

Por Thais Santi



A Biotecnologia em favor da produtividade do eucalipto

Transgenia, novos estudos sobre estresse hídrico/térmico e Seleção Genômica Ampla prometem colocar o eucalipto brasileiro em um novo patamar de produtividade e qualidade no mercado mundial

A Biotecnologia – ciência conhecida neste novo século por sua capacidade de potencializar resultados em diversas esferas – está elevando ao máximo o potencial do setor de base florestal. Um dos principais marcos para o desenvolvimento desta indústria e seus novos negócios foi registrado em janeiro deste ano pela FuturaGene, empresa de Biotecnologia da Suzano Papel e Celulose. O novo horizonte para a competitividade do setor de celulose e papel foi aberto pelo protocolo, na Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) – instância colegiada multidisciplinar ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) –, do primeiro pedido feito pela Fu-

turaGene para liberação comercial do eucalipto geneticamente modificado.

Simultaneamente a esse importante passo em favor da produtividade do eucalipto, dois projetos inovadores vêm sendo desenvolvidos por instituições de pesquisa em colaboração com diversas empresas florestais brasileiras. O Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) coordena o programa Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídrico e Térmico (TECHS), enquanto a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia lidera um projeto em Genômica Aplicada ao melhoramento convencional, ambos buscando soluções viáveis para impulsionar os resultados do setor de celulose e papel.





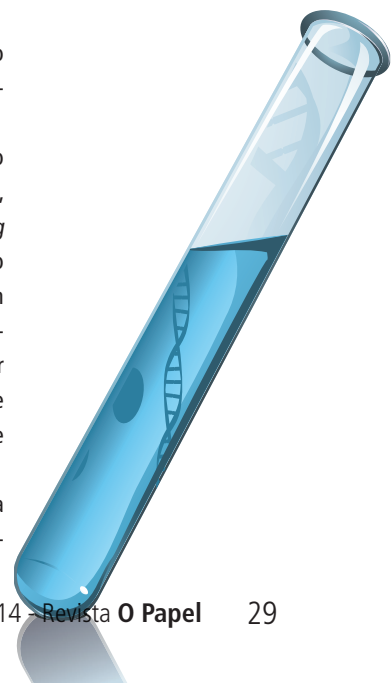
Para se entender a importância desses avanços, é necessário avaliar alguns números. O eucalipto é hoje a árvore mais utilizada pelo setor de celulose e papel no Brasil. Conforme dados do *Anuário Estatístico 2013* da então Associação Brasileira de Florestas Plantadas (ABRAF), hoje Indústria Brasileira de Árvores (Ibá), dos 6,66 milhões de hectares de florestas plantadas no País, 5,10 milhões de hectares são de eucalipto.

A perspectiva para aumento revela-se ainda mais acentuada. A Ibá acredita que, por conta da expansão vivenciada pelo setor, esses números dobrarão até o ano de 2020. Vale destacar ainda a vantagem natural de seu cultivo no Brasil: apenas sete anos para o completo desenvolvimento e produtividade florestal do eucalipto, com um grande salto verificado nas últimas

décadas em razão do melhoramento genético clássico das espécies clonais, passando da média de 20 m³/hectare/ano na década de 1970 para 41 atualmente.

Nem tudo, porém, tem evoluído como o esperado nesse processo de avanços competitivos, pois o Brasil, de alguns anos para cá, tem perdido espaço no *ranking* de custo de produção de madeira. Nos anos 2000, o País era o líder, registrando os menores custos, mas em 2012 já havia perdido quatro posições para outros países. Hoje, para se ter uma ideia, é mais caro produzir madeira para a indústria de celulose no Brasil do que na Rússia, na Indonésia e nos Estados Unidos, conforme informações do *Anuário Estatístico*.

Jefferson Bueno Mendes, diretor da Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios, ressalta que se trata de um mo-



mento crucial para delinear as ações necessárias para munir a indústria de base florestal de maior competitividade, envolvendo dois grandes fatores: entender o tamanho do desafio e o tempo necessário para superá-lo. “Temos ações de caráter estrutural – aquelas que dependem principalmente do governo, como prover infraestrutura e logística, reduzir a burocracia improdutiva e investir em educação profissional, entre outros. Aqui, fica claro que as empresas têm um curso de ação bastante limitado e, portanto, devem focar no segundo conjunto de ações, relativas ao ambiente operacional e de negócios, onde o setor privado tem maior poder de atuação para promover melhorias”, explica.

