



## **Famílias clonais em *Eucalyptus***

Isadora Bianchin<sup>1</sup>  
Evandro Novaes<sup>2</sup>  
Izabel Christina Gava de Souza<sup>1</sup>  
Thiago Romanos Benatti<sup>1</sup>  
Shinitiro Oda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Suzano S.A., Salvador, Bahia, Brasil (ibianchin@suzano.com.br), <sup>2</sup>Departamento de Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil (evandro.novaes@ufla.br), <sup>3</sup>S.O. Consultoria, São Paulo, SP, Brasil (shinitiro.oda@gmail.com).

**RESUMO:** *O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) é o gênero florestal mais cultivado no Brasil. O melhoramento genético e a clonagem contribuíram para aumentar a produtividade e a competitividade da eucaliptocultura brasileira. Porém, a baixa diversidade genética dos plantios monoclonais de eucalipto implica em riscos frente a desafios bióticos e abióticos. As famílias clonais são uma alternativa para mitigar esses riscos, pois garantem maior diversidade genética dos plantios, além de proporcionar incrementos em produtividade e aceleração do ciclo de melhoramento. O objetivo deste trabalho foi avaliar a estratégia de famílias clonais para o melhoramento e recomendação de materiais genéticos para a unidade Bahia da Suzano S.A. Foram avaliados quatro talhões operacionais plantados com uma família clonal composta por 249 clones meios-irmãos de *E. grandis*. A família clonal apresentou produtividade competitiva em diâmetro à altura do peito (cm) em relação aos clones operacionais. A seleção das melhores árvores ofertou ganhos significativos em incremento médio anual (IMA, m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>), mantendo bons níveis de diversidade genética. Os resultados corroboram que a estratégia de famílias clonais é promissora, pois oferece redução de tempo no ciclo melhoramento genético, ganhos em produtividade e maior segurança, devido à maior diversidade genética.*

*Palavras-chave: Eucalyptus grandis, melhoramento genético, plantio multiclonal*

### **Introdução**

O Brasil é o maior produtor mundial de celulose de eucalipto e o detentor das florestas mais produtivas (IBA, 2021). O melhoramento genético é um dos principais responsáveis pelos avanços da eucaliptocultura, pois tem propiciado contínuo desenvolvimento de materiais genéticos superiores. Um dos grandes marcos no setor foi a transição dos plantios seminais para o cultivo clonal, que proporcionou ganhos de até 25% em produtividade (Reis, 2019; Rezende; de Resende; Assis, 2014). No entanto, nos últimos anos, a produtividade dos cultivos monoclonais de eucalipto tem se mantido relativamente estável - a despeito dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento -, devido a fatores como irregularidades climáticas, expansão da eucaliptocultura para novas áreas, e ocorrência de novas pragas e doenças (IBA, 2021). Além disso, por apresentarem menor diversidade genética, os plantios monoclonais implicam em maiores riscos frente a novos desafios bióticos e abióticos.

Nesse âmbito, uma alternativa promissora é a estratégia de famílias clonais (FCs), que consiste no plantio de um conjunto de clones aparentados, selecionados dentro de uma mesma progênie



superior, que apresentam semelhança no ritmo de crescimento e produtividade. Esta estratégia permite a manutenção da variabilidade genética nos plantios, e ao mesmo tempo assegura uniformidade e produtividade. (Griffin, 2014). Além disso, as FCs também podem aumentar os ganhos por unidade de tempo, já que a sua recomendação pode ser feita mais rapidamente do que a de monoclonas: os indivíduos que compõem a FC são selecionados na fase de testes de progênies, e podem ser recomendados diretamente para plantio semioperacional, devido à maior variabilidade genética da FC e à sua formação a partir de materiais testados e melhorados.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial de uma FC de *E. grandis* para o melhoramento e recomendação clonal na unidade Bahia da Suzano S.A. Buscou-se identificar os ganhos em produtividade e a variabilidade genética obtidos por meio da seleção aplicada na FC sob diferentes condições ambientais.

