

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CURSO DE MESTRADO**

**SARA HELEN NASCIMENTO DIAS DA SILVA**

**PARÂMETROS GENÉTICOS E ÍNDICE DE SELEÇÃO PARA  
CARACTERES DE CRESCIMENTO E TECNOLÓGICOS EM  
*EUCALYPTUS* SPP. EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES**

**Cruz das Almas  
2019**

**PARÂMETROS GENÉTICOS E ÍNDICE DE SELEÇÃO PARA  
CARACTERES DE CRESCIMENTO E TECNOLÓGICOS EM  
*EUCALYPTUS* SPP. EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES**

**Sara Helen Nascimento Dias da Silva**  
Bacharela em Biologia  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

**Orientador:** Ricardo Franco Cunha Moreira  
**Co-orientador:** Antônio Marcos Rosado

**Cruz das Almas  
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS  
CURSO DE MESTRADO**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de  
Sara Helen Nascimento Dias da Silva

05 de agosto de 2019

Dr. Ricardo Franco Cunha Moreira Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia (Orientador)

Dra. Simone Alves Silva  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)  
(Examinador Interno)

Dra. Daiane Sampaio Almeida Universidade Estadual de Feira de  
Santana (UEFS) (Examinador Externo)

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586p

Silva, Sara Helen Nascimento Dias da.

Parâmetros genéticos e índice de seleção para caracteres de crescimento e tecnológicos em eucalyptus spp. em áreas de diferentes altitudes / Sara Helen Nascimento Dias da Silva.\_ Cruz das Almas, BA, 2019.

60f.; il.

Orientador: Ricardo Franco Cunha Moreira.

Coorientador: Antônio Marcos Rosado.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do

CDD: 634.97342

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.

Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).

Os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico ao meu filho Pietro, pois é por ele que faço toda e qualquer coisa em prol do meu crescimento profissional e pessoal. Minha motivação para toda e qualquer coisa na vida, é também quem sofre por todas as minhas ausências, mas que no futuro irá saber que fiz isso tudo por ele. Te amo meu amor.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ter me permitido passar por mais uma etapa dessa na vida e por estar finalizando mais uma trajetória na minha carreira profissional.

A toda minha família, especialmente a minha mãe, minha tia Patrícia e minha avó Tuna, que são exemplos de mulheres guerreiras e batalhadoras em minha vida. À minha prima Luísa que me ajudou no início quando não tinha com quem ficasse com Pietro, só Deus sabe o quanto sou grata a você! À minha avó Tuna em um segundo momento, por ter me ajudado em colocar Pietro na creche, pois sem isso não iria conseguir frequentar às aulas.

Aos meus amigos do eterno 3841 por suportarem todas as minhas ausências e me darem forças quando eu mais precisei! Vocês são foda!

Aos meus amigos de graduação da UFRB para a vida, especialmente Ruanna e Júnior, que sempre ouviram meus lamentos e desabafos e sempre me apoiaram no que eu precisasse, nem sei o que seria de mim nesses dois anos do mestrado.

À todos que me ajudaram e me auxiliaram nas minhas pesquisas e nas minhas análises. Principalmente meu orientador Ricardo Franco e meu co-orientador Antônio Marcos Rosado, que sempre estiveram dispostos a me ajudar e me atender quando solicitado. Professor Carlos Ledo também, que pode me ajudar sempre que precisei de apoio, meu sincero agradecimento.

Ao meu parceiro Aryadson Simões, que mesmo chegando no finalzinho, me ajudou quando eu achei que não conseguiria mais. Que me ajudou sempre que eu pedi e que me deu forças e me ajudou a continuar.

À todos os amigos que conheci na pós-graduação, que me ajudaram em todas as minhas dúvidas e sempre foram dispostos a me ajudar quando precisei, até no momento daquele desabafo. Principalmente, Laís Oliver com quem tive o prazer de conviver e ser amiga.

À FAPESB pela concessão da bolsa e dessa forma poder contribuir para o meu projeto de forma a enriquecer essa área de estudo do melhoramento genético florestal.

