

Boletim

TÉCNICO SIF

Número 07 - Volume 01
Setembro 2021

**MELHORAMENTO GENÉTICO
PARA REDUÇÃO DE KINO EM
CLONES HÍBRIDOS DE
CORYMBIA**

Michelle Brandão Damacena et al.

MELHORAMENTO GENÉTICO PARA REDUÇÃO DE KINO EM CLONES HÍBRIDOS DE *CORYMBIA*

Michelle Brandão Damacena^{2*}, Caio Varonil de Almada Oliveira³, Roosevelt de Paula Almado³, Genaina Aparecida de Souza⁴, Gleison Augusto dos Santos⁵, Leonardo Lopes Bhering⁶ e Teotônio Francisco de Assis⁷

² Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <michelle.damacena@ufv.br>.

³ ArcelorMittal Bioflorestas, Martinho Campos, MG - Brasil. E-mail: <caio.va.oliveira@arcelormittal.com.br> e <roosevelt.almado@arcelormittal.com.br>.

⁴ Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <genaina.souza@ufv.br> .

⁵ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <gleison@ufv.br>.

⁶ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Vegetal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <leonardo.bhering@ufv.br>.

⁷ Assistech Consultoria, Nova Lima, MG - Brasil. E-mail: <assisteo@terra.com>.

*Corresponding author.

RESUMO – As espécies do gênero *Corymbia* e seus híbridos apresentam alto crescimento e alta densidade da madeira, resistência a doenças e à maioria das pragas e doenças que causam danos às florestas de eucalipto. Contudo, a maioria dos genótipos apresenta exsudação de kino. A seleção de genótipos com menor exsudação de kino é uma alternativa viável, porém, é necessário considerar a produtividade, visto que o desafio principal do melhoramento florestal é a aumento da sua produtividade. Dessa forma o objetivo foi estudar diferentes metodologias de avaliação da produção de kino visando seleção genética e selecionar clones com menor exsudação de kino e maior produtividade. Aos 32 meses avaliamos o incremento médio anual (IMA) e a incidência (I1 e I2), comprimento (C1 e C2) e peso do kino pelas metodologias do pilodyn com casca (1) e pilodyn sem casca (2) em 21 clones híbridos, sendo 16 de *Corymbia* e 5 de *Eucalyptus* spp. As características da metodologia 1, apresentaram maiores valores de herdabilidade e acurácia, sendo a característica I1, a que apresentou os melhores resultados (0,2976 e 0,8995, respectivamente), sendo a mais indicada para avaliação de kino. Dessa forma, para construir o índice de seleção, utilizou-se a incidência da metodologia 1 (I1) e o incremento médio anual (IMA). A correlação entre estas características foram positivas. O ganho (%), com a seleção dos 5 primeiros colocados em relação a média da população foi de 22,25 para IMA e 3,38 para I. O ganho genético para ambas as características foi positivo, sendo uma estratégia viável para o melhoramento das espécies do gênero *Corymbia*.

Palavras-Chave: Qualidade da madeira, Celulose, Carvão vegetal.



1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro é atualmente um dos mais importantes no cenário mundial. A expansão para novas áreas menos produtivas, as pragas e doenças, o distúrbio fisiológico, o déficit hídrico, tem se tornado importantes desafios para o aumento e até mesmo a manutenção da produtividade florestal (Assis, 2014). As espécies do gênero *Corymbia*, principalmente os híbridos de *C. torelliana* x *C. citriodora*, tem representado uma alternativa no enfrentamento desses desafios.

Híbridos de *Corymbia* apresentam alto crescimento e alta densidade da madeira. São tolerantes, à maioria das pragas e doenças que causam danos às florestas de eucalipto, ao vento e apresentam menores custos com tratamentos culturais, pois fecham as copas precocemente (Assis, 2014). Porém espécies do gênero *Corymbia* apresentam a desvantagem de serem altamente responsivas aos efeitos do meio, como clima, ventos fortes e ferimentos causados por insetos e danos mecânicos que são gatilhos para a produção de kino na madeira (Assis, 2014).