## **Material e métodos**

Os clones que compõem a FC utilizada neste trabalho foram selecionados em um teste de progênies de polinização aberta de *E. grandis*, de 3ª geração, instalado no município de Caravelas, BA. Os critérios para seleção foram produtividade em IMA (incremento médio anual,  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ ), sanidade e forma de fuste. Na melhor progênie do experimento, cuja média de IMA se equiparava à média dos clones operacionais plantados no mesmo local, foram selecionados 249 clones. Os clones foram propagados para plantio da FC em escala semioperacional nos anos de 2014 e 2015. Para este estudo, foram avaliados quatro talhões com plantio da FC (locais A, B, C e D), localizados em ambientes distintos, aos ~6 anos de idade.

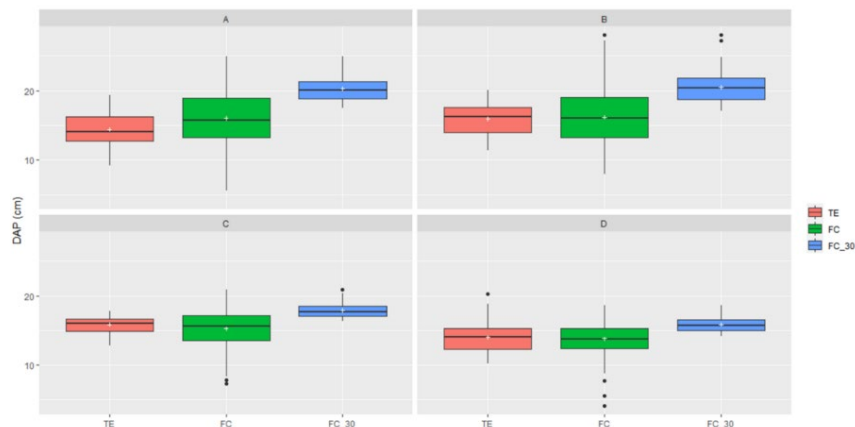
Em cada talhão foram demarcadas 3 parcelas quadradas de 100 plantas, e o diâmetro à altura do peito (DAP, cm) das árvores foi mensurado. De acordo com o DAP, as 30% melhores árvores de cada parcela foram selecionadas. A altura (ALT, m) das árvores foi mensurada, e, a partir do DAP e da ALT, o volume individual ( $m^3$ ) e o IMA foram estimados. Para fins de comparação, em cada local foi selecionado um talhão com plantio de clone operacional adjacente ao talhão da FC, no qual foram demarcadas duas parcelas de inventário (20 plantas) e estimado o DAP. Nas árvores selecionadas nos plantios da FC, foi realizada coleta de amostra vegetal e posterior extração de DNA e genotipagem utilizando 92 marcadores moleculares SNPs, para determinação da identidade genética das árvores. O número de clones diferentes e coincidentes selecionados nos quatro locais foi aferido e representado por meio de Diagrama de Venn. A correlação linear entre o ordenamento do desempenho silvicultural dos clones coincidentes entre os locais foi estimada por meio da correlação de Spearman.



## Resultados e discussão

Nos locais A e B, a média do desempenho silvicultural (em DAP) da FC foi superior à da testemunha operacional (TE), enquanto nos locais C e D a produtividade da TE foi superior (figura 1). O número de clones que compõem a FC inicial (249) é muito elevado, e por conseguinte a heterogeneidade dos plantios também é alta, o que afeta a produtividade. No futuro, para a formação de novas FCs a partir da seleção em plantios seminais, podem ser aplicadas intensidades de seleção maiores, visando a obtenção de um conjunto menor de clones, com maiores ganhos. Ao mesmo tempo, o conjunto de clones selecionado deve ser suficientemente grande para permitir novas seleções e purificações no futuro, visto que cada clone selecionado no plantio seminal está representado por uma única repetição, em um único local, e sua performance pode não se manter nos plantios futuros em novos locais e ambientes. Além disso, uma maior diversidade de clones pode minimizar os efeitos da interação GxA. Em suma, a FC apresentou valores competitivos de DAP em relação às testemunhas nos quatro locais, além de elevada variação de DAP entre as árvores. Esses resultados subsidiam a aplicação de seleção dos melhores clones para obtenção de uma FC melhorada, com ganhos em produtividade.

