sangria, manterá a produção constante ao mesmo tempo em que reduz perdas por quebra de árvores pelo vento.

Segundo Gonçalves *et al.* (1989), o grau de vasos laticíferos é uma característica clonal muito importante que deve ser levada em conta pelos melhoristas, considerando-se que um clone com alto índice de obstrução responde à estimulação do ethefon quando aplicado no painel de sangria.

Resistência a doenças é essencialmente uma maneira de assegurar melhor crescimento e também reduzir o risco de perdas, em casos severos de ataques do mal-das-folhas. As doenças foliares diminuem efetivamente a área fotossintética, afetando o crescimento do clone, e conseqüentemente a produção de borracha. O objetivo do melhorista é, assim, reduzir a incidência natural de doenças das folhas. Imunidade (ausência de doenças) seria interessante existir, porém, na prática, é um objetivo irreal. Redução a um nível tolerante (sem ser demasiadamente preciso) seria suficiente.

4. Estratégias de Seleção

4.1. Seleção de parentais

A seringueira, por ser uma cultura perene, a seleção cuidadosa dos parentais é da maior importância por evitar desperdício de tempo e custos. Até a década de 80, o método convencional de seleção utilizado no IAC, era predominantemente especulativo, e baseado na intuição do melhorista. Este método era satisfatório numa situação em que o número de parentais era limitado.

Recentemente, devido à multiplicidade de caracteres envolvidos, a seleção de parentais tornou-se mais complexa, considerando que a produção deixou de ser o único objetivo, incluído dentre outros caracteres secundários tais com: precocidade, arquitetura da copa, resistência a doenças de folha e painel (Gonçalves *et al.*, 1997).

O uso da genética quantitativa no estudo desses caracteres, em princípio tem favorecido do entendimento o modelo da herança da cultura (Gonçalves *et al.*, 1992, 1995, 1996; 1998a; Moretti *et al.*, 1994 e Boock *et al.*, 1995; Costa, 1999; May *et al.*, 2001). Resultados mostram que a maior porção da variância genética para produção e vigor é de natureza aditiva. Assim, parentais elites podem ser utilizados diretamente nos cruzamentos sem necessidade de testes de progênies para confirmar o potencial dos mesmos.

4.2. Etapas de seleção

O ciclo de melhoramento genético da seringueira, compreende três etapas de seleção. Inicialmente, procura-se obter progênies por via de polinização controlada ou aberta, visando à formação de viveiros de progênies. A primeira seleção ocorre aos dois anos e meio, com base em avaliações de produção através de testes precoces de produção, vigor e tolerância a doenças, em experimentos. Os ortetes são selecionados e clonados para serem testados em experimentos de avaliação de clones em pequena escala (EAPes). Na segunda etapa do ciclo de seleção, após o primeiro ano de sangria, os clones promissores são multiplicados e passam a ser avaliados em experimentos de avaliação de clones em grande escala (EAGes) ou ensaios regionais. Nesta última etapa, são gastos geralmente de 12 a 15 anos, até que se possa

recomendar um clone para plantio em grande escala (Figura 1). Portanto, são necessários cerca de 25-30 anos para completar o ciclo de melhoramento, partindo-se da polinização controlada até recomendação final de um clone.

4.2.1. Seleção de ortetes em viveiros de progênies

Até meados da década de 80, a população de progênies obtidos de polinização controlada era pequena e controlável. Todos os ortetes eram clonados efetuando-se a seleção com base no vigor e produção. Nos últimos anos observou-se que, aliados ao vigor e produção existem outros caracteres secundários importantes, tais como: arquitetura da copa e resistência à antracnose do painel etc. que influencia indiretamente na produtividade do seringal. Segundo Simmonds (1969, 1979) quando o número de caracteres procurados aumenta, são necessárias grandes populações para uma seleção efetiva. Com base nos resultados da pesquisa obtidos no Estado de São Paulo, decidiu-se pela obtenção de grande número de famílias de pequeno porte ao invés de poucas famílias de grande porte, por considerar que um maior número de combinações com diferentes parentais permitiria um maior sucesso na seleção de ortetes com múltiplos caracteres.

Na seleção de ortetes em viveiros de progênies, resultados significativos têm sido conduzidos com vistas ao aprimoramento da metodologia. Com base em estudos de correlação dos caracteres juvenis e adultos, Gonçalves *et al.* (1989) e Tan (1988) sugerem uma pressão de seleção alta em torno de 20% a 30% dos indivíduos mais produtivos, em vista da baixa correlação existente entre produção precoce e adulta, seguido de uma segunda seleção com base no vigor, espessura de casca, tolerância a doenças, arquitetura de copa e forma de esgalhamento sobre os indivíduos previamente selecionados para produção. Aqueles indivíduos promissores com base nos referidos caracteres são em seguida submetidos a uma terceira seleção com base no índice de obstrução e densidade de vasos laticíferos. Os ortetes com produções e caracteres secundários favoráveis, são multiplicados e submetidos aos testes nos EAPEs, enquanto que os poucos genótipos mais promissores seriam testados em parcelas de promoção ou blocos monoclonais com objetivo de reduzir o ciclo de testes clonais. (Figura 1)

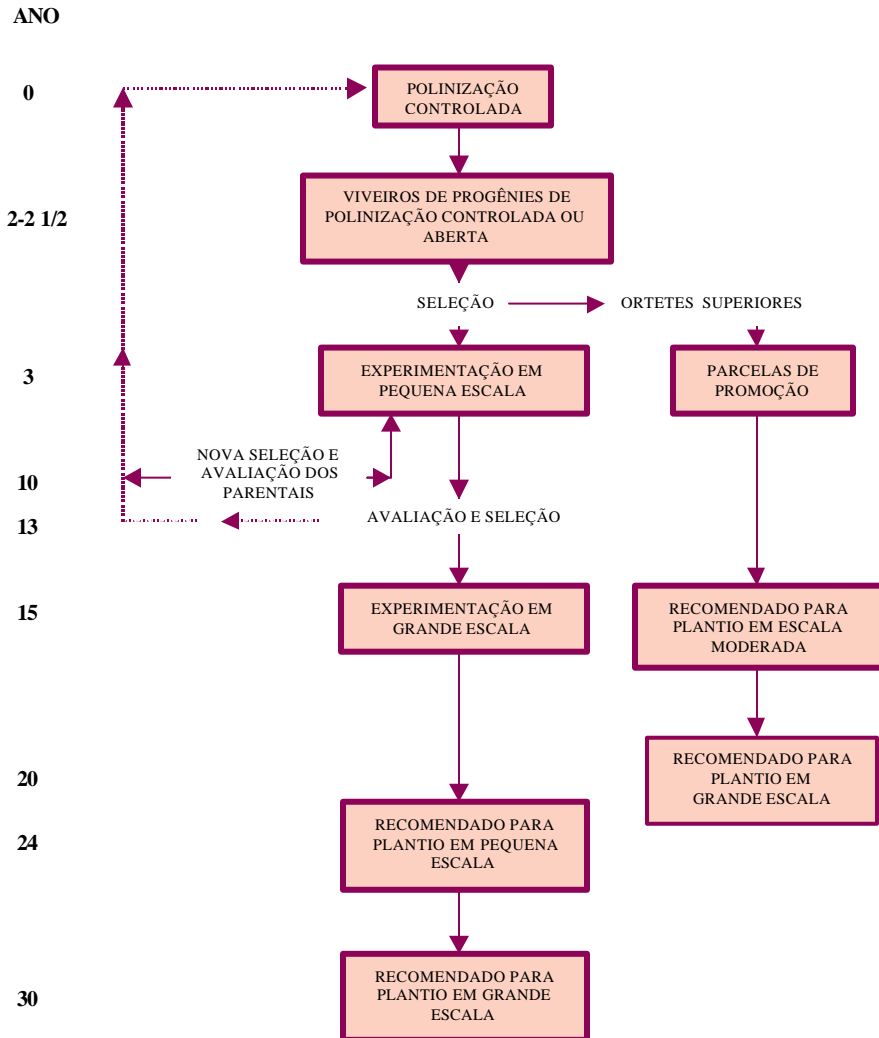


FIGURA 1. Ciclo de seleção e melhoramento genético da seringueira utilizado no Instituto Agrônomo de Campinas.

4.2.2. Avaliação de novos clones em pequena escala

Os ortetes selecionados são clonados e em seguida, testados em Experimentos do tipo Pequena Escala. Estes são normalmente estabelecidos no campo, em vários experimentos sob o delineamento em blocos ao acaso com alguns tratamentos comuns com três repetições e oito plantas por parcela.

Para a denominação dos novos clones originários dos ortetes selecionados é adotado o seguinte sistema: abreviação do nome da estação experimental em que foi obtido o clone, seguido do número do ortete no viveiro de progênie e do ano da polinização. Exemplo: Pind 10/87 refere-se ao primeiro clone originado do ortete de número 10, avaliado no viveiro instalado em 1987, na Estação Experimental de Agronomia de Pindorama.

Durante o período de imaturidade do ensaio, mensurações anuais são conduzidas a partir do primeiro ano. Dado de produção são registrados quando mais de 50% das plantas estão com perímetro do caule ideal para sangria. Normalmente, o sistema de sangria utilizado é o S/2 d/2 e o registro é feito pelo coágulo das tigelas uma vez ao ano, onde é seco em condições normais de sombra e ventilação por três meses e, em seguida pesado. O peso total dos doze meses é dividido pelo número de “coágulos” e o resultado é expresso em gramas/árvores/sangria/ano de borracha seca.

Após dois anos de sangria, os clones promissores são selecionados com base na produção. As seguintes características são levadas em consideração ao se selecionar um clone para os testes futuros: (a) produção; (b) precocidade; (c) formato de esgalhamento e (d) incidência de doenças e, se possível, (e) qualidade do látex.

Os clones que apresentarem boa produção e caracteres secundários aceitáveis são multiplicados e plantados em experimentos de avaliação em grande escala.

Quando um desses clones é selecionado para ser avaliado em experimentos do tipo grande escala em propriedades particulares, ou nas Estações Experimentais do Instituto Agrônomo utiliza-se a sigla definitiva, obedecendo ao seguinte esquema: sigla da instituição (IAC), seguida pela série do clone determinada pela instituição. Exemplo IAC 300 refere-se ao clone IAC da série 300.

4.2.3. Avaliação de novos clones em grande escala - seleção final

O objetivo desse experimento é obter informações sobre o desempenho dos clones sob diferentes condições ambientais antes de ser efetuada qualquer recomendação ao produtor para plantios comerciais. Os tratamentos que dele fazem parte são constituídos de clones promissores de outras instituições de pesquisa, quer sejam estrangeira, ou nacional, juntamente com clones selecionados nos experimentos de avaliação de clones em pequena escala. (EAPEs) resultantes do programa de melhoramento do IAC.

São incluídos no experimento como testemunha clones de desempenho conhecido na região. Parcelas entre 40 e 60 plantas são recomendadas. Durante o período de imaturidade dos clones são feitas observações sobre o vigor e doenças existentes na região onde os clones estão sendo testados. No final, serão conhecidos os locais onde os clones de seringueira melhor se adaptam e para serem recomendados em nível de pequena escala ou grande escala.

O esquema de sangria e o método de coleta de dados são semelhantes ao experimento em pequena escala. Embora a produção seja o mais importante caráter considerado nesse tipo de experimento, características secundárias, tais como: formato da copa do clone, queda de produção durante a senescência, incidência de doenças de folhas e do caule, espessura, regeneração de casca e qualidade do látex, são também consideradas. Com base nessas informações, os clones são recomendados para o plantio comercial.

Para posterior aferição dos dados de produção de borracha, extrapolados para hectare/ano, são adotados os seguintes critérios:

- Número de corte por ano: 140 cortes no ano no sistema S/2 d/2.
- 1º ano – 240 plantas (60% do stand)
- 2º ano – 340 plantas (85% do stand)
- 3º ano – 380 plantas (95% do stand)
- 4º ano em diante – 400 plantas (100% do stand)

A paralisação ou não da sangria, do clone em avaliação no período de senescência, baseia-se nas informações obtidas nos experimentos de avaliação de clones em pequena escala.

As avaliações anuais da produção, vigor, tolerância ao vento e doenças e pragas, são feitas nos experimentos de avaliação em grande escala de maneira semelhantes àqueles preconizados para os experimentos em pequena escala.

Concomitantemente ao desenvolvimento vegetativo, são efetuados os registros agrometeorológicos nos experimentos. São também realizadas observações fenológicas com ênfase aos momentos fenológicos mais representativos dos clones incluídos na avaliação. Dá-se ênfase ao estudo da sazonalidade do crescimento, desenvolvimento e produção dos clones que se destacaram nos experimentos de avaliação em pequena e grande escala, considerando: radiação solar como processo fotoenergético; temperatura do ar; disponibilidade hídrica, mediante balanço hídrico.

Anualmente, é realizada amostragem de folhas no grupo de experimentos de avaliação clones em grande escala. Com o objetivo de verificar seu estado nutricional, é efetuada uma amostragem de solo a cada três anos. Para isso, são conduzidas as relações entre o estado nutricional dos clones crescimento e produção.

Após quinze anos de avaliação serão conhecidos os locais onde os clones de seringueira melhor se adaptaram, daí a sua recomendação em nível de pequena e grande escalas

5. Interação Genótipo X Ambiente

Embora a importância dos efeitos genótipo x ambiente tenha sido reconhecida há algum tempo, pesquisas com a seringueira tiveram início somente nos anos sessenta, pelo RRIM (Rubber, 1979; Tan, 1995). No Srilanka os estudos foram iniciados em 1975, (Jayasekera, 1977, 1983, 1984). Na Indonésia (Daslin, 1986), Nigéria (Onokpise, 1986) e Índia (Meenattor *et al.*, 1991) as pesquisas são mais recentes.

No Estado de São Paulo, onde a seringueira vem se expandindo em áreas agroclimáticas bastante diferenciadas daquelas da região amazônica, o clima

vem se mostrando apropriado ao seu cultivo. Em muitos locais, as plantas alcançam perímetro do caule aptos à sangria em idade inferior a sete anos. Por outro lado, a grande variação dos elementos climáticos, tais como: frio e déficit hídrico, observada nessas regiões ao longo da avaliação da produção, interfere nos processos fisiológicos das plantas. Como consequência, ocorrem variações no ciclo anual da produção de populações estabelecidas em determinados locais (Ortolani, 1985), comprovando a existência de interações genótipo x ano (Kalil Filho, 1982; Gonçalves *et al.*, 1990) e interações genótipo x locais (Gonçalves *et al.* 1998 a, 1998b, 1998c, 1999), altamente significativas.

Embora a existência de interação genótipo x ambiente tenha sido claramente demonstrada para clones de seringueira no Estado de São Paulo, a soma de variação atribuída a cada tipo de interação (edáfica, climática etc.) e a estabilidade de clones individuais sob as mais variadas condições continuam sendo pesquisadas, contribuindo na especificação da amplitude na qual os clones podem ser utilizados. Se as respostas, no que tangem a plasticidade obtida através de regressões, possuem alta herdabilidade de maneira semelhante a outras culturas, existirá, portanto, a esperança de obter genótipo através de cruzamento com uma amplitude específica de condições de uma certa maneira determinada.

6. Considerações sobre o Uso da Madeira

A madeira de seringueira tem se tornado uma fonte importante de renda após a exploração do látex da cultura principalmente na Malásia onde 70% a madeira utilizada vem da seringueira exportando para o Japão para produção de móveis ao preço de US\$300 a US\$400 o metro cúbico .

Geralmente, quando a produção de látex em um talhão não é mais economicamente viável, procede-se a derrubada de árvores, seguida do replantio da área. A madeira remanescente pode ser utilizada como combustível ou celulose, e com o tratamento químico, pode ser utilizada na indústria de móveis (Kamala & Rao, 1989) e na fabricação de portas, janelas, formas para concreto armado, vigas, colunas, painéis e artigos domésticos como a madeira compensada (Haridasan, 1989).

Segundo Pushpadas *et al.* (1980) as árvores no final de seu ciclo produtivo apresentam um perímetro médio do caule em torno de 110-100cm (125 cm acima do solo), sendo aptas para corte aproximadamente 184/hectares. De uma árvore obtêm-se 0,62 m³ provenientes do tronco e cerca de 0,39m³ provenientes dos ramos laterais, totalizando 1,10 m³/árvore.

Segundo Haridasan (1989) em um hectare de seringal com 450 árvores, 200 árvores são aptas para corte, com produção de 1m³/árvore. Peries (1990) confirma a possibilidade de extração de 130-180 toneladas de madeira/ha em um seringal no final do seu ciclo produtivo.

Segundo Ibrahim *et al.* (1993), algumas espécies de seringueira entrecortadas na Amazônia são potenciais para produção de madeiras tais como *H. guianensis*, *H. nitida*, *H. pauciflora* e *H. benthaminana* por apresentarem grandes diâmetros e altura com troncos razoavelmente retos.

6.1. Propriedades

Em estudos anatômicos conduzidos pelo Ibama, verificou-se que a madeira da seringueira tem fibras curtas e estrutura macroscópica uniforme, cerne e albarno indistintos coloração marrom-muito-pálida, camadas de crescimento distintos e irregulares, grã direta e textura média. A média do comprimento dos elementos de vaso é de 757,8 µm e das fibras é de 1501,21µm, característico de fibras curtas. A análise química dessas fibras revelou um teor médio de 22,1% de lignina, 39,1% de celulose, 2,5% de extrativos e 74,5% de holocelulose (Okino *et al.*, 2000).

A densidade no Brasil é de 490 kg/m³ (Ibama, 1998) e na Índia gira em torno de 560 a 650 kg/m³ e a umidade da madeira recém-cortada é de aproximadamente 60%, podendo ser reduzida para 15% quando seca ao ar, exigindo pelo menos 10 dias de exposição nessas condições (Haridasan, 1989).

O grande problema da utilização dos produtos provenientes da madeira de seringueira é a alta susceptibilidade ao ataque de fungos e insetos (besouros e cupins), devido à ausência de cerne na madeira e a um alto teor de amido e açúcares (Tabela 1), necessitando, portanto, de um tratamento profilático logo após o corte, em um período menor que 24 horas (Prakash, 1990).

Além disso, problemas de contração da madeira devido a existência de tração (Haridasan, 1989), dificultam a sua utilização (Rao *et al.*, 1990). A ocorrência de tração é natural, e não pode ser evitada, porque suas causas ainda não são muito conhecidas. Para tentar minimizar esses problemas na madeira recomenda-se proteger o seringueiro do vento (quebra-ventos) diminuindo as torções dos ramos, troncos e a quebra das árvores.

TABELA 1. Composição química da madeira de seringueira

Constituintes	IBAMA	Porcentagem (%)
Celulose	39,1	43,9
Lignina	22,1	23,3
Pentoses	-	18,0
Resinas	-	3,9
Outros	-	10,9

Fonte: Peries (1990).

6.2. Tratamento

Segundo José *et al.* (1989) os fungos mais comuns que deterioram a madeira são: *Botryodiplodia theobromae* associado com *Aspergillus* spp., *Penicilium* spp. e *Fusarium* spp., entre outros.

A recomendação de tratamento químico na madeira é a mesma para outras em geral. A escolha do tratamento mais adequado depende da finalidade a que se destina o material. Segundo Haridasan (1989), os métodos mais utilizados são o tratamento por difusão e por vácuo.

O primeiro é o método mais comum, e consiste em pulverizar ou imergir a madeira logo após o corte em uma mistura de sódio pentaclorofenol (contra fungos), bórax à 1-2% (contra insetos) e ácido bórico à 25%. São necessárias três semanas para completar o tratamento. Cada prancha é mergulhada por 5 a 10 minutos e empilhadas uma sobre as outras com um pequeno espaço entre cada uma delas, posteriormente a pilha deve ser coberta com um lona de polietileno por três semanas. Normalmente utiliza-se esse tipo de tratamento em móveis que não serão expostos à chuva, pois o Boro absorvido pelas células de madeira é solúvel em água sendo facilmente lixiviado. Segundo Tan *et al.* (1979) o tratamento por difusão protege a madeira apenas superficialmente.

O outro processo consiste em impregnar às células da madeira com uma solução de Cromo e Arsênio, através de pressão e vácuo, permitindo uma maior resistência da madeira, por um período prolongado. Uma completa infiltração da solução é conseguida sem dificuldades em uma tábua de 5 cm de espessura, quando colocada por duas horas sob 15 kg/cm² de pressão, mas é necessária secagem prévia da madeira. Esse método não preserva a coloração natural da madeira.

Recentemente o Ibama (1998) mostrou que a madeira da seringueira pode ser facilmente tratada com preservativos à base de creosoto e CCA-C, por ter estrutura porosa, cujas retenções médias foram de 472,2 e 14,1 kg/m³, respectivamente.

Quanto aos aspectos de secagem, os dados preliminares conduzidos pelo Ibama (1998) identificaram defeitos tipo rachadura de topo e torcimento. A indústria de processamento da madeira da seringueira nas regiões produtoras ainda está muito defasada, em comparação com as indústrias de outras madeiras. Segundo Brion (1993) o índice de rendimento da madeira serrada de seringueira é de 20 a 30% inferior ao índice de 50 a 60% obtido com outras de madeiras tropicais.

7. Tendências Futuras

O maior desafio da heveicultura é o aumento na população mundial, com o resultante aumento da demanda não somente da borracha natural, mas também para maior número de empregos e geração de renda especialmente nas áreas rurais. Em vista disso programas de pesquisa na área de melhoramento genético dentre outros são muito importantes. Ao longo dos anos os melhoristas alcançaram altos ganhos na produção de clones para plantio, proporcionando um aumento de até oito vezes na produção de borracha em relação a produtividade dos primeiros seringais asiáticos. A repetição dessa proeza neste século só será possível se o melhoramento genético conseguir o estímulo gerado por um enfoque multidisciplinar de modo a atingir a meta de 6.000 kg/ha/ano de borracha seca por clone.

Em termos globais, a oferta e a demanda vão permanecer equilibradas por alguns anos, segundo Burger e Smit (1997). Contudo, segundo os autores, no início desse milênio a demanda será bem maior do que a oferta, tornando-se

crítica no ano 2020 quando o mundo estará produzindo 7,06 milhões de toneladas diante de um consumo de 9,71 milhões de toneladas. Para que o alvo seja atingido programas de pesquisa e de desenvolvimento de tecnologias serão necessários, uma vez que resultados de pesquisa mostraram no passado, importância marcante da pesquisa no desenvolvimento da heveicultura. Esses programas contribuirão para o melhoramento da produtividade, em particular para as pesquisas sobre doenças e sobre incidentes de sangria como seca do painel.

Pesquisas devem também ser direcionadas ao plantio em áreas de escape com vistas a evitar dentre outros problemas o mal-das-folhas. Poderiam também encorajar o pequeno heveicultor no desenvolvimento de sistemas de manejo integrado incluindo outros cultivares.

Na área de pesquisa básica a construção de um mapa genético através de marcadores moleculares estimularia a aquisição de informações acerca de organização genética das espécies do gênero. O domínio de plantas haplóides e dihaplóides através de cultura de anteras, reduziria consideravelmente o processo de seleção para caracteres desejáveis com a finalidade de explorar o vigor híbrido.

É importante considerar o impacto ambiental positivo de um estande seringueira. Após a sua implantação um seringal constitui um sistema estável apresentando características de floresta tropical. A seringueira é uma fonte renovável de matéria-prima (borracha) necessitando de pouca energia para sua produção, as árvores apresentam grande capacidade de seqüestro de carbono, transformando-o em látex, madeira, etc., contribuindo assim para a redução dos problemas ambientais.

8. Referências Bibliográficas

ANUÁRIO ESTATÍSTICO: Mercado da Borracha – 1994/1995. Brasília: Superintendência da Borracha, v. 9, n. 11, 1998.

BOOCK, M. V.; GONÇALVES, P. de S.; BORTOLETTO, N.; MARTINS, A. L. M. Herdabilidade, variabilidade genética e ganhos para a produção e caracteres. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 5, p. 673-681, 1995.