Este kino pode ficar retido no lenho na forma de bolsas e veios ou pode exsudar para o exterior da casca e em contato com o ar, se torna vítrea (Tippet, 1986). A inclusão de kino na madeira é a mais séria forma de defeito e diminui significativamente a qualidade e a quantidade de polpa para celulose (Hillis, 1972). Na madeira serrada ocorre desvalorização das tábuas e para o carvão vegetal e bioenergia há poucos estudos sobre o impacto dessas bolsas de kino (Assis, 2014).

No Brasil, o exsudato, quando não associado a danos mecânicos ou ação de agentes biológicos, é chamado de "gomose do eucalipto" ou "pau-preto" e é atribuído a problemas fisiológicos (Ferreira, 1989). A seleção de genótipos, considerando a produção de kino no programa de melhoramento, pode ser uma alternativa viável. Contudo, a obtenção de genótipos com menor porcentagem de exsudação de kino associada a maior produtividade é necessário.

Contudo, ainda não existe uma metodologia para estimar esta característica. Assim, o objetivo foi estudar metodologias de avaliação da produção de kino em resposta às condições de estresse visando seleção genética de híbridos de *Corymbia* com menor produção de kino e maior produtividade via índice multiplicativo (Subandi, 1973).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A primeira metodologia consistiu em perfurar a casca com o uso do Pilodyn, simulando uma perfuração de inseto. O método do Pilodyn com casca consistiu na penetração de uma agulha de aço com 2,5mm de diâmetro na face exterior do tronco, impulsionada por uma mola com força constante de 6 joules (Greaves, et al., 1996). O Pilodyn foi acionado duas vezes, na altura de 1,3m do solo, no mesmo lugar, a fim de obter uma maior penetração da agulha no tronco sempre no sentido da linha do plantio (Figura 1).

A segunda metodologia se trata em descascar previamente uma seção circular do tronco de aproximadamente 2,5cm de raio, utilizando um formão, também a 1,3m do solo e aplicamos o Pilodyn diretamente no cerne. Realizamos também dois disparos no Pilodyn e a perfuração foi no sentido da linha do plantio (Figura 2).

Na metade das plantas da parcela foi utilizada a metodologia de Pilodyn com casca e a outra metade a de Pilodyn sem casca, de modo que cada genótipo tivesse as duas metodologias em todas as parcelas. Após 45 dias da instalação do experimento, a exsudação foi medida. Também foi avaliada a incidência (presença ou ausência), de árvores que estavam exsudando e o comprimento da exsudação com uma régua de metal (Figura 3A). Após a medição realizamos a raspagem do exsudato, colocando o mesmo em um saco plástico. Posteriormente, foram pesados com uma balança de precisão de 3 dígitos (Figura 3B). De modo que obtivemos as variáveis de acordo com a Tabela 1.

Para a análise estatística foi utilizado o método da máxima verossimilhança restrita (REML) (Patterson e Thompson, 1971), utilizado para estimar os componentes de variância. E o método da melhor predição linear não viesada (BLUP) (Henderson, 1975) foi utilizado para prever os valores genotípicos.

3. RESULTADOS

Os efeitos genotípicos foram significativos e efeitos da interação genótipo (clone) x metodologia (M1) não foram significativos ($P < 0,05$), para as três características avaliadas (Tabela 2).

Efeitos genéticos relacionado aos clones, foram significativos detectados para as características: I1,