Nessa área, basicamente, a indústria busca aumentar sua competitividade pela produtividade, ou seja, produzindo mais com menor custo. “Tanto a Biotecnologia quanto a excelência operacional são ferramentas para alcançar esse resultado”, acrescenta o executivo da Pöry Consultoria. Além da lista de ações positivas, a boa notícia fica por conta de um assunto polêmico na década passada: o eucalipto geneticamente modificado (clones gerados a partir da alteração do DNA) tornou-se hoje uma solução possível no planejamento estratégico das empresas. O mesmo vale para os resultados obtidos com o sequenciamento do genoma do eucalipto (**Veja a linha histórica do Projeto Genoma no quadro “O futuro da Genômica”**), que promete contribuir para a incorporação das ferramentas genômicas no melhoramento convencional. Do início dos primeiros grandes projetos de Genômica do eucalipto no Brasil em 2002, um longo caminho foi percorrido até 2014. Hoje já se pode comemorar a liderança brasileira em pesquisa na interface entre Genômica e melhoramento florestal, com significativas e promissoras oportunidades para

a nova gestão florestal praticada em extensas áreas de todo o País.

Mais celulose, por favor!

Ao mesmo tempo que essa nova realidade proporcionada pela Biotecnologia em favor do aumento da produtividade é bastante promissora, propor um novo conceito para o cultivo do eucalipto exige coragem. “Por se tratar da primeira planta geneticamente modificada com aumento de produtividade do mundo, tivemos a necessidade de um espírito inovador e empreendedor muito forte em todas as etapas do processo, desde o início das pesquisas até a fase regulatória que estamos vivenciando hoje”, destacou Eugênio Ulian, vice-presidente para Assuntos Regulatórios da FuturaGene.

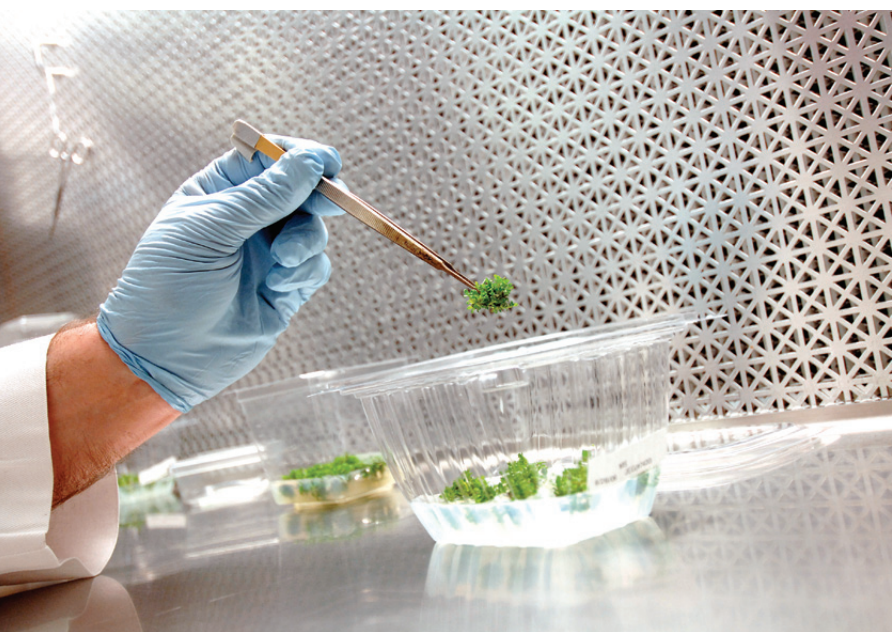
Para se ter uma ideia desse universo, estima-se que, desde o final dos anos 1980 (quando os primeiros produtos geneticamente modificados foram liberados para uso comercial no mundo), mais de 800 experimentos de campo com árvores geneticamente modificadas já tinham sido realizados em quase 40 variedades de árvores e espécies lenhosas, para cerca de 30 características. Até então, no entanto, nenhum pedido havia sido realizado especificamente para o eucalipto, como o protocolo pela FuturaGene.

No Brasil, o primeiro Organismo Geneticamente Modificado (OGM) aprovado para comercialização foi a soja, em 1998, e as culturas de milho e algodão, na sequência. No total, 37 OGMs vegetais foram aprovados para uso comercial no País, sendo cinco de soja, 19 de milho, 12 de algodão e um de feijão, além de micro-organismos e vacinas GM. A lista atualizada está disponível no site da CTNBio (www.ctnbio.gov.br) para consulta pública.

Ulian conta que se passaram mais de dez anos, entre pesquisas em laboratório e experimentos em campo, para o desenvolvimento e teste do produto que apresenta aumento de aproximadamente 20% de madeira em comparação ao volume gerado pelo eucalipto convencional, com média de rendimento de 45 m³/hectare/ano. Para uso em outras aplicações, como bioenergia, por exemplo, a produtividade da madeira esperada pelo eucalipto transgênico poderá atingir porcentagem superior a esse patamar obtido para a produção de celulose.