BRION, H. Rubberwood processing: current status and possibilities for improvement. In: INTERNATIONAL FORUM ON INVESTMENT OPPORTUNITIES IN THE RUBBERWOOD INDUSTRY, 1993, Kuala Lumpur. *Proceedings...* Kuala Lumpur: ASEAN Timber Technology Centre, 1993. p. 1-20.

BURGER, K.; SMIT, H.P. *The natural rubber market review, analysis, policies and outlook*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 1997. 349 p.

COSTA, R. B. da *Métodos de seleção, interação genótipo x ambiente e ganho genético para o melhoramento da seringueira no Estado de São Paulo*. 1999. 143 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

DASLIN, A.; BAIHAKI, A.; DANAKUSUMA, T. M.; HAERUMAN, M. S. Genotypes environment interaction in rubber and their implications in clonal selection. *Bulletin Perkaretan*, v. 4, p. 23-28, 1986.

GONÇALVES, P. de S.; BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. dos; ORTOLANI, A. A.; SIGNINI, I.; SHIKASHO, E. H. Growth trends, genotype-environment interaction and genetic gains in six-year old rubber tree clones (*Hevea*) in the state of Sao Paulo, Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, Ribeirão Preto, v. 21, n. 1, p. 115-122, 1998 a.

GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; COLOMBO, C. A.; ORTOLANI, A. A.; MARTINS, A. L. M.; SANTOS, I. C. I. Variabilidade genética da produção anual da seringueira: estimativas de parâmetros genéticos e estudo de interação genótipo x ambiente. *Bragantia*, Campinas, v. 49, n. 2, p. 305-320, 1990.

GONÇALVES, P. de S.; CARDOSO, M.; IGUE, T.; MARTINS, A. L. M.; LAVORENTI, C. Correlations studies between plugging index, yield girth and bark thickness in *Hevea* clones. *Brazilian Journal of Genetics*, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 589-603, 1989.

GONÇALVES, P. de S.; FUJIHARA, A. K.; ORTOLANI, A. A.; BATAGLIA, O. C.; BORTOLETTO, N.; SIGNINI, I. Phenotypic stability and genetic gains in six-year girth growth of *Hevea* clones. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1223-1232, 1999.

GONÇALVES, P. de S.; GALLO, P. B.; SIGNINI, I.; ORTOLANI, A. A.; BRIOSECHI, A. P.; LANDELL, M. G.; SOUZA, S. R. Components of variance and interaction between genotype and environment for annual girth increment in rubber tree. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1329, 1998c.

GONÇALVES, P. de S.; GORGULHO, E. P.; MARTINS, A. L. M.; CARDOSO, M.; BERMOND, G. Variação genética de componentes de crescimento em progênies jovens de uma população de clones de seringueira. *Bragantia*, Campinas, v. 51, n. 2, p. 161-171, 1992.

GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLETTO, N.; CARVALHO, A. Z. Broad sense heritability values and possible genetic gains in clonal selections of *Hevea*. *Brazilian Journal of Genetics*, v. 18, n. 4, p. 605-609, 1995.

GONÇALVES, P. de S.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLETTO, N.; TANZINI, M. R. Estimates of genetic parameters and correlations of juvenile characters based on open pollinated progênies of *Hevea*. *Brazilian Journal of Genetics*, v. 19, n. 1, p. 105-111, 1996.

GONÇALVES, P. de S.; ORTOLANI, A. A.; CARDOSO, M. *Melhoramento genético da seringueira*: uma revisão. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1987. 55 p. (IAC. Documentos, 54).

HARIDASAN, V. Rubber wood-promise of the future. *Rubber Board Kottayam*, v. 25, p. 7-8, 1989.

IBRAHIM, Z.; AHMAD, D.; NGAH, M. L. Potential for planting rubber trees for timber production. In: INTERNATIONAL FORUM ON INVESTMENT OPPORTUNITIES IN THE RUBBER WOOD INDUSTRY, 1993, Kuala Lumpur. [*Forum*]. Kuala Lumpur: IRRDB, 1993. 20 p.

INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP. Production of natural rubber: .Table 7. *Rubber Statistical Bulletin*, Wembley, v.55, n. 7, p. 17-18, 2001.

JAYASEKERA, N. E. M. A basis for selecting *Hevea* clones stable to unpredictable agroclimatic variability. *Silvae Genética*, v.3, n. 2, p. 181-185, 1983.

JAYASEKERA, N. E. M.; KARUNASEKERA, K. B.. Effect on environment on clonal performance with respect to early vigour and yield of *Hevea brasiliensis*. In: MEETING ON HEVEA PHYSIOLOGY EXPLOTATION AND BREEDING ON HEVEA PHYSIOLOGY EXPLOTATION AND BREEDING, 1., 1984, Montpellier. *Proceedings...* Montpellier: IRRDB, 1984. p. 250-255.

JAYASEKERA, N. E. M.; SARAMANAYAKE, P.; KARUNASEKERA, K. B. Initial studies on the nature of genotype-environment interaction in some *Hevea* cultivars. *Journal of the Rubber Research Institute of Sri Lanka*, v. 54, p.3 3-39, 1977.

- JOSÉ, V.T.; RAJALAKSHMI, V. K.; JAYARATHNAM, K.; NEHRU, C. R. Preliminary studies on the preservation of rubber wood by diffusion treatment. *Rubber-Board-Bulletin*, v. 25, n. 2, p. 11-16; 1989.
- KALIL FILHO, A. N. *Potencial de produtividade e estabilidade fenotípica na caracterização de clones de seringueira (Hevea spp.)*. 1982. 116 f. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Piracicaba.
- KAMALA, B. S.; RAO, P. V. K. Physical and mechanical properties of *Hevea brasiliensis* (rubber wood) – a review. *Rubber Board Bulletin*, Katayan, v. 25, p. 27-28, 1989.
- LOYEN, G. Le futur du Cautchouc naturel et L'INRO. *Plantation, Recherche Developpement*, Paris, v. 5, n. 4, p. 261-268, 1998.
- MAY, A.; GONÇALVES, P. de S.; ALARCON, R. S. C. Herdabilidades e associações entre caracteres de produção e vigor em progênies de seringueira. *Científica*, São Paulo, 2001. no prelo.
- MEENATTOR, R. J.; VINOD, K. K.; KRUSHNAKUMAR, A. K.; SETURAJ, M. R.; POTY, S. N.; SINHA, R. R. R. Clone x environment interaction during early growth phase of *Hevea brasiliensis*. I clonal stability on girth. *Indian Journal Natural Rubber Research*. v. 4, p. 51-58, 1991.
- MORETI, D.; GONÇALVES, P. de S.; GORGULHO, E. P.; MARTINS, A. L. M.; BORTOLETTO, N. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos esperados com a seleção de caracteres juvenis em progênies de seringueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 7, p. 1099-1109, 1994.
- OKINO, E. Y. A. SANTANA, M. A. E.; SOUZA, M. R. de. Utilização da madeira de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Na fabricação de chapas aglomeradas. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 24, n. 3., p. 341-347, 2000.
- ONOKPISE, O. U.; OLAPADE, O.; MEKAKO, H. U. Genotype x environment interaction in *Hevea Brasiliensis* (Müell. Arg.) *Indian Journal of Genetics*, v. 46, p. 506-511, 1986.
- ORTOLANI, A. A. A Aptidão climática para a cultura da seringueira em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 11, n. 121, p. 8-12, 1985.
- PERIES, O. S. Rubber wood a by product of the natural rubber industry. *Rubber research Institute of Sri Lanka Bulletin*, Colombo, v. 15, p. 1-5, 1990.

- PRAKASH, G. H. Rubber wood problems and prospects. *Rubber Board Bulletin*, Kottayam, n. 25, p. 16-18, 1990.
- PUSHPADAS, M. V.; HARIDASAN, V.; JAYARATHNAM, K. By products and ancillary in rubber plantations. In: RADHAKRISNA PILLAY, P. N. (Ed.). *Handbook of natural rubber production in India*. [S.l.]: Rubber Research Institute of India, 1980. p. 505-514.
- RAO, R. V.; HEMAVATHI, T. R.. Reaction wood. A natural defect in rubber wood. *Rubber Board Bulletin*, Kottayam, v. 25, p. 13-15, 1990.
- RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYA. Planting recommendations, 1973-1974. *Planters' Bulletin Rubber Research Institute of Malaya*, n. 125, p. 33, 1979.
- SIMMONDS, N. W. Genetical base of plant breeding. *Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia*, Kuala Lumpur, v. 21, n. 1, p. 1-10, 1969.
- SIMMONDS, N. W. *Principles of crop improvement*. London: Longman, 1979. 408 p.
- TAN, A. G.; SUJAN, A.; CHONG, K. F.; TAM, M. K. Bio-deterioration of rubber wood and control measures. *Planter's Bulletin*, n. 160, p. 106-117, 1979.
- TAN, H. A study on nursery selection in *Hevea* breeding. In: SYMPOSIUM ON NATURAL RUBBER (HEVEA BRASILIENSIS), 1997, Ho Chi Minh City, Vietnam. *Symposium*... Brickendonbury: International Rubber Research and Development Board, 1998. v. 1, p. 114-120.
- TAN, H. Genotype x environment interaction studies in rubber (*Hevea*) clones. *Journal of Natural Rubber Research*, v. 10, n. 1, p. 63-76, 1995.
- VAZQUEZ CORTEZ, J. A evolução da cultura da seringueira no Estado de São Paulo – Brasil. In: GONÇALVES P. de S.; BENESI, J. F. (Eds.). CICLO DE PALESTRAS SOBRE A HEVEICULTURA PAULISTA, 1., 1998, Barretos. *Anais*... Barretos: SAA / APABOR, 1998, p. 61-92.
- WHITBY, S. Variation in *Hevea brasiliensis* *Annals of Botany*, v. 33, p. 313-320, 1919.
- WYCHERLEY, P. R. Rubber. In: SIMMONDS, N. W. (Ed.) *Evolution of crop plants*. London: Longman, 1976. p. 77-86.

Melhoramento Genético para a Produção de Tanino no Brasil

Admir Lopes Mora

Antonio Rioyei Higa

Rosana Clara V. Higa

Augusto Arlindo Simon

1. Introdução

Taninos são substâncias orgânicas, de natureza fenólica, utilizados como pré-curtente, curtente ou recurtente, no processamento da pele dos animais em couro. Também estão sendo utilizados na produção de adesivos, de anti-corrosivos, de floculantes no tratamento de água e de condicionadores de lama lubrificadora nas perfurações de poços petrolíferos.

Plantas taníferas ou tanantes são aquelas com maior quantidade de tanino, a ponto de permitirem aplicação industrial (Rizzini & Mors, 1976). Segundo Granja (1986), o tanino está limitado em certos tecidos (epiderme, córtex, parênquima do floema, raios medulares e parênquima externo da medula). Poser et al. (1990), relatam que no tecido vivo do vegetal os taninos estão presentes sobretudo em solução nos vacúolos. Quando a célula envelhece e perde seu conteúdo protoplasmático, o tanino é absorvido na parede celular e no tecido morto, onde se acumula em quantidades consideráveis. Nos vegetais, esses compostos têm a função de defesa e proteção. Em virtude de sua adstringência, eles impedem o ataque de herbívoros às folhas e ao tronco.

¹ Engenheiro Florestal, Mestre, aluno do curso de pós-graduação - Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

² Engenheiro Florestal, Doutor, Professor do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

³ Engenheira-Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da Embrapa Florestas, rhiga@cnpf.embrapa.br

⁴ Engenheiro Florestal, Gerente de Silvicultura e Pesquisa da Tanac S/A

Atualmente, os extratos tanantes disponíveis em escala comercial são extraídos, principalmente, da casca da acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) e do cerne do quebracho (*Schinopsis balansae* Engl. e *S. lorentzii* Engl.). Rizzini & Mors (1976) incluem, também, como plantas taníferas, o barbatimão, o angico, a aroeira, o mangue-vermelho e o *Eucalyptus astringens* (espécie não plantada no Brasil).

O teor de tanino é expresso em porcentagem. Dependendo da metodologia de extração e da porcentagem de umidade estabelecida, os valores podem variar de 20 a 40%. Admitindo-se que o teor seja 30%, entende-se que em cada 100 quilos de casca seca ao ar extrai-se 30 quilos de tanino.

A acácia-negra é a espécie florestal mais importante e conhecida no mundo como produtora de tanino vegetal. A produção de tanino no Brasil é essencialmente oriunda de plantações de acácia-negra e, por esse motivo, essa espécie será o foco deste trabalho.

Em plantações de acácia-negra no Rio Grande do Sul, aos oito anos de idade, a estimativa do teor médio de tanino na casca é de 27% (Maestri, 1987). O aumento do teor de tanino é correlacionado positivamente com os aumentos da idade, do DAP e da espessura da casca (Kraemer et al., 1983). Já em relação a altura da árvore, diminui no sentido base ao topo (PEREIRA et al., 1985).

Segundo Stein & Tonietto (1997), o mercado nacional absorvia 60% da produção de tanino e o restante era direcionado ao mercado internacional, atingindo mais de 50 países.

2. A Acácia-negra

2.1. Ocorrência natural

Acacia mearnsii ocorre no Sudeste Australiano, especialmente na planície costeira e nas baixas altitudes das serras e planaltos adjacentes, desde Sidney (Estado de New South Wales) até o Sudoeste do Estado de South Australia e nas baixas e intermediárias altitudes na Tasmânia. A amplitude de latitude é de 34° a 43° Sul. A espécie se distribui desde o nível do mar até aproximadamente 850 metros (Boland et al., 1984). Já foram detectadas populações ocorrendo em 1070 metros de altitude (Searle, 1997).

Acacia mearnsii cresce nas zonas climáticas frias a quentes, subúmidas e úmidas, onde a temperatura média do mês mais quente varia entre 25° a 28° C e a temperatura média do mês mais frio varia de 0° a 5° C. A espécie não cresce com vigor em áreas onde, em muitos dias, as temperaturas excedem aos 40° C. Geadas fortes variam de 1 a 10 por ano nas áreas costeiras e chegam até 40 para alguns locais no planalto. A precipitação anual média varia de 625 a 1000 mm, com menores índices registrados variando de 300 a 500 mm. As chuvas ocorrem em 105 a 175 dias por ano (Boland et al., 1984).

Ocorre naturalmente sobre uma topografia montanhosa suave e moderada, localizando-se preferencialmente nas faces leste e sul. Bom crescimento é observado em solos podzólicos, moderadamente profundos. Ocorre em solos derivados de xisto e ardósia.

O principal tipo de vegetação onde a acácia-negra ocorre naturalmente é a floresta aberta, mas também pode ser observada em floresta aberta alta. Pode ocorrer também em savanas. As espécies de árvores dominantes são eucaliptos (*E. viminalis* e *E. cypellocarpa* nos vales mais úmidos e nas encostas das colinas; *E. radiata* nas maiores altitudes e numerosas espécies "stringbarks" nas áreas costeiras). Em todos os locais onde ocorre, a espécie tem a tendência de ser dominante, embora outros gêneros de acácias e arbustos possam estar presentes (Boland et al., 1984).

2.2. Plantações

Turnbull et al. (1998) estimam a existência mundial de 500 mil hectares de plantações com acácia-negra. A espécie é cultivada na Nova Zelândia, sul, centro e leste da África, Índia, América Central, América do Sul, Europa e Indonésia. Os principais países plantadores são a África do Sul e o Brasil.

A acácia-negra foi introduzida na África do Sul em 1864 e em 1880 foi considerada como sendo um vegetal superior em tanino. De acordo com o Owen & Zel (2000), em 1960, a espécie alcançou a maior área plantada (355.000 hectares), mas em 1998, a área era 112.029 hectares.

No Brasil vem sendo plantada no Rio Grande do Sul desde 1928. Com o reconhecimento do potencial da espécie para a produção de tanino, em 1941

e 1948 foram fundadas duas grandes empresas (SETA e TANAC, respectivamente) que impulsionaram a cultura da acácia-negra no Brasil.

Atualmente, estima-se que existam cerca de 120 mil hectares plantados com acácia-negra, representando 30% do total de plantações florestais existentes no Rio Grande do Sul. Embora a acácia-negra se desenvolva bem na faixa litorânea, seu plantio está concentrado na região leste da Depressão Central do Estado e parte da Encosta Inferior do Nordeste. Essa região abrange latitudes de 29° a 31° 30' S e longitudes de 50° 30' a 53° 00' W. Estima-se que em 2000 foram plantados cerca de 20.000 ha, sendo a maioria em sistema agrossilvopastoril, em pequenas propriedades. Admite-se que existam mais de 20.000 famílias envolvidas com o cultivo da espécie.

Até recentemente, os acacicultores visavam, prioritariamente, a produção de casca, que era demandada pelas indústrias de tanino, enquanto que, a madeira era utilizada como lenha ou carvão. No entanto, nos últimos anos, a madeira também vem sendo exportada, na forma de cavacos, como matéria-prima para a indústria de celulose. Isso tem levado a um aumento na área plantada de acácia-negra.

2.3. Peculiaridades

É encontrado na literatura que:

- Sendo uma leguminosa, a acácia-negra fixa, cerca de, 200 kg de nitrogênio por hectare.ano (Sherry, 1971).
- A espécie tem uma longevidade entre 15 e 20 anos (Searle, 1997). Entretanto, no Brasil e na África do Sul é possível encontrar plantios com idades variando entre 17 a 30 anos, respectivamente. Nessas áreas ocorre uma taxa de mortalidade ou desbaste natural em torno de 50%.
- A acácia-negra não rebrota e a propagação vegetativa de árvores adultas selecionadas é muito difícil (Matheson, 1990 citado por Assis et al. 1993). Este fato dificulta a aplicação dos métodos de melhoramento tradicionalmente aplicados nas espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, como o estabelecimento de pomares clonais de sementes e a propagação massal de clones selecionados.

3. Silvicultura

Aos sete anos de idade, a produção média por hectare é de 170 a 200 estéreos de madeira (em termos médios, equivalentes a 18 m³/ha.ano) e 15 toneladas de casca.

Pelo fato da acácia-negra não rebrotar, há a necessidade de se efetuar um novo plantio. Esses podem ser feitos através da queima da coivara ou do plantio de mudas. Atualmente, nos plantios realizados comercialmente, o solo é preparado mecanicamente; as mudas são produzidas em torrão ou laminados; o espaçamento adotado é o 3,0 x 1,5 m e a adubação de 50 gramas de N: P: K (5:30:15) por planta.

Em alguns locais, esses plantios encontram-se na quinta rotação.

A disponibilidade restrita de sementes melhoradas ainda é o principal fator que limita a obtenção de maiores produtividades. Considerando a sistemática de produção de sementes e o programa anual de plantio, estima-se uma necessidade anual de sementes na ordem de três toneladas.

Outro ponto a ser considerado é a expansão territorial dos plantios. O material genético disponível para plantio comercial não é recomendado para plantio em áreas onde ocorrem geadas.

4. Controle Genético e Correlações

Os primeiros trabalhos de melhoramento genético com a espécie (seleção de árvores) foram realizados na África do Sul, em 1927. (Sherry, 1971). Desde 1950, o Wattle Research Institute - WRI (atual Institute for Commercial Forestry Research - ICFR) vem conduzindo o programa de melhoramento genético com a acácia-negra, com o objetivo principal de produzir sementes geneticamente melhoradas em Pomares de Sementes. Até o início de 2001, haviam sido instalados 34 testes de progênies (Dunlop, 2000).

Dentre as informações citadas na literatura destacam-se:

- A taxa de cruzamento é de 84% (Moffet, 1956).
- A seleção massal para conteúdo de tanino na casca foi efetiva pois a herdabilidade individual era de 0,6. A seleção de famílias de meio-irmãos resultou no ganho de 8% no conteúdo do tanino na casca (Wright, 1976).
- A correlação fenotípica entre 5 e 10 anos foi de 0,9 para a espessura de casca e conteúdo do tanino e 0,8 para o diâmetro (Wright, 1976).
- Considerando as médias de famílias, todas as estimativas de correlação entre o teor de tanino com a espessura de casca, foram positivas. As correlações entre o teor de tanino com o diâmetro, foram, em sua maioria, baixas e positivas. As correlações entre o teor de tanino com altura, gomose e forma do tronco, foram nulas (Raymond, 1997).
- Em estudos conduzidos no Brasil e na China, com progênes de *A. mearnsii*, as estimativas da herdabilidade individual para o caráter DAP variaram de 0,29 a 0,37, com média 0,33 (Resende et al., 1998).

Observou-se na metodologia de vários trabalhos que as estimativas de parâmetros genéticos foram efetuadas com números restritos de progênes (10 a 15) ou com populações contrastantes. Isso ocasionou uma falta de consistência nas estimativas.

5. Programa de Melhoramento Genético no Brasil

Apesar de ser introduzida na década de trinta, os primeiros registros de trabalhos de melhoramento genético no Brasil são datados a partir de 1983. Os problemas existentes na cultura da acácia naquela época eram:

- Disponibilidade apenas de sementes coletadas em formigueiros;
- Variação no crescimento entre as árvores plantadas;
- Copas danificadas pelo cascudo-serrador;
- Árvores com gomose;
- Sobrevivência em torno de 50% na idade de corte

Em 1983, a *Embrapa Florestas* iniciou o projeto “Aumento da produtividade de povoamentos de acácia-negra para a produção de madeira e tanino”, cujo objetivo era aumentar a produtividade de madeira e tanino e a resistência à doença.

As atividades relacionadas com melhoramento genético foram continuadas dentro do projeto “Desenvolvimento de sistemas de produção para acácia-negra”, fruto da parceria tecnológica entre a TANAC S.A, *Embrapa Florestas* e a Fundação de Pesquisa de Estudos Florestais - FUPF do Paraná, iniciado em 1994 e ainda em execução. Um resumo dos resultados desses projetos, está apresentado a seguir, em seqüência cronológica.

4.1. Década de 80

a) Área de Produção de Sementes - APS

Um plantio comercial selecionado, com área de 30 ha, situado em Montenegro, RS, foi transformado na primeira Área de Produção de Sementes de Acácia-negra no Brasil. O processo de instalação consistiu na seleção fenotípica de 200 árvores por hectare e a eliminação das árvores não selecionadas em três desbastes. Estes desbastes foram executados num período de três anos. As primeiras sementes (120 kg) foram colhidas em 1988 (Higa e Resende, 1994).

b) Seleção de árvores em plantações comerciais brasileiras

Em vários plantios comerciais existentes na região de Montenegro, RS, foram pré-selecionadas fenotipicamente 1000 árvores levando-se em consideração características de crescimento, forma do tronco, presença de gomose, tamanho da copa, ramificação e frutificação. Essas 1000 árvores foram analisadas quanto ao teor de tanino de casca, a partir das quais selecionaram-se 92 árvores. Um teste de progênies foi instalado com sementes coletadas destas árvores selecionadas em dois locais. Analisando os resultados aos 3 anos de idade, Resende et al. (1991), concluíram que as correlações genéticas entre os caracteres de crescimento e os referentes a tanino tenderam a ser não significativos. Algumas árvores foram selecionadas nesse teste de progênie para montar o teste de progênie de segunda geração.

- b) Teste combinados de procedências e progênies da Austrália
Um teste de progênies com 46 progênies de cinco procedências australianas foram implantados no final de 1984, em dois locais. De acordo com Resende et al. (1992), aos três anos de idade, a procedência Bateman's Bay apresentou maior produtividade volumétrica, não diferindo da testemunha local não havendo também a existência de interação genótipo por ambiente.

Após desbastes esse teste foi transformado em dois Pomares de Sementes por Mudanças. As propriedades em que estes pomares estavam instalados foram vendidas e os mesmos foram eliminados.

4.2. Década de 90

a) Variação genética entre procedências

Um novo teste foi instalado visando determinar a variabilidade genética de um número maior de procedências australianas para as características relacionadas ao crescimento e determinação da adaptabilidade e estabilidade fenotípica das mesmas.

Os resultados parciais, aos cinco anos de idade, relacionados com o crescimento, revelam a existência de procedências distintas para cada um dos locais e a possibilidade de aumento da produção volumétrica em 20%, tendo-se como comparação os resultados das sementes melhoradas, atualmente utilizadas em plantios comerciais (Mora et al. 2000 a).