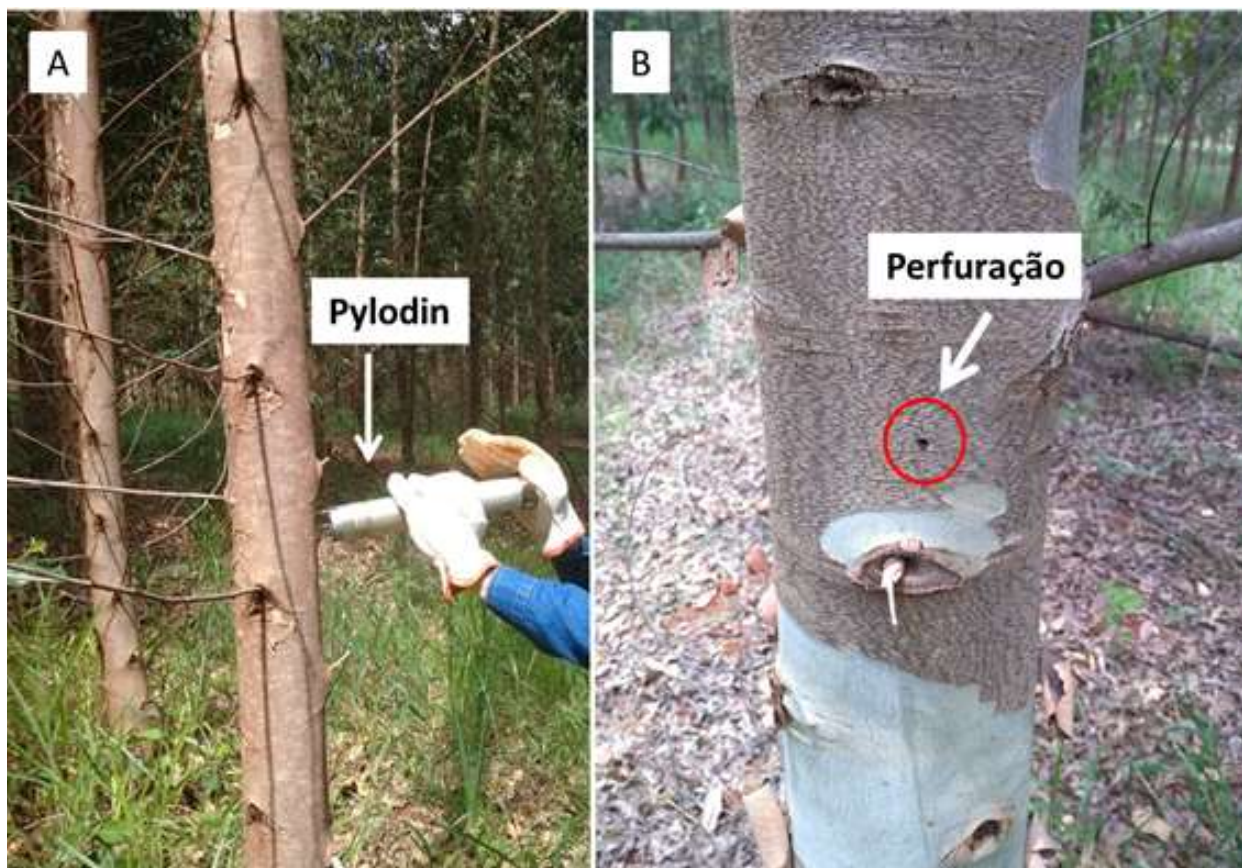


Figura 1 – Metodologia 1 - Pilodyn com casca. A) Pilodyn sendo inserido no tronco da árvore para simular uma perfuração realizada por inseto; B) Perfuração causada pelo Pilodyn.

C1, P1I2 e P2, via teste LRT (M2) (Tabela 3). Para a característica C2, não observamos significância.

As herdabilidades no sentido amplo (h^2_g) e média de clone (h^2_{mc}) foram maiores para a metodologia 1 (I1). Também foi possível observar que a avaliação com base no comprimento da exsudação resultou em maior variância genotípica (σ^2_g), maior variância residual (σ^2_e) e maior variância fenotípica (σ^2_p) para C1 comparada à C2. As herdabilidades no sentido amplo (h^2_g) e média de clone (h^2_{mc}), também foram maiores para C1.

Para a avaliação com base no peso, a variância genotípica (σ^2_g), as herdabilidades no sentido amplo (h^2_g) e média de clone (h^2_{mc}) para P1 foi superior a P2 (8,9976 e 5,4066, respectivamente). Entretanto, a variância residual (σ^2_e) e variância fenotípica (σ^2_p) foram superiores para P2.

