

ANÁLISE COMPARATIVA DE GANHOS GENÉTICOS EM RELAÇÃO À TESTEMUNHA COMERCIAL E MÉDIA GERAL EM TESTE CLONAL DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla*

Victor Leon Rocha Araújo¹; Andrei Caíque Pires Nunes²; Elizabete Keiko Takahashi³; Carla Aparecida de Oliveira Castro⁴; Thales Augusto Pinto Coelho Nogueira⁵

- (1) Estudante do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Ilhéus, BA, Brasil.
- (2) Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Sul da Bahia, Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Ilhéus, BA, Brasil.
- (3) Pesquisadora em Melhoramento Genético Florestal, Celulose Nipo-Brasileira S.A. - Cenibra, Belo Oriente, MG, Brasil.
- (4) Estudante de Mestrado em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, CEP 36570-900, Viçosa, MG, Brasil.
- (5) Estudante do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, CEP 36570-900, Viçosa, MG, Brasil.

victor.ufsb2018@gmail.com; andrei.nunes@ufsb.edu.br; elizabete.takahashi@cenibra.com.br;
carla.castro0120@gmail.com; thalesapcnogueira@gmail.com

Identificação do evento: Apresentado no IV Congresso Brasileiro de Eucalipto – 07 a 08 de agosto de 2019, Salvador/BA.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo selecionar os melhores clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* e comparar os ganhos genéticos com seleção em relação à média geral da população com os ganhos genéticos obtidos em relação à média da melhor testemunha. O experimento foi instalado na área da empresa Cenibra, localizada no município de Belo Oriente, MG em delineamento de blocos completos contendo 20 repetições, com parcela de árvore única e 121 clones híbridos. Como controle, foram utilizados 7 testemunhas comerciais. Os caracteres diâmetro a altura do peito e altura total da árvore foram medidos aos 6 anos de idade. Para seleção dos melhores clones, o Incremento Médio Anual (IMA) de cada clone foi mensurado. O experimento apresentou acurácia de 0,98 para IMA, a herdabilidade individual no sentido amplo foi de 0,60, e o coeficiente de variação genotípica (CV_{gi}%) foi de 44,49%. Os melhores clones foram clones C19, C77, C35, C99, C105, C55, C82, C74, C9 e C16, todos foram superiores a testemunha comercial, com destaque para os clones C19 e C77 que tiveram um ganho de (38% e 35% respectivamente). Constatou-se que ganhos genéticos calculados em relação à média geral são relativamente maiores aos ganhos calculados em relação à testemunha comercial. Em média, para os 10 melhores clones, a supeestimação de ganhos calculados em relação à média geral e comparado com os ganhos relativos à testemunha comercial foi de 68%.

Palavra chave: Melhoramento Florestal, Biometria, Seleção clonal.

1. INTRODUÇÃO

A seleção de clones com boas características silviculturais e genéticas é crucial nos programas de melhoramento de *Eucalyptus* no Brasil (GONÇALVES, 2001). A partir da década de 80, as empresas florestais começaram a utilizar nos programas de melhoramento a técnica de clonagem do eucalipto, viabilizando a propagação de genótipos heteróticos em larga escala (ASSIS et al., 2007).

A silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil por meio da seleção e propagação de genótipos elite tem possibilitado o estabelecimento de florestas clonais com alta qualidade no país. Com a seleção e propagação de clones elite, é possível obter florestas com melhor adaptação em solos, climas, melhor adaptação a eventos abruptos, maior produção de madeira e celulose, além da redução na idade de corte (XAVIER, 2003).

O cruzamento híbrido é um dos métodos mais importantes no melhoramento genético, quando se trata de desenvolvimento de florestas mais produtivas. Neste tipo de cruzamento geralmente utilizam-se genótipos com heterose verificada para geração de materiais genéticos superiores com diferentes tipos de rendimentos (RESENDE et al., 2005).

