

## MELHORAMENTO GENÉTICO EM *EUCALYPTUS SPP* COM USO DE HIBRIDAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE E PAPEL

**Bruno Conceição dos Santos<sup>1</sup>, Carla Renata Alves Rodrigues<sup>1</sup>, Erica Ribeiro de Sousa Simonetti<sup>2</sup>, José Aírton Mendonça de Vasconcelos<sup>1</sup>, Karolayne Guimarães Maranhã Silva<sup>1</sup>, Udson Maciel Campos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Graduandos do Curso de Agronomia IFTO campus Araguatins. E-mail: <brunosantos152@outlook.com>, <reh1997.rodrigues@gmail.com>, <joseairton99@hotmail.com>, <karolayne\_336@hotmail.com>, <udson.maciel@hotmail.com>

<sup>2</sup>Economista Docente IFTO campus Araguatins. E-mail: <erica.simonetti@ifto.edu.br>

**Resumo:** O grande avanço do melhoramento genético do eucalipto no Brasil se deu a partir de 1960, nessa época a espécie foi cultivada em várias regiões do país, com várias finalidades, esse impulso no melhoramento foi motivo de estímulo ao uso de novas tecnologias para o melhoramento genético do eucalipto. Atualmente, buscam-se além de florestas altamente produtivas, materiais geneticamente superiores em rendimento e qualidade, mínimos impactos ambientais e harmonia com a sociedade, a competitividade do setor, que evoluiu a partir da década de 90 é devido ao avanço tecnológico florestal, desenvolvimento do processo e capacitação profissional. A grande produtividade das florestas de eucalipto no Brasil é devido a hibridação e clonagem que ainda é a melhor opção sendo uma estratégia economicamente viável, a grande diversidade de espécies de eucalipto é a principal fornecedora de características que se pode usar nos cruzamentos interespecíficos, para se obter indivíduos resistentes a vários fatores e aptidões desejadas. O uso conjunto da hibridação e clonagem se tornou o modo mais eficiente para contornar os desafios ocorrentes nas últimas décadas. Sendo a hibridação interespecífica a melhor forma para obtenção de ganhos genéticos no melhoramento de espécies de *Eucalyptus*. A pesquisa tem por objetivo discorrer sobre melhoramento genético do eucalipto com uso de hibridação para produção de celulose e papel. Conclui-se que o melhoramento genético do eucalipto é de fundamental importância para os ganhos em produção, principalmente para a qualidade da madeira no segmento produção de celulose.

**Palavras-chave:** eucalipto, florestas, hibridação, melhoramento

### 1 INTRODUÇÃO

O melhoramento genético no Brasil teve seus primeiros passos no ano de 1904 com os trabalhos do pesquisador Dr. Edmundo Navarro de Andrade o qual trabalhava na companhia paulista de estradas de ferro, em São Paulo, o pesquisador levou várias espécies e ascendências de eucalipto no Horto de Jundiaí, com a intenção de identificar as melhores espécies ajustadas às condições climáticas brasileira dirigindo ao fornecimento de comburente e madeira para dormentes e postes para ferrovia (SILVA; BARRICHELLO, 2006).

No início da década de 1941, Navarro de Andrade, com a parceria de pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), juntamente com o Dr. Carlos Arnaldo Krug, criaram um programa de melhoramento genético do eucalipto. Os objetivos eram melhorar a igualdade dos plantios, diminuir falhas, aperfeiçoar a forma do tronco, aumentar o diâmetro e altura, melhorar ap-

tidão de brotação e aumentar o cultivo por unidade de área. Os estudos alcançados por Edmundo concluiu que as espécies mais propícias para tal melhoramento eram as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* (FERREIRA; SANTOS, 1997).

Porém, o grande avanço do melhoramento genético do eucalipto no Brasil se deu a partir de 1960, nessa época a espécie foi cultivada em várias regiões do país, com várias finalidades, esse impulso no melhoramento foi motivo de estímulo ao uso de novas tecnologias para o melhoramento genético do eucalipto (SILVA; BARRICHELLO, 2006).

No ano de 1967 a Aracruz Celulose S.A iniciou seus plantios de eucalipto no Espírito Santo, a partir daí houve um grande salto do melhoramento do eucalipto, pois os pesquisadores da Aracruz cogitaram a possibilidade de implantar plantios clonais por propagação vegetativa de híbridos de eucalipto que possuíam até então características de importância para os melhoristas. Em 1979 foi implantada a primeira plantação comercial no Brasil, foi usada a propagação vegetativa de estacas retiradas das brotações (FERREIRA; SANTOS, 1997).