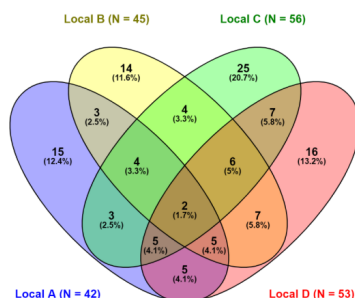
Visando purificar a FC para aumentar a produtividade, nos quatro locais foram selecionadas as 30 árvores com o maior DAP em cada parcela. O nível de seleção de 30% foi adotado pois permite a obtenção de ganhos em produtividade concomitantemente à manutenção da variabilidade genética (Souza, 2016). A seleção proporcionou incremento expressivo na média de DAP da FC em cada local (figura 1), ocasionando ganhos de 14% a 27% em relação à FC inicial e de 13% a 41% em comparação com a TE. Além disso, a seleção diminuiu a variação dos dados de DAP.



**Figura 1** - Distribuição dos dados de DAP (cm) para as 30% melhores árvores em cada parcela da família clonal (FC\_30), em comparação com a família clonal inicial (FC) e a testemunha operacional (TE), por local.



Por meio de marcadores moleculares, determinou-se a identidade genética das árvores selecionadas. Dentre as 30% melhores árvores selecionadas nos quatro locais, foram identificados 121 clones distintos, e o número de clones por local variou de 43 (local A) a 57 (local C). A coincidência de clones entre os locais foi baixa (figura 2), o que pode ser decorrente da existência de interação genótipos por ambientes (GxA) entre as áreas de plantio. A existência de GxA foi confirmada pela baixa correlação de Spearman entre a performance em IMA dos clones nos locais par-a-par, que variou de 0,01 (locais BxC) até 0,48 (locais AxD), e não foi significativa ao nível de significância de 95%. Esse resultado subsidia a necessidade de formar FCs melhoradas específicas para cada ambiente, visando garantir maior adaptabilidade e produtividade para cada site.



**Figura 2** - Diagrama de Venn com o número de clones coincidentes entre as 30% melhores árvores identificadas na família clonal plantada em cada local.

## Conclusão

Nos quatro locais do estudo, as FC iniciais apresentaram valores de DAP (cm) competitivos em comparação com os clones operacionais, além de elevada variação de DAP entre as árvores. Esse resultado corrobora o potencial das FCs para acelerar a recomendação de materiais genéticos para plantio em escala semioperacional, com ganhos em tempo, produtividade e variabilidade genética. A seleção das 30% melhores árvores resultou em ganhos em DAP de até 27% em relação à FC inicial e 41% em relação à testemunha monoclonal, validando a possibilidade de depuração das famílias clonais. A coincidência dos clones selecionados entre os locais foi baixa, e não houve correlação significativa entre as suas performances em IMA. Com isso, recomenda-se a formação de famílias clonais melhoradas específicas para cada ambiente. A intensidade de seleção de 30% foi suficiente para abranger muitos clones e, concomitantemente, assegurar ganhos significativos de produtividade, mostrando-se assim adequada como ponto de partida para seleções futuras em novas famílias clonais.



Posteriormente, novas seleções podem ser realizadas, diminuindo um pouco mais o número de clones visando um equilíbrio entre manutenção da variabilidade e maximização dos ganhos. Cabe ressaltar que as FCs iniciais devem ser formadas a partir da seleção em progênies superiores, cuja média de produtividade seja maior que a de plantios monoclonais operacionais. Além disso, a intensidade de seleção nas progênies deve assegurar ganhos e manter um número suficiente de clones para subsidiar seleções futuras. Em suma, a estratégia mostrou-se promissora para proporcionar celeridade na recomendação de materiais genéticos, com ganhos em produtividade, diversidade genética e segurança.

### **Referências bibliográficas**

- GRIFFIN, A.R. Clones or improved seedlings of Eucalyptus? Not a simple choice. *International Forestry Review*, v. 16, n. 2, p. 216-224, 2014. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBA). Relatório 2021: ano base 2020. 2021.
- REIS, M. S. Interação genótipo x ambiente para a produtividade de clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. 2019. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, 2019.
- REZENDE, G. D. S. P.; DE RESENDE, M. D. V.; DE ASSIS, T. F. Eucalyptus breeding for clonal forestry. In: *Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century*. Springer, Dordrecht, 2014. p. 393-424.
- SOUZA, I. C. G. Seleção e Melhoramento em Populações Clonais de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. 2016. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Genética) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