Por detrás da tecnologia que torna isso possível, Ulian explicou que a FuturaGene utiliza o método de transformação genética via agrobactéria para efetuar a transferência de genes à planta, por questões de precisão. A agrobactéria tem a capacidade de transformar as células do vegetal com um gene que confere novo fenótipo à sua constituição. Nesse caso, as células da árvore híbri-

Para realização das pesquisas, a ArborGen tem trabalhado com *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* e híbridos dessas duas espécies



da (*E.grandis* x *E.urophylla*) receberam a inserção de um gene de outra espécie de planta, a *Arabidopsis thaliana*. No processo, a agrobactéria é manipulada para transferir apenas os genes que interessam ao pesquisador.

A partir da introdução dos genes que conferem as características da espécie doadora nas células da espécie receptora, é possível regenerar uma nova planta, alterando-se, assim, a estrutura da parede celular do eucalipto, composta de celulose. Dessa forma, o gene dessa espécie escolhida (*Arabidopsis thaliana*) faz com que as células do eucalipto depositem mais celulose na formação da parede celular, o que resulta no maior volume de madeira, como no eucalipto GM. É a ciência colocada em prática para aumentar a produtividade industrial.

Nos próximos anos, a ArborGen, empresa de tecnologia florestal, também deverá submeter o pedido de aprovação para liberação comercial de sua versão de eucalipto com maior índice de produtividade. Gabriela Bassa, diretora da ArborGen, explicou que o desenvolvimento se deu para atender às demandas do setor, uma vez que a característica mais buscada é o maior volume por hectare. Características de qualidade da madeira também atraem a atenção. “Isso acontece porque uma densidade básica mais alta proporciona queda no

consumo específico de m³/tonelada de madeira usada para produzir celulose, gerando, consequentemente, ganhos para a empresa, além de ser uma característica interessante para a produção de carvão. Ganhos na qualidade da madeira também vêm sendo buscados, entre outros, atualmente em fase de desenvolvimento com genes de crescimento, lignina e tolerância a herbicidas”, conta a cientista.

Para a realização das pesquisas, a ArborGen tem trabalhado com *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* e híbridos dessas duas espécies. A diretora comenta a importância de se trabalhar com mais de uma espécie, pois um dos desafios ainda consiste na tecnologia em si, como a capacidade de regenerar e transformar os clones de eucalipto, o que pode acontecer ou não, pois o resultado varia entre as espécies e entre os clones, interferindo no rendimento final. Para possibilitar uma melhor avaliação dos re-



Gabriela Bassa: “o desenvolvimento do eucalipto com maior índice de produtividade se deu para atender às demandas do setor”

O FUTURO DA GENÔMICA

Gerando polêmica e, ao mesmo tempo, grandes expectativas no setor florestal, no início dos anos 2000 dois projetos de pesquisa ganharam a atenção do público quando se propuseram a descobrir, mapear, validar e entender a variação genética do eucalipto. Conhecidos por Forests – Eucalyptus Genome Sequencing Project Consortium, o projeto voltado ao sequenciamento do DNA do eucalipto, com foco na formação de um banco de dados especificamente de genes expressos, foi iniciado em 2002 e conduzido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), universidades estaduais e quatro empresas privadas. Ao todo foram sequenciados 120 mil genes da espécie *Eucalyptus grandis*.

No mesmo período, surgia a Genolyptus – Rede Nacional de Pesquisa do Genoma de Eucalyptus, com o apoio do governo federal, a Embrapa, sete universidades e 14 empresas participantes. O projeto gerou informações genômicas integradas ao trabalho de experimentação em campo. Além disso, resultados da Genolyptus contribuíram de forma expressiva para a realização do projeto que realizou o sequenciamento completo do genoma do eucalipto, iniciado em 2008 pela rede internacional Eucalyptus Genome Network (Eucagen). Esse projeto teve a participação de mais de 80 cientistas de 30 instituições em nove países. Do Brasil, além da liderança da Embrapa, fizeram parte do projeto pesquisadores da Universidade Católica de Brasília, da Universidade de Brasília, da Universidade Federal de Viçosa, da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A decodificação da sequência completa do genoma do eucalipto resultou na identificação de todos os 36 mil genes da árvore. Além disso, os pesquisadores ressequenciaram o genoma da segunda espécie de eucalipto mais plantada no mundo em climas temperados, o *Eucalyptus globulus*.