Um dos principais objetivos do melhoramento é a obtenção de genótipos capazes de serem superiores as testemunhas comerciais (MAIA et al., 2009). Diante do exposto, este trabalho tem o objetivo selecionar os melhores clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* e comparar os ganhos genéticos com seleção em relação à média geral da população com os ganhos genéticos obtidos em relação à média da melhor testemunha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Áreas experimentais e coleta de dados

O experimento foi implantado na área da empresa Cenibra, localizada no município de Belo Oriente, MG. Aos 6 anos de idade foram mensurados a altura total da árvore (ALT) e o diâmetro a altura do peito (DAP). O DAP foi mensurado com o auxílio de uma fita diamétrica e a altura foi obtida com o uso do relascópio. Para o cálculo do

volume da árvore (VOL) foi utilizada a equação de Schumacher e Hall (1933) conforme descrita abaixo:

$$VOL = \frac{\pi \times DAP^2 \times Altura \times f}{40.000}$$

Onde:

VOL = volume da árvore em m³;

DAP = diâmetro à altura do peito em cm;

Altura = altura total das árvores em m;

f = fator de forma adotado (0,405); e

π = razão entre a circunferência e diâmetro de um círculo (3,14159).

O incremento médio anual (IMA, m³·ha⁻¹·ano) foi calculado utilizando o VOL de cada árvore do experimento produzido no espaçamento de 3,0 × 3,0 m e extrapolado para 1 ha e dividido pela idade (3 anos):

$$IMA = \frac{VOL \times 10.000}{27}$$

Onde:

IMA = incremento médio anual (IMA, m³·ha⁻¹·ano);

VOL: volume da árvore em m³, aos 3 anos de idade.

2.2 Delineamentos experimentais e modelo estatístico

Um teste clonal contendo 121 clones híbridos de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* foi implantado no ano de 2004. Foi estabelecido um experimento no delineamento de blocos completos contendo 20 repetições, com parcela de árvore única. Como controle, sete clones comerciais da empresa Cenibra foram plantados no experimento. Para análise estatística empregou-se o modelo 20 do software Selegen-Reml/Blup para formar um *rank* para seleção de clones (RESENDE, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Estimativa dos parâmetros genéticos do teste clonal

As estimativas dos parâmetros genéticos são importantes na execução de programas de melhoramento, pois auxiliam na seleção, e proporcionam referencial teórico em suporte para as possíveis recomendações dos materiais (MAIA et al., 2009). A análise estatística forneceu os parâmetros genéticos para as características de IMA, Dap, Altura e Sobrevivência, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres diâmetro da altura do peito (Dap), altura, incremento volumétrico médio anual (IMA em m³·ha⁻¹·ano⁻¹) e sobrevivência para clones híbridos de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla*, avaliados na análise de teste clonal individual.

Parâmetros	Dap	Altura	Ima	Sobrevivência
H ² g	0,60	0,54	0,60	0,18
H ² mc	0,97	0,96	0,97	0,82
Acclon	0,98	0,98	0,98	0,91
CVgi%	18,52	12,22	44,49	10,59
CVe%	14,93	11,14	36,32	22,16
CVr	1,24	1,10	1,22	0,48
Média geral	13,58	23,49	45,82	0,94

A herdabilidade é um dos principais parâmetros genéticos, pois quantifica a variação fenotípica herdável, sendo valiosa em todo planejamento de programas de melhoramento que envolve seleção, além de ser o conceito mais utilizado na genética quantitativa (MAIA et al., 2009). As estimativas para herdabilidade individual foram de 0,60 para DAP e Altura e 0,54 para IMA. De acordo com Resende (2002), a h²g acima 0,50 é considerada alta, o que confirma um alto controle dessa característica e maior possibilidade obtenção de ganhos genéticos significativos. Para a variável sobrevivência foi considerada baixa com 0,18, o que pode indicar que este é um caráter bastante influenciado pelo ambiente (NUNES, 2018). A herdabilidade média do genótipo h²mc apresentaram valores de alta magnitude de 0,97 para DAP e IMA, 0,96 para Altura e 0,82 para Sobrevivência.