Em análises preliminares, ainda não publicadas, não foram detectada diferenças no teor de tanino entre as 20 procedências que apresentaram maior crescimento volumétrico.

b) Variação genética no teste de progênie de segunda geração

Os objetivos dessa experimentação foram a determinação da existência, magnitude e padrão da variação genética das progênies de segunda geração de seleção.

A estimativa da variabilidade genética foi feita através da metodologia REML-BLUP considerando o grau de parentesco entre as progênies testadas. Nos resultados parciais, aos cinco anos de idade, foi possível observar que a população apresentou baixíssima variabilidade genética

para a variável DAP, não possibilitando qualquer ganho em outro ciclo de seleção, considerando somente essa variável (Mora et al. 2000 b). A variação do teor de tanino e da qualidade da madeira será avaliada aos 7 anos de idade.

c) Pomares de Sementes por Mudanças - PSM

Em função da dificuldade de propagação vegetativa, deu-se prioridade ao estabelecimento dos Pomares de Sementes por Mudanças (PSM). Para isso, procurou-se instalar os testes de progênies nos locais onde os plantios comerciais estão sendo realizados.

Nos testes de progênies instalados em 1994, efetuou-se, aos 3 anos de idade, a seleção e desbaste da metade dos testes, com o objetivo de aumentar o tamanho da copa das árvores e antecipar a coleta de sementes melhoradas. A outra metade dos testes vem sendo medida e a instalação dos PSM's deverá ocorrer no final de 2001, onde serão avaliados os caracteres de crescimento e qualidade da madeira.

Em função dos resultados parciais obtidos foram, também, instalados novos PSM com sementes remanescentes de famílias selecionadas nos testes de progênies.

d) Clonagem de árvores selecionadas.

A clonagem de indivíduos selecionados da espécie é problemática. Vários métodos (enxertia, micro-enxertia, estaquia, cultura de tecidos) têm sido testados, mas nenhum deles tem-se mostrado eficiente para propagar árvores adultas selecionadas. Material vegetativo coletado de plantas jovens ou de brotações epicórmicas tem mostrado potencialidade de enraizamento, tanto no Brasil como na África do Sul.

6. Necessidades de Pesquisas para o Brasil

Com base nos trabalhos com acácia-negra publicados no Brasil, constata-se que existem dois grupos realizando pesquisas com a espécie no Brasil. O grupo de pesquisa da Universidade Federal do Paraná - UFPR / Fupef / *Embrapa Florestas* / Tanac está pesquisando o efeito dos solos, nutrição, doenças e materiais genéticos nos diferentes ambientes, enquanto que o

grupo de pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM / Seta, tem se concentrado em estudos quantitativos relacionados com a produção volumétrica e de biomassa, nutrição, qualidade fisiológica das sementes e biologia reprodutiva.

Em função dos conhecimentos adquiridos e do atual anseio dos usuários da acácia-negra, o grupo de pesquisa da UFPR / Fupef / Embrapa Florestas / Tanac está priorizando, na área de melhoramento genético, os trabalhos de ampliação da base genética de procedências selecionadas e a instalação de pomares de sementes. As novas pesquisas com a espécie deverão, também, se concentrar no domínio da tecnologia de polinização controlada e clonagem do material genético selecionado.

7. Tendências Futuras

Diante da possibilidade de ampliar a demanda de madeira de acácia-negra, a tendência será priorizar a seleção de espécies e árvores para a produção de celulose, mantendo-se ou aumentando o teor de tanino na árvore.

8. Literatura Citada

ASSIS, T. F. de.; HIGA, A. R.; ROSA, O. P.; BAVER, J. F. Propagação vegetativa da acácia-negra (*Acacia mearnsii*). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1992, Curitiba. **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. v.1, p. 150-152.

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

DUNLOP, R. W.; GOODRICKE, T. G.; CLARKE, C. R. E. Open-pollinated family variation in growth, wood and dissolving pulp properties of *Acacia mearnsii*. In: FOREST GENETICS FOR THE NEXT MILLENNIUM, 2000, Durban. **Proceedings**... Durban: IUFRO / ICFR, 2000. p. 103-106. IUFRO Working Party 2.08.01: Tropical Species Breeding and Genetic Resources.

GRANJA, A. Acacicultura. **Jornal dos Reflorestadores**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 6-7, abr. 1979.

- GRANJA, A. Acácia-negra e tanino. *Roessléria*, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 69-71, 1986.
- HIGA, A. R.; RESENDE, M. D. V. de. *Breeding Acacia mearnsii in Southern Brazil*. In: BROWN, A. G. (Ed.). *Australian tree species research in China*. Canberra: ACIAR, 1994. p. 158-160. (ACIAR. Proceedings, 48).
- KRAEMER, K. H. et al. *Estudos para melhoramento da acácia-negra (Acacia mearnsii De Wild.)*. Montenegro: Tanac, 1983. 17 p.
- MAESTRI, R. Análise da adubação fosfatada na produção física e econômica da acácia negra. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Curitiba, n. 14, p. 39-53, 1987.
- MOFFET A. A. Genetical studies in Acacias. I.: the estimation of natural crossing in black wattle. *Heredity*, v. 10, p. 57-67, 1956.
- MORA, A. L.; ARAÚJO, A. J.; HIGA, A. R.; SIMON, A. A.; STEIN, P. P. Variação genética de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) em testes genéticos no Rio Grande do Sul. In: PESQUISA FLORESTAL ONLINE, 2000, Curitiba. *Anais*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Comitê de Pesquisa Setorial, 2000a. p. 54. Resumo. <Disponível também em: <http://www.floresta.ufpr.br>>. Acesso em jul. 2000.
- MORA, A. L.; HIGA, A. R.; SIMON, A.; STEIN, P. P.; ARAÚJO, A. J. Variabilidade genética de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) em progênies de segunda geração no Rio Grande do Sul. In: PESQUISA FLORESTAL ONLINE, 2000, Curitiba. *Anais*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Comitê de Pesquisa Setorial, 2000b. p. 81. Resumo. <Disponível também em: <http://www.floresta.ufpr.br>> Acesso em jul. 2000.
- OWEN, D. L.; ZEL, D. W. van der. Trees, forests and plantations in Southern Africa. In: OWEN, D.L. (Ed.) *Southern african forest handbook*. Pretoria: SAIF, 2000. v. 1, p. 3-7.
- PEREIRA, J. C. D.; MAESTRI, R.; LAVORANTI, O. J. *O efeito do anelamento basal na produção de tanino em acácia-negra*. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. 3 p.
- POSER, G. L. von; D'ÁVILA, R. R. P. Acácia-negra. *Ciência Hoje*, São Paulo, v. 11, n. 63, p. 68-70, 1990.

RAYMOND, C. A. Flowering biology, genetics and breeding. In: BROWN, A. G.; HO, C. K. (Ed.). *Black wattle its utilization*. Kingston: RIRDC, 1997. p. 18-27.

RESENDE, M. D. V de; SOUZA, S. M. de; HIGA, A. R.; STEIN, P. P. Estudos da variação genética e métodos de seleção em testes de progênes de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul. *Boletim Pesquisa Florestal*, Colombo, v. 22/23, p. 45-59, jan./dez. 1991.

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

RESENDE, M. D. V. de; MORA, A. L.; HIGA, A. R.; PALUDZYSZYN FILHO, e. Efeito do tamanho amostral na estimativa da herdabilidade em espécies perenes. *Floresta*, Curitiba, v. 28, n. 1/2, p. 51-63, 1998.

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. *Botânica econômica brasileira*. São Paulo: EDUSP, 1976. 207 p.

SEARLE, S. D. *Acacia mearnsii* De Wild. (Black Wattle) in Australia. In: BROWN, A. G.; HO, C. K. (Ed.). *Black wattle its utilization*. Kingston: RIRDC, 1997. p. 1-10.

SHERRY, S. P. *The black wattle*. Pietermaritzbur: University of Natal, 1971. 402 p.

STEIN, P. P.; TONIETTO, L. Black wattle silviculture in Brazil. In: BROWN, A. G.; HO, C. K. (Ed.). *Black wattle its utilization*. Kingston: RIRDC, 1997. p. 78-82.

TURNBULL, J. W.; MIDGLEY, S. J.; COSSALTER, C. Tropical Acacias planted in Asia: na overview. In: TURNBULL, J. W.; CROMPTON, H. R.; PINYOPUSARERK, K. (Eds.). *Recent development in acacia planting*. Canberra: ACIAR, 1998. p. 14-28. (ACIAR. Proceedings, 82).

WRIGHT, J. W. *Introduction to forest genetics*. New York: Academic Press, 1976. 463 p

Melhoramento de Espécies Alternativas para o Centro Oeste - Teca

*Reinaldo Brito da Costa*¹

*Marcos Deon Vilela de Resende*²

1. Descrição e Caracterização da Espécie

A teca (*Tectona grandis* L.F.) é uma espécie arbórea decídua da floresta tropical, pertencente à família Verbenaceae (Pandey & Brown, 2000). Esta espécie em sua região de origem pode desenvolver indivíduos de até 60 metros de altura, dotados ou não de raízes tabulares (Krishnapillay, 2000).

As folhas da teca são opostas, elípticas, coriáceas e ásperas no tato, dotadas de pecíolos curtos ou ausentes e ápice e base agudos. Nos indivíduos adultos as folhas, em média, possuem 30 a 40 cm de comprimento por 25 cm de largura. No entanto, nos indivíduos mais jovens, com até 3 anos de idade, as folhas podem atingir o dobro dessas dimensões (Fig. 1).

A teca possui flores brancas e pequenas, dotadas de pedúnculos curtos, dispostas em grande e eretas inflorescências do tipo panícula. Seus frutos consistem de drupas sub-globosas de mais ou menos 1,2 cm de diâmetro, envolvidas por uma compacta e densa cobertura de feltro marrom. Cada fruto possui em seu interior de 1 a 4 sementes. Este conjunto está incluso em um involúcro vesicular de consistência membranosa (Schubert, 1974).

Conforme Higuchi (1979), a madeira da teca possui alborno amarelado ou

¹.Engenheiro Florestal, Doutor, Professor da Universidade Católica Dom Bosco.

².Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*, deon@cnpf.embrapa.br

esbranquiçado, geralmente delgado, contrastando com o cerne que é castanho-amarelado. Apresenta anéis de crescimento nítidos e diferenciados nos cortes transversais. O lenho é moderadamente duro, oleoso ao tato (Matricardi, 1989).

2. Importância da Teca: Uso e Valor de sua Madeira

Diversos autores, dentre eles, Berg (1953), Banijbhatana (1957), Mello (1963), Jacobs (1973), Schubert (1974), Ramakrishina (1978), Pandey & Brown (2000), Krishnapillay (2000), Killmann & Hong (2000), Balooni (2000), Enters (1999) e Mittelman (2000) ressaltam a importância econômica da teca e as qualidades físico-mecânicas, bem como as possibilidades de uso da madeira.

Krishnapillay (2000), reconhece a durabilidade e trabalhabilidade da espécie, abordando aspectos silviculturais e manejo de plantios de teca. Neste contexto, o autor apresenta a posição da espécie, em termos de área plantada no mundo (Tabela 1).

TABELA 1. Principais espécies madeiráveis em termos de áreas plantada (1995)

Espécies	Área (ha)	Porcentagem de plantios em ambiente tropical
Eucalyptus spp.	9 949 588	17.7
Acacia spp.	3 904 307	7.0
Tectona grandis	2 246 559	4.0
Casuarina spp.	787 200	1.4
Dalbergia sissoo	626 020	1.1
Gmelina arbórea	418 050	0.7
Swietenia macrophylla	151 214	0.3
Terminalia spp.	303 957	0.5

Fonte: Krishnapillay (2000)

A posição destacada da teca no rank confirma a sua importância no contexto madeireiro mundial. Acrescenta ainda, que os primeiros plantios homogêneos com sucesso teriam ocorrido no ano de 1700 em Myanmar.

Os dados apresentados por Pandey & Brown (2000) permitem uma visão mais ampliada, em termos de Incremento Médio Anual da espécie, em diferentes sites, caracteristicamente produtores de madeira de teca no mundo (Tabela 2).

TABELA 2. Incremento Médio anual (IMA) avaliados em rotações de 50 anos em diferentes sites (m³/ha/ano)

País	Melhores		Médios		Piores	
	IMA (max)	IMA (50)	IMA (max)	IMA (50)	IMA (max)	IMA (50)
ta do Marfim	17.6	9.5	12.2	7.5	6.8	4.3
a	12.3	10.0	7.9	5.8	2.7	2.0
nésia	21.0	17.6	14.4	13.8	9.6	9.6
inmar	17.3	12.0	12.5	8.7	5.9	4.3
ria	23.8	13.3	18.5	9.0	13.1	6.8
idad e Tobago	10.2	6.5	7.5	5.0	5.5	3.9

Na realidade a teca produz uma madeira excepcional, muito valorizada e procurada no comércio mundial por combinar beleza, estabilidade, durabilidade e resistência (Matricardi, 1989). É muito utilizada na construção naval, na carpintaria e marcenaria em geral, mas especialmente, na produção de peças de usos nobres e móveis de fino acabamento.

FIGURA 1 – Teca com 15 meses de idade em plantio consorciado com gramíneas na Escola Agrotécnica de Cáceres, MT



Matricardi (1989) relata que a madeira da teca aceita secagem ao ar livre e em estufa, com perdas e depreciações mínimas decorrentes deste processo, tais como rachaduras e empenamentos, em função de seu baixo coeficiente de contração e excelente estabilidade. O autor salienta que o seu teor de sílica é variável (superior a 14%), entretanto, apesar disto, permite serragem, aplainamento, desenrolamento e laminação de maneira satisfatória.

A madeira da teca alcança bons preços e, compete, no momento em igualdade de situação com madeiras consideradas nobres no mercado mundial. No entanto, na indústria naval preço sobressai àquelas indicadas para esta utilização.

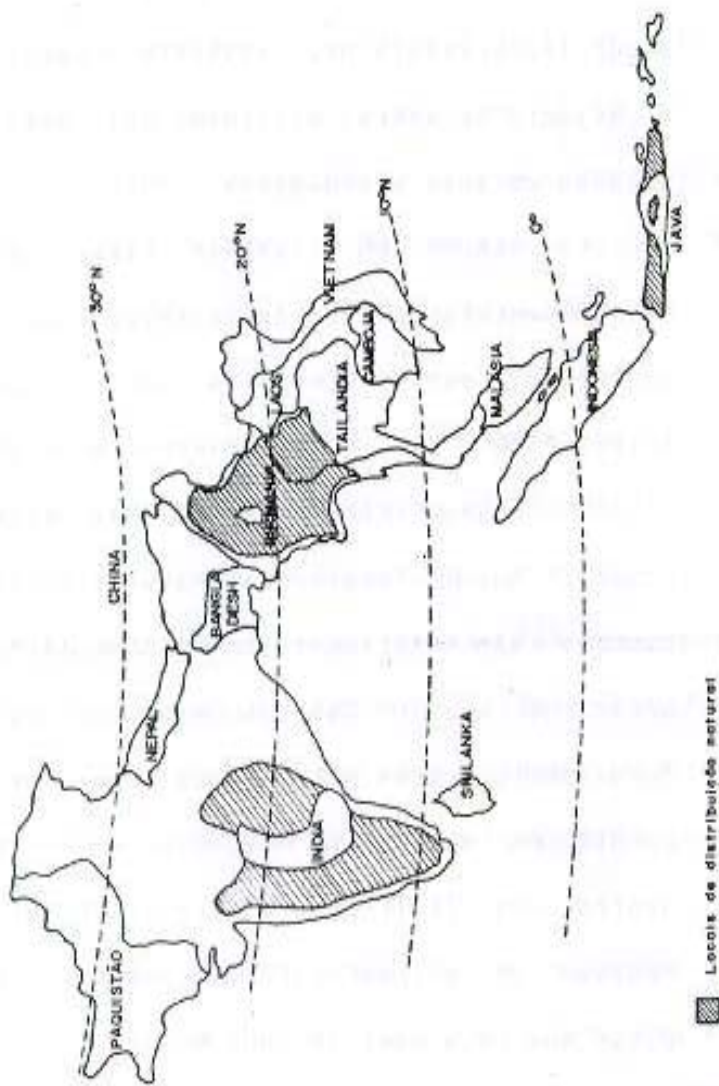
3. Distribuição Natural da Teca

A distribuição natural da teca é um assunto, até certo ponto, polêmico. Muitos países e regiões são citados como áreas de distribuição natural da espécie. Dessa forma, Matricardi (1989), argumenta que considerá-la originária ou introduzida em um determinado local ou região, depende muito do modo de ver do autor consultado.

Merece destaque a argumentação de Kaosa-Ard (1983), citando que a teca ocorre naturalmente apenas na Índia, Birmânia, Tailândia e Laos. Na Indonésia, especialmente na ilha de Java, a espécie foi introduzida a partir da Índia cerca de 400 a 600 anos atrás.

Para Kaosa-Ard (1983) toda a polêmica em torno da distribuição natural da teca, que é nativa do Sudoeste Asiático, está associada ao padrão de distribuição dessa espécie dentro da Índia, Birmânia, Tailândia e Laos. Nestes países a distribuição da teca não é contínua. Existem muitos fatores controlando a sua distribuição, propiciando a descontinuidade e por consequência os conflitos de opiniões sobre a geografia de sua ocorrência natural (Figura 2).

FIGURA 02- Distribuição natural da teca (*Tectona grandis* L. F.)



4. Necessidades Climáticas da Teca

A região de ocorrência natural da teca apresenta um amplo intervalo de condições climáticas. Este intervalo abrange desde regiões muito secas com precipitações pluviométricas anuais abaixo de 500 mm até regiões muito úmidas com precipitações anuais superiores a 2500 mm.

Krishnapillay (2000) sugere que o desenvolvimento da teca, em termos de diâmetro e altura, é máximo em clima tropical quente e úmido, com uma precipitação pluviométrica anual variando de 2500 a 2800 mm. Kaosa-Ard (1983) já enfatizava este aspecto, concluindo que para produzir madeira de boa qualidade a teca requer um período marcadamente seco de 3 a 5 meses por ano.

Em relação aos limites térmicos e hídricos para a teca, Kaosa-Ard (1983) afirma que a temperatura é um dos mais importantes fatores que controlam a distribuição e o crescimento da teca. Com base em alguns trabalhos, este autor observa que esta espécie ocorre naturalmente em localidades onde as temperaturas podem ser de até 48°C no mês mais quente e inferior a 2°C no mês mais frio. No entanto, as temperaturas ideais para a teca giram em torno de 38°C (média mensal máxima) e 13°C (média mensal mínima). Kaosa-Ard (1983) e Enters (2000) enfatizam que as geadas representam um dos mais importantes fatores limitantes ao desenvolvimento e à própria distribuição da teca. As geadas afetam tanto as mudas quanto os indivíduos jovens ou adultos desta espécie. As plantas são afetadas especialmente nas suas partes suculentas representadas por brotos terminais, gemas, folhas, casca e câmbio em formação.

5. Perspectivas da Teca para a Região Centro-Oeste

Não obstante antigos plantios experimentais em Itabuna, BA, Belém, PA, Belo Oriente, MG, Piracicaba, SP, Viçosa, MG, os reflorestamentos com a espécie ocupam áreas inexpressivas (Passos et al., 2000). As perspectivas para o cultivo da teca na região Centro-Oeste, especialmente no Estado de Mato Grosso, sugerem retorno econômico desejável e previsível, tendo em vista as condições edafo-climáticas da região e alguns indicadores em termos de produção para o Estado. Golfari et al., (1978) já sugeria o plantio da espécie,

com experimentação, em especial nos estados de Mato Grosso, Goiás, Maranhão e Bahia.

No estado de Mato Grosso os primeiros plantios comerciais ocorreram no início da década de setenta, no município de Cáceres. Na primeira metade da década de noventa as áreas de florestas de teca não passavam de 2.000 hectares, sendo a quase totalidade de uma só empresa. Na segunda metade da década de noventa, novas empresas investiram no plantio da espécie e a área plantada deu um grande salto, tendo atualmente em torno de 15.000 hectares, com empresas em franca ampliação de suas áreas plantadas (Passos et al., 2000; Veit, 1996). Cabe ressaltar a Empresa Florestal Floresteca, com mais de 7.000 hectares já efetivamente plantados.

Em função do plantio ter sido difundido mais recentemente no estado, são escassas e conflitantes as informações a respeito das peculiaridades da espécie na região. Entre as limitações para os plantios da teca, a escassez de pesquisas é, sem dúvida, o fator mais relevante, especialmente sobre o conhecimento da base genética do material que está sendo plantado. Não há nenhum trabalho em andamento sobre o melhoramento da teca no estado. Da mesma forma, não existe nenhuma iniciativa para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético com base em novas coletas de sementes em área de ocorrência natural da espécie, visando obedecer todos os passos para controle do germoplasma a ser utilizado.

Adicionados aos problemas apontados, a qualidade das mudas de teca disponíveis no mercado regional, as quais são de raízes nuas, acarretam alguns problemas nos plantios, como redução de sobrevivência, irregularidade na altura e excesso de brotações na base das árvores, propagação de doenças, entre outros (Passos et al., 2000).

As operações de implantação da teca seguem aquelas utilizadas para outras espécies florestais. No entanto, é exigente a solos férteis, sem impedimentos físicos e bem drenados. Os tratamentos silviculturais incluem podas e desbrotas, desde o primeiro ano (Passos et al., 2000).

A espécie tem demonstrado, no estado de Mato Grosso, um incremento que varia de 3 a 5 cm de diâmetro por ano, com a média de altura chegando aos 8 metros no segundo ano de idade. Cabe ressaltar que esta produtividade é

superior àquela observada em vários países de origem e de introdução da espécie. Portanto, com a escassez de madeiras nativas nobres, a teca desponta-se como uma espécie tropical produtora de madeira de alto valor comercial que poderá responder pela demanda desse segmento do setor madeireiro no país em um futuro não muito distante.

6. Plantios de Teca no Mundo

Existem atualmente 5,716 milhões de hectares (ha) com plantios de teca no mundo. Os principais países que cultivam a teca são: (1) Índia (2,561 milhões de ha); (2) Indonésia (1,470 milhões de ha); (3) Tailândia (836 mil ha); (4) Myanmar (291 mil ha); (5) Bangladesh (144 mil ha); (6) Nigéria (74 mil ha); (7) Costa do Marfim (58 mil ha); (8) Gana (40 mil ha); (9) Filipinas (38 mil ha); (10) Costa Rica (30 mil ha); (11) China (24 mil ha); (12) Panamá (19 mil ha); (13) Brasil (15 mil ha) (FAO, 2001).

7. Recursos Genéticos: Variação Perspectivas de Ganho Genético

A distribuição natural da teca abrange partes da Índia, Myanmar (antiga Birmânia ou Burma), Tailândia, Laos e Indonésia. Como base para a conservação genética, a área de distribuição natural desta espécie na Tailândia foi dividida em cinco regiões distintas baseadas em variação climática, topografia, condições de solo e resultados de ensaios de procedências. O clima, em termos da proporção precipitação/temperatura, varia de altos valores no norte para baixos valores no sul. Também, as florestas naturais de teca na Tailândia são separadas por montanhas que se estendem de norte a sul, fato que pode ter constituído barreiras parciais contra o fluxo gênico entre populações, levando a diferenciação entre populações do leste e do oeste. Esta diferenciação genética entre populações do leste e do oeste foi confirmada a partir de análise multivariada de ensaios de procedências (Kjaer et al., 1996). Um total de 15 populações foram identificadas para a conservação genética na Tailândia, sendo que quatro delas serão conservadas "ex-situ", devido a suas ocorrências em áreas não protegidas e, portanto, inviáveis à conservação "in situ" (Kaosa-ard et al., 1998).

De maneira geral, existem grandes diferenças nas condições de crescimento em condições naturais e também grandes diferenças genéticas entre origens de teca, sendo que a variação genética entre populações tem sido investigada em uma rede internacional de ensaios de procedências. Para a Tailândia, os ensaios internacionais indicaram que fontes de sementes locais devem ser utilizadas com vistas aos plantios comerciais (Kaosa-ard et al., 1998).