À UFRB e EMBRAPA, por serem parceiras no curso de Recursos Genéticos Vegetais, fazendo com que nós alunos pudessem adquirir conhecimento acerca de diversas áreas dos recursos genéticos, escolhendo o que melhor se encaixasse em nosso perfil.

À todos aqueles que de forma direta ou indireta puderam contribuir para o meu projeto e que torceram por mim.

**Meu muito obrigada!**

## EPÍGRAFE

*“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”*

Theodore Roosevelt

# PARÂMETROS GENÉTICOS E ÍNDICE DE SELEÇÃO PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E TECNOLÓGICOS EM *EUCALYPTUS* SPP. EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo analisar a seleção comparando ganhos genéticos preditos para as variáveis Altura, Diâmetro a altura do peito, Densidade básica, Rendimento depurado, Alkali efetivo, Volume de madeira e Peso de celulose para indivíduos de *Eucalyptus spp.* provenientes da região do Vale do Rio doce, na cidade de Pindo d'Água – MG, plantados em dois ambientes diferentes – terreno plano de baixada (área 1) e terreno inclinado (área 2). Foram utilizadas 112 famílias e essas famílias foram definidas através de cruzamento específico com pai e mãe conhecidos. As medidas foram realizadas aos 3 anos de idade. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, dividido em 5 blocos contendo 8 famílias por bloco. As médias da altura foi realizado com a utilização de um inclinometro e diâmetro a altura do peito com fita métrica. A densidade básica foi mensurada utilizando o equipamento pilodyn e o rendimento depurado com uso do NIR (infravermelho próximo). Foram realizadas análise exploratória dos dados e análise de variância (ANOVA) no programa Genes, estimativa de parâmetros genéticos no Selegen, e a partir disso foi feita a comparação de métodos de seleção por meio de Análise de Seleção combinada no programa Genes. Foi possível observar que a população da área 2, apresentou maiores valores nas médias das variáveis, assim como os parâmetros genéticos demonstrando a superioridade dessa população em relação a área 1 para caracteres de produtividade de madeira e celulose. Foi possível selecionar os melhores indivíduos e assim obter pelo método REML/BLUP conhecimento de quais espécies podem ser escolhidas para resultar em clones com caracteres mais desejáveis para o setor industrial. Os cruzamentos entre as espécies *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. tereticornis* foram os que contribuíram para os maiores ganhos genéticos dentre as características estudadas. Recomenda-se montar uma nova matriz de cruzamento com apenas os melhores genitores identificados neste estudo, a fim de se obter uma população com valores médios melhores que os obtidos nesta população.

**Palavras-chave:** Eucalipto; Seleção; Cruzamento.

# GENETIC PARAMETERS AND SELECTION INDEX FOR GROWTH AND TECHNOLOGICAL CHARACTERS IN EUCALYPTUS SPP. IN AREAS OF DIFFERENT ALTITUDES

**ABSTRACT:** This study aimed to analyze the selection comparing predicted genetic gains for the variables Height, Diameter at breast height, Basic Density, Purified Yield, Effective Alkali, Wood Volume and Cellulose Weight for *Eucalyptus* spp. from the Rio Doce Valley region, in the city of Pingo d'Água - MG, planted in two different environments - lowland flat terrain (area 1) and sloping terrain (area 2). 112 families were used and the families were defined through specific crossing with known father and mother. Measurements were taken at 3 years of age. The design used was randomized blocks, divided into 5 blocks containing 8 families per block. Height averages were performed using a inclinometer and chest height diameter with tape measure. The basic density was measured using the pilodyn equipment and the yield purified using NIR (near infrared). Exploratory data analysis and analysis of variance (ANOVA) were performed in the Genes program, estimation of genetic parameters in Selegen, and from this comparison the selection methods were compared by combined selection analysis in the Genes program. It was possible to observe that the population of area 2 presented higher values in the means of the variables, as well as the genetic parameters demonstrating the superiority of this population in relation to area 1 for wood and pulp productivity traits. It was possible to select the best individuals and thus obtain by the REML / BLUP method knowledge of which species can be chosen to result in clones with characters most desirable for the industrial sector. The crosses between the species *E. urophylla*, *E. grandis* and *E. tereticornis* were the ones that contributed to the greatest genetic gains among the studied characteristics. It is recommended to assemble a new crossing matrix with only the best parents identified in this study, in order to obtain a population with better mean values than those obtained in this population.