O Brasil tem uma das maiores áreas plantadas de eucalipto do mundo, com 5,63 milhões de hectares, é o quarto maior produtor mundial de celulose com cerca de 17,4 milhões de toneladas por ano, com produção crescente, o país detém ainda o maior índice médio de produtividade em florestas plantadas de eucalipto com 36 m<sup>3</sup>/ha/ano (IBÁ- Indústria Brasileira de Árvores, anuário 2016). O eucalipto produzido no Brasil se destina basicamente à produção de celulose e papel e ao carvão vegetal que abastece as siderúrgicas (OLIVEIRA et al., 2000).

Atualmente, buscam-se além de florestas altamente produtivas, materiais geneticamente superiores em rendimento e qualidade, mínimos impactos ambientais e harmonia com a sociedade (MOSCA, 2010). DEMUNER (2011) afirma que a competitividade do setor, que evoluiu a partir da década de 90 é devido ao avanço tecnológico florestal, desenvolvimento do processo e capacitação profissional.

O presente trabalho tem por objetivo discorrer sobre melhoramento genético do eucalipto com uso de hibridação para produção de celulose e papel, destacou-se as principais espécies utilizadas no melhoramento, principais métodos de melhoramento genético no eucalipto e melhoramento da qualidade da madeira para produção de celulose e papel,

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa é do tipo bibliográfica, descritiva, exploratório de cunho qualitativa, utilizou-se como fonte de pesquisa secundária pesquisa em periódicos, revistas, websites e literaturas no qual abordam informações sobre o devido tema do artigo, melhoramento genético do eucalipto com uso de hibridação para produção de celulose e papel. Onde se abordou algumas das espécies do gênero *Eucalyptus* mais utilizadas no melhoramento genético, apresenta duas técnicas de melhoramento genético muito utilizadas no melhoramento em eucalipto e por fim ainda exibiu alguns aspectos relacionados a qualidade de madeira para produção de celulose e papel.

## 3 PRINCIPAIS ESPÉCIES UTILIZADAS NO MELHORAMENTO

O caso de hibridação entre parentais geneticamente diferentes e não semelhantes até o nível de subgênero é ocorrente no gênero *Eucalyptus*. Destacam-se no Brasil como espécies de elevado valor econômico que pertencem ao subgênero *Symphomyrtus* (*E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. pellita*, *E. robusta*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* e entre outros, sendo estes que apresentam maior valor econômico).

Entre as décadas de 1960 e 1980 começaram a substituir as mudas através de sementes por clonais, que hoje representa 70% das florestas atualmente plantada, em áreas de clima frio como é a região sul, em áreas de montanha localizam-se plantios provenientes de mudas formadas por sementes de espécies que toleram bem a baixas temperaturas como *E. benthamii* e *E. dunnii* (FILHO; SANTOS, 2011).

Das várias espécies de *Eucalyptus*, o *E. grandis* é a mais utilizada na produção de papel e celulose, seu uso se mostrou satisfatório também na produção de madeira para serraria e mel, o que vem agregando mais valor às áreas plantadas e aos genótipos que florescem mais rápido. O *E. grandis* se destaca pela boa qualidade de produção referente à fibra curta, celulose, rápido crescimento, no entanto, esta espécie é apta ao cancro, doença causado pelo fungo *Cryphonectria cubensis*. Mesmo assim outros indivíduos de outras espécies são capazes de suportar o cancro, apresentarem níveis aceitáveis de produção de madeira e celulose e se destacarem, por serem utilizados para hibridação com *E. grandis* e posteriormente serem disseminados para plantios de modo clonal, em muitos programas de melhoramento florestal (ROCHA, 2005).

Ultimamente as empresas que trabalham com celulose tem usado o *E. grandis* e *E. urophylla* para formação de híbridos, com esse resultado é possível a associação de rápido crescimento e bom formato de tronco de *E. grandis* aliado a boa capacidade de produzir brotos, resistência ao cancro, a seca e a maior densidade de *E. urophylla*. Esses fatores reúnem uma boa capacidade de combinação entre estas duas espécies (ASSIS; MAFIA, 2007).

## **4 PRINCIPAIS MÉTODOS DE MELHORAMENTO GENÉTICO NO EUCALIPTO**

### **4.1 SELEÇÃO RECORRENTE**

A seleção recorrente é uma técnica de melhoramento de populações que tem por objetivo a concentração de alelos favoráveis, mantendo a variabilidade genética da população. As populações melhoradas através da seleção recorrente podem ser utilizadas diretamente como variedades de polinização aberta ou então para obtenção de linhagens endogâmicas utilizadas na produção de híbridos. Essa prática visa repetir os mesmos procedimentos ciclo após cada ciclo de seleção, tornando este processo um acúmulo de alelos favoráveis, dessa forma fazendo um processo contínuo e obtendo-se médias diferentes na população melhorada por meio dos ciclos de seleção.