Entretanto, pouco se conhece sobre a variação genética dentro de populações, uma vez que os testes de progênies e clonais encontram-se ainda em fase jovem. Os resultados nesta fase confirmam a existência de variação genética dentro de procedências para os caracteres de crescimento e forma (Wellendorf & Kaosa-ard, 1988).

A partir do uso da variação genética entre populações, um ganho genético da ordem de 5% a 12% em produção volumétrica tem sido estimado. Ganho adicional de 5% a 10% em produção volumétrica através da seleção dentro de procedências foi também estimado. Assim, ganhos genéticos da ordem de 20% podem ser obtidos com a utilização de materiais genéticos melhorados (Kaosa-ard et al., 1998).

No Brasil, aparentemente não existem programas de melhoramento com a espécie, de forma que a variação genética existente entre e dentro de populações não tem sido explorada adequadamente. A utilização de sementes melhoradas de teca no país, trará, sem dúvidas, grande retorno econômico. Segundo Kretschek & Samonek (1998), o suprimento de sementes de teca no Brasil resume-se praticamente a um fornecedor (Cáceres Florestal S.A. – MT), devidamente credenciado, mas com capacidade de suprir apenas parcialmente a demanda. Além disto, não se sabe se o material genético ofertado provém de área de coleta de sementes, área de produção de sementes ou pomar clonal.

8. Melhoramento Genético

A teca é uma espécie predominantemente alógama, com taxa de cruzamento da ordem de 95% a 98% (Kjaer & Suangtho, 1995; Kertadikara & Prat, 1995). Assim, as estratégias de melhoramento empregadas costumeiramente no melhoramento de outras espécies florestais alógamas (Resende, 1999) podem ser aplicadas ao melhoramento genético da teca.

Entretanto, a teca apresenta certas peculiaridades que constituem obstáculos ao melhoramento, quais sejam: a produção de sementes por árvore é baixa (dificultando a realização de testes de progênes e a produção de sementes em pomares); poucas (5) mudas são produzidas a partir de 100 sementes, agravando o problema da baixa produção de sementes; a polinização controlada é difícil nesta espécie; período vegetativo longo antes do florescimento (10 a 15 anos), fato que alonga o ciclo do melhoramento (Kaosa-ard et al., 1998). Entretanto, os retornos de programas de melhoramento são altos tendo em vista o valor da madeira da teca.

Programas de melhoramento da teca na Tailândia vem sendo conduzidos desde 1960 e foram intensificados a partir de 1965 com a criação do Centro de Melhoramento da Teca (Teak Improvement Center – TIC) em Ngao, província de Lampang. Desde esta época, o TIC vem desenvolvendo as atividades de testes de procedências, seleção de árvores superiores, desenvolvimento de técnicas de propagação vegetativa, estabelecimento de áreas de produção de sementes, bancos clonais e pomares de sementes clonais. Também, estudos em biologia reprodutiva tem sido conduzidos, os quais revelaram que as flores de teca são freqüentemente autopolinizados por insetos, mas, os embriões autofecundados tendem a abortar logo após a fertilização causando a baixa produção de sementes por árvore (Kaosa-ard et al., 1998). A estratégia de melhoramento da teca na Tailândia é descrita em detalhes por Wellendorf & Kaosa-ard (1998). Na Índia, testes de procedências têm também sido conduzidos e estimativas de parâmetros genéticos têm sido reportadas (Rao et al., 2001).

O TIC tem conduzido testes clonais visando avaliar melhor as árvores superiores selecionadas. No caso, os testes clonais são utilizados em lugar dos testes de progênes, tendo em vista as dificuldades na produção de sementes e mudas seminais, relatadas anteriormente. Resende et al. (1998) demonstraram que quando o objetivo é a realização de plantios via sementes, a eficiência do uso de testes de progênes ou testes clonais para testar as matrizes, depende do número (N) de plantas usado para representar a matriz: com $N < 30$, o teste clonal é sempre melhor que o teste de progênes; com $N = 30$ e em presença de dominância completa, as duas formas de teste se equívalem; em ausência de dominância, o teste clonal é sempre melhor que o teste de progênes; com dominância completa e $N = 100$, o teste de progênes é 14% superior. Assim, devido às restrições na produção de grande quantidade de

mudas seminais por matrizes, a utilização de testes clonais é adequada. Recentemente, testes de progênies também têm sido instalados na Tailândia. Técnicas de propagação vegetativa via estaquia de mudas jovens foram desenvolvidas para uso em escala comercial, conseguindo-se acima de 90% de enraizamento (Kaosa-aard et al., 1998).

Para o Brasil, recomenda-se, em caráter urgente, a realização de testes de procedências, progênies e clonais repetidos em alguns locais, visando formar uma rede experimental como base para um programa de melhoramento genético. A partir desta rede, vários resultados relevantes poderão ser obtidos tais quais: produção de propágulos melhorados para os plantios comerciais, ajuste dos materiais genéticos aos diferentes sítios, estudos sobre interação genótipo x ambiente, estudo do controle genético dos caracteres, estabelecimento de uma estratégia segura de melhoramento genético e produção de propágulos melhorados

9. Referências Bibliográficas

- BALOONI, K. Teak investment programmes: Indian perspective. *Unasyiva*, Roma, n. 201, v. 51, p.22-28, 2000.
- BANIJBTHATANA, D. Teak forests of Thailand. *Tropical Silviculture*, Roma, v. 13, n. 2, p.193-205, 1957.
- BERG, T. van den. A madeira e sua utilização nas construções navais. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 6, p. 50-51, 1953.
- ENTERS, T. Site, technology and productivity of teak plantations in Southeast Asia. *Unasyiva*, Roma, n. 201, v. 51, p. 55-61, 2000.
- FAO. *World forest plantations. 2001*. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: nov. 2001.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. *Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil: (2ª aproximação)*. Brasília: IBDF, 1978. 61 p. (Série Técnica, 11). Projeto PNUD/FAO/IBDF/BRA-45.

HIGUCHI, N. **Informações básicas para o manejo florestal da *Tectona grandis* (Teca) introduzida no Alto Jauru**. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia Florestal. 1979. 92 p. Não publicado.

JACOBS, M. R. **Desenvolvimento e pesquisa florestal no Brasil**. Rio de Janeiro: IBDF, 1973, 150 p. (PRODEPEF. Serie tecnica, 1). Projeto PNUD/FAO/IBDF/BRA-45.

KAOSA-ARD, A. Teak (*Tectona grandis* L.F.) natural distribution and related factors. **Silvicultura**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 173-179, 1983.

KAOSA-ARD, A.; SUANGTHO, V.; KJAER, E. D. Genetic improvement of teak (*Tectona grandis*) in Thailand. **Forest Genetic Resources**, Roma, n. 26, p. 21-29, 1998.

KERTADIKARA, A. W. S.; PRAT, D. Genetic structure and mating system in teak (*Tectona grandis*) provenances. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 44, p. 104-110, 1995.

KILLMANN, W.; HONG, L. T. Rubberwood – the success of an agricultural by-product. **Unasyva**, Roma, n. 201, v. 51, p. 66-72, 2000.

KJAER, E. D.; SUANGTHO, V. Outcrossing rate of teak (*Tectona grandis*). **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 44, p. 175-177, 1995.

KRETSCHKEK, O. E.; SAMONEK, E. C. O potencial da teca (*Tectona grandis*) para plantios no país: uma abordagem prática. In: GALVÃO, AP.M. (Coord.). **Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. p. 31-39. Não publicado.

KRISHNAPILLAY, B. Silviculture and management of teak plantations. **Unasyva**, Roma, n. 201, v. 51 p. 14-21, 2000.

MATRICARDI, W. A. T. **Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L.F.) cultivada na Grande Cáceres – Mato Grosso**. 1989. 135 f. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, Piracicaba.

MELLO, H. do A. Alguns aspectos da introdução da teca (*Tectona grandis* L.F.) no Brasil. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 15, p. 113-119, 1963.

MITTELMAN, A. Teak planting by smallholders in Nakhon Sawan, Thailand. **UnasyIva**, Roma, n. 201, v. 51 p. 62-65, 2000.

PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **UnasyIva**, Roma, n. 201, v. 51, p. 3-13, 2000.

PASSOS, C. A. M.; GONÇALVES, M. R.; PERES FILHO, O.; MIYAKAWA, Y. M. Características biométricas dos frutos e das sementes de teca (*Tectona grandis* L.F.). In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FOREST, 5., 1999, Curitiba. **Forest 99**. Rio de Janeiro: BIOSFERA, 1999. CD-ROM. Arquivo Bio 1252.

PASSOS, C. A. M.; GONÇALVES, M. R.; PERES FILHO, O.; MIYAKAWA, Y. M. Reprodução de teca (*Tectona grandis* L.F.). In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON FOREST, 5., 1999, Curitiba. **Forest 99**. Rio de Janeiro: BIOSFERA, 1999. CD-ROM. Arquivo Bio 1232.

PASSOS, C. A. M.; GONÇALVES, M. R.; PERES FILHO, O.; MIYAKAWA, Y. M. Avaliação do método do Taungya com *Tectona grandis* no município de Cáceres, Estado de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. **Anais**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 51-54. Resumo expandido.

RAMAKRISHNA, A. Farewell to teak. **Indian Forester**, Dehra Dun, v. 104, n. 9, p. 646-647, 1978.

RAO, P. S.; VENKAI AH, K.; MURALI, V.; MURT, S. S. N.; SATTAR, S. A. Evaluation of international teak provenance plot trial in Índia. **Indian Forester**, Dehra Dun, v. 127, n. 4, p. 415-422, 2001.

RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora da UFV., 1999a. p. 589-648.

RESENDE, M. D. V. de; SIMEÃO, R. M.; FERNANDES, J. S. C.; STURION, J. A. Melhoramento e seleção em erva-mate (*Ilex paraguariensis*): contribuição e experiências de um século de melhoramento do chá-da-india (*Camellia sinensis*). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 37, p. 67-80, 1998b.

SCHUBERT, T. H. Teak: *Tectona grandis* L. F. In: USDA. Forest Service. **Seeds of woody plants in the United States**. Washington, 1974. p. 803-804.

VEIT, L. F. Teca: o fundo de aposentadoria do produtor rural. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 4, n. 10, p. 11-15, 1996.

WELLENDORF, H.; KAOSA-ARD, A. Teak improvement strategy in Thailand. **Forest Tree Improvement**, v. 21, p. 1-43, 1988.

The relevance of site analysis for tree breeding in South Africa.

Janusz Zwolinski¹

Abstract

Although water availability to trees is clearly identified as the single most important factor in forest land use and management in South Africa, the matrix of other relevant factors make timber plantations operationally complex and fascinating for forestry research. A shortage of land for commercial timber plantations and diversity of forest products force growers to intensify production through deployment of diverse genetic material best suited to site conditions, and the application of intensive silviculture. Improved allocation of species, hybrids and clones to sites is based on site-related growth variation predicted with site-growth models. Site-specific biological responses are interpreted for large-scale operations by defining Land Types - large operational response units. Apart from tree performance and site-specific silviculture, such operational site classification takes into account the type of preferred products, optimisation of timber delivery to processing plants, and certification requirements.

Narrowing the genetic base of trees (e.g. through cloning) forces growers to allocate specific sites if the full production advantage is to be taken from selection programmes. Higher risk of failure occurs where a precise site-genotype matching is not implemented. On the contrary, hybridisation allows growers to extend suitable land without losing quantity and quality of timber

¹ Forestry Programme, University of Natal

yields. It becomes also clear that the traditional concept of forest site as a relatively stable complex of factors needs to be revised for applications in short-term rotations of forest plantations where rapid (environmental) fluctuations of climate and nutrient fluxes may have a meaningful impact on tree performance. This can be achieved with process based models.

Natural diversity for timber production in South Africa

South Africa is renowned as a country of diversity with a rich cultural and historical heritage, and her wealth of natural fauna and flora developed under a steep gradient of geophysical conditions. At the southern tip of Africa, the land rises from the shores of two oceans, cold Atlantic and warm Indian, through series of mountain ranges, cliffs, and plateaus to the highest peak of 3375 m in the Drakensberg mountains. Most of the interior plateau (The High Veld) occurs at altitudes between 1200 m to 1800 m above the sea level and occupies almost two-thirds of the 1 221 040 km² of the country. The plateau is largely covered by rolling grasslands extending to the central part of the continent. Two large deserts (Namib and Kalahari) dominate the flora of the western part of the country. In the east, the plateau drops steeply, through the so called Great Escarpment, into the Low Veld which joins low altitude areas along the coasts.

The rapidly changing topography has a pronounced impact on the diversity of climatic and pedological conditions. Mountain ranges act as barriers to moist air masses penetrating the continent from the west in winter and the east in summer. Orographic lifts of air masses cause higher rainfall in windward facing slopes (southern aspect), while steep gradients produce increased thunderstorm activities with destructive hail events (Schultze, 1997). Temperatures are largely affected by the altitude with higher altitudes being characterised by lower temperatures. During cold nights, however, cold air may drain to foot slopes and valleys producing heavy frost. The solar radiation receipts are also influenced by topography: while the southern-aspect slopes are generally cooler, a higher temperature gradient may occur on the northern slopes. During winter months, deep in-land moving cold fronts from the southern Atlantic can produce snowfall at medium to higher altitudes.

About 35% of the country receives mean annual precipitation (MAP) below 300 mm, while only 7% has MAP exceeding 800 mm. Not only is the MAP low but rainfall patterns are seasonal and irregular (Schultze, 1997). The largest (central and eastern) part of the country receives summer rains. The

western coastal region is moist in winter, while in the southern Cape rains are likely in any season. Water availability to plants is mediated by the properties of soils, in particular their water holding capacity and nutritional value. Soil water availability is often limited while the evaporative demands are usually high (Roberts, 1994). Many of the soils that occur on ancient weathering surfaces are inherently low in fertility, especially where nutrients are leached by high rainfalls (Olbrich *et al.*, 1997). While water availability to plants is clearly identified as the single most important factor in land use and management, the matrix of other relevant factors make the South African plantation forestry one of the most complex and fascinating areas for forestry research.

Land Use and Distribution of Tree Plantations

Despite exotic tree species being planted by European settlers in South Africa already in the XVI century, the plantation forestry was truly initiated in 1875, once it was realised that intensive timber production is the only way of protecting indigenous forests and providing timber for growing needs of the country. By early 1900s, about 60 000 ha were planted to *Acacia mearnsii*, while studies on a variety of tree genera and species planted across the country in species trials and arboreta initiated truly scientific knowledge on site-species matching. In 1938, there were 150 000 ha established by the state and 370 000 ha by private land owners. Foreign timber supplies were restricted during the Second World War, and it forced the country to secure own timber resources through planting. By 1969 the total plantation area increased to 981 640 ha, and in 1975 it exceeded 1,1 Mha (Owen and van der Zel, 2000). In 1972, the introduction of the afforestation planting system regulated land afforestation based on minimising the impact on country's scarce water resources. Shortage of land for commercial timber plantations forced growers to intensify production through deployment of genetic material best suited to site conditions and site amelioration through intensive silviculture.

According to the 1998 records (Owen and van der Zel, 2000), there were 1 518 138 ha of plantations of which 30% were publicly owned, 49% were owned by large corporations, and 21% by small land owners. The area planted to wattle shrank from 355 000 ha (1960) to 112 029 ha (1998). Softwood plantations occupied 53% of the land, eucalypts 39%, while the

balance of plantations area was used for growing wattle and other species of trees. Roundwood sales included sawlogs (32,8%), pulpwood (47,2%), mining timber (11,8%) and other (8,2%). Most of the locally processed roundwood was used for pulping (67%) or sawing and peeling (22%). In particular the pulp and paper production is characterised by a high value addition factor (1:13). Paper and dissolving pulp, packaging papers, newsprint, coated and uncoated graphic papers and speciality papers and tissues are produced for local and foreign users. The success of this industry and its ability to compete internationally is much dependent on low cost high quality fibres produced under diverse site conditions for a variety of products and markets.

Today the following groups of land uses are reported in South Africa (FAO, 2001): (i) thicket and bushland (63,7 Mha); (ii) grassland (27,7 Mha); (iii) cultivated land (14,0 Mha); (iv) forest and woodland (7,5 Mha); (v) degraded land (5,8 Mha); (vi) forest plantations (1,6 Mha); (vii) urban and build-up land (1,1 Mha); (viii) wetlands (0,4 Mha); (ix) waterbodies (0,4 Mha); (x) mines and quarries (0,1 Mha). With the recent privatisation of the state-owned plantations the role of the government will be restricted to legislation, forest conservation and community forestry. There is only about 750 000 ha of additional land which could be used for commercial afforestation (Fairbanks and van der Zel, 1996).

The concept of site and plantation forestry

The concept of site can be viewed from an ecological or commercial perspective. As an uniform ecological unit, a site carries a specific type of vegetation but also possesses specific production capacity capable of delivering a specific volume of timber. The recent advances in securing sustainable timber production through certification of timber plantations makes the ecological knowledge even more relevant in the operational context. As the pressure on sustainable forest land management and environmental accountability will grow and the cost-effective deployment of tree breeding and silvicultural technology will affect international competitiveness, forest managers and land owners will make more efforts to employ a greater understanding of complex environmental resources and processes for producing timber resources.

For thousands of years people have benefited from understanding the relationship between biotic and abiotic land features. Early records of this knowledge come from Theophrastus (370-285 BC), a pupil of Plato and Aristotle, who noted the importance of climate to plant distribution and the relationship between the life cycle of plants and seasons (Woodward, 1986). Schrimper (1898, in Schultze, 1997) realised that climatic impact on plant distribution and survival is controlled through physiological processes. A classification of forest land with the objective of wise human intervention has been a part of forestry for more than 100 years. This classification follows a subjective need to simplify complex natural systems for understanding and easy communication. Morozov (1904) defined biocenotic classification of forests in Russia, while Cajander (1909) used forest floor flora to distinguish forest sites in Finland. Three major types of site classification emerged:

- (i) phytocentric - based on a composition of plant communities (or their performance, like e.g. site index of trees);
- (ii) geocentric - including climate, soil factors, topography, parent material and geomorphology into a system providing for specific type and production of forests;
- (iii) mixed - inclusive of both abiotic and biotic components.

The phytocentric system is infrequently used where afforestation of non-forest land is intended or where vegetation is changed beyond its natural cover. On the other hand, the use of the geocentric method usually requires a comprehensive knowledge of factors which are difficult or expensive to study (e.g. climatic information) and their interpretation for exotics-based plantation forestry requires long-term experiments.

The traditional definition of site used in this review requires some clarification as the term is used frequently just in its common meaning ("place") or confused with other ecological terms such as "environment". For example, Louw (1999) viewed the forest site type as an integrated complex of a range of environmental factors within a prescribed area. Also Grey (1987) used "environmental factors" in a context of site characteristics and classification. A combination of vegetation, animals and physical habitat is called an ecosystem or a biogeocoenosis (terrestrial ecosystem) (Pojar *et al.*, 1985). A

terrestrial ecosystem includes organisms (biocoenosis) and the physical (abiotic) factors of their habitat. A forestry ecosystem is dominated by trees. The physical environment can fluctuate rapidly within the specific range of conditions in a particular area. For example, the daily range of temperatures and light will change drastically after felling a stand of trees. The amplitude of such changes, however, will occur depending on a specific climatic regime which may remain similar in an area for thousands of years. Therefore, a site is understood here as the relatively stable complex of physical environment which determines the type of vegetation and associated herbivores (Figure 1). Particular vegetation will succeed if, within a specific plant life requirements, supportive climatic, hydrological and nutritional processes allow a complete physiological cycle of survival, biomass production and reproduction (Woodward,1986).

Figure 1. Site is defined as a relatively stable part of habitats which has a major impact on associate biocoenosis and its productivity.

Site-species matching and its evolution

The early introduction of exotic tree species were based predominantly on the origin of European settlers. In the XIX century, however, the introduction was based more on scientific principles of matching conditions of indigenous habitats with those found in South Africa. South African forestry scientists pioneered the successful introduction of *Pinus radiata* from California, *Pinus patula* from Mexico, *Pinus roxburghii* from India, *Pinus pinaster* from France, eucalypts and acacias from Australia, *Populus canescens* from Europe and *Populus deltoides* from the USA, and many more (Fairbanks and van der Zel, 1996; Poynton, 1977, 1979). Already a century ago, it became clear that the domestication of exotic tree species "must be one of continual experimentation" (Roberts, 1926) as we improve our ability to understand the tree - site interaction and can select the best genotypes for specific growth conditions.

Probably the first scientific way of classifying South African forest sites was provided by Streets (1962) who developed a climatic matrix for introduction of species based on their climatic preferences. Thousands of field trials showed, however, that pedological conditions play equally important roles in successful timber production. In 1975, a research policy was developed on

adding pedological information to climatological data. Although, the first comprehensive site evaluation started in the late 1960s (Schönau, 1969), only about 10 years later site studies became more popular (Grey, 1979, 1983). At the same time the planting permit restrictions and economic considerations “forced” growers to apply intensive silviculture to increase plantation productivity in a cost-effective way. It became the responsibility of researchers by not only matching species with sites but also benchmarking operational performance of stands and optimisation of silvicultural investments.

The use of site-growth models is based on empirical testing of relationships between tree performance under defined site conditions. The work is predominantly based on the application of mathematical and statistical techniques without much insight to physiological tree functioning. Information is collected from study plots where site factors are defined based on a broad understanding of their importance, while tree performance is studied with the traditional inventory and growth modelling techniques. The quality of information is much dependent on impacts of non-site related factors, including silvicultural alterations, impacts of abnormal conditions (fire, hail, etc.) and inaccurate growth information and site characteristics. In such studies, the tree performance is usually defined with Site Index (SI) which is top height at a reference age. Height growth has been accepted as the most reliable reflection of site quality (Schönau, 1988). Multiple regression techniques with pre-selection of explanatory variables based on sound statistical and rational evaluation methods are fundamental to such procedures.

A number of site-growth studies, aimed at predicting timber production based on site characteristics, were completed in the last 20 years. Their outcome is summarised in Table 1.

Species	Site attribute	Region specific coefficient of determination (R ²)	Reference
<i>Acacia mearnsii</i>	Carbon content in A horizon Coarse sand content in B horizon Coarse sand in A horizon Effective rooting depth Exchangeable sodium in A horizon Medium sand content in B horizon Phosphate content in A horizon	0,70	Schonau & Aldworth, 1991
<i>Eucalyptus grandis</i>	Mean precipitation in August Organic carbon in A horizon Signs of water-logging Total soil depth	0,76 - 0,80	Louw, 1997 Noble et al., 1991
<i>Pinus elliotii</i>	Altitude Annual precipitation Clay content in A horizon (%) Effective rooting depth Slope angle Terrain position	0,55 - 0,74	James, 1988 Schafer, 1988a
<i>Pinus patula</i>	Altitude Calcium content in topsoil Driest quarter precipitation Fine sand content in A horizon Parent material Slope angle Soil depth Soil unit (classification) Subsoil P content Terrain position Topsoil exchangeable K Volume of stones in B horizon	0,42 - 0,86	Evans, 1974 Louw, 1995 Grey, 1979 Schutz, 1990
<i>Pinus elliotii</i> and <i>Pinus patula</i>	Carbon content in B horizon Heat units Mean annual temperature Roots available water and annual precipitation Soil bulk density of A horizon	0,57 - 0,80	Zwolinski et al., 1998

Species	Site attribute	Region specific coefficient of determination (R ²)	Reference
<i>Pinus pinaster</i>	Altitude Effective rooting depth Radiation index Exchangeable Al in A horizon Dry colour of A horizon Aspect Phosphate content in A horizon (Bray 2)	0,58 - 0,70	James, 1988 Louw, 1989 Schafer, 1988b
<i>Pinus radiata</i>	N & P foliar content Clay content in A horizon P content at 1 m soil depth (Bray 2) Terrain position Longitude Annual precipitation Conductivity in B horizon Phosphate content in A horizon (Bray 2) Hue of A horizon Soil parent material Hard rock geology Exchangeable Al in A horizon Total N/organic phosphate in B horizon Dry colour A horizon Effective rooting depth Slope angle Consistency of A horizon Aspect	0,52 - 0,77	Donald, 1977 Grey, 1987 Louw, 1991 Schafer, 1994
<i>Pinus taeda</i>	Annual precipitation Effective rooting depth Terrain position Permeability soil profile Parent material Colour of B horizon	0,80	Strydom, 1991

From Table 1, it is evident that growth-site studies have produced mixed success. Although much variation in growth could be predicted from some models, the variables of importance in such predictions are frequently

complex, difficult or expensive to define. Therefore, the growth-site modelling cannot be easily implemented by operational forestry. This method serves usually to identify factors of importance and also for delineating production areas of specific potential through GIS applications.