**Key-words:** Eucalyptus; Selection; Crossing.

## SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	10
2- REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3 -REFERÊNCIAS.....	23
<b>CAPÍTULO I: ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE <i>EUCALYPTUS</i> SPP. EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES.....</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO II: MÉTODOS DE SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE <i>EUCALYPTUS</i> SPP. PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA E CELULOSE EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES.....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

## 1. Introdução Geral

No Brasil, as plantações florestais ocupam 7,84 milhões de hectares sendo preponderantes e importantes fornecedoras de matéria prima para as indústrias do setor florestal. Das árvores plantadas, a maior parte – 35%, é destinada a fabricação de celulose e papel. Foram produzidos 19,5 milhões de toneladas de celulose em 2018, de acordo com o Relatório Anual do Instituto Brasileiro de Árvores, onde 67% foi destinado para a exportação (IBA, 2018).

Para obtenção de plantios florestais que satisfaçam às exigências do mercado, é importante considerar, além do desenvolvimento de novas técnicas de manejo, os aspectos genéticos, uma vez que a composição de espécies numa floresta é o resultado das ações e interações de seus genótipos com o ambiente (MARTINS et. al., 2005).

Nesse contexto, a seleção de genótipos superiores por melhoramento genético é uma ferramenta fundamental para gerar florestas mais produtivas e adaptadas a diferentes regiões. A identificação de genótipos superiores requer métodos de seleção capazes de explorar eficientemente o material genético disponível, maximizando o ganho genético em relação às características de interesse.

De acordo com Castro (2016), os estudos com melhoramento genético em eucalipto se iniciaram em decorrência do aumento nos custos de produção da cultura, visando impedir a diminuição da expansão da eucaliptocultura no país.

Muitos estudos são realizados por melhoristas com o objetivo de cruzar genótipos com características de interesse entre as mais diversas espécies de eucalipto, com o objetivo de concentrar em um único indivíduo várias características de interesse. Neste sentido diversos experimentos de melhoramento genético, possuem em sua constituição diferentes espécies bem como diferentes combinações híbridas entre elas.

Santos (1990) considera de fundamental importância o estudo do genótipo x ambiente para realização de estudos de melhoramento genético. Castro, et. al. (2018) estudaram a adaptabilidade e estabilidade de diversas progênies de *Eucalyptus grandis*. Além de estudos voltados para a viabilidade da semente (MENDES, 2019), qualidade do solo (GROPPO, 2019); rendimento de clones de eucalipto (TRUGILHO, 2019) e produção de mudas (IBRAHIM, 2019).

O setor privado no Brasil busca constantemente em seus programas de melhoramento genético, identificar sempre novos clones para aumentar sua produtividade e competitividade no mercado. Para que novos clones substituam os antigos, os novos candidatos devem ser melhores em diversas características de interesse e sobretudo ser mais lucrativo.

A grande maioria das pesquisas voltadas para o melhoramento genético trabalha com características de crescimento (altura, diâmetro, forma do tronco e outros), porém existem métodos eficientes e baratos para estimar características tecnológicas da madeira, como densidade básica e rendimento em celulose. Porém, não se encontra hoje na literatura estudos de variabilidade genética em eucaliptos com análises de características tecnológicas da madeira (densidade básica e rendimento de celulose), caracteres mais importantes para o setor industrial.

De acordo com Barrichelo (1975), a densidade básica tem elevada correlação positiva com a produção de celulose, sendo que valores que variam entre 450 a 500 kg m<sup>-3</sup> são bastante aceitos. Queiroz (2004), em seus estudos concluiu que a madeira com menor densidade se mostrou mais favorável a produção de celulose apesar de apresentar desvantagens com relação a produtividade.

De maneira geral, além do estudo de características de crescimento, o estudo de características tecnológicas da madeira, permite avanço mais significativos no melhoramento florestal, pois torna possível a seleção de clones com as características mais interessantes e mais diretamente relacionadas ao mercado industrial florestal.