As acurácias (r_{gg}) apresentaram valores acima de 0,70 com exceção da variável C2. A metodologia 1 foi a que apresentou maiores valores para ambas as formas de mensuração da característica exsudação de kino. O coeficiente de variação relativa (CV_r) apresentou valores entre 0,23 e 0,65, sendo o maior valor para a característica incidência da metodologia 1 (I1). A mensuração da exsudação de kino através da incidência (I1 e I2) foram as que apresentaram maiores valores de herdabilidade e acurácia (0,30 e 0,90, respectivamente) para ambas as metodologias quando comparada ao comprimento (C1 e C2) e peso (P1 e P2).

A incidência (I1 e I2) quando comparada ao comprimento (C1 e C2) e ao peso (P1 e P2), referentes à mesma metodologia, apresentou menores valores de variância do erro de predição (PEV) e desvio padrão do valor genotípico predito (SEP).

As correlações genóticas ($\hat{\rho}$) entre as características da metodologia 1 apresentaram valores acima de 0,85 e as características da metodologia 2 apresentaram valores 0,57 e 0,78. A incidência I1 apresentou maior ρ (0,93) com o comprimento C1 pela metodologia 1 e na metodologia 2, a incidência I2 apresentou maior ρ (0,78) com o peso P2.

A correlação genotípica entre as incidências via diferentes metodologias (I1 e I2) apresentou valor de 0,68. O valor da ρ foi de 0,85 entre o comprimento da

exsudação via diferentes metodologias (C1 e C2) e de 0,48 entre o peso da exsudação (P1 e P2).

4.DISSCUSSÃO

As metodologias testadas foram eficientes para avaliar a formação de kino nos clones permitindo detectar variância genética. Esses resultados coincidem com observações de campo, onde verificamos que o kino formado pela metodologia 2 fica, na maioria das vezes, retido na circunferência de



Figura 2 – Metodologia 2 – Pilodyn sem casca. A) Formão para retirada da casca; B) Caule sem a casca; C) Pilodyn perfurando o caule sem a casca simulando ataque de inseto; D) Perfuração no cerne causada pelo Pilodyn.

Tabela 1 – Variáveis obtidas

Metodologia	Incidência	Comprimento	Peso da exsudação
1-Pilodyn com casca	I1	C1	P1
2-Pilodyn sem casca	I2	C2	P2

casca que foi retirada, impossibilitando a medição do comprimento do mesmo. Outro fato que contribui para uma imprecisão desta característica é a viscosidade do kino. Essa viscosidade é menor em alguns materiais genéticos (clones). Essa característica permite que o kino escorra com maior facilidade que em outros, formando uma camada mais comprida de exsudação, contudo mais fina.

Com exceção da característica C2, todas as características apresentaram alta acurácia. Valores de acurácia entre 0,70 e 0,90 são classificados como de alta precisão e valores acima de 0,90 de precisão muito alta (Resende e Duarte, 2007). Este parâmetro refere-se à correlação entre os valores genotípicos preditos e os valores genotípicos verdadeiros, e quanto maior seu valor, maior será a confiança na seleção (Resende, 2002).

Além da acurácia, a herdabilidade é extremamente importante para seleção de materiais, diz respeito à quantidade de variação que é ocasionada pelos fatores genéticos.

É afetada por fatores, como: a característica; o método de estimação; a diversidade na população; o nível de endogamia da população; o tamanho da amostra avaliada; o número e tipo de ambientes considerados; a unidade experimental considerada; a precisão na condução do experimento e da coleta de dados (Resende, 2002).

Neste estudo, somente a metodologia de avaliação da característica produção de kino variou, sendo coerente comparar as metodologias através da herdabilidade e da acurácia.

Para se atingir uma acurácia de 90%, deve-se obter valores de CV_r entre 0,70 (com dez repetições) e 1,50 (com duas repetições) (Resende e Duarte, 2007). Dentre as combinações de características avaliadas, a incidência da metodologia 1 (I1) foi a que proporcionou melhores resultados. Além de maior herdabilidade (0,30), apresentou coeficiente de variação relativa de 0,65. Portanto, associado ao adequado número de repetições, conduziu à alta acurácia (0,90) e herdabilidade média de clones de 0,81, consequentemente, alta confiabilidade seletiva.