A practical system for site-specific operations, in particular for best use of select genetic material and intensive silviculture, has been developed by Sappi. In this system, large Land Types replace more specific site classification providing a relevant site-base system for operational plantation management, expression of site quality, yield prediction, and risk management. A Land Type is a physiographic unit of uniform soil types, macroclimate and terrain form. In this concept site and environment are synonymous. There are 170 Land Types across Sappi holdings of over 400 000 ha, and each Land Type covers approximately 2400 ha. According to Pallet *et al.* (2001), Land Types provide a strategic overview of plantation sites and relevant foundation for tree breeding research and deployment of its results.

Pallet *et al.* (2001) showed that an integrated approach to deployment of best genetic material must include the understanding of growing conditions best suited for the genetic material employed as well as deployment of silvicultural procedures required for optimum performance of select genetic material. The optimum performance, however, is not viewed anymore in the context of tree survival or even timber yields. Large corporations view fibre production as a part of the so called "value chain" and its outcome is measured on a cost/benefit scale. The important implications for matching species and sites are the costs of timber delivery and processing. Site-species matching, therefore, is not based exclusively on biological principles. Best growing species will not be planted where processing requires different types of fibre and other processing plants are too distant for cost-effective timber delivery.

Site requirements of commercial tree species

The choice of genetic composition of trees is the most important of all silvicultural decisions. It is based on many species and clonal trials established over the last 100 years as well as based on site-growth studies already reported in this paper. The experience of tree performance (survival and growth) has been recently enhanced by information on timber properties, in particular in relation to pulping characteristic and yield (Clarke, 1999).

More specific information can be found in recent publications by Morris and Pallet (2000) and Herbert (2000), as well as in a report compiled by MacLennan (1997). Pine and eucalypt trials of the southern African region were summarised by Poynton (1977, 1979). Maps of potential plantation sites and productivity classes based on site-growth models are published by Schultze (1997) for the major commercial tree species.

Ways forward

Unlike in the natural northern hemisphere forests, in short rotation tree plantations the concept of site is becoming increasingly related to short cycles of relevant resources and conditions, and less to the “relatively stable” site factors. This is for two major reasons: (i) the rate of growth is very rapid and even a short-term decline in optimal conditions results in production losses, and (ii) breeding strategies aim at maximum stem wood production and not tolerance of trees to stressful agents. The outcome of the site-tree relationship is not any longer measured by successful establishment of introduced species but by profits from quality fibre production and processing which are dependent on relatively short-term investments. Timber production is modified through costly site amelioration and control of tree genetic make-up. Any, even short-lasting, deviation from the “optimal” conditions results in undesirable physiological stresses and production losses. Therefore, it is increasingly important that the traditional site concept is modified for practical applications in plantation forestry. In this context, site needs to be researched through the understanding of tree physiological responses to dynamic environment and logistics of timber supply and processing.

Since the Landsberg and Waring (1997) publication on modelling stand growth based on physiological processes, an increasing number of researchers are engaged in relevant studies in South Africa. The Physiological Principles Predicting Growth (3-PG) model (Landsberg and Waring, 1997) is based on relatively simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. In principle, the model calculates total carbon fixed from utilisable photosynthetically active radiation adjusted for the effects of drought, atmospheric vapour pressure deficit, and frost. It can use remotely-sensed estimates of leaf area index and basic information on weather and soils. First experimental applications of 3-PG in South Africa showed promising results (P. Dye, CSIR, pers. comm.).

Other “process-based” models have also received attention in South Africa. Esprey (2001) reviewed ProMod (Battaglia and Sands, 1997) after returning from Australia and found this model too static to predict responses to drought over the entire rotation. The improved version of ProMod is ProMod-dynamic which predicts biomass of foliage, branch, stem wood, bark, coarse and fine roots and annual litterfall over time. The model will include the effects of silvicultural treatments (such as fertilisation and thinning) as well as defoliation due to stresses (e.g. frost). ProMod-dynamic is shown to be a good predictor of growth where conditions change during a rotation. However, the model is complex and difficult to use. CABALA is another process based model based on a similar framework used in ProMod-dynamic: resource acquisition such as water, nutrients and light, linked to foliage and fine root biomass, canopy architecture and stand density. The difference between the two is that CABALA is used for forest stands with understorey (Esprey, 2001).

The discussion on future site-tree relationships would not be complete without a reference to molecular engineering leading to Genetically Modified Organisms (GMOs). Despite GMOs having already been implemented in operational agriculture, a substantial resistance exists to their deployment in forestry. The South African forestry companies standing is in line with international and national laws and requirements for forest certification. However, within the legal framework, research is conducted under controlled conditions to prevent any chance of “genetic pollution”. It is believed that GMO deployment will have a major impact on fibre production for pulp and paper processing and it will also have an environmental benefit (e.g. sterile trees of potentially invasive species).

References

- BATTAGLIA, M.; SANDS, P. Modelling site productivity of *Eucalyptus globulus* in response to climatic and site factors. ***Australian Journal of Plant Physiology***, n. 24, p. 831-850, 1997.
- CLARKE, C. R. E. Prospects for producing more pulp fibre per hectare in South Africa. ***South African Forestry Journal***, n. 185, p. 50-56, 1999.
- CAJANDER, A. K. Über Waldtypen. ***Acta Forest Fennica***, n. 1, p. 1-175, 1909.

DONALD, D. G. M. Site index of *Pinus radiata*. **Annual Report of University of Stellenbosch**, n. 18, p. 13-15, 1977.

ESPREY, L. J. **Process-based modelling in forestry: a report on a visit to the CRC-SPF and CSIRO, Australia (April-May 2001)**. [S.l.]: ICFR, 2001. (ICRF. Bulletin, 14).

EVANS, J., Some aspects of the growth of *Pinus patula* in Swaziland. **Commonwealth Forestry Review**, n. 53, p. 57-62, 1974.

FAO. **Forest cover state and change**. Rome, 2001. Disponível em: < www.fao.org/forestry >. Acesso em 2001.

FIREBANKS, D. H. K.; ZEL, D. W. van der. Afforestation potential in South Africa. In: ZEL, D. W. van der. **South African National Action Plan: Partial Framework Plan: Commercial Forestry, Forestry Processing Industry**. Pretoria: Department of Water Affairs and Forestry, 1996. p. 109-125.

GREY, D. C. Site quality prediction for *Pinus patula* in the Glengarry area, Transkei. **South African Forestry Journal**, n. 111, p. 44-48, 1979.

GREY, D. C. The evaluation of site factor studies. **South African Forestry Journal**, n. 127, p. 19-22, 1983.

GREY, D. C. **A study of the relationship between environmental factors and mensurational parameters in *Pinus radiata*** D. Don. 1987. 130 f. Thesis - University of Stellenbosch,

HERBERT, M., Eucalypt and wattle species. In: OWEN, D.W. (Ed.), **Forestry handbook**. Pretoria: The Southern African Institute of Forestry, 2000. v. 1, p. 85-94.

JAMES, D. B. Prediction of tree growth from soil parameters in Tsitsikamma Key Area. In: FOREST SITE AND NUTRITION RESEARCH WORKING GROUP, 8., 1988, Stellenbosch. **Proceedings**. Stellenbosch: [s.n.]: 1988. p. 16-18.

LANDSBERG, J. J.; WARING, R. H., A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*, n. 95, p. 209-228, 1997.

LOUW, J. H., *Die verwantskap tussen groeiplekfaktore en P. pinaster-groei in die Farleigh Landtipe*: Suid-Kaap. 1989. 63 f. Thesis - University of Stellenbosch, Unpublished Hons

LOUW, J. H. The relationship between site characteristics and *Pinus radiata* growth on the Tsitsikamma plateau, South Africa. *South African Forestry Journal*, n. 158, p. 37-45, 1991.

LOUW, J. H. *Site classification and evaluation for commercial forestry in the Crocodile River catchment, Eastern Transvaal*. 1995. 331 f. Thesis (MSc Thesis) - Faculty of Forestry, University of Natal, Stellenbosch, 1995.

LOUW, J. H. A review of site-growth studies in South Africa. *South African Forestry Journal*, n. 185, p. 57-65, 1999.

LOUW, J. H. A site-growth study of *Eucalyptus grandis* in the Mpumalanga escarpment area. *South African Forestry Journal*, n. 180, p. 1-14, 1997.

MACLENNAN, L. *Current Recommendations*. [S.I.]: ICFR, 1997. (ICRF. Bulletin Series, 4).

MOROZOV, G. P. O. Tipach nasazhdenij i ich znaczenie v losovodstve. *Lesnoi Journal*, n. 42, p. 843-871, 1904. Título alternativo: On stand types and their importance in forestry.

MORRIS, M.; PALLET, R. Pines. In: OWEN, D.W. (Ed.). *Forestry handbook*. Pretoria: The Southern African Institute of Forestry, 2000. v. 1, p. 80-84.

NOBLE, A. D.; DONKIN, M. J.; SMITH, C. W. The importance of soil properties as indicators of site quality for *eucalyptus grandis* on the zululand coastal plain. In: IUFRO SYMPOSIUM PROCEEDINGS ON INTENSIVE FORESTRY: "The Role of Eucalypts", 1991, Durban. [*Proceedings...*]. Durban: [s.n.], 1991. v. 1, p. 433-443.

- OLBRICH, K.; CHRISTIE, S. J.; EVANS, J.; EVERARD, D.; OLBRICH, B.; SCHOLLES, R. J. Factors influencing the long term sustainability of the South African forestry industry. *South African Forestry Journal*, n. 178, p. 53-55, 1997.
- OWEN, D. L.; ZEL, D. W. van der. Trees, forests and plantations in Southern Africa. In: OWEN, D. W. (Ed.). *Forestry handbook*. Pretoria: The Southern African Institute of Forestry, 2000. v. 1, p. 3-8.
- PALLET, R.; STANGER, T.; MORRIS, A.; CLARKE, C. Operational deployment of genetic gain. *South African Forestry Journal*, n. 190, 53-59, 2001.
- POJAR, J.; KLINKA, K.; MEIDINGER, D. Ecosystem classification by the British Columbia Forest Service. In: IUFRO WORKSHOP: Forest Site Classification Methods, 1985, New Brunswick. *Proceedings*. Fredericton: IUFRO, 1985. p. 68-88. Workin Party S1.02.06
- POYNTON, R. J. *Tree planting in South Africa: Pines*. Pretoria: Department of Forestry, 1977. v. 1, 76 p.
- POYNTON, R. J., *Tree planting in South Africa*. Eucalypts. Pretoria: Department of Forestry, 1977. 882 p.
- ROBERTSON, C. C. *A reconnaissance of the forest trees of Australia from the point of view of their cultivation in South Africa*. Pretoria: Forest Department, 1926. 265 p.
- ROBERTS, P. J. T. *Variation in soil moisture availability in South African plantations*: initial results of parameter sensitivity tests of model WETNES. Pietermaritzburg: ICFR, 1994. (ICFR. Bulletin Series, 8).
- SCHAFFER, G. N. A site growth model for *Pinus elliottii* in the Southern Cape. *South African Forestry Journal*, n. 146, p. 12-17, 1988a.
- SCHAFFER, G. N. A site growth model for *Pinus pinaster* in the southern Cape. *South African Forestry Journal*, n. 146, p. 18-22, 1988b.
- SCHAFFER, G. N. *Classification of forest land in the Southern Cape Region*. 1992. 140 f. Thesis (MSc Thesis) - Department. of Agronomy, University of Natal, Pietermaritzburg.

- SCHAFFER, G. N. 1994. *Pinus radiata growth model for the Southern Cape and Tsitsikamma*. [S.l.]: CSIR, 1994. 12 p. (CSIR Report FOR-DEA/816).
- SCHÖNAU, A. P. G. A site evaluation study in black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild). *Ann. University Stellenbosch*, v. 44, n. A2, p. 79-214, 1969.
- SCHÖNAU, A. P. G. Problems in using vegetation or soil classification in determining forest site quality. In: DALE, C. W.; GESSEL, S. (Eds.). *Forest site evaluation and long-term productivity*. Seattle: University of Washington Press, 1988. p. 3-11
- SCHÖNAU, A. P. G.; ALDWORTH, W. J. K. 1991. Site evaluation in black wattle with special reference to soil factors. *South African Forestry Journal*, n. 156, p.35-43, 1991.
- SCHRIMPER, A. F. W. *Planzengeographie auf Physiologischer Grundlage. Jena. Germany*. [S.l.: s.n.], 1890.
- SCHULTZE, R. E. *South African atlas of agrohydrology and climatology*. Pretoria: Water Research Commission, 1997. 276 p. Report TT82/96.
- SCHUTZ, C. J. *Site relationships for Pinus patula in the Eastern Transvaal escarpment*. 1990. 334 f. Thesis (PhD Thesis) - Department of Soil Science and Agrometeorology, University of Natal, Pietermaritzburg.
- STREETS, R. J. *Exotic forest trees in the British Commonwealth*. Oxford: Clarendon Press, 1962. 750 p.
- STRYDOM, H. L. *'n Groeiplekmodel vir Pinus taeda in die Sabie omgewing. Forestek*. [S.l.]: CSIR, 1991. 11 p. Internal Report 900 40668/02.
- WOODWARD, F. I. *Climate and plant distribution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 174 p.
- ZWOLINSKI, J.; HENSLEY, M.; MONNIK, K. A. Site conditions and growth of pines at the North East Cape Forests. *South African Forestry Journal*, n. 183, p. 1-16, 1998.

Melhoramento Genético Para Produção de Resina no IFSP

Reinaldo Cardinali Romanelli

1. Introdução

O Instituto Florestal possui extensas áreas de *Pinus elliottii* var. *elliottii* instaladas no Sul e Sudoeste do Estado de São Paulo a partir de 1960. Essas áreas foram implantadas inicialmente visando a substituição da *Araucaria angustifolia*, que já naquela época se tornara escassa. Essas áreas estão distribuídas principalmente nos municípios de Itapetininga, Itapeva, Itararé, Angatuba, Avaré, Manduri, Paranapanema, Assis e Pirajú. Esses plantios, a partir de 1977/1978, passaram a ser resinados com base nos primeiros estudos realizados pelo Instituto Florestal através dos trabalhos publicados por Clements (1974), Gurgel Filho et al. (1967), Gurgel Filho (1972), Gurgel Filho & Gurgel Garrido (1977) e Kronka et al. (1970).

2. Programa de Melhoramento para Produção de Resina

A execução da resinagem comercial nestas áreas possibilitou a seleção de indivíduos com boa produção e portanto a execução do programa de melhoramento para a produção de resina, conforme publicações de GARRIDO (1983), Romanelli et al. (1983) e Gurgel Garrido et al. (1990). Esse

¹.Engenheiro-Agrônomo, Mestre, Pesquisador do Instituto Florestal de São Paulo.

Programa possibilitou a implantação do Pomar Clonal em 1984, do Banco Clonal em 1984 e dos testes de progênes de 1980 em diante.

ROMANELLI (1988) definiu a necessidade de um programa exclusivo para a produção de resina e obteve os primeiros resultados de herdabilidade h^2 para a espécie no Estado de São Paulo. Outros pesquisadores também obtiveram dados importantes sobre a herdabilidade e outros parâmetros conforme listado na TABELA 1.

TABELA 1. Resultados de alguns testes de progênes para produção de resina instalados no Instituto Florestal SP.

LOCAL	ESPÉCIE	Nº PROG.	IDADE	H2	FORMA DE RESINAGEM	AUTORES
Itapetininga	<i>Pinus elliotti</i>	87	4 anos	0,54	Micro resinagem	Romanelli (1988)
Assis	<i>Pinus elliotti</i>	49	3,5 anos	0,52	Micro resinagem	Gurgel Garrido & Kageyama (1993)
Assis	<i>Pinus elliotti</i>	49	6,5 anos	0,28	Micro resinagem	Gurgel Garrido & Kageyama (1993)
Assis	<i>Pinus elliotti</i>	49	9,5 anos	0,13	Comercial	Gurgel Garrido et al. (1994)
Manduri	<i>Pinus elliotti</i>	100	3,5 anos	0,47	Micro resinagem	Gurgel Garrido et al. (1994)
Manduri	<i>Pinus elliotti</i>	100	9,5 anos	0,37	Comercial	Romanelli (1995)
Itapetininga	<i>Pinus elliotti</i>	87	8 anos	0,47	Comercial	Gurgel Garrido et al. (1996)
Assis	<i>Pinus c.b.</i>	100	5 anos	0,34	Comercial	Romanelli (2000) não publicado
Itapetininga	<i>Pinus elliotti</i>	90	4 anos	0,05	Micro resinagem	Romanelli (2000) não publicado
Itapetininga	<i>Pinus elliotti</i>	90	12 anos	0,15	Comercial	Romanelli (2000) não publicado
Itapeva	<i>Pinus elliotti</i>	90	4 anos	0,12	Micro resinagem	Romanelli (2000) não publicado
Itapeva	<i>Pinus elliotti</i>	90	12 anos	0,33	Comercial	Romanelli (2000) não publicado
Angatuba	<i>Pinus elliotti</i>	90	4 anos	0,04	Micro resinagem	Romanelli (2000) não publicado
Angatuba	<i>Pinus elliotti</i>	90	12 anos	0,02	Comercial	Romanelli (2000) não publicado

3. Pomar Clonal de Segunda Geração para Produção de Resina

Com base nos dados obtidos por ROMANELLI (2000), baseado em metodologia de seleção de RESENDE & HIGA (1994), e ainda não publicados, o Instituto Florestal está implantando Pomar Clonal de 2ª geração para produção de resina. Esses resultados estão apresentados na TABELA 2 e na TABELA 3.

TABELA 2. Resultados preliminares da média da população original (P_o), da média das testemunhas (Test.), médias dos testes de progênes (Exp.) e média das 30 melhores árvores selecionadas (S_1) de *Pinus elliottii* var. *elliottii* instalados em Itapetininga, Itapeva e Angatuba aos 12 anos de idade.

LOCAL	P_o (g)	Test. (g)	Exp. (g)	S_1 (g)
Itapetininga	1980	3080	3337	5870
Itapeva	1980	2287	2805	5270
Angatuba	1980	2985	3270	5482

TABELA 3. Indivíduos selecionados em Itapetininga aos 12 anos de idade, para formarem o Pomar Clonal de 2ª Geração para Produção de Resina de *Pinus elliottii* var. *elliottii*.

Trat.	Bloco	Ind.	matriz	DAP	Prd. Res.
77	2	9	559	22,3	6800
67	1	7	572	22,6	5650
58	2	2	573	23,5	6150
80	1	4	555	21,2	5750
52	2	9	580	21,0	5700
28	2	5	600	20,4	5850
32	3	3	589	23,5	5850
50	2	8	601	19,9	6000
11	2	5	501	20,4	5650
19	2	8	556	20,7	6150
40	3	9	527	21,6	5350
64	1	9	596	20,4	5650
03	2	2	554	23,7	6600
55	3	2	522	19,7	5700
01	2	8	574	23,5	6100
84	3	3	520	19,1	6550
88	3	4	549	24,9	5800
57	3	4	535	23,9	5650
81	1	2	577	25,1	5200
20	1	8	536	22,9	5650
04	3	7	579	21,0	6050
70	1	9	512	20,5	5550
66	1	7	507	22,3	5750
08	3	2	511	22,8	5550
44	3	1	516	18,6	5750
43	3	8	585	17,8	6350
02	3	8	581	18,1	5700
41	1	3	509	22,6	5650
39	3	7	550	21,5	5550
25	2	6	584	21,0	6400
Média				21,5	5870

4. Trabalhos Atuais

4.1.Objetivo: Instalar bateria de experimentos científicos com a finalidade de obter dados para viabilizar o estabelecimento de talhões permanentes para produção de resina.

4.2.Subprojetos:

4.2.1.Espaçamentos mais largos e a produção de resina.

Autores: Reinaldo Cardinali Romanelli

Ananias Pontinha Saraiva

José Antonio de Freitas

4.2.2.Larguras de painel de resinagem na produção de resina

Autores:

Antonio Orlando Freire Neto

Reinaldo Cardinali Romanelli

Claudio Monteiro

José Antonio de Freitas

Regina Valentino Freire

4.2.3.Diferentes concentrações de pasta na produção de resina

Autores:

Antonio Orlando Freire Neto

Reinaldo Cardinali Romanelli

Claudio Monteiro

José Antonio de Freitas

Regina Valentino Freire

4.2.4.Número de faces de resinagem e produção de resina em população adulta

Autores:

Antonio Orlando Freire Neto

Reinaldo Cardinali Romanelli

Claudio Monteiro

José Antonio de Freitas

Regina Valentino Freire

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLEMENTS, R. W. *Modern gum naval stores methods*. Asheville: USDA. Forest Service, 1974. 29 p. (USDA. For. Serv. Gen. Tech. Report, 7).
- GARRIDO, L. M. A. G. Eleição de árvores superiores para a produção de resina. *Silvicultura*, Belo Horizonte, v. 8, n. 28, p. 298-303, 1983.
- GURGEL FILHO, O. A. Contribuição a resinagem. *Brasil Florestal*: Boletim Técnico, Brasília, n. 2, p. 37-67, 1972.
- GURGEL FILHO, O. A.; SOUZA JUNIOR, H.; VENCOVSKY, R. Resinagem em *Pinus elliottii* var. *elliottii*. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, n. 6, p. 157-160, 1967.
- GURGEL FILHO, O. A.; GURGEL GARRIDO, L. M. A. Influência do diâmetro e da copa na produção de resina. *Brasil Florestal*, Brasília, n. 32, p. 27-32, 1977.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A. Seleção individual em *Pinus elliottii* ENG. var. *elliottii* para produção de resina no Instituto Florestal de São Paulo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordao. *Anais*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p. 414-418.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A.; KAGEYAMA, P. Y. Evolução, com a idade, de parâmetros genéticos de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* selecionado para produção de resina. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 21-37, 1993.
- GURGEL GARRIDO, L. M. A. Variabilidade da produção de resina em *Pinus elliottii* Engelm. Var. *elliottii*. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, n. 6, único, p. 113-128, 1994.
- GURGEL GARRIDO, L.M. do A.; ROMANELLI, R.C.; GARRIDO, M.A. de O. Variabilidade genética de produção de Resina, DAP e altura em *Pinus caribaea* Mor. var. *bahamensis* Barr Et Golf. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 89-98, 1996.
- KRONKA, F.J.N.; BUENO, R.A.; KRONKA, S.N. Determinação da frequência de aplicação do Estimulante químico na resinagem de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, n. 7, p. 103-106, 1970.
- RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 28/29, p. 37-55, 1994.
- ROMANELLI, R. C. Programa de melhoramento do Instituto Florestal em *Pinus elliottii* var. *elliottii* para produção de resina. *Silvicultura*, Belo Horizonte, v. 8, n. 28, p.479-482, 1983.

ROMANELLI, R. C. *Variabilidade genética para produção de resina associada às características de crescimento em uma população de Pinus elliottii var. elliottii Engelm. na região de Itapetininga - SP.* 101 f. 1988. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Piracicaba.

ROMANELLI, R. C. R. Seleção precoce em progênies de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 101-113, 1995.