As acurácias da predição dos valores genéticos (Acclon) dos clones foram altas para todas as variáveis (Tabela 1). Todas as características tiveram valores acima de 0,90. Desta forma, são valores bem aceitos em um projeto de melhoramento para avaliação e seleção. A alta acurácia indica proximidade entre os valores preditos e os reais, desta forma, experimentos de avaliação de clones devem ter acurácia próximos a 100%, garantindo boa precisão do experimento e eficácia de seleção.

O coeficiente de variação genotípico (CVgi%) do experimento evidenciou a existência de variabilidade genética

entre os clones, para os quatro caracteres avaliados. O que nos revela que grande parte dos ganhos é de mérito genético. Os coeficientes de variação genética (CVgi%) foi de 18,52% para Dap, 12,22% para Altura, 44,49% para IMA e 10,59% para Sobrevida. Segundo Resende (2002), quanto maior o valor do CVgi%, maiores as chances de se obterem ganhos genéticos na seleção de clones. Foi confirmada a presença de variabilidade genética na população estudada com probabilidade de seleção para ambos os caracteres. Em destaque para Ima, que é um caractere desejável para diversos segmentos da indústria (RESENDE, 2002).

O coeficiente de variação experimental (Cve%) foi de baixa magnitude para Dap e Altura variando de 14,93%, 11,14% para Altura. De acordo com Fonseca (2010) baixos valores para DAP e ALT são compreensíveis para experimentos em *Single Tree Plot* e evidencia boa qualidade experimental. Ensaios em uma planta por parcela, aliado a um bom número de repetições, fornece o maior controle ambiental, ocasionando a diminuição do coeficiente de variação experimental.

Para característica IMA, o Cve% foi maior em relação aos demais com 36,32%, o que pode ser explicado pela variável, que é obtida indiretamente, ou seja, podem acontecer erros experimentais das variáveis utilizadas no cálculo. A razão entre Cvgi% e Cve% permite obter o coeficiente de variação relativa (CVR). As relações demonstradas por este coeficiente apresentaram valores elevados, que variaram entre 0,48 e 1,24. Estes valores indicaram que houve menor influência dos resíduos, além de que esta análise resulta em valores altos de efeito genético na expressão dos caracteres.

3.2 Ganhos com seleção

Os dez melhores clones para IMA foram ordenados de acordo com os valores de seus ganhos em relação à média geral. Os ganhos genéticos preditos (Tabela 2) com a seleção de clones, na população experimental, revelaram o grande potencial de melhoramento da população. A avaliação dos ganhos genéticos com seleção foi realizada para a seleção dos melhores genótipos, a partir da comparação entre seus valores genotípicos preditos (u+g). A acurácia dos valores genéticos para o incremento médio anual foi de 0,98, considerado alto (RESENDE et al., 2007). Altos valores da acurácia demonstram a qualidade experimental, os valores encontrados confirmam que o delineamento empregado e o número de repetições (20) nos testes clonais, foram suficientes para garantir alta confiabilidade dos resultados. O clone com maior ganho a partir da média geral da população foi o C19 com ganho de 115% (Tabela 2).

Tabela 2. Ranqueamento e ganhos genéticos em relação à média geral do experimento para o caráter incremento volumétrico médio anual (IMA, m³. ha⁻¹. ano⁻¹), em clones de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* para análise da média geral.

Seleção de Clones					
Ordem	Clone	G	u + g	Ganho	
1	C19	52,63	98,45	115%	
2	C77	50,48	96,30	110%	
3	C35	45,61	91,43	100%	
4	C99	44,68	90,50	98%	
5	C105	40,44	86,27	88%	
6	C55	38,37	84,19	84%	
7	C82	38,01	83,83	83%	
8	C74	35,10	80,92	77%	
9	C9	31,89	77,71	70%	
10	C16	31,84	77,66	69%	

3.3 Análises comparativas

A ocorrência de indivíduos com ganhos superiores às testemunhas comerciais é sempre um desafio no melhoramento (NUNES, 2018). No entanto, entre os 121 híbridos, o experimento apresentou indivíduos com ganhos genéticos superiores a melhor testemunha. Com base nisso, foi calculado os ganhos dos híbridos em relação a melhor testemunha. Todos os dez primeiros clones selecionados com base na média geral foram superiores ao melhor clone comercial (Tabela 3).