Podem ser utilizados diversos métodos de seleção para a escolha dos melhores indivíduos em um experimento florestal, alguns desses métodos são

a seleção massal, seleção massal estratificada, seleção entre e dentro de progênie, índice de seleção combinado e seleção individual baseada no método REML/BLUP, permitindo avaliar o desempenho do indivíduo e da progênie (FREITAS et al., 2009; ROSADO et al., 2009).

A seleção massal é um dos métodos de seleção mais antigos por se basear em selecionar os indivíduos pelas características fenotípicas, sendo mais efetivo para avaliar caracteres que podem ser facilmente identificados e medidos (ALLARD, 1960).

Com o intuito de atenuar problemas encontrados a partir da heterogeneidade da área experimental, surge a seleção massal estratificada onde a área é dividida em estratos, e cada estrato é avaliado como uma repetição, podendo ser utilizado para seleção individual (FREITAS, et al., 2009). No método de seleção entre e dentro é possível selecionar as melhores progênie e os melhores indivíduos dentro destas (COTTERILL e DEAN, 1990). A maior crítica ao método é não selecionar indivíduos superiores pertencentes a progênie intermediárias e/ou indivíduos intermediários de progênie superiores.

Para solucionar esse problema é necessária a utilização da seleção combinada, método que torna possível avaliar o desempenho individual associado ao desempenho da progênie. Nesse método os indivíduos são avaliados em um único estágio que reúne o valor individual com os valores dos seus aparentados (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

A utilização de programas e softwares computacionais, como por exemplo SELEGEN e GENES, permitem avaliar a variabilidade genética da população em estudo, estimar parâmetros genéticos e comparar os ganhos preditos para caracteres de crescimento e tecnológicos,

O método REML/BLUP atualmente é muito utilizado por se tratar de uma seleção que utiliza modelos mistos com o uso da melhor predição não viesada (best linear unbiased prediction) unido a máxima verossimilhança residual ou restrita, permitindo uma estimativa de valores genéticos que se aproximam do valor genotípico obtido (RESENDE, 2002), e por meio deste método é possível, assim como na seleção combinada, selecionar indivíduos superiores

pertencentes a progênies intermediárias e/ou indivíduos intermediários de progênies superiores, maximizando os ganhos com a seleção.

O objetivo do presente estudo é analisar a seleção, comparando ganhos genéticos preditos para Altura, Diâmetro a altura do peito, Densidade básica, Rendimento depurado, Alkali efetivo, Volume de madeira e Peso de Celulose para indivíduos de *Eucalyptus* spp, visando definir qual o melhor método de seleção a ser adotado em um programa de melhoramento genético, que objetiva selecionar indivíduos superiores para as características de interesse, visando a clonagem e futuros cruzamentos, por meio da avaliação de caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira em ambientes distintos.

Sendo necessário estimar parâmetros genéticos em progênies de *Eucalyptus* spp, para características de crescimento e tecnológicas; Identificar os indivíduos de maior produtividade em madeira e em celulose nas condições estabelecidas; Estimar ganhos genéticos esperados com a seleção.

## 2. Referencial Teórico

### 1. *Eucalyptus* spp.

O gênero *Eucalyptus* spp. é originário da Austrália e diversas outras ilhas da Oceania, possuindo cerca de 800 espécies conhecidas, dessas, aproximadamente 30 são utilizadas para fins comerciais (FLORES, 2016).

O Eucalipto, que vem do grego e significa “verdadeira cobertura”, é pertencente a família Myrtaceae, e é subdividido em 8 subgêneros. As espécies possuem diferentes exigências quanto a fertilidade do solo, tolerância a geadas e a seca, podendo assim serem plantadas em diferentes países (FREITAS JR, 2014).

O gênero se reproduz predominantemente por alogamia, porém apresenta reprodução mista podendo ter 30% de reprodução autógama. A alogamia ocorre por meio de fecundação cruzada, favorecido pela protandria

(órgãos sexuais masculinos amadurecem antes dos femininos) (PRYOR, 1976; ELDRIDGE, 1978). A produção de mudas pode ocorrer tanto por propagação por sementes, como por propagação vegetativa, sendo esta última denominada clonagem, em que se utiliza brotos para plantio, que darão origem a um novo indivíduo geneticamente idêntico a planta mãe.