Como já relatado observações de campo permitiram identificar diferenças na viscosidade do kino, o que influencia no escorrimento do mesmo pelo tronco. Dessa forma, kino mais viscoso escorre

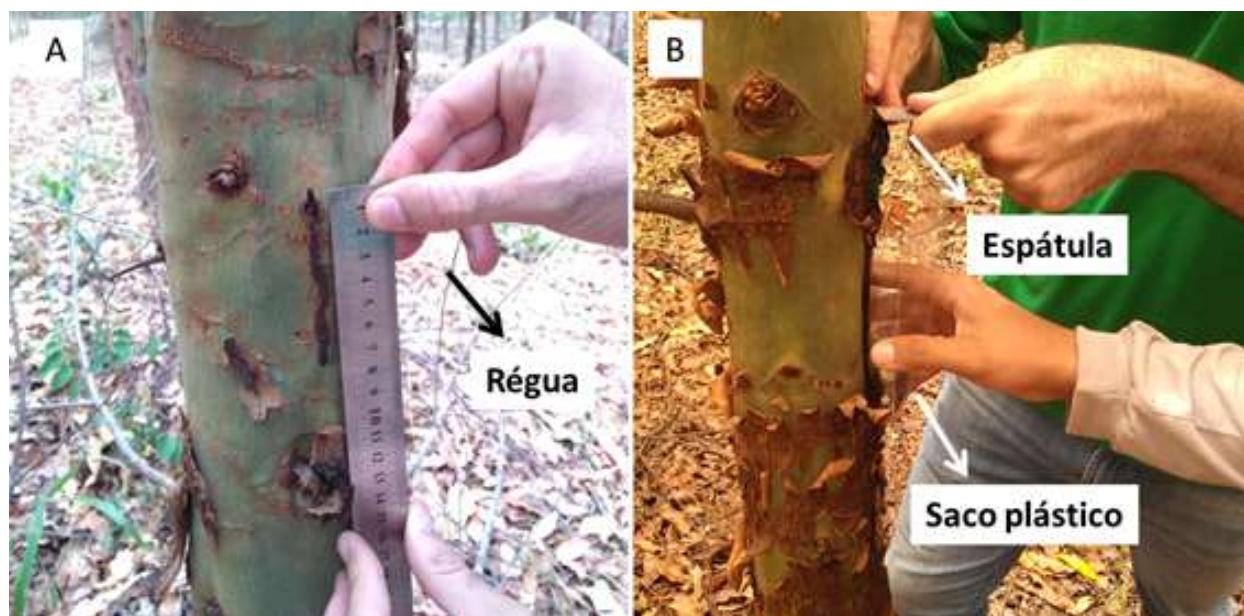


Figura 3 – Avaliação da exsudação. A) Medição do comprimento da exsudação; B) Raspagem do exsudato com uma espátula de metal e coleta do mesmo em saco plástico.

Tabela 2 – Deviance e teste da razão de verossimilhança (LRT), para as características incidência, comprimento, e peso avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp. quanto à exsudação de kino.

Efeito	Incidência		Comprimento (cm)		Peso (g)	
	Deviance	LRT	Deviance	LRT	Deviance	LRT
Clone	-1436.75	-8.44*	4755.24	-10.54*	16138.31	-5.68*
Clone x metodologia	-1445.00	-0.19 ^{ns}	4744.73	-0.03 ^{ns}	16132.73	-0.10 ^{ns}
Modelo completo	-1445.19		4744.70		16132.63	

*e^{ns}: significativo e não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Qui-Quadrado. H₀: hipótese nula (modelo completo = modelo reduzido, em que: modelo reduzido é o modelo sem o efeito de clone ou sem o efeito de clone x metodologia).

Tabela 3 – Deviance e teste da razão de verossimilhança (LRT) para as características incidência (I1 e I2), comprimento (cm) (C1 e C2) e peso (g) (P1 e P2), em que 1 e 2 representam metodologia com casca e metodologia sem casca respectivamente, avaliadas em 21 clones de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp. quanto à exsudação de kino.