A partir de agora, os novos passos envolvem, entre outros, a geração de um atlas global (genome-wide) da diversidade genômica das principais espécies plantadas de eucalipto. Para isso, nos últimos dois anos a Embrapa ressequenciou o genoma de outras 240 árvores de 12 espécies diferentes, visando construir esse atlas da diversidade existente dentro e entre espécies, informação que vai permitir uma melhor compreensão das diferenças que existem no comportamento das espécies no campo. Esse tipo de estudo foi feito em escala maior, evidentemente, para humanos, com o projeto 1000 Human Genomes, em que foram sequenciados mil genomas de seres humanos de diferentes etnias, procurando mapear e entender os padrões de variação dentro e entre etnias e correlacioná-los com predisposição a doenças, por exemplo. “No nosso caso, o interesse é correlacionar essa diversidade dentro e entre espécies não com doenças, mas sim com a diversidade fenotípica versus maior tolerância a seca, geada, altas temperaturas (mudanças climáticas), maior conteúdo de lignina (para bioenergia) ou celulose (para produção de fibras) e, possivelmente, tolerância a algumas pragas e doenças fúngicas”, anunciou Grattapaglia.



DIVULGAÇÃO FUTURAGENE

A FuturaGene utiliza o método de transformação genética via agrobactéria, que tem a capacidade de transformar as células do vegetal com um gene que confere novo fenótipo à sua constituição.

sultados, também é levado em conta o comportamento do clone, que é cultivado em vários biomas, sob diferentes condições climáticas.

É importante destacar que esse processo e todas as demais atividades que envolvem OGMs no Brasil são regulamentados pela Lei de Biossegurança, que define os parâmetros sobre como os estudos e testes devem ser conduzidos.

Segundo a Resolução Normativa n.º 2 da CTNBio, as atividades de pesquisa com eucalipto geneticamente modificado são inseridas na Classe de Risco 1, com baixo risco, tanto na esfera individual quanto na coletiva. O organismo geneticamente modificado que pertence a essa classe de risco contém sequências de ácido nucleico (ADN ou ARN) oriundas de

organismo doador e receptor que não causam agravos à saúde humana e animal nem efeitos adversos aos vegetais e ao meio ambiente.

Para atender a tais exigências, todas as atividades e decisões de biossegurança são reportadas à CTNBio por meio de uma Comissão Interna de Biossegurança (CIBio), criada pelo próprio órgão regulamentador. Além disso, para submeter um pedido de comercialização de espécies geneticamente modificadas, como o protocolado pela FuturaGene à CTNBio, uma série de testes para análise de risco deve ser realizada de acordo com a Resolução Normativa n.º 5, de 12 de março de 2008 (<http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/11444.html>). **(Veja no quadro "Biossegurança - análise de risco" a lista de testes à qual a empresa requerente deve atender.)**

Conforme a equipe da CTNBio, usualmente o prazo para se obter uma aprovação para comercializar um eventual produto depende da complexidade do uso proposto do OGM e seus elementos genéticos. O tempo previsto na RN n.º 5 é de 30 dias para a instrução processual, além de 90 dias a cada uma das subcomissões para análise e elaboração de pareceres, com possibilidade de extensão de igual período, no máximo, por decisão do Plenário da Comissão.

A finalidade da comercialização do OGM pode refletir no processo de aprovação. "O eucalipto não é uma variedade anual e seu uso não envolve consumo humano. Por se tratar do primeiro evento analisado no Brasil, a CTNBio realizará audiência pública, e o prazo de análise dependerá da formação de juízo de certeza por parte dos cientistas que estão estudando o pleito", justificou a Comissão.

Após a aprovação, a Suzano Papel e Celulose pretende plantar o eucalipto geneticamente modificado em suas áreas destinadas aos cultivos da espécie florestal. "O plantio será feito de forma gradual, de acordo com as práticas de manejo florestal adotadas pela empresa na implantação de qualquer novo clone. Assim, apenas uma parte da área plantada anualmente será ocupada com esse eucalipto. A primeira colheita deve chegar ao mercado em seis ou sete anos após o plantio", detalhou Ulian.

Depois de vencer todas essas etapas e já visualizando sua prática comercial e as respectivas vantagens do ponto de vista ambiental, as empresas que desenvolveram a tecnologia apontaram rentabilidade em manejo, crescimento e características de qualidade para o produtor. "Com o aumento da produtividade, menos terra será usada, representando redução de insumos e também de emissão de carbono com a otimização do transporte, já

BIOSSEGURANÇA - ANÁLISE DE RISCO

O produto do ponto de vista ambiental e de segurança, conforme testes realizados pela FuturaGene:

- Caracterização molecular
- Sequência do inserto e agregação
- Expressão da proteína Cel1
- Observação fenotípica – parâmetros morfológicos
- Qualidade da madeira
- Avaliação das fibras
- Estudos com pólen
- Análises bromatológicas
- Fluxo gênico
- Germinação de sementes/plantas voluntárias
- Análises de solo – física, química e microbiológica
- Degradação de biomassa no campo
- Avaliação e levantamento de artrópodes
- Ensaios toxicológicos
- Análises físico-químicas
- Avaliação do pólen em mel
- Estudos com abelhas

Fonte: FuturaGene

que o deslocamento entre o campo e as fábricas será menor. As terras disponíveis poderão ser direcionadas para outros usos, como conservação ou produção de alimentos”, exemplificou o vice-presidente da FuturaGene.