Desde a década de 70, com o Plano Nacional de Desenvolvimento do Governo Federal, e por ser uma espécie que possui rápido crescimento, capacidade de adaptação a diversas regiões ecológicas, e grande potencial econômico, o eucalipto passou a ser bastante explorado no Brasil. MOURA & GUIMARÃES, 2003, salienta que a grande atratividade pela cultura do eucalipto se deve a alta produtividade da madeira com menores custos e maiores taxas de retorno do investimento.

De acordo com Freitas Jr. (2014), a espécie se tornou mais adaptada a diferentes características geológicas na região da Austrália, criando uma diversificada gama de genótipos diferenciados de eucaliptos.

Em mais de 120 países é possível encontrar eucaliptos, compreendendo um terço da área total de plantio do mundo (Wu, 2015). Os eucaliptos podem ser utilizados para a produção de uma infinidade de produtos relacionados a indústria madeireira e também possui uma boa adaptação aos mais diferentes ambientes (HIGA, 2000), por conta disso, o setor florestal tem investido em pesquisas para aumentar o leque de produção em todas as áreas industriais, desde fármacos até a área alimentícia (Indústria Brasileira de Árvores - IBA, 2017).

Segundo o Relatório Anual do IBA (2017), atualmente as indústrias de base florestal, que trabalham com florestas plantadas no Brasil são referência mundial, pelo fato de sua atuação ser baseada na sustentabilidade e inovação.

Existem diversas teorias da introdução do gênero no Brasil. As primeiras plantações datam de 1828 a 1868 nas cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Rio Grande do Sul (FREITAS JR., 2014). Santarosa (2014) relata que a espécie começou a ser introduzida no Brasil entre 1825 e 1868 em São Paulo e no Rio Grande do Sul, mas as pesquisas com a cultura só foram iniciadas em 1904 por Edmundo Navarro no Horto Florestal em São Paulo.

O estado de Minas Gerais lidera em área plantada de espécies florestais, principalmente eucalipto, contando com 1,91 milhão de hectares, seguido de Mato Grosso do Sul com 1,12 milhão de hectares entre 2017 e 2018 (Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA, 2018).

As espécies mais utilizadas na indústria de papel e celulose são: *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, *E. dunnii* e *E. globulus*, onde a hibridação pode resultar em indivíduos com alto rendimento volumétrico e alto teor de celulose, além de baixo teor de lignina e alto rendimento em volume e qualidade da madeira (VALE, et. al., 2014).

Uma das estratégias mais utilizadas para aumento da produtividade é o melhoramento genético. No caso dos eucaliptos, os pesquisadores visam melhorar características da madeira que atendam principalmente as indústrias que produzem madeira serrada, carvão, celulose e papel.

Segundo Motta et al. (2010), a utilização de clones nas florestas de eucaliptos tem sido uma tecnologia que permite ampliar os ganhos de produtividade no setor.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018), o Brasil possui 9 milhões e 850 mil hectares de área plantada de florestas, sendo que 75% dessa área representa a plantação de eucalipto. Esse setor brasileiro é responsável por 91% de toda madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial do país (IBA, 2017).

A indústria florestal foi responsável por US\$ 9,0 bilhões no saldo da balança comercial. Responsável por este saldo estão principalmente celulose e papel, painéis de madeira, pisos laminados e carvão vegetal (IBA, 2018).

O eucalipto se tornou um gênero de grande importância econômica, e dessa forma se torna fundamental as pesquisas no setor de melhoramento genético florestal, principalmente com dados tecnológicos da madeira, para que seja possível melhorar a produtividade e qualidade dos produtos gerados dessa matéria-prima.

## 2. Melhoramento genético em *Eucalyptus* spp.

O trabalho de seleção de constituições genéticas superiores, por meio do melhoramento genético tradicional ou da biotecnologia, tornou-se de fundamental importância, pois possibilita que as empresas produzam florestas altamente produtivas em termos de volume e com qualidade da madeira, ideal para a produção de celulose, papel, entre outros.