Um ciclo de seleção recorrente envolve basicamente quatro fases que são elas a: A primeira se caracteriza pela obtenção de progênies, sendo estes meio irmãos, irmãos germanos e progênies parcialmente endogâmicas S1 e S2. A segunda fase é avaliação de progênies, com a realização de ensaios envolvendo repetições, por meio de delineamento experimental apropriado. Seleção, baseada em médias ou totais de parcelas.

A terceira fase é a fase de seleção, onde a mesma pode ser truncada ou combinada. Truncada somente um caráter e combinada mais de um caráter. Quarta e por última fase a recombinação, que tem por finalidade gerar variabilidade para o próximo ciclo de seleção. Utiliza-se a semente remanescente das progênies selecionadas (SAMPAIO et al., 2000).

Vale lembrar ainda que a seleção recorrente pode ocorrer de dois modos sendo eles intrapopulacional (meio irmãos e irmãos germanos), quando visa melhorar uma população e interpopulacional (combinada), quando visa melhorar duas populações, buscando a heterose entre elas (KRAUSE et al., 2012).

## 4.2 HIBRIDAÇÃO

Hibridação é a fusão de gametas geneticamente diferentes, ou seja, espécies diferentes, que resulta em indivíduos híbridos heterozigóticos. O objetivo do melhoramento por hibridação é reunir em uma nova linhagem pura alelos favoráveis presentes em dois ou mais “genótipos”.

O desenvolvimento de híbridos inter e intraespecíficos de *Eucalyptus* têm assumido grande importância nos programas de melhoramento genético deste gênero, uma vez que as características desejadas encontram-se em diferentes espécies, as quais são particularmente adaptadas as condições climáticas peculiares. O melhoramento baseado em cruzamento interespecífico implica em melhorar, simultaneamente, a média do valor genético aditivo interpopulacional das duas populações bem como a heterose (vigor híbrido) do cruzamento entre as mesmas (ASSIS; MAFIA, 2007).

Dentro da hibridação têm surgido novas estratégias de melhoramento, uma delas é o desenvolvimento de híbridos originários da polinização controlada. Podemos citar a heterose ou vigor híbrido que é uma das vantagens da hibridação intra e interespecífica, que trazem caracteres de importância econômica e adaptativa. A hibridação interespecífica é uma das formas mais rápidas de se obter ganhos genéticos em programas de melhoramento do eucalipto, o qual tem sido largamente utilizado no Brasil. Por meio desse método é possível, por exemplo, acrescentar características de crescimento, qualidade da madeira (celulose, carvão vegetal) e obtenção da heterose (FILHO; SANTOS, 2011).

## 5 MELHORAMENTO DA QUALIDADE DA MADEIRA PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE E PAPEL

Se tratando de qualidade da madeira, é inevitável não se mencionar a densidade, pois a mesma é o principal indicador de qualidade da madeira (GOMIDE et al., 2005). A densidade básica é a indicação do teor de matéria seca (MS) que determinado volume que madeira possui, tendo certa discrepância entre a madeira de lenho tardio e a de lenho inicial, sendo a madeira de lenho tardia mais densa e quanto mais densa a madeira, menor será o volume necessário de madeira para produzir uma tonelada de polpa celulósica (BETINI; GALATTI, 1995).

Em relação às espécies de eucalipto utilizadas para produção de celulose, dá-se preferência às espécies com média de densidade com valores entre 0,40 g/cm<sup>3</sup> e 0,55 g/cm<sup>3</sup>, pois madeiras com densidade inferior a 0,40 acabam levando a redução de rendimento, maior consumo de rea-

gentes e um elevado teor de rejeitos, já as madeiras com densidades superiores a 0,55 apresentam dificuldade de picagem das toras, o que leva a acarretar o desgaste das facas picadoras, formando uma grande quantidade de cavacos com dimensões exorbitantes de modo a dificultar a impregnação do licor destes e levando a uma menor produção de polpa celulósica depurada. Ainda se tratando de celulose, alguns autores relatam que os altos valores de densidade tornam a estrutura do papel mais porosa (SILVA, 2001, apud DEMUNER, 2011).