Tabela 3. Ranqueamento e ganhos genéticos para o caráter incremento volumétrico médio anual (IMA, m³. ha⁻¹.ano⁻¹), em clones de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* levando em consideração a média geral e a média da melhor testemunha.

Ordem	Clone	G	u + g	Ganho em relação à média da população	Ganho em relação à melhor testemunha
1	C19	52,63	98,45	115%	38%
2	C77	50,48	96,30	110%	35%
3	C35	45,61	91,43	100%	28%
4	C99	44,68	90,50	98%	26%

5	C105	40,44	86,27	88%	21%
6	C55	38,37	84,19	84%	18%
7	C82	38,01	83,83	83%	17%
8	C74	35,10	80,92	77%	13%
9	C9	31,89	77,71	70%	9%
10	C16	31,84	77,66	69%	9%
*15	TC95	25,72	71,55	56%	0%

*Testemunha comercial

De acordo com Nunes (2018) tais resultados demonstram a possibilidade de obter materiais superiores a partir de novos testes clonais. Para controle foram utilizadas sete testemunhas comerciais. Os melhores clones foram clones C19, C77, C35, C99, C105, C55, C82, C74, C9 e C16, com destaque para os clones C19 e C77 que tiveram um ganho de (38% e 35% respectivamente) em relação a melhor testemunha o clone TC95. Constatou-se que ganhos genéticos calculados em relação à média geral são relativamente maiores aos ganhos calculados em relação à testemunha comercial. Em média, para os 10 melhores clones, a superestimação de ganhos calculados em relação à média geral e comparado com os ganhos relativos à testemunha comercial foi de 68% (Tabela 3). Desta forma, as testemunhas atuaram como um referencial de controle para realização da seleção com maior confiabilidade nos resultados. Ao comparar ganhos dos clones somente em relação à média geral, clones com baixos valores genéticos acabam reduzindo a média geral e, consequentemente superestimando os valores reais. No entanto, quando se compara os ganhos genéticos com genótipos elite com heterose verificada, aliado a um bom delineamento do experimento, temos uma seleção mais coerente e sem superestimação como esta análise.

4. CONCLUSÕES

Os clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* apresentaram variações genéticas significativas entre os clones para os caracteres importantes no âmbito comercial. Os clones C19, C77, C35, C99, C105, C55, C82, C74, C9 e C16 possuem potencial para ser incorporado ao plantio experimental da empresa. O ganho genético predito desses clones foram superiores ao do clone comercial TC95 (testemunha). Em média, para os 10 melhores clones, a superestimação de ganhos calculados em relação à média geral e comparado com os ganhos relativos à testemunha comercial foi de 68%. Desta forma, as testemunhas atuaram como um referencial de controle para realização da seleção com maior confiabilidade nos resultados, pois são genótipos com heterose verificada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: Borém, A. (ed.) **Biotecnologia Florestal**. Viçosa [s.n.], p. 93-121, 2007.
- FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. Manual prático de melhoramento genético do eucalipto. Viçosa, MG: UFV. 2010. 200 p.
- GONÇALVES, F.M.A.; REZENDE, G.D.S.P.; BERTOLUCCI, F. L.G.; RAMALHO, M.A.P. Progresso genético por meio da seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, v. 25, n.3, p. 295-301, 2001
- MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M. B. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 1, p. 43-50, 2009.
- NUNES, Andrei Caíque Pires. Análises biométricas na otimização do melhoramento genético de *Eucalyptus* spp.. 2018. 115 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.
- RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.
- RESENDE, M. D. V. Melhoramento de Essências Florestais. In: BOREM, A. Melhoramento de Espécies Cultivadas. Viçosa: Editora UFV, 2005. p. 717- 780.
- RESENDE, M. D. V. Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2002.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.
- SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.
- XAVIER A., WENDLING I. SILVA. R. L. 2009. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. Viçosa, MG: ed. UFV. 272.