Melhoramento para Produtividade e Qualidade de Celulose de Fibra Curta

Teotônio Francisco de Assis

Resumo

Dentre os fatores que conferem competitividade na indústria de celulose, a produtividade das florestas e a qualidade da madeira estão entre os mais importantes. Em razão disto, o aumento da produtividade florestal e a melhoria das propriedades tecnológicas da madeira, tem sido as principais demandas dos programas de melhoramento de *Eucalyptus* para a produção de celulose de fibra curta no Brasil. Tais demandas tem surgido visando a melhorar os níveis de contribuição das áreas florestais no aumento da competitividade das indústrias. Isto se verifica por intermédio da redução de custos operacionais, da melhoria da performance da matéria prima no processo industrial, bem como da adequação dessa matéria prima à fabricação de produtos de alta qualidade para diferentes segmentos de mercado.

Este trabalho apresenta uma abordagem sobre o melhoramento para produção de celulose de fibra curta, com ênfase na utilização de híbridos interespecíficos de *Eucalyptus*. São mostrados resultados experimentais e operacionais da produção de híbridos de *Eucalyptus*, visando à sua utilização na indústria de celulose. Aborda ainda aspectos práticos e técnicos experimentados no desenvolvimento dessas atividades.

¹ Engenheiro Florestal, Mestre, Consultor de Melhoramento Genético da Klabin S/A.
tfassis@riocell.com.br

Introdução

Ao se desenvolverem programas de melhoramento para fins industriais deve-se considerar que, em ambientes mercadológicos de alta competitividade, o compromisso primordial desses programas deve ser o efetivo atendimento das necessidades das indústrias. Na prática, embora as principais características de interesse econômico sejam altamente herdáveis, oferecendo boas perspectivas de obtenção de ganhos mediante o desenvolvimento de programas de melhoramento genético, a obtenção desses ganhos e sua transferência para as florestas tem sido, de modo geral, lenta.

Considerando as dificuldades inerentes ao uso de espécies perenes, cujos ciclos de melhoramento são normalmente mais longos, a maior contribuição dos programas de melhoramento genético para as indústrias de base florestal tem relação direta com sua capacidade de gerar indivíduos superiores, que efetivamente promovam ganhos de produtividade na floresta, ganhos de produtividade industrial, bem como redução de custos de processo e melhorias na qualidade dos produtos. Por outro lado, sua utilidade para a indústria é potencializada quando se dispõe de tecnologias que possibilitam a rápida transformação desses ganhos em benefícios industriais, ou seja, a rápida e efetiva integração desses ganhos ao processo produtivo.

Desta forma, os maiores desafios dos melhoristas florestais consistem em utilizar estratégias eficientes para obter indivíduos que apresentem alto potencial de crescimento e, ao mesmo tempo, madeira de qualidade superior e no menor espaço de tempo. Os maiores obstáculos encontrados pelos melhoristas de *Eucalyptus* para vencer esses desafios referem-se ao fato de as espécies tradicionalmente plantadas no Brasil apresentarem certas limitações nas propriedades de sua madeira. Isto torna-se mais evidente quando se busca promover impactos significativos no processo industrial e na qualidade dos produtos para certos segmentos de mercado em particular. Além disto, o longo tempo requerido para que os programas de melhoramento tradicionais produzam resultados, torna-os pouco efetivos no atendimento às necessidades das indústrias, frente os desafios apresentados pelo mercado de celulose de fibra curta. Embora as herdabilidades para características tecnológicas da madeira e da polpa sejam de média a alta magnitude (Demuner & Bertolucci, 1993), os limites da variabilidade verificados nas espécies tradicionalmente plantadas no Brasil, tornam-se um empecilho à obtenção de indivíduos que

otimizem as características desejadas e que sejam capazes de promover saltos quantitativos e qualitativos na performance da indústria de celulose e papel.

Neste contexto, a hibridização interespecífica apresenta-se como uma ferramenta de grande utilidade para atender às necessidades da indústria, principalmente por tornar possível a integração, às espécies locais, de genes de espécies de interesse, que não sejam adaptadas ao local de plantio. A hibridização tem ainda como importantes virtudes, a capacidade de possibilitar a combinação de características tecnológicas da madeira, diferenciadas em distintas espécies e de produzir árvores excepcionais como resultado da manifestação de heterose ou vigor híbrido. Entretanto, a maior contribuição do uso de híbridos, para os programas de melhoramento com finalidades industriais, ocorre quando a propagação vegetativa em larga escala é viável.

Assim, a rápida e efetiva integração de ganhos genéticos ao processo produtivo depende da existência de métodos funcionais de propagação vegetativa. A utilização dessa técnica apresenta certas vantagens em comparação com os métodos sexuais de produção de mudas. A primeira vantagem está diretamente relacionada com a magnitude dos ganhos transferidos para as florestas. Por possibilitar a captura da variância genética total, esse método de propagação promove a obtenção dos ganhos máximos, sejam de produtividade volumétrica ou de propriedades tecnológicas da madeira e no menor espaço de tempo. A segunda grande vantagem está na possibilidade de se produzir matéria prima mais uniforme que, do ponto de vista industrial, pode apresentar significativos benefícios, resultando em ganhos no processo industrial e na qualidade dos produtos. Desta forma, o desenvolvimento de programas de melhoramento com tal enfoque produz reflexos positivos em três importantes componentes do processo competitivo: produtividade, qualidade e custos de produção.

Melhoramento para Produtividade e Qualidade de Celulose de Fibra Curta

O desenvolvimento de programas de melhoramento genético de *Eucalyptus*, com foco nas propriedades da polpa e do papel, é ainda muito recente no Brasil. Nas décadas passadas a maioria dos programas de melhoramento tinha como característica tecnológica alvo a densidade da madeira, que apresenta correlação positiva com várias características importantes para o processo

industrial e para o produto. Só mais recentemente, entretanto, outras características da madeira, polpa e papel passaram a figurar de forma mais expressiva no conjunto de atributos a serem submetidos à seleção dentro de tais programas. Isto fez com que a matéria prima fabril atualmente utilizada na indústria de celulose de fibra curta, fosse primordialmente fruto do aproveitamento de indivíduos já existentes nas áreas de plantio, os quais tornaram-se o objeto dos programas de clonagem em escala comercial. Esses indivíduos eram basicamente produto da hibridização espontânea ocorrida em plantações contíguas de espécies botanicamente afins, fenômeno usualmente observado nas populações de Rio Claro.

Apesar de não se caracterizar como a situação ideal em termos do potencial oferecido pelo gênero *Eucalyptus*, houve grandes avanços no aumento de produtividade das florestas, com a disseminação do uso de florestas clonais, baseadas nesse tipo de indivíduo. Embora deva ser reconhecido que os ganhos obtidos na densidade da madeira, no rendimento em celulose e na produtividade florestal foram expressivos, somente agora outras características, que tem reflexos positivos no processo industrial e na qualidade dos produtos, estão recebendo maior atenção dentro dos programas de melhoramento florestal. Dessa forma, a utilização prática do potencial de melhoramento das propriedades da polpa e do papel no gênero *Eucalyptus* está apenas no seu início. Comparativamente ao potencial de produtividade das florestas, cujo grande salto já foi dado, mais do que dobrando nos últimos 20 anos, pode-se afirmar que o grande salto de qualidade, ou de melhoria das propriedades tecnológicas da madeira, ainda está por acontecer. Esta deverá ser a próxima conquista dos programas de melhoramento genético para produção de celulose de fibra curta no Brasil e talvez sua maior contribuição para o fortalecimento da indústria brasileira desse setor.

Produção de Híbridos x Aumento da Produtividade Florestal

Quando se trata de promover ganhos substanciais e em curto espaço de tempo, a hibridação interespecífica é uma ferramenta de grande utilidade. A busca de complementaridade entre espécies de *Eucalyptus*, visando a aumentar o número de características desejáveis, ou a própria heterose, verificada em vários cruzamentos, representa um caminho que encurta as distâncias entre as demandas industriais e seu efetivo atendimento pelos

programas de melhoramento genético. Desta forma, a hibridação interespecífica, principalmente em razão do fenômeno da manifestação de heterose, relativamente comum no gênero *Eucalyptus*, tem se mostrado uma alternativa de grande impacto. A evolução da qualidade das florestas proporcionada pela utilização comercial da heterose, através da propagação vegetativa de híbridos de *Eucalyptus* no Brasil, é uma forte evidência de que se trata de um fenômeno de grande utilidade para atingir, rapidamente, altos níveis de produtividade florestal. Neste sentido, a contribuição que a hibridação de *Eucalyptus* deu para o desenvolvimento florestal do Brasil é inegável. A maioria dos benefícios proporcionados pelo uso de híbridos, principalmente a produtividade florestal, é creditada à manifestação de heterose para crescimento e à complementaridade que certas espécies apresentam em relação a características que se combinam para produzir genótipos mais adequados aos distintos ambientes de plantio.

Heterose

Apesar do sucesso alcançado pelo uso de híbridos de *Eucalyptus* no Brasil e em vários outros países, a manifestação de heterose para crescimento em espécies florestais é um assunto controverso. Embora haja vários relatos sobre a ocorrência de heterose no cruzamento entre várias espécies desse gênero, (Martin; 1989; Assis, 1996; Nikles, 1992; Van Wyk, 1989; Denison & Kietzka, 1992; Campinhos & Ikemori, 1983), existem questionamentos acerca de sua real origem, se complementaridade ou heterose “per se” (Sedgley & Griffin, 1989; Eldridge et al., 1993) e também sobre a validade da natureza dos controles normalmente utilizadas como base de comparação para a determinação da sua magnitude. Sedgley & Griffin (1989), por exemplo, questionam o uso de testemunhas produzidas por polinização livre nesse tipo de comparação. Esses autores enfatizam que, o uso de testemunhas de polinização livre, endogâmicas em proporção desconhecida, como comparadores para avaliar híbridos de polinização controlada, sempre exogâmicos, pode levar a resultados inadequados. Por outro lado, apesar da existência de indivíduos heteróticos, a combinação de características complementares tende a ser mais valorizada do que a heterose em programas de produção de híbridos em *Eucalyptus* (Bertolucci et al., 1993; Santos & Scanavaca, 1993).

Com base em resultados práticos positivos, apresentados por vários híbridos espontâneos e naturais, vários ensaios de híbridos tem sido realizados no

intuito de melhor entender a expressão da heterose em *Eucalyptus* e também de conhecer o potencial a mesma apresenta para o desenvolvimento de florestas a partir de clones híbridos. Um grande número de ensaios desse tipo (Assis, 2000), tem mostrado que, para as condições ambientais do Cerrado de Minas Gerais, em termos médios, não tem havido manifestação significativa de heterose.

Da mesma forma, o desempenho médio individual dos melhores parentais não tem apresentado superioridade marcante em relação à média geral dos cruzamentos (baixa CGH). Isto significa que, nesse tipo de ambiente, se a forma de reprodução utilizada for por intermédio de sementes, a hibridização será pouco efetiva no sentido de proporcionar ganhos de produtividade expressivos. Entretanto, pares de cruzamentos específicos e principalmente os melhores indivíduos híbridos dentro de famílias híbridas, tem se mostrado significativamente superiores às médias, tanto das melhores famílias F_1 puras, quanto dos melhores indivíduos das espécies parentais (alta CEH). Esta parece ter sido a origem dos indivíduos superiores encontrados nas populações de Rio Claro e que foram a base para o desenvolvimento de florestas clonais no Brasil.

Uma exceção com relação à manifestação de heterose no Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais tem sido observada em *Eucalyptus urophylla*, onde materiais oriundos de pomares de sementes clonais também produzem indivíduos de alta performance. Especificamente neste caso existe a possibilidade de que seleções feitas com altas intensidades (Oda et al., 1989), tenham recaído em plantas híbridas, principalmente porque é muito comum a existência de híbridos naturais heteróticos em povoamentos de *E. urophylla*.

Esse tipo de resultado sugere que, em situações como as descritas acima, a exploração da capacidade geral de hibridização (CGH) não deve ser a melhor opção para a obtenção de ganhos em crescimento. Já a exploração da capacidade específica de hibridização (CEH), ao nível de família, seria viável de duas formas: ou com a utilização de pomares de sementes biclonais, com a propagação por sementes, ou através da clonagem de famílias de irmãos germanos (Resende, 1999). Essa é uma alternativa importante para híbridos entre espécies que são recalcitrantes quanto à clonagem em larga escala a partir de indivíduos adultos. É o caso, por exemplo, de cruzamentos envolvendo espécies como *E. citriodora*, *E. maculata*, *E. viminalis* e *E. nitens*, entre outras.

Entretanto, a melhor maneira de tirar proveito dos efeitos da capacidade específica de combinação é a derivação clonal a partir de indivíduos dentro dos melhores cruzamentos específicos. Essa estratégia conduz, para um caráter com herdabilidades no sentido restrito e amplo de 0,20 e 0,30, respectivamente, valores estes coerentes com os caracteres de crescimento em *Eucalyptus*, a cerca de 1,85 vezes (85% a mais de eficiência) em relação ao ganho genético obtido com a utilização dos pomares biclonais ou clonagem de famílias inteiras e constitui o limite máximo da capacidade específica de combinação (Resende, 2001). Esse ganho adicional advém da maior intensidade da seleção individual em relação à seleção de famílias e da exploração da variação genotípica total. Assim, a exploração da variabilidade individual, através da propagação vegetativa das árvores superiores, apresenta-se como a alternativa de maior impacto na promoção do aumento da produtividade florestal.

Fica evidente também que, mesmo não havendo ocorrência de heterose, pela sua definição clássica, na maioria dos cruzamentos existe uma heterose funcional (Lamkey, 1999), que pode ser aproveitada comercialmente com grandes vantagens em relação às espécies parentais. Esta é a mais provável explicação para o grande avanço verificado na produtividade florestal nas regiões onde foram desenvolvidos programas de florestas clonais baseadas em híbridos naturais e espontâneos. Atualmente os plantios clonais derivados de híbridos, produzidos por polinização controlada, apresentam ganhos realizados em produtividade de matéria seca da ordem de 100% em relação aos plantios feitos com sementes melhoradas.

Desse modo, nas situações em que a clonagem em larga escala é viável, até mesmo indivíduos que apresentam boa CGH podem ser preteridos em benefício de pares de cruzamentos específicos, que possuem desempenho superior, ou de cruzamentos que produzem indivíduos altamente heteróticos. De qualquer forma, apesar dos poucos estudos sobre o assunto, há indicações de que existe suficiente variância genética não aditiva em espécies de *Eucalyptus* para explicar a ocorrência de heterose em híbridos neste gênero (Coterill, 1997; Rezende & Resende, 2000; Kageyama & Kikuti, 1989; Paramathma & Surendran, 1997; Zobel & Talbert, 1984) e também para justificar sua exploração comercial através de técnicas de propagação vegetativa.

Existem outras situações, entretanto, em que a manifestação da heterose é clara e expressiva. Na *Tabela 1* por exemplo, são apresentados cruzamentos entre algumas espécies de *Eucalyptus*, estabelecidos no Estado do Rio Grande do Sul. Diferentemente do que foi discutido anteriormente, conforme mostrado por Assis (2000), na maioria dos cruzamentos houve manifestação de heterose para volume. Essa diferença de comportamento está coerente com as observações de Martin (1989) e Rezende & Resende (2000) sobre a influência que o ambiente exerce na expressão da heterose. Nesses cruzamentos, além da manifestação de heterose (de acordo com a definição clássica), existe também a heterose funcional, apresentando as mesmas vantagens já discutidas anteriormente.

O cruzamento entre as espécies *E. grandis* e *E. urophylla*, a exemplo do que ocorre em várias situações no Brasil e no exterior, foi o que apresentou melhor crescimento e também foi aquele que apresentou maior potencial na geração de indivíduos superiores para programas clonais. Tendo em vista seu crescimento volumétrico, este cruzamento tem apresentado o maior percentual de clones recomendados para uso comercial, em relação ao número de indivíduos selecionados e clonados, independente do local onde tem sido utilizado. Por esta razão, é o cruzamento mais popular no Brasil, constituindo-se na base da grande maioria dos plantios clonais para finalidades industriais no país.

TABELA 1. Crescimento em diâmetro, altura, volume e volume individual máximo de alguns híbridos interespecíficos em relação às espécies parentais aos 4 anos de idade (Klabin S/A – Rio Grande do Sul).

Cruzamentos	DAP (cm)	Altura (m)	Volume (m ³)	Volume máximo (m ³)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	19,6	20,1	0,303	0,689
<i>E. urophylla</i>	12,6	14,2	0,088	0,385
<i>E. grandis</i>	18,5	19,40	0,261	0,504
<i>E. urophylla</i> x <i>E. maidenii</i>	15,0	18,1	0,159	0,391
<i>E. urophylla</i>	12,6	14,2	0,088	0,385
<i>E. maidenii</i>	14,3	17,1	0,137	0,340
<i>E. grandis</i> x <i>E. dunnii</i>	10,8	11,5	0,052	0,459
<i>E. grandis</i>	18,5	19,4	0,261	0,504
<i>E. dunnii</i>	15,5	16,1	0,132	0,397

De modo geral, os maiores ganhos são verificados quando é possível combinar manifestação de heterose com maior grau de complementaridade em termos de características tecnológicas da madeira e da polpa. Nesses casos, quando se expressa a produtividade em polpa por unidade de área, por exemplo, a qual inclui densidade da madeira e rendimento em celulose, a superioridade apresentada pelos híbridos dificilmente é suplantada pelas espécies puras.

Anormalidades

Ainda na *Tabela 1*, observa-se que o híbrido *E. grandis* x *E. dunnii*, apresentou desempenho médio medíocre em relação aos parentais, configurando uma situação de heterose negativa. Este fenômeno é de ocorrência bastante comum em certos cruzamentos interespecíficos no gênero *Eucalyptus*, cujas causas tem sua principal origem na ocorrência de anormalidades genéticas, presentes em muitos destes cruzamentos. O aparecimento de plantas anormais tem sido responsável pelo comprometimento do desempenho de vários cruzamentos, às vezes reduzindo a expressão da heterose, outras vezes contribuindo para que seja negativa. A anormalidade pode manifestar-se já na fase pós zigótica, com o abortamento das sementes e também nas fases de germinação, de formação das mudas e de campo. Semelhantemente ao que foi observado por Potts *et al* (1992) e Griffin *et al* (2000), plantas aparentemente normais tornam-se anormais quando plantadas no campo. Por este motivo, tentativas de se evitar o problema no campo, pela eliminação de plantas anormais na fase de viveiro, tem se mostrado inócuas. Tem sido observado que até o segundo ano após o plantio essas anormalidades ainda poder se manifestar. Após esse período ocorre a estabilização dos fenótipos, onde plantas normais não mais se tornam anormais.

As anormalidades, provavelmente defeitos genéticos, manifestam-se na forma de uma deficiência nutricional generalizada, além de outros distúrbios fisiológicos como o endurecimento das folhas, super brotação de gemas e perda de dominância apical. Aparentemente ocorre uma falha, ou na absorção ou no metabolismo de nutrientes essenciais, uma vez que essa condição anormal mostra-se irreversível mesmo com a adição de doses generosas de fertilizantes. A consequência é quase sempre a mesma: baixo crescimento e perda de sobrevivência em idades mais avançadas. Segundo Falconer (1989), esses efeitos podem ser consequência da quebra de conjuntos de genes epistáticos, coadaptados, que normalmente ocorre quando se cruzam indivíduos muito divergentes.

Embora não seja uma regra geral, esse tipo de problema tem sido verificado com mais frequência quando há a participação de espécies da Seção *Maidenaria*, tanto em cruzamentos entre espécies desta Seção quanto em cruzamentos destas com espécie de outras Seções, como a *Transversaria* por exemplo. Um dado interessante é que os híbridos *E. dunnii* x *E. grandis* e *E. dunnii* x *E. urophylla*, apresentam muito menos problemas de anormalidades do que seus recíprocos, sugerindo que pode estar havendo algum tipo de interferência materna na sua expressão. Além disso, tanto em avaliações de viveiro quanto de campo, observa-se que há variação individual quanto ao aparecimento de plantas anormais. Algumas árvores produzem maior percentual de anormalidades do que outras. Em cruzamentos de grande potencial, como por exemplo aqueles em que participam *E. globulus*, *E. dunnii* e *E. maidenii*, a seleção de árvores com menor propensão a produzir plantas anormais pode contribuir muito para a redução de sua ocorrência.

Hibridação x Propriedades da Madeira e da Polpa

O melhoramento das propriedades tecnológicas da madeira é de grande importância para a indústria de celulose, apresentando reflexos positivos tanto no processo industrial quanto na qualidade do produto. Muitas dessas propriedades são capazes de promover impactos significativos nos custos de processo, ganhos de produção e qualidade do produto, além de poder reduzir os níveis de impacto ambiental decorrentes do processo de fabricação de celulose. Apesar dessa importância são raros os estudos que avaliam as consequências qualitativas e quantitativas do cruzamento entre espécies de *Eucalyptus* sobre as características tecnológicas produzidas. Talvez a única exceção seja feita à densidade da madeira, para a qual existem avaliações e vários trabalhos mostrando ter essa característica herança genética do tipo aditivo (Denison & Kietzka, 1992; Tibitts et al., 1995; Assis, 1996).

Para verificar o tipo de herança apresentado por propriedades da madeira, em cruzamentos interespecíficos, foram estudados, recentemente, alguns desses caracteres pela Klabin S/A no Estado do Rio Grande do Sul. Esses estudos foram realizados de forma operacional dentro do programa de produção de híbridos interespecíficos de *Eucalyptus*. Na *Tabela 2* são apresentados os resultados das avaliações feitas na madeira e na polpa de alguns cruzamentos em comparação com as espécies parentais. Pelos resultados obtidos observa-se que, de modo geral, houve predominância de herança do tipo aditivo nas características avaliadas. A maioria das características mostra, com clareza,

esse tipo de situação, onde os híbridos apresentam valores intermediários em relação às espécies cruzadas. Ficou evidente, também, que o cruzamento entre espécies, cujas características de interesse são de magnitude semelhante, pouco contribui para aumentar a chance de aparecerem indivíduos melhores do que aqueles naturalmente presentes nas espécies puras, ou seja, espécies parentais com médias semelhantes produzem híbridos com valores semelhantes. Por esta mesma razão, os ganhos serão tanto maiores quanto maiores forem as diferenças nas características a serem melhoradas, desde que existam espécies discrepantes em relação a essas características.

TABELA 2. Propriedades da madeira e da polpa em alguns cruzamentos interespecíficos aos 5,5 anos de idade.

Cruzamento	Dens. (g/cm ³)	Rend. (%)	Lignina (%)	S5 (%)	Cinzas (%)	Viscos. (cm ³ /g)
<i>E. saligna</i>	0,449	49,34	26,5	12,51	0,45	1151
<i>E. maidenii</i>	0,555	50,42	23,05	14,50	0,73	1127
<i>E. saligna</i> x <i>E. maidenii</i>	0,506	49,89	25,4	13,50	0,50	1115
Máximo	0,563	51,37	26,7	14,60	0,58	1215
Mínimo	0,455	47,96	23,9	12,30	0,41	1026

Cruzamento	Dens. (g/cm ³)	Rend. (%)	Lignina (%)	S5 (%)	Cinzas (%)	Viscos. (cm ³ /g)
<i>E. urophylla</i>	0,463	49,91	24,65	11,7	0,39	1160
<i>E. maidenii</i>	0,555	50,54	23,05	14,5	0,73	1127
<i>E. urophylla</i> x <i>E. maidenii</i>	0,502	49,89	23,25	12,1	0,58	1018
Máximo	0,534	52,76	23,90	13,4	0,59	1099
Mínimo	0,440	49,57	22,30	11,2	0,42	994

Cruzamento	Dens. (g/cm ³)	Rend. (%)	Lignina (%)	S5 (%)	Cinzas (%)	Viscos. (cm ³ /g)
<i>E. saligna</i>	0,449	49,34	26,5	12,5	0,59	1151
<i>E. tereticornis</i>	0,517	48,39	30,7	10,4	0,45	935
<i>E. saligna</i> x <i>E. tereticornis</i>	0,468	48,36	28,4	11,2	0,52	1017
Máximo	0,482	48,89	31,0	11,5	0,55	1087
Mínimo	0,436	44,11	27,9	9,0	0,37	921

Neste aspecto, *E. globulus* e suas subespécies assumem grande importância no melhoramento de características da madeira para a indústria de celulose de fibra curta, principalmente em ambientes onde sua adaptação como espécie pura é difícil. Algumas de suas propriedades da madeira e polpa, tais como teor de lignina, densidade da madeira, rendimento em celulose, teor de pentosanas, viscosidade, branqueabilidade e consumo específico, apresentam superioridade destacada em relação à maioria das espécies tradicionalmente cultivadas no Brasil. Isto torna essas espécies excepcionais candidatas a participarem de combinações híbridas para a indústria de celulose. Outra espécie que pode se tornar importante neste aspecto, por possuir excelentes propriedades tecnológicas da sua madeira e da polpa (Clarke & Wessels, 1995), é o *E. smithii*. Além destas, *E. dunnii* também apresenta características úteis para serem utilizadas em programas de hibridização para produção de celulose de fibra curta.