Apesar do elevado controle genético feito pelos melhoristas, à seleção de genótipos superiores não deve estar voltada apenas para caracteres da qualidade da madeira. As características de crescimento das árvores também devem ser consideradas no melhoramento, a fim de garantir a seleção de genótipos superiores que contemplem os requisitos exigidos pela indústria de celulose. Entretanto, características como volume e altura das árvores são controlados por muitos genes e apresentam baixo controle genético (STURION et al., 1999). Além disso, essas características não apresentam similaridade com a densidade básica (TOLFO et al., 2005; SANTOS et al., 2011).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O uso conjunto da hibridação e clonagem se tornou o modo mais eficiente para contornar os desafios ocorrentes nas últimas décadas. Sendo a hibridação interespecífica a melhor forma para obtenção de ganhos genéticos no melhoramento de espécies de *Eucalyptus*. A procura por incrementos nas características da madeira e uso da heterose, observada em muitos cruzamentos híbridos, através desses ganhos é possível produzir indivíduos superiores em desenvolvimento, adaptação e qualidade da madeira (ASSIS; MAFIA, 2007).

A produção maciça de florestas com grande potencial produtivo para fins industriais, o uso comercial da heterose, observada em grande parte dos híbridos de *Eucalyptus*, devido à ação da clonagem, houve expressiva evolução na produção florestal nos últimos anos, graças ao sucesso do uso dos híbridos em espécies florestais. Vem sendo um dos principais responsáveis pela alta produtividade florestal nas últimas safras, e é um dos exemplos que mais deram certo no uso de híbridos em espécies florestais. Como dito a grande produtividade das florestas de eucalipto no Brasil é devido a hibridação e clonagem que ainda é a melhor opção sendo uma estratégia economicamente viável, a grande diversidade de espécies de eucalipto é a principal fornecedora de características que se pode usar nos cruzamentos interespecíficos, para se obter indivíduos resistentes a vários fatores e aptidões desejadas (FILHO; SANTOS 2011).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a pesquisa, pode-se perceber que o melhoramento genético do eucalipto é de fundamental importância para os ganhos em produção, principalmente para a qualidade da madeira no segmento produção de celulose. O melhoramento genético do eucalipto tem se baseado no uso conjunto da hibridação entre espécies de eucalipto e na clonagem, que seria nada mais nada menos o meio de propagação dos respectivos híbridos, e se tornou o modo mais eficiente para suprir as necessidades desse segmento nas últimas décadas.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSIS, T.F.; Mafia, R.G. (2007). **Hibridação e clonagem de *Eucalyptus***. In: Borém, A. (ed.), *Biotecnologia Florestal*. Viçosa: Editora UFV. p.93-121.

BETINI, M. A.; GALATTI, P. E. **Curso de pasta mecânica**. Monte Alegre: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1995.

DEMUNER, W. P. **Predição do impacto da madeira em fábrica Kraft de eucalipto**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro.

FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. Melhoramento genético florestal dos Eucaliptos no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO **Conferência Sobre Silvicultura e Melhoria de *Eucalyptus***, Salvador, 1997. Colombo: Embrapa/CNPF, 1997. v.1, p.14-34.

FILHO, E.P.; SANTOS, P.E.T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas**, 8. 2011. P. 10- 42.

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

**Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), relatório anual 2016**. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)> Acesso em 23 de Agosto de 2017.

KRAUSE, W. et al. Ganho de seleção no melhoramento genético intrapopulacional do maracujazeiro amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.1, p.51-57, 2012.

MOSCA, Y. **Avaliação da qualidade da madeira de três clones *Eucalyptus*, aos cinco anos de idade**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

OLIVEIRA, A. D. et al. Análise econômica de um sistema agro-silvo-pastoril com eucalipto implantado em região de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 10, n. 1, p. 1-19, 2000.

ROCHA, M.G.B. **Predição de valores genéticos em progênies de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* utilizando o procedimento REML/BLUP**. 2005. p.89. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

SAMPAIO, P. de T.B.; RESENDE, M.D.V. de; ARAÚJO, A.J. de. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea var.hondurensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2243-2253, 2000.

SANTOS, R. C. et al. Correlação entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, 2011.

SILVA, P.H.M.; BARRICHELO L.E.G. Progressos recentes na área florestal. In: PATERNIANI, E. **Ciência, Agricultura e Sociedade**. Embrapa, Brasília. p.439-456. 2006.

STURION, J. A. et al. **Métodos de produção de sementes melhorada de erva mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 1999. 15 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 34).

TOLFO, A. L. T. et al. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, de produção e tecnológicos da madeira em clones de *Eucalyptus spp.* **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n 67, p.101-110, 2005.