No aspecto social, o executivo visualiza como reflexos a fixação de pequenos produtores no campo e aumento de suas rendas. Em específico, no caso da Suzano Papel e Celulose, os parceiros do programa de fomento florestal, que já se beneficiam dos clones do melhoramento convencional da empresa há muitos anos, terão livre acesso à tecnologia.

Xô, estresses elementares!

Também visando aos benefícios em produtividade pelo melhoramento convencional, pesquisadores têm se aprofundado no entendimento de questões chave para o futuro do setor de base florestal, entre as quais os estresses hídrico e térmico nas várias faixas de produção das espécies, por conta das variações climáticas. Essas, em suma, são geradas pelas relações entre os quatro elementos: água, terra, ar e “fogo” (calor).

Criado em 2011, o programa cooperativo TECHS do IPEF tem estudado 18 clones de eucalipto altamente produtivos (tropicais e subtropicais) em 34 sítios experimentais no Brasil e dois no Uruguai. **(Confira na figura em destaque a localização dos sítios experimentais do IPEF)**

Otavio Campoe, coordenador técnico do TECHS, conta que o programa surgiu após alguns questionamentos a partir de estudos anteriores realizados por outros programas cooperativos do IPEF, bem como da importância da produtividade florestal e do manejo sustentável das plantações. O aumento da ocorrência de pragas e doenças nos maciços florestais também gerou uma nova demanda, no sentido de avaliar o potencial de ganhos ou perdas na produtividade, em razão do maior ou menor impacto de estresses abióticos e bióticos, incluindo a interação entre genótipo e ambiente.

“Foi nesse momento que o IPEF reuniu pesquisadores de universidades, institutos de pesquisa e empresas do setor florestal para o desenvolvimento de pesquisas que integrassem tais áreas para recomendação futura de zoneamento e manejo florestal”, contou o coordenador do TECHS.

A base de dados necessária para a parametrização e validação dos modelos de análise reúne informações de importantes pesquisas já realizadas, como o estudo da ecofisiologia de clones de eucalipto. Além disso, os dados oriundos do sequenciamento do genoma completo do eucalipto e os avanços em Seleção Genômica Ampla (SGA) prometem aumentar o entendimento sobre a base molecular da diferença entre clones em relação à tolerância a estresse hídrico e de temperatura.

Nos sítios, os experimentos envolvem a manipulação do

regime hídrico feito pela técnica de exclusão de chuva, em diferentes quantidades para cada quatro materiais genéticos pré-selecionados. **(Saiba como funciona o projeto pelo quadro “A rede experimental do TECHS”)** Assim, esses materiais genéticos ficam sujeitos a dois níveis de aporte hídrico. Já a variação da densidade populacional é estudada por meio do uso do delineamento “sistemático” de plantio, que avalia o efeito do espaçamento no crescimento individual ($m^3/\text{árvore}$) e produção total ($m^3/\text{hectare}$) do povoamento.

Além disso, em quatro sítios, selecionados com base na caracterização climática extrema (Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Maranhão), estão sendo realizados balanços completos de carbono, com medições no solo de CO_2 e teores de carbono, entre outros aspectos, que permitirão conhecer os fatores genéticos e ambientais a controlar a captura desse gás na atmosfera, bem como a observação dos fatores genéticos e ambientais que controlam a captura, a produtividade primária bruta e a alocação de carbono para as partes aérea e radicular dos diferentes clones de *Eucalyptus* estudados.

Os resultados finais poderão orientar, principalmente, plantações nas novas fronteiras florestais, como as regiões Centro-Oeste, Norte, Nordeste e parte do Sudeste do Brasil (onde o estresse hídrico é mais expressivo) e ao estresse térmico relacionado às elevadas temperaturas, acima dos $36^\circ C$, no Brasil tropical, ou às baixas temperaturas, abaixo de $5^\circ C$, no Sul do País e no Uruguai. “Nesses casos, há mais riscos de perda de produtividade, decorrentes de estresses ambientais diferentes daqueles onde os clones foram selecionados”, completou Campoe.