Outro aspecto que torna este grupo de espécies altamente atrativo refere-se à possibilidade de se aumentar a densidade da madeira até níveis muito superiores aos que normalmente as outras espécies suportam, sem que isto resulte em queda do rendimento em celulose. Além disso, é amplamente conhecido que *E. globulus* é uma espécie manejada em rotações de idades mais avançadas (10 a 15 anos), sem que isto resulte em prejuízo às outras propriedades da celulose, o que não acontece normalmente com outras espécies de *Eucalyptus*. Essas são características que, se combinadas com as espécies localmente adaptadas, podem conferir uma qualidade superior à madeira de *Eucalyptus* para fabricação de celulose de fibra curta, podendo conferir diferencial competitivo em mercados que valorizam suas propriedades e principalmente por conferir superioridade na performance industrial, reduzindo substancialmente os custos de produção.

A exploração da variabilidade individual, através da prospecção de árvores com características mais discrepantes, dentro das espécies doadoras de genes que controlam características da madeira e da polpa, pode oferecer uma oportunidade para obtenção programável de ganhos significativos nessas características. Como a herança é do tipo aditivo, a maior divergência entre as características pode ser utilizada no sentido de se obterem alterações mais efetivas no sentido desejado. Apesar de os híbridos assumirem valores intermediários, as faixas de variação, que vão desde inferiores à média da espécie de menor valor até superiores à média da espécie de maior valor,

permitem selecionar indivíduos cuja madeira seja semelhante à das espécies de maior interesse. Desta forma, quando se dispõe de variabilidade interespecífica, com alto grau de complementaridade, é possível programar o perfil tecnológico das árvores a serem produzidas, o que representa a possibilidade de se ter, na prática, a aplicação do conceito de “árvore sob medida” na produção de matéria prima para a fabricação de celulose de fibra curta.

Um exemplo prático da aplicação do uso de híbridos de *Eucalyptus* na indústria de celulose.

Tendo em vista as demandas das indústrias de celulose por redução de custos operacionais e por melhorias na matéria prima, os cruzamentos interespecíficos tem sido dirigidos para a combinação de características florestais e tecnológicas da madeira de diferentes espécies. Na *Tabela 3* podem ser vistos os resultados do cruzamento de *E. urophylla* x *E. maidenii* em relação a algumas características importantes para a indústria de celulose, avaliadas aos 5,5 anos de idade. No total foram selecionadas, em uma família de 86 plantas, 15 árvores superiores em crescimento (DAP maior que 20,0 cm altura comercial maior que 18,0 m). O segundo critério foi densidade da madeira, onde cinco árvores apresentaram-se superiores ao limite estabelecido de 0,500 g/cm³ para a referida idade. Destas cinco, quatro satisfizeram todos os critérios estabelecidos na *Tabela 3*, os quais foram, então, analisados na fase de branqueamento.

Os resultados da *tabela 3* mostram o grande potencial existente na combinação de características quantitativas, de diferentes espécies, para o melhoramento de características tecnológicas da madeira. A transferência dessas características, por intermédio da hibridização, parece ser o caminho mais curto entre os requerimentos industriais e o seu efetivo atendimento pelos programas de melhoramento genético. O índice de aproveitamento dos clones avaliados industrialmente, de acordo com os critérios previamente estabelecidos, foi expressivo. Isto demonstra que a participação de *E. maidenii* no cruzamento foi efetiva na transferência de suas características positivas para os híbridos e que a utilização de espécies dotadas de características tecnológicas da madeira muito superiores, tende a contribuir mais fortemente para a geração de indivíduos potencialmente candidatos à clonagem. Esse tipo de estratégia pode não ter o mesmo impacto tecnológico em ambientes onde espécies desse grupo são cultivadas e crescem adequadamente. Entretanto,

outros tipos de combinação podem ser de grande utilidade no aumento da produtividade florestal onde se utilizam essas espécies, principalmente na solução de vários problemas de estresse ambiental, bióticos e abióticos, como pragas, doenças, seca, frio etc.

TABELA 3. Resultados de cozimentos e avaliações de propriedades da madeira e da polpa em híbridos de *E. urophylla* x *E. maidenii* em comparação com *E. saligna*.

Critério	> 0,500	< 16,0	> 50,0	> 1050	> 11,0	< 25,0	-
Clone	Densid. (g/cm ³)	AE cons.(%)	Rend. Dep. (%)	Viscos. (cm ³ /g)	S-5 (%)	Lignina (%)	Branq. Kg Cl/ton
6870	0,516	15,5	52,3	1095	13,0	24,0	33,0
6872	0,534	15,1	53,2	1074	12,8	22,4	32,0
6873	0,532	16,0	51,0	1085	13,0	23,1	31,0
6874	0,501	15,4	50,8	1057	11,4	22,9	24,0
Média	0,520	15,5	51,9	1077	12,5	23,1	30,0
<i>E. saligna</i>	0,460	17,5	49,0	1050	11,0	26,5	35,0

Os resultados da *Tabela 3* mostram ainda que a busca de características superiores de outras espécies e sua incorporação em espécies adaptadas é uma alternativa de grande potencial para promover o rápido melhoramento das propriedades tecnológicas da madeira. Os teores de lignina obtidos nos híbridos apresentaram de 1,5 a 4,0 pontos percentuais abaixo da média de *E. saligna* (espécie utilizada como controle). Para se ter uma idéia do que isto representa em termos de ganhos, a economia resultante da redução do teor de lignina na madeira é, em uma fábrica com capacidade anual de produção de 300.000 toneladas, da ordem de US\$ 1.000.000,00 por ano, para cada ponto percentual reduzido.

Além do teor de lignina, houve ganhos em todas as outras características estudadas, sendo que vale destacar os ganhos expressivos verificados na densidade da madeira, rendimento em celulose e teor de pentosanas (S_p). A seqüência de branqueamento aplicada aos quatro clones de *E. urophylla* x *E. maidenii* resultaram em um consumo de cloro ativo médio, da ordem de 5 kg/tad a menos do que se gasta no branqueamento de *E. saligna*, sendo que um clone em particular foi branqueado com 10 kg/tad a menos do que *E. saligna*.

O plantio comercial de clones com essas características significa, para a mesma produção de 300.000 toneladas de polpa por ano, deixar de lançar no ambiente 3.000 toneladas de cloro, o que representa uma real economia de processo e uma apreciável vantagem ambiental. Por outro lado, estes resultados mostram que a variabilidade existente no gênero *Eucalyptus* ainda pode contribuir muito para se atingirem níveis mais elevados de ganho, principalmente em características relacionadas ao processo industrial e à qualidade do produto.

Efeito Materno

Em alguns programas de sintetização de híbridos de *Eucalyptus* por polinização controlada, realizados no Brasil, cruzamentos recíprocos tem sido feitos no sentido de avaliar a existência de efeitos maternos na manifestação de características de interesse e verificar a possibilidade de obter vantagens desse tipo de herança. Entretanto, na grande maioria dos cruzamentos esse efeito é ausente, como mostra o exemplo da tabela 4.

TABELA 4. Efeitos dos cruzamentos recíprocos entre *E. urophylla* e *E. pellita* sobre o crescimento em altura e diâmetro dos híbridos produzidos.

CRUZAMENTO	ALTURA (m)	DIÂMETRO (cm)
<i>E. urophylla</i> x <i>E. pellita</i>	17,84	11,31
<i>E. pellita</i> x <i>E. urophylla</i>	17,40	11,81

No caso da clonagem, em razão de que a obtenção de ganhos genéticos mais altos depende fundamentalmente da viabilidade da propagação vegetativa e tendo em vista que várias espécies de *Eucalyptus* apresentam certa recalcitrância ao serem multiplicadas por este processo, a observação sobre o tipo de herança que controla a expressão dessa característica em cruzamentos interespecíficos tem sido de grande importância prática na utilização eficiente de híbridos de *Eucalyptus*. Quando se cruzam duas espécies que possuem baixa capacidade de enraizamento, os híbridos produzidos tendem também a apresentar a mesma deficiência. Entretanto, embora muito pouco tenha sido estudado sobre este assunto, observações práticas tem mostrado que, diferentemente do que ocorre para características de crescimento, existe algum estímulo extra núcleo influenciando o enraizamento de estacas. A simples inclusão de uma espécie fácil de enraizar

no cruzamento já é suficiente para aumentar, tanto a quantidade de plantas propagáveis quanto o enraizamento médio do cruzamento. Um bom exemplo é *E. citriodora* que praticamente não enraíza, mas quando cruzado com *E. torelliana*, principalmente quando esta espécie é usada como mãe, produz árvores que enraízam, tornando possível utilizar indivíduos produzidos pelo cruzamento dessas espécies em programas de florestas clonais. Outro exemplo marcante se verifica no cruzamento de *E. urophylla* e *E. maidenii*, que também apresenta variação nos níveis de enraizamento em função da espécie utilizada como progenitor feminino, como pode ser visto na *Tabela 5*.

TABELA 5. Variação na capacidade de enraizamento em cruzamentos recíprocos entre *E. urophylla* x *E. maidenii*, e *E. citriodora* x *E. torelliana*.

Cruzamentos	Enraizamento (%)	Varição (%)
<i>E. urophylla</i> x <i>maidenii</i>	68,8	15,6 – 82,4
<i>E. maidenii</i> x <i>E. urophylla</i>	23,4	0 – 63,7
<i>E. urophylla</i>	70,2	18,4 – 95,8
<i>E. maidenii</i>	12,0	0 – 31,2
<i>E. citriodora</i> x <i>E. torelliana</i>	23,6	0 - 55,6
<i>E. torelliana</i> x <i>E. citriodora</i>	27,5	12,7 - 88,3
<i>E. torelliana</i>	32,6	8,9 – 92,4
<i>E. citriodora</i>	2,5	0 – 3,8

Three-way crosses, four-way crosses e retrocruzamentos

A exemplo do que ocorre com a maioria dos híbridos em florestas (Nikles 1992) os híbridos de *Eucalyptus* são férteis. Esta é, sem dúvida, uma das grandes vantagens deste gênero no contexto da utilização de híbridos interespecíficos. Isto permite que híbridos F1 sejam utilizados em novos cruzamentos para a integração de genes de outras espécies (three-way e four-way crosses), ou ainda para aumentar a participação de genes de uma das espécies componentes do híbrido F1, pela sua recorrência no cruzamento (retrocruzamentos). Resende & Higa, (1990) sugerem que, a utilização de indivíduos híbridos superiores em novos cruzamentos não deve ser descartada, uma vez que a superioridade apresentada pelos indivíduos tem um

mérito genético. Nikles (1992), da mesma forma, sugere que a utilização de cruzamentos envolvendo híbridos F1 em combinações dessa natureza, pode ser útil em espécies de *Eucalyptus* e outros gêneros.

Com base nessas possibilidades, o programa de hibridização em desenvolvimento na Klabin S/A tem, freqüentemente, utilizado clones de híbridos oriundos dos programas comerciais de clonagem, para cruzamentos do tipo three-way-cross e também em retrocruzamentos. Resultados preliminares (avaliação aos dois anos de idade) tem demonstrado que esse tipo de cruzamento permite, em muito casos, manter a heterose já presente nos indivíduos híbridos utilizados nos cruzamentos. Este tipo comportamento mostra-se importante para a transferência de características da madeira, herdadas de forma aditiva, com a participação de outras espécies (three-way and four-way crosses). Freqüentemente, indivíduos híbridos F_1 heteróticos produzem mais heterose em cruzamentos com uma terceira espécie. Por outro lado, indivíduos marcadamente superiores continuam a ser produzidos nesses tipos de cruzamento, ou seja, continua havendo heterose funcional. Os cruzamentos *E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*), *E. urophylla* x (*E. dunnii* x *E. grandis*) e *E. saligna* x (*E. grandis* x *E. urophylla*), tem sido mais efetivos na produção de indivíduos para florestas clonais do que os híbridos F_1 entre estas espécies. Desse modo, dispondo-se de métodos eficientes de propagação vegetativa, estes cruzamentos constituem-se em excelente opção para obter bons genótipos candidatos à clonagem.

Provavelmente essa nova superioridade é resultado de complementaridade, onde a introdução de um terceiro conjunto gênico pode criar melhores condições de adaptação a condições ambientais sujeitas a algum tipo de estresse. Desse modo, quando *E. urophylla* recebe pólen de *E. grandis* x *E. camaldulensis*, por exemplo, além de estar recebendo alelos de *E. grandis*, com os quais combina e produz heterose, recebe também alelos de *E. camaldulensis* que devem conferir alguma vantagem adaptativa à nova combinação. Os cruzamentos do tipo three-way-cross também estão sujeitos aos mesmos problemas de anormalidades verificados em vários híbridos F1, influenciando o desempenho médio dos cruzamentos, porém sua incidência é muito menor do que se verifica nos híbridos F_1 .

A experiência com retrocruzamentos pode ser negativa se a espécie recorrente não for a mais adaptada ao ambiente de plantio e este for limitante ao seu

crescimento e adaptação. Um exemplo disto são a performance, no Rio Grande do Sul, dos retrocruzamentos *E. urophylla* x (*E. grandis* x *E. urophylla*), sempre inferiores a *E. grandis* x (*E. grandis* x *E. urophylla*). Há também uma redução no crescimento em relação a cruzamentos do tipo three-way cross e aos F1's envolvendo estas espécies, conforme esperado geneticamente.

Conclusões

Os resultados operacionais obtidos nos programas de melhoramento de *Eucalyptus* no Brasil, indicam que a utilização da hibridização representa um caminho rápido para melhor atender os requisitos industriais em termos de qualidade e quantidade de matéria prima para a fabricação de celulose de fibra curta.

A manifestação de heterose, sobretudo da heterose funcional, torna possível obter indivíduos capazes de proporcionar expressivos aumentos na produtividade das florestas.

A ocorrência de anormalidades genéticas, em vários cruzamentos, pode produzir heterose negativa em alguns deles, porém não impede a produção de indivíduos superiores nos cruzamentos com crescimento médio baixo provocado pelas anormalidades.

Retrocruzamentos e combinações do tipo three-way e four-way-crosses tendem a reduzir a ocorrência de anormalidades, assim como a seleção de pais que apresentem menos problemas dessa natureza.

A herança de características ligadas à qualidade da madeira e da celulose é predominantemente aditiva, apresentando resultados intermediários entre as espécies inter cruzadas. A variação verificada nas famílias híbridas vai desde inferiores às médias das espécies de menor valor até superiores às médias das espécies de maior valor, permitindo selecionar indivíduos semelhantes à espécie de alta ou de baixa magnitude, conforme for o objetivo. Nesse caso, as características da madeira das espécies superiores são o alcance tecnológico possível de ser obtido no cruzamento interespecífico.

A prospecção de indivíduos mais discrepantes dentro das espécies superiores,

em combinação com a seleção de melhores indivíduos nas espécies inferiores, pode proporcionar a transposição desse limite, aumentando o alcance tecnológico do cruzamento. Como a variação das características da madeira e da polpa, entre espécies, é muito maior do que dentro de espécies, a herança do tipo aditivo, combinada com a disponibilidade de espécies com características adequadas, permite a realização de alterações significativas e programadas na qualidade da madeira, propiciando a adoção, na prática, do modelo de produção de matéria prima “sob medida”. Isto gera impactos altamente positivos nas três mais importantes interfaces do melhoramento genético para a indústria de celulose de fibra curta: floresta, processo industrial e qualidade do produto.

Cruzamentos do tipo three-way-cross, four-way-cross, retrocruzamentos e híbridos duplos podem ser úteis na produção de novos indivíduos para clonagem. Indivíduos heteróticos são bons candidatos a receberem genes de espécies dotadas de características da madeira superiores.

Existem indicações da existência de efeito materno na herança da pré disposição natural ao enraizamento em cruzamentos interespecíficos de *Eucalyptus*. Isto é importante para melhorar o aproveitamento final de clones superiores em programas de florestas clonais.

A clonagem em larga escala é o complemento técnico ideal da hibridação, assegurando o melhor aproveitamento comercial da heterose funcional, além das suas vantagens conhecidas de propiciar maiores ganhos, mediante a captura da variância genética total e da homogeneização da matéria prima.

O próximo grande desafio dos programas de melhoramento genético para a produção de matéria prima para a fabricação de celulose de fibra curta será proporcionar o grande salto da qualidade da madeira e da polpa, a exemplo do que ocorreu com a produtividade das florestas. A produção de híbridos interespecíficos e a derivação de florestas clonais a partir de indivíduos híbridos superiores, deverão desempenhar papel importante para essa nova conquista dos programas de melhoramento genético de *Eucalyptus*.

Referências Bibliográficas

ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.

ASSIS, T. F. Production of and use of Eucalyptus hybrids for industrial purposes. In: HYBRID BREEDING AND GENETICS OF FOREST TREES: QFRI/ CRC-SPF Symposium, 2000, Noosa. [*Proceedings...*]. Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 63-74.

BERTOLUCCI, F. L. G.; REZENDE, G. D. P. S.; PENCHEL, R. Produção e utilização de híbridos de eucalipto no Brasil. *Silvicultura*, São Paulo, v. 8, n. 51, p. 12-16, 1993.

CAMPINHOS, E.; IKEMORI, Y. K. Produção massal de Eucalyptus spp através da estaquia. *Silvicultura*, São Paulo, v. 8, n. 32, p. 770-775, 1983.

CLARKE, C. R. E.; WESSELS, A. M. Variation and measurements of pulp properties in Eucalypts. In: CRCTHF-IUFRO CONFERENCE, 1995, Hobart. *Proceedings: Eucalyptus* plantation, improving fiber yield and quality. Hobart, 1995. p. 93-100.

COTERILL, P. P. Nucleous breeding: is it ok for *Pinus* and *Eucalyptus*? In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Colombo. [*Proceedings...*]. EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 277-284.

DEMUNER, B. J.; BERTOLUCCI, F. L. G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características de madeira e polpa de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL DA ABTCP, 26., 1993, São Paulo. [*Anais...*]. São Paulo: [ABTCP], 1993. Não paginado.

DENISON, N.; KIETZKA, J. E. The use and importance of hybrid intensive forestry in South Africa. In: IUFRO CONFERENCE RESOLVING TROPICAL FOREST RESOURCE CONCERNS THROUGH TREE IMPROVEMENT, GENE CONSERVATION AND DOMESTICATION OF NEW SPECIES, 1992, Cartagena. [*Proceedings...*]. Cartagena, 1992. p. 348-358.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; WYK, G. van. *Eucalypt domestication and breeding*. Oxford: Oxford Science Publ., 1993. 288 p.

FALCONER, D. S. *Introduction to quantitative genetics*. 3. ed. Longman: Harlow, 1989. 438 p.

GRIFFIN, A. R.; HARBARD, J. L.; CENTURION, C.; SANTINI, P. Breeding *Eucalyptus grandis* x *globulus* and other inter-specific hybrids with high inviability – problem analysis and experience with Shell Forestry projects in Uruguay and Chile. In: HYBRID BREEDING AND GENETICS OF FOREST TREES. QFRI/CRC-SPF SYMPOSIUM, 2000, Noosa. *Proceedings*. Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 1-13.

KAGEYAMA, P. Y.; KIKUTI, P. Comparison between open pollinated and clonal progenies originated from a population of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. In: IUFRO CONFERENCE ON BREEDING TROPICAL TREES, 1989, Pattaya. [*Proceedings...*]. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1989. p. 227-235.

LAMKEY, K. R. Discussion Session. In: COORS, J. G.; PANDEY, S. (Ed.). *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. Madison: ASA / CSSA / SSSA, 1999. p. 94-98.

MARTIN, B. The benefits of hybridization. How do you breed for it? In: IUFRO CONFERENCE ON BREEDING TROPICAL TREES, 1989, Pattaya. *Proceedings*. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1989. p. 79-92.

NIKLES, D. G. Hybrids of forest trees: The bases of hybrid superiority and discussion of breeding methods. In: IUFRO CONFERENCE RESOLVING TROPICAL FOREST RESOURCE CONCERNS THROUGH TREE IMPROVEMENT, GENE CONSERVATION AND DOMESTICATION OF NEW SPECIES, 1992, Cartagena. [*Proceedings...*]. Cartagena, 1992. p. 333-347.

ODA, S.; MENCK, A. L. M.; VENCOSVSKY, R. Problemas no melhoramento clássico de eucalipto em função da alta intensidade de seleção. *IPEF*, Piracicaba, v. 41/42, p. 8-17, 1989.

PARAMATHMA, M.; SURENDRAN, C. Diallel mating and gene actions in *Eucalyptus* species. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. [*Proceedings...*]. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p. 120-124

POTTS, B. M.; VOLKER, P. W.; DUNGEY, H. S. Barriers to the production of interspecific hybrids in *Eucalyptus*. In: IUFRO SYMPOSIUM MASS PRODUCTION TECHNOLOGY FOR GENETICALLY IMPROVED FAST GROWING FORESTRY TREE SPECIES, 1992, Bordeaux. [*Symposium...*]. Bordeaux: AFOCEL, 1992. p. 193-204.

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

RESENDE, M. D. V. de. Melhoramento de espécies perenes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; INGLIS, M. C. V. *Recursos genéticos e melhoramento - plantas*. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2001. p. 357-422.

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

REZENDE, G. D. S. P.; RESENDE, M. D. V. de. Dominance effects in Eucalyptus grandis, Eucalyptus urophylla and hybrids. In: SYMPOSIUM ON HYBRID BREEDING AND GENETICS, 2000, Noosa. [*Symposium...*]. Noosa, [s.n.], 2000. Não paginado.

SANTOS, P. E. T.; SCANAVACA JUNIOR, L. A importância da hibridação na silvicultura brasileira. *Silvicultura*, São Paulo, v. 8, n. 51, p. 16-18, 1993.

SEDGLEY, M.; GRIFFIN, R. A. *Sexual reproduction of tree crops*. London: Academic Press, 1989. 361 p.

TIBITS, W. N.; DEAN, G.; FRENCH, J. Relative pulping properties of Eucalyptus nitens x E. globulus F₁ hybrids. In: CRCTHF-IUFRO CONFERENCE, 1985, Hobart. *Proceedings*: Eucalyptus plantation, improving fiber yield and quality. Hobart, 1985. p. 83-84.

WYK, G. van; SCHÖNAU, A. P. G.; SCHÖN, P. P. Growth potential and adaptability of young eucalypt hybrids in South Africa. In: IUFRO CONFERENCE ON BREEDING TROPICAL TREES, 1989, Pattaya. [*Proceedings...*]. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1989. p. 325-333.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. *Applied forest tree improvement*. New York: J. Wiley and Sons, 1984. 505 p.

GRUPOS DE TRABALHO

Autores

Grupo 1

Antonio Paulo Mendes Galvão - Coordenador

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas. pgalvão@cnpf.embrapa.br

Celso Foelkel - Relator

Engenheiro-agrônomo, Doutor, Professor da Universidade Federal de Santa Maria / RS

Claudia Maria Ianelli Servin

Engenheira-agrônoma, Mestre, Internacional Paper

Dário Grattapaglia

Engenheiro Florestal, Doutor, Pontifícia Universidade Católica de Brasília

Edimar A. Scarpinati

Votorantim Celulose e Papel - VCP

Eduardor Nogueira Campinhos

Engenheiro Florestal, Mestre, Internacional Paper

Gabriel Dehon S. P. Rezende

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Aracruz Celulose S.A.