Efeito	I1	I2	C1	C2	P1	P2
Clone	-555,97	-252,74	674,55	487,79	2407,14	2434,56
Modelo completo	-593,51	-260,96	650,44	485,93	2392,33	2429,61
LRT	37,54*	8,22*	24,11*	1,86 ^{ns}	14,81*	4,95*

*e^{ns}: significativo e não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste de Qui-Quadrado. H₀: hipótese nula (modelo completo = modelo reduzido, em que: modelo reduzido é o modelo sem o efeito de clone).

menos pelo tronco formando uma camada mais grossa do exsudato, enquanto que kino menos viscoso, forma uma camada mais fina e impacta no comprimento da exsudação e no peso.

A raspagem do exsudato se torna difícil quando o mesmo está muito fino e a casca é retirada junto com o kino. Isso ocorre porque o exsudato se torna vítreo em contato com o ar, mesmo com todo o cuidado durante a coleta, no ato de raspar desestrutura o exsudato. Gerando assim perda considerável, o que pode aumentar o erro experimental. confirmada pelo alto valor da PEV das características P1 e P2.

Como o comprimento do kino pela metodologia 1 (C1) apresentou alta correlação (0,93) com a I1 e boas acurácias e herdabilidades (0,86 e 0,23, respectivamente), o uso desse método é uma alternativa para os programas de melhoramento que queiram utilizar uma avaliação quantitativa da produção de kino.

Vale ressaltar que operacionalmente, a metodologia 1 é mais prática, rápida e fácil de realizar. Possui menos etapas para a avaliação fenotípica, sendo, portanto, muito importantes para os programas de melhoramento florestal os resultados obtidos nessa pesquisa. Este é o primeiro estudo sobre metodologias de avaliação da produção de kino e a avaliação com base na incidência impactará de forma positiva os programas de melhoramento. Recomendamos que novas metodologias e estudos para avaliação quantitativa da produção de kino em *Corymbia* e *Eucalyptus* sejam realizados.

5. CONCLUSÕES

As metodologias testadas são eficientes para avaliar a formação de kino em clones de *Corymbia* e também de *Eucalyptus*.

A incidência pela metodologia 1 (Pilodyn com casca) (I1) é a mais apropriada para avaliação da formação de kino,

O uso dessa metodologia pode proporcionar a redução do Kino em madeiras de *Corymbia*, através da introdução dessa característica em programas de melhoramento florestal.

6. AGRADECIMENTOS:

A empresa ArcelorMittal pela parceria na realização desse trabalho, a Sociedade de Investigações Florestais (SIF) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV).

7. REFERENCIAS

- Assis, T.F. 2014. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. 3rd Brazilian Forestry Meeting.
- Ferreira, F. A. Patologia florestal; principais doenças florestais no Brasil. 1989. Viçosa: SIF, 570p.
- Greaves, B.L.; Borrallho, N.M.G.; Raymond, C.A.; Farrington, A. 1996. Use of a Pilodyn for the indirect selection of basic density in *Eucalyptus nitens*. Canadian Journal of Forest Research, v. 26(9), p.

1643–1650.

Henderson, C.R., 1975. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *BIOMETRICS* 31 (2), 423–447.

Hillis, W.E. 1972. Properties of eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. *Appita*, v.26(2), p.113–123 .

IBA. 2017. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2017. São Paulo.

Patterson, H.D., Thompson, R. Recovery of inter-

block information when block sizes are unequal, 1971. *BIOMETRIKA* 58, 545–554.

Resende, M.D.V., 2015. *Genética Quantitativa e de Populações*. Suprema, Visconde do Rio Branco, Brasil.

Resende, M.D.V. 2016. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *CROP BREED APPL BIOT* 16: 330–339.

Tippet, J.T. 1986. Formation and fate of kino veins in *Eucalyptus* L'Herit. *IAWA Bulletin* v.7(2), p.137–143.