Experimento de exclusão de chuva do TECHS implantado na empresa Vallourec



Dario Grattapaglia:
 “Com a
 implantação
 operacional da
 SGA, esperam-
 se ganhos em
 tempo, bem como
 na precisão e
 na intensidade
 da seleção,
 acelerando a
 obtenção de
 clones elite mais
 adaptados e
 produtivos”

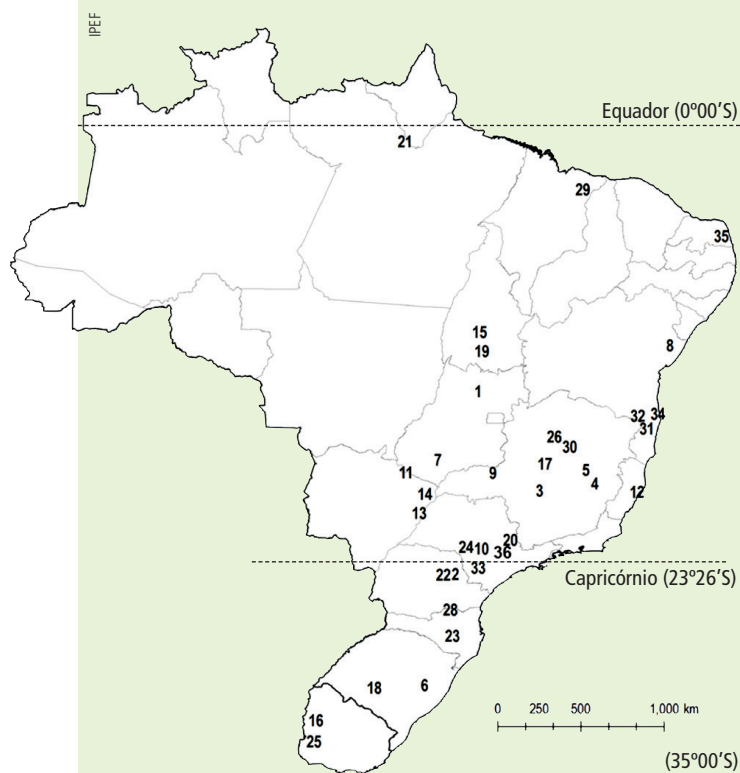
Até o momento já foram identificados os genótipos mais adaptados a diferentes tipos climáticos, além de efeitos significativos da interação genótipo–ambiente em alguns clones estudados, conforme relatório anual gerado pelo IPEF. (O detalhamento desses resultados pode ser consultado no site www.ipef.br/techs)

“Estamos também começando um estudo em colaboração com a Embrapa e financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) para entender as possíveis modificações epigenéticas que ocorrem nos clones com diferentes comportamentos quanto à adaptabilidade ao estresse hídrico. Essas informações poderão levar à identificação de padrões genômicos conservados entre clones de mesmo comportamento e quando da sobreposição dos dados de marcadores moleculares da SGA **(Confira mais sobre o assunto no quadro “Tendências – SGA”)**, de modo a ser possível estabelecer regiões genômicas, alvo da seleção direcional para adaptabilidade”, destacou José Luiz Stape, professor da North Carolina State University/IPEF e coordenador científico do programa.

Dario Grattapaglia, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e também coordenador desse projeto de epigenética do eucalipto, explica que a vantagem da SGA será a possibilidade de realizar uma seleção ultraprecoce de indivíduos superiores. Segundo ele, isso já está acontecendo aqui, no Brasil, como resultado de projetos que a Embrapa vem conduzindo desde 2008 em estreita colaboração com diversas empresas florestais. Entre 2012 e 2013, com a disponibilização da sequência completa do genoma do eucalipto, seu grupo na Embrapa desenvolveu uma plataforma de genotipagem de alto desempenho de marcadores moleculares SNP (sigla em inglês para Single Nucleotide Polymorphism – Polimorfismos de Nucleotídeos Únicos). Essa tecnologia, a mais avançada do mundo (exatamente a mesma utilizada para genotipagem em larga escala de seres humanos em Medicina Genômica), permite uma análise muito mais detalhada da variação natural existente dentro e entre espécies de *Eucalyptus*.

“Disponibilizada para domínio público, essa plataforma permite analisar de 50 mil a 60 mil pontos do genoma e os aproximados 30 mil genes identificados

A REDE EXPERIMENTAL DO TECHS



Localização dos sítios experimentais do programa TECHS

O programa TECHS utiliza uma rede de 36 sítios experimentais que variam de 0° a 36°S, de 800 a 2.000 mm/ano de chuva e temperaturas anuais de 17°C a 34°C, composto por 18 clones com manipulação do regime hídrico e espaçamento de plantio.

Dada a grande amplitude climática do Brasil, os clones foram classificados em quatro grupos: a) clones tropicais e de regiões mais úmidas (tipo U); b) clones tropicais e de regiões mais secas (tipo S); c) clones de regiões subtropicais mais frias (tipo F); e d) clones intermediários e mais plásticos (tipo P). Cada sítio do TECHS foi classificado em tropical ou subtropical, com base na classificação climática detalhada de Köppen (Alvares *et al.* 2013), e contém: i) sítio tropical: quatro clones tipo P, quatro clones tipo U e três clones tipo S; ii) sítio subtropical: quatro clones tipo P e sete clones tipo F. Cada sítio compreende uma área experimental de 5 hectares.