Ivone Fier

Engenheiro Florestal, Mestre, Klabin

Laércio Luiz Duda

Engenheiro Florestal, Bacharel, Internacional Paper

Marcos Deon Vilela de Resende

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

Pedro Elcio de A. Ragozzini

Votorantin Celulose e Papel - VCP

Teotônio Francisco de Assis

Engenheiro Florestal, Klabin

Valderês Aparecida de Souza

Engenheira-Agrônoma, Doutora, Pesquisadora da *Embrapa Florestas*.

GRUPO 1

CELULOSE

*Antonio Paulo Mendes Galvão / Celso Foelkel
Claudia Ianelli / Dário Grattapaglia
Edmar Scarpinati / Eduardo Campinhos
Gabriel Dehon S. P. Rezende / Ivone Fier
Laércio Duda / Marcos Deon Vilela de Resende
Pedro Elcio Ragozzinni
Teotônio Francisco de Assis
Valderês Aparecida de Souza*

I. Gargalos / Oportunidades ao melhoramento genético

1. Produtividade Florestal / custo da madeira

Características Relevantes

- Rendimento florestal (volume e celulose /ha/ano)
- Homogeneidade
- Resistência a pragas, doenças, saúva
- Facilidades em colheita, transporte, relação m³ sólido / estéreos, n.º árvores/m³

2. Qualidade da madeira

Características Relevantes

- Homogeneidade para diversos produtos
- Densidade básica
- Parâmetros de qualidade da madeira (número de fibras por grama, teor de hemiceluloses, índice de Runkel, etc.)

3. Sustentabilidade Florestal

Fatores Relevantes

- Mínimo impacto sobre solo, consumo de nutrientes, de água, etc.
- Consorciação, rotação de espécies, espécies alternativas (leguminosas)

4. Fatores Sociais

- Inclusão do produtor rural na rede tecnológica.
- Zoneamento ecológico/fornecimento de material genético adequado.

II. Ações Estratégicas

1. Divulgação da base genética que a Embrapa dispõe/controla e locais de instalação (patrimônio genético da Embrapa Florestas). Inclusão também do material genético de coleções das empresas, evitando/protegendo-as contra sua destruição (o que vem acontecendo em diversas empresas).
2. Levantamento pesquisas de melhoramento florestal no Brasil por cada segmento: geral, celulose e papel, energia, extrativos, etc.
3. Articulação para definição de estratégias de P&D com associações de classe: SBS, ABTCP, SIF, IPEF, etc. Inclusão de diálogo com MCT/MDTC
4. Ampliação da base genética por importação de material das espécies atuais e novas de eucaliptos, pinus e acácias
5. Avaliação de espécies alternativas visando sustentabilidade da unidade florestal/sítio (Acácias)

6. Suporte na transferência de material genético superior (sementes e estacas) para o produtor rural para que ele tenha florestas plantadas de melhor qualidade. Inserção no programa de extensão rural dos estados para melhoria de material genético nos inúmeros viveiros florestais existentes no país.
7. Atuar em pré - melhoramento para atendimento de demandas do pequeno e médio agricultor
8. Melhorar o ferramental para disponibilização ao setor florestal:
 - Técnicas para seleção precoce
 - Híbridos (*Pinus patula* X *P. taeda*, por exemplo)
 - Técnicas de genética quantitativa para seleção recorrente (teste, seleção, recombinação e fornecimento de material para plantio comercial)
9. Estabelecimento de técnicas de propagação vegetativa de coníferas.
10. Geração de conhecimento sobre silvicultura clonal: tamanho de talhão por clone, estrutura do mosaico, número de clones, aspectos ambientais, etc.
11. Apoio forte da Embrapa em questões que envolvam aspectos ambientais e de imagem da silvicultura, com ênfase na silvicultura clonal.
12. Desenvolver o ferramental de embriogênese somática (para coníferas).
13. Monitorar e selecionar materiais para resistência a doenças e insetos.
14. Desenvolver programa para melhoria da qualidade da madeira de coníferas.
15. Criação dentro da home page da Embrapa Florestas de uma sub-página para discussão de temas específicos (chat tecnológico).
16. Elaborar um informativo Embrapa Florestas via web, a exemplo da rede SBS.

III. Instituições e forma de participação

Após priorização e explicitação das estratégias, a Embrapa Florestas elabora planos de ação com a identificação de parcerias, para as quais devem ser convocados os participantes desse workshop para atuar como parceiros ou facilitadores.

IV. Espécies prioritárias para elaboração de descritores

Gêneros Pinus e Acácia, compreendendo as espécies de interesse maior ao país.

Participação da Embrapa e das empresas envolvidas no desenvolvimento de novas variedades.

V. Desenvolvimento de materiais transgênicos

Para a maioria/totalidade das características florestais hoje trabalhadas em melhoramento florestal, não há interesse em desenvolver organismos geneticamente modificados (OGM's). Por isso, concentrar esforços no melhoramento florestal ao nível de melhoramento genético clássico.

Aproveitar o projeto Genolyptus para identificação de características monogênicas e poligênicas, para poder identificar melhor as potencialidades dos OGM's. É sabido que o benefício dos OGM's é mais diretamente relacionada a caracteres monogênicos.

Sugestão: Manter a Embrapa Florestas na fronteira do conhecimento, acompanhando o processo de OGM's e o desenvolvendo ferramental científico realizado na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Mais importante que desenvolver OGM's é o desenvolvimento e domínio das tecnologias de regeneração e multiplicação de OGM's, para uso quando houver necessidade de se produzi-los. As técnicas de produção e regeneração podem/ devem ser desenvolvidas pela Embrapa para cessão/venda dessa tecnologia quando houver interesse em se trabalhar com ela. "Melhor pagar à Embrapa que ao primeiro mundo". "Por que não desenvolver em parceria?"

Autores

Grupo 2

Jarbas Yukio Shimizu - Coordenador

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*

jarbas@cnpf.embrapa.br

Edinelson José Maciel Neves - Relator

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*

eneves@cnpf.embrapa.br

Émerson Gonçalves Martins

Engenheiro-Agrônomo, Pesquisador da *Embrapa Florestas*

emerson@cnpf.embrapa.br

Édson Seizo Mori

Professor do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de São Paulo / Unesp

José Nivaldo Garcia

Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz / Usp

Osmar José Romeiro de Aguiar

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental, romeiro@cpatu.embrapa.br

Grupo 2

Madeira para Serraria e Laminação

Jarbas Shimizu - Coordenador

Edinéilson Neves - Relator

Émerson Martins

Édson Mori

José Nivaldo Garcia

Osmar Aguiar

Conclusões e Recomendações

Diante da eminência de escassez de madeira para uso industrial, a Embrapa deve:

1. fomentar o plantio de florestas de *Pinus* e *Eucalyptus*, em pequena escala, junto aos pequenos produtores rurais. Para tanto, deve continuar introduzindo espécies visando buscar genótipos cada vez mais adaptados e produtivos;
2. reavaliar toda a sua rede experimental, erradicando experimentos ineficientes e instalando novos e bons testes clonais e de progênie;
3. fomentar e colaborar na instalação de experimentos em empresas privadas, convidando instituições de pesquisas de reconhecido valor para participar do planejamento de experimentos de forma a garantir a sua modernidade;
4. associar-se às reconhecidas instituições de pesquisas, visando viabilizar pesquisas básicas que tenham como objetivo definir, com segurança, as variáveis de qualidade da madeira que devem ser realmente melhoradas;
5. associar-se às instituições de ensino e pesquisa como a ESALQ e outras, para aprimorar os procedimentos de seleção de procedências, progênie e clones com baixos níveis de tensões de crescimento, alta resistência mecânica, baixa retratibilidade, alta permeabilidade e grã retilínea;

6. apoiar projetos de melhoramento de grande envergadura, como aquelas na área da genética molecular.

Autores

Grupo 3

Vicente Pougitory Gitoni Moura - Coordenador

Engenheiro Florestal, Pesquisador da Embrapa
Recursos Genéticos e Biotecnologia

Hélder Bolognani Andrade - Relator

Coordenador de Genética da Vallourec Mannesmann
Florestal

Ismael Eleotério Pires

Engenheiro Florestal, Sociedade de Investigação
Florestais / Professor da Universidade Federal de
Viçosa, MG

Francisco Sérgio Gomes

Gerdau

Israel Gomes Vieira

Engenheiro Florestal, Instituto de Pesquisa e Estudos
Florestais / Escola Superior de Agricultura Luiz de
Queiroz

Viseldo Ribeiro de Oliveira

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa
Semi-Árido

Estefano Paludzyszyn Filho

Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da
Embrapa Florestas

Energia

Vicente Moura

Hélder Bolognani

Ismael Eleotério Pires

Francisco Sérgio Gomes

Ismael Gomes Vieira

Viseldo Oliveira

Estefano Paludzyszyn Filho

Conclusões e Recomendações

1. Gargalos

Os principais entraves ao aumento da produtividade e da qualidade dos produtos para fins energéticos são devidos a:

- Descontinuidade do programa de melhoramento;
- Falta de protocolos de clonagem- propagação vegetativa;
- Falta de estudos de biologia reprodutiva.

2. Ações

As principais ações de pesquisa sugeridas referem-se a:

- Resgate de material genético melhorado, disperso em empresas privadas e instituições, em diversos estados do País e difusão dos resultados obtidos. Concentrar esforços para continuidade do programa de melhoramento e /ou de conservação genética desses materiais.
- Desenvolvimento de protocolos de clonagem e/ou propagação vegetativa de espécies de difícil enraizamento. Como exemplo, o grupo cita as espécies, *Eucalyptus cloeziana* e *Acacia mearnsii* (Acácia negra);

- Estudos básicos da fisiologia das espécies e/ou desenvolvimento de mecanismos aplicáveis ao melhoramento com vistas à redução do ciclo de melhoramento;

3. Parcerias

É entendimento do grupo que a Embrapa deve fortalecer parcerias com universidades para atender as questões básicas apostas quanto aos estudos de clonagem e fisiologia. E, quanto ao resgate e continuidade do programa de melhoramento, se apoiar em parcerias com as empresas privadas que desenvolvem atividade nesse setor.

4. Espécies para fins de descritores

É do entendimento do grupo, que essa demanda deverá vir das empresas que detém material genético possível de ser protegido e comercializado.

5. Transgênicos

É do entendimento do grupo, que a Embrapa na atividade florestal, deve concentrar esforços no melhoramento clássico nos próximos dez anos, principalmente no que se refere a genética quantitativa. Estudos sobre eficiência do uso de marcadores moleculares devem ser realizados.

Autores

Grupo 4

Jorge Alberto Gozel Yared – Coordenador

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental

Maria Cristina de Medeiros Mazza - Relatora

Zootecnista, Mestre, Pesquisadora da *Embrapa*
Florestas

Afonso Celso C. Valois

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa
Sede

Antônio Riroyei Higa

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Professor da
Universidade Federal do Paraná / FUPEF

Augusto Arlindo Simon

Engenheiro Florestal, Bacharel, Tanac S/A - Indústria de
Tanino

José Alfredo Sturion

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa*
Florestas

Paulo Afonso Floss

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Epagri

Paulo de Souza Gonçalves

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas - IAC

Reginaldo Brito da Costa

Engenheiro Florestal, Doutor, Professor da Universidade Católica Dom Bosco - UCDB

Reinaldo Cardinali Romanelli

Engenheiro-Agrônomo, Mestre, Pesquisador do Instituto Florestal de São Paulo - IFSP

Grupo 4

Produtos Extrativos e Espécies Alternativas: Tanino, Resina, Chá-mate, Óleo Essencial, Borracha e Teca

*Jorge Yared / Afonso Valois / Antonio Higa /
Augusto Simon / José Sturion / Maria Cristina
Mazza / Paulo Floss / Paulo Gonçalves / Reginaldo
Brito*

1. BORRACHA

Principais problemas

Falta de boa qualidade da borracha da seringueira na região Sudeste e baixa produtividade nos seringais da região Norte. As indústrias reclamam do baixo Índice de Retenção de Plasticidade (PRI) no período de baixa produção (inverno) e alta Viscosidade Mooney (VM) da borracha ao longo do ano na região Sudeste e Centro-Oeste.

A madeira é de boa qualidade, mas não é aproveitada em todas as regiões.

Potencialidades

Grande variabilidade interclonal, para características de boa qualidade de borracha. Utiliza-se muito os clones orientais nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. (áreas de escape).

Melhor aproveitamento da madeira, pois é de rápido crescimento e de boa qualidade (bastante semelhante ao *Pinus*). Apresenta variabilidade interclonal para as propriedades físicas e mecânicas.

Ações prioritárias e estratégicas

- Considerar no melhoramento, além da produção, propriedades da borracha como o PRI, VM e outras, visando a qualidade do pneumático de acordo com os requerimentos da usina e da indústria.
- Dar continuidade aos trabalhos já existentes com a Embrapa Instrumentação Agropecuária em São Carlos e a Universidade Católica Dom Bosco em Campo Grande, que consideram as necessidades de qualidade da borracha de acordo com as recomendações das usinas e indústrias.
- Fortalecer os grupos de melhoramento que atuam nesta cadeia produtiva, quanto aos aspectos multidisciplinares e multi-institucional (químicos, melhoristas, tecnologia da madeira).

As ações de melhoramento deverão ser priorizadas, de acordo com as áreas de plantio:

- 1) Regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (áreas de “escape”)
 - 1.1) Melhoramento voltado para a qualidade da borracha (considerando, principalmente, PRI e VM).
 - 1.2) Melhoramento para latex–madeira, em conjunto.
- 2) Região Amazônica
 - 2.1. Avaliação de outras espécies de *Hevea*, mais indicadas para madeira serrada, tais como *H. pauciflora* e outras, mais resistentes à doenças. Esta seria uma demanda atual para a área tecnológica e, futuramente, para o melhoramento.

Instituições e forma de participação

IAC/Embrapa, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Universidade Católica Dom Bosco (as três já estão participando do estudo de qualidade da borracha), Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Amazônia Ocidental e CEPLAC.

A participação deve ser de forma integrada, entre Instituições de Pesquisa, Universidades, Heveicultores Organizados e Indústrias.

2. TANINO

Principais problemas

Suscetibilidade à gomose e suscetibilidade à geadas, aliados à baixa produtividade de tanino e de madeira. Base genética estreita.

Ações prioritárias e estratégicas

Melhoramento considerando, simultaneamente, tanino (espessura de casca), produção de celulose e resistência (gomose e geadas)

Ampliação da base genética. Re - introdução de material mais resistente à gomose e à geadas, com maior produtividade (tanino e madeira). Identificação de material com maior produtividade (celulose) e qualidade da madeira.

Desenvolvimento/adaptação de metodologias para clonagem em larga escala.

Desenvolvimento/adaptação de metodologias para polinização controlada na espécie.

Instituições e forma de participação

Embrapa Florestas; UFPR/FUPEF; TANAC; Seta; UFSM; Univ. de Pelotas; UEL; ESALQ. Potencial: Universidade de Natal (África do Sul).

A participação deve ser de forma integrada, entre Instituições de Pesquisa, Universidades, Produtores Organizados e Indústrias.

3. RESINA

Principal problema:

Baixa produtividade; não existe estudo sobre as melhores procedências de *Pinus* tropicais, para este fim.

Potencialidade: pomares permanentes para produção de resinas, para aumento de renda de pequenos produtores.

Ações prioritárias e estratégias

Identificação das melhores procedências de espécies de *Pinus* tropicais para a produção de resina. Inclusão dos cruzamentos de *P. elliotti* x *P. caribea* (tem mostrado bom potencial) nas avaliações.

Estabelecimento de pomar clonal com indivíduos selecionados para produção de resina.

Avaliação da resposta quanto às práticas silviculturais, considerando aspectos da fisiologia.

Instituições e forma de participação

Instituto Florestal de São Paulo/ IPEF/ESALQ; UFV/SIF.

- Via fortalecimento da integração das atividades de melhoramento com a Associação Brasileira dos Resineiros.
- Via fortalecimento do intercâmbio com grupos e instituições internacionais que desenvolvem pesquisas nesta área (na Austrália e outros países).

4. CHÁ-MATE

Principais problemas

Ervais com baixa produtividade de massa foliar;

Ervais com elevado percentual de ataque de pragas;

Preferência de mercado por erva-mate de sabor suave, o que tem levado a uma muito melhor remuneração da erva-mate nativa (sombreada).

Potencialidade: a erva-mate apresenta grande variabilidade quanto a produção e qualidade.

Ações prioritárias e estratégicas:

- Desenvolvimento de cultivares com alta produtividade de massa foliar e com resistência a insetos pragas;
- Desenvolver estudos básicos, sensoriais e químicos, visando elucidar a questão da qualidade dos produtos e suas relações com a erva-mate produzida nos diferentes sistemas de produção (nativa, sombreada e a pleno sol);
- Caracterização e identificação de materiais de acordo com as exigências do mercado consumidor;
- Melhoramento para aumento da massa foliar aliado à retenção de folhas, sabor e resistência à insetos.
- Desenvolvimento de estudos comparativos da erva-mate obtida sob condições de manejo da floresta nativa e da erva-mate obtida em plantios a pleno sol.
- Avaliar a interação genótipo ambiente, considerando as características mencionadas nos itens anteriores.
- Melhorar as técnicas de propagação vegetativa para a espécie.
- Incorporar aos programas de melhoramento, ações de conservação e de reintrodução de germoplasma, visando ampliar a base genética.
- Incluir estudos de fitoquímica e de marcadores moleculares na caracterização do germoplasma.
- Desenvolver/adaptar métodos de polinização controlada para a geração de progênies de irmãos germanos e seleção de cultivares bi - parentais.
- Desenvolver, de modo integrado com as indústrias, pesquisas voltadas à obtenção de novos produtos.

Instituições e forma de participação

Embrapa Florestas; EPAGRI; UFPR; UFSM; UFRGS; URICER; UNIOESTE; UCDB; Ervateiras ; Associação dos Produtores; UNICENTRO.

A participação deve ser de forma integrada, entre Instituições de Pesquisa, Universidades, Produtores Organizados e Indústrias.

5. ÓLEOS ESSENCIAIS

Principais problemas:

Em relação ao citronelol, onde o Brasil tem potencial para competir, o principal problema é a falta de tecnologia para a propagação vegetativa da espécie (*Corymba citriodora*).

Em relação às espécies nativas, com grande demanda no mercado internacional, é a falta de interesse, por parte do setor produtivo empresarial, no plantio das espécies, que tem sido intensivamente exploradas através do extrativismo sem reposição.

Ações prioritárias e estratégicas:

Desenvolvimento/adaptação de metodologias para a propagação vegetativa.

Identificação de clones aptos à produção de óleos essenciais, com alta produtividade de madeira e, também, alta produção de biomassa foliar.

Desenvolvimento de programas de conservação, avaliação e utilização sustentável das espécies nativas intensivamente exploradas, com vistas ao melhoramento, quando houver demanda e viabilidade para tal.

Contribuir para o aperfeiçoamento dos processos produtivos, associados ao desenvolvimento de técnicas silviculturais (podas, condução de clones sob diferentes manejos, mini destilarias, e outros).

Instituições e forma de participação

UFV, UFPR, e outras Universidades; *Embrapa Agroindústria de Alimentos*, *Embrapa Florestas*, *Embrapa Cenargen*, Produtores Organizados e Indústrias.

A participação deve ser de forma integrada, entre Instituições de Pesquisa, Universidades, Produtores Organizados e Indústrias.

6. TECA

Principais problemas

- Base genética desconhecida dos materiais utilizados no Brasil;
- Carência de material genético adequadamente amostrado nas regiões de origem;
- Restrita produção de sementes;
- Ações prioritárias e estratégicas;
- Avaliação genética do material genético existente em plantios comerciais no Brasil;
- Adaptação de métodos para a propagação vegetativa da espécie (utilizar resultados obtidos na Tailândia).
- Introdução de novos materiais genéticos (populações);
- Instalação de uma rede experimental baseada em testes de procedências, progênies e clones;
- Seleção para ampliar a faixa de adaptação climática (teste em diferentes ambientes para avaliação da plasticidade fenotípica);
- Buscar integração com instituições de pesquisa internacionais, que tem tradição e resultados de pesquisa com a espécie (Tailândia, Dinamarca e outros), visando a utilização de tecnologias já desenvolvidas e a introdução de novos materiais genéticos.

Instituições e forma de participação

UCDB; UFMT; *Embrapa Florestas*; Embrapa's da Região Norte, incluindo UEP-Mato Grosso e UEP-Tocantins, *Embrapa Cenargen*.

7. Espécies prioritárias para elaboração de descritores

Para a seringueira seria aconselhável, pois existem muitos materiais desenvolvidos no Brasil, em utilização até no exterior, para os quais não existem registros.

8. Desenvolvimento de materiais transgênicos

Não se aplica aos produtos/espécies envolvidos na discussão. Aconselha-se direcionar os esforços para identificação, avaliação e melhoramento genético clássico.

Autores

Grupo 5

João Tomé de Farias Neto - Coordenador:

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental

Maria do Socorro Padilha de Oliveira - Relator

Engenheira Florestal, Mestre, Pesquisadora da Embrapa
Amazônia Oriental

Álvaro Figueiredo dos Santos

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa
Florestas*

Antonio Nascim Kalil Filho

Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa
Florestas*

Francisco Elias Ribeiro

Engenheiro-Agrônomo, Mestre, Pesquisador da Embrapa
Tabuleiros Costeiros

Maisa Pimentel Martins Corder

Engenheira Florestal, Doutora, Universidade Federal de
Santa Maria - UFSM

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Engenheira Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental

Mário Takao Inoue

Engenheiro Florestal, Doutor, Unicentro

Rubens Onofre Nodari

Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Universidade Federal de
Santa Catarina

Sueli Sato Martins

Universidade Estadual de Maringá

Teresinha Catarina Heck

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de
Tecnologia de Santa Catarina - Epagri

Grupo 5

Palmáceas

José Tomé de Farias Neto / Maria do Socorro Padilha de Oliveira / Álvaro Figueredo dos Santos / Antonio Nasci, Kalil Filho/ Maria Piemntel Martins Corder / Mário Takao Inoue/ Rubens Onofre Nodari / Sueli Sato Martins / Teresinha Catarina Heck

A discussão do grupo foi realizada com base nas espécies/produto final, enfatizando as palmáceas produtoras de palmito (Palmitreiro Juçara, Açaizeiro, Pupunheira e Palmeira Real) e de frutos (Coqueiro, Açaizeiro, Pupunheira e Dendezeiro).

Conclusões e Recomendações

1) Principais problemas que podem ser solucionados pelo melhoramento genético:

- Ausência de sementes melhoradas
- Desconhecimento do potencial do germoplasma
- Disponibilidade restrita de germoplasma
- Ausência de métodos eficientes de propagação vegetativa
- Baixa tolerância ao frio (pupunheira)
- Baixa qualidade do produto "in natura" (palmito)
- Suscetibilidade a pragas e doenças (coqueiro e pupunheira)
- Baixa tolerância ao deficit hidrico (coqueiro)

2) Estratégias prioritárias para solucionar os problemas.

- Coleta e introdução de germoplasma
- Caracterização e avaliação de germoplasma
- Formação e enriquecimento de bancos/coleções de germoplasma regional
- Implantação de população – base em diferentes regiões
- Implantação de testes de progênies em diferentes regiões.
- Otimização de métodos de propagação vegetativa
- Planejamento experimental com ênfase para:
- Levantamento de informações disponíveis
- Padronização de procedimentos metodológicos
- Integração interinstitucional
- Otimização da eficiência dos programas de melhoramento através do uso de técnicas de genética quantitativa
- Criação de um site para as espécies tradicionais
- Realização de reuniões periódicas com o grupo de melhoristas de palmáceas

3) Instituições para solucionar os problemas:

Universidades

Instituições de Pesquisas

Setor Privado

4. Propriedade intelectual (espécies prioritárias para elaboração de descritores)

Coqueiro, Dendezeiro e Pupunheira

Transgênicos

No período de dez anos deve-se concentrar no melhoramento genético clássico.
Não se deve envidar esforços em transgênicos.