Observações: A rede TECHS foi instalada e é conduzida pelas equipes técnico-científicas das seguintes empresas: AngloAmerican, Arauco, ArborGen, ArcelorMittal, Cenibra, CMPC, Comigo, Copener, Duratex, Eldorado, FCB, Fibria, Florestal Itaquari, Forestal Oriental, Gerdau, GMR, International Paper, Jari, Klabin, Lwarcel, Montes del Plata, Plantar, Rigesa, Suzano, Vallourec e Veracel. Há trabalhos de pesquisas financiados pela CAPES, CNPq e FAPESP, com o apoio das empresas citadas anteriormente.

no eucalipto de forma muito rápida e sistemática a um custo de algumas dezenas de dólares, o que permite analisar o genoma de milhares de árvores em poucos dias”, detalha o pesquisador Grattapaglia.

Ainda em 2013, foram genotipadas mais de 20 mil árvores de diversas populações de melhoramento das diferentes empresas, e essa informação foi utilizada para o desenvolvimento de modelos de predição genômica. Agora, em 2014 e 2015, esses modelos já serão utilizados para a prática operacional da SGA. Basicamente todas as espécies perenes com ciclos longos de melhoramento genético poderão se beneficiar do conhecimento e da implementação da SGA para o eucalipto. “Começamos neste ano um projeto de Genômica Aplicada ao cajueiro (espécie nativa brasileira) em colaboração com o centro da Embrapa em Fortaleza, que coordena o programa de melhoramento dessa espécie frutífera. O projeto envolve seja o sequenciamento completo do genoma da espécie, seja a utilização da SGA para acelerar a geração de novas variedades, com uma expectativa de os primeiros resultados já serem obtidos a partir de 2015”, expõe Grattapaglia. Enfim, são os avanços da pesquisa genômica do eucalipto servindo de modelo para outros projetos, de igual importância, com culturas nas quais o investimento público se faz necessário.

O que o futuro reserva...

Não existem dúvidas entre os especialistas de que a SGA do eucalipto e do cajueiro irão trazer resultados positivos para a sociedade, bem como os transgênicos. Afinal, são tecnologias complementares que dão novas possibilidades à “caixa de ferramentas” do melhorista. Ao mesmo tempo, algumas questões ainda pairam no ar em relação às vantagens competitivas dos transgênicos perante o melhoramento clássico de espécies.

“O melhoramento convencional de espécies florestais tem contribuído com ganhos consideráveis para a competitividade nacional do setor de base florestal, mas existe um potencial ainda maior a ser explorado em termos de pesquisas, e as empresas têm investido bastante em busca de resultados mais amplos. Por esse motivo, deve-se criar uma agenda positiva e transparente para tratar do tema relativo aos OGMs”, destacou Elizabeth de Carvalhaes, presidente da Ibá.

Na prática, as opiniões sobre o melhor caminho do desenvolvimento são manifestadas ainda sem conclusões certas sobre o que conduzirá a um futuro de resultados mais efetivos. Nesse sentido, pesquisadores e instituições de pesquisas defendem que, tecnicamente,

em condições de campo, ainda não foi comprovado que a transgenia possa ultrapassar o que se consegue hoje e o que se tem para conseguir em termos de produtividade e qualidade com o melhoramento convencional, principalmente agora com a Seleção Genômica Ampla (SGA), que vai aumentar significativamente a eficiência do processo.

Mendes, diretor da Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios, acredita que utilizar a Biotecnologia com responsabilidade não será um problema para o setor de base florestal. “Os avanços nas pesquisas já estão respaldados pela modernização e pela eficácia da legislação ambiental brasileira. Por isso, estou certo de que as empresas deste segmento irão desenvolver seus bioprodutos de acordo com os princípios e critérios estabelecidos tanto pelo governo brasileiro quanto pelas certificadoras florestais (Cerflor e FSC), garantindo a produção de clones florestais ambientalmente seguros e mais produtivos – e, portanto mais rentáveis e sustentáveis.”

Para Fabíola Zerbini, diretora executiva da organização independente de certificação florestal Forest Stewardship Council (FSC) no Brasil, as discussões de hoje ajudam a fomentar o assunto nas câmaras da organização – isso porque a carta de princípios e critérios do FSC proíbe o uso de OGMs, tema presente em outros dois documentos da organização. Historicamente, diz Fabíola, a instituição sempre se baseou no Princípio da Precaução.

Já recusado anteriormente, o tema do cultivo de OGMs ainda não conseguiu a revisão das três câmaras setoriais da certificadora, divididas entre econômica, social e ambiental. Espera-se que neste ano o assunto seja apresentado, a fim de se obter um posicionamento sobre as plantações geneticamente modificadas durante a 7.ª Assembleia Geral (GA) do FSC, a realizar-se em Sevilha, na Espanha, entre 7 e 14 de setembro próximo. A Ibá promoverá um debate durante o evento sobre desafios e oportunidades com o objetivo de avaliar a criação de uma agenda comum entre os diversos países que produzem a partir de árvores plantadas. “Estamos incentivando a participação de empresas associadas à Ibá e de suas subsidiárias nesse importante processo, a fim de fortalecer a representatividade do setor florestal brasileiro diante do FSC”, afirmou Elizabeth de Carvalhaes. “Se a questão dos OGMs for discutida nessa ocasião, o que for validado em assembleia passará a valer igualmente em todos os países para considera-

“O plantio será feito de forma gradual, de acordo com as práticas de manejo florestal adotadas pela empresa na implantação de qualquer novo clone”, detalhou Eugênio Ulian, da FuturaGene, sobre os próximos passos da Suzano Papel e Celulose após a aprovação do eucalipto GM



DIVULGAÇÃO ARBORGEN

Laboratório de cultura de tecido – eucalipto da ArborGen

ção dos gestores de áreas florestais certificadas pelo FSC”, declarou Fabiola. Tal validação, diga-se de passagem, seria um passo importante para as empresas do setor de base florestal, especialmente com foco

na produção de celulose e papel, uma vez que essas organizações têm plantações certificadas pelo órgão. Carlos Alberto Labate, professor doutor do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) e especialista em Genética Vegetal, considera importante que as questões de biossegurança sejam respondidas de forma a permitir que os avanços no setor continuem. “Não podemos, entretanto, generalizar ou estigmatizar uma técnica em detrimento das demais. Vale salientar que a transgenia não oferece riscos maiores ou menores em relação a outras técnicas existentes, como qualquer outra de modificação genética”, pontuou Labate. Para os defensores dos transgênicos, a evolução da Biotecnologia no setor florestal é essencial para que se consiga atender à crescente demanda global por produtos derivados de madeira de forma sustentável, produzindo mais com menos recursos. Para quem, porém, vê os OGMs como prejudiciais à vida humana no planeta, a aplicação da tecnologia deve ser prorrogada enquanto a argumentação desse bloco se sustentar frente às comprovações científicas ■

TENDÊNCIAS: A SGA

Com o avanço da Biotecnologia com relação ao eucalipto, cada vez mais novas tecnologias terão de ser agregadas para acelerar os ganhos de produtividade e sustentabilidade dos plantios florestais. Nesse sentido, uma ferramenta poderá contribuir para análises mais detalhadas. Trata-se da Seleção Genômica Ampla (SGA). “Com a perspectiva de acelerar a prática de melhoramento via seleção precoce, as tecnologias de análise genômica despertaram a atenção dos geneticistas florestais, permitindo a prática da seleção precoce assistida por marcadores, como um meio de aumentar a intensidade da seleção, reduzir o esforço de testes de campo e melhorar a precisão de seleção para características de baixa herdabilidade e expressão”, esclareceu Dario Grattapaglia, pesquisador da Embrapa.

Diferentemente do princípio da seleção assistida, na qual se buscam associações específicas entre alguns marcadores e características fenotípicas de interesse, para utilização na seleção, na SGA os efeitos de milhares de marcadores sobre a característica são estimados simultaneamente, sendo todos utilizados em modelos estatísticos de predição de desempenho, concentrando a atenção na eficiência de seleção, sem a pretensão de descobrir ou manipular o efeito de genes individuais.

“Com a implantação operacional da SGA, esperam-se ganhos em tempo, bem como na precisão e intensidade da seleção, acelerando a obtenção de clones elite mais adaptados e produtivos. Tudo indica que o Brasil será o pioneiro na adoção dessa nova tecnologia na área florestal”, declarou o pesquisador. “Já os modos de incorporar a SGA na prática operacional vão variar caso a caso. Aspectos técnicos e logísticos serão resolvidos nos próximos anos, enquanto os custos de genotipagem de DNA se tornarão cada vez menores”, acrescentou.

Em resumo, a SGA é uma ferramenta de melhoramento que permite fazer o que o melhorista já faz, porém de forma mais rápida e precisa. “Chegou o tempo, portanto, de reconhecer que a convergência da Genética Quantitativa com a Genômica Aplicada está efetivamente acontecendo e se tornando a maneira pela qual o melhoramento genético será conduzido décadas à frente”, concluiu o pesquisador.

Fonte: texto editado do editorial publicado na revista *Opiniões* (edição março–maio 2014)