Um programa básico de melhoramento florestal pode ser essencialmente dividido em três etapas a) seleção de espécies; b) seleção de procedências dentro da espécie mais adaptada e; c) seleção de progênies dentro da (s) procedência (s) mais adaptada (NAMKOONG, 1979). A grande contribuição do melhoramento genético do eucalipto é a obtenção de ganho genético para os caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira, produzindo árvores mais produtivas e de melhor qualidade para a indústria.

Embora a seleção para múltiplos caracteres seja praticada, o crescimento e a produtividade são prioridades nos programas de melhoramento florestal (NEALE & KREMER, 2011). Entre os principais caracteres tecnológicos da madeira, os mais estudados são relacionados à produtividade de madeira sólida, rendimento de polpação e densidade básica (HEIN et al., 2012; WENG et al. 2014).

O programa de melhoramento genético para o gênero se iniciou no Brasil com as pesquisas realizadas no Instituto de Pesquisa Florestal (IPEF), em meados dos anos 70, utilizando a biometria e a genética quantitativa para realização de cálculos de parâmetros genéticos e estudos sobre a implementação de experimentos genéticos em eucalipto (CASTRO, 2016).

As espécies *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. saligna* foram inicialmente consideradas mais promissoras, contudo, as mesmas apresentavam baixa qualidade nos plantios formados, exigindo que houvesse melhora nas populações ainda em cultivo. Dessa forma, o pesquisador Carlos Arnaldo Krug, em 1941, do Instituto Agrônomo de Campinas, iniciou um plano de melhoramento genético do eucalipto tendo como objetivo principal uniformizar as plantações reduzindo as falhas no cultivo, e desta forma aumentar a produção de madeira (FERREIRA; SANTOS, 1997).

Para que um programa de melhoramento genético tenha sucesso é necessário um planejamento apropriado, a fim de obter estimativas de parâmetros genéticos e assim efetuar de maneira mais concreta a seleção dos melhores indivíduos, de acordo com os caracteres de interesse (ZOBEL; TALBERT, 1984; VENCOSKY; BARRIGA, 1992). Por este motivo, para que programas de melhoramento obtenham os resultados esperados é necessário minimizar possíveis erros na seleção dos melhores indivíduos que serão genitores nas próximas gerações (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Vários métodos de seleção podem ser utilizados, cabe ao melhorista verificar quais atendam às suas demandas de curto, médio e longo prazo. Ao longo do programa de melhoramento os ganhos de seleção podem ser manejados segundo os objetivos do programa, como o aumento da intensidade de seleção, obtendo maiores ganhos no curto prazo ou diminuindo a intensidade de seleção com intuito de garantir os ganhos ao longo do tempo.

No início dos programas de melhoramento genético de eucaliptos a estratégia utilizada foi a inserção de diferentes espécies e procedências, sendo possível identificar as mais adaptadas as condições brasileiras. Para a seleção dos indivíduos superiores e famílias de meio-irmãos foi utilizada a seleção massal para a produção de sementes melhoradas (Rezende, 2001).

Posteriormente aos testes de espécie e procedências, eram feitos testes de progênies previamente escolhidos, resultando em avaliação de milhares de indivíduos para seleção dos melhores. Neste aspecto, para identificar os melhores indivíduos, eram diferentes métodos de seleção: seleção massal, seleção massal estratificada, seleção individual, seleção entre e dentro progênies e índice de seleção combinada (FREITAS et. al., 2009; MARTINS et. al., 2005; ROSADO et. al., 2009).

As primeiras pesquisas apontaram para o fato de que os cruzamentos estavam gerando indivíduos melhorados, porém observou-se que o esperado nem sempre era observado na prática (CASTRO, 2016), levando os pesquisadores a fazerem pesquisas relacionando a interação entre os genótipos com o meio ambiente onde estavam inseridos (SANTOS, 1990; VALERA & KAGEYAMA, 1988).

A partir de plantios realizados pela empresa Aracruz Celulose S.A, visando aumento na produtividade, foram realizadas pesquisas para selecionar espécies e híbridos entre espécies, que apresentassem maiores valores de volume de madeira, chegando-se a identificar como melhores os híbridos naturais entre *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis* (FERREIRA; SANTOS, 1997). A partir disso, Moraes et al. e Sato et al. (2007), determinaram através de teste de progênes, a viabilidade da utilização dessas duas espécies em programas de melhoramento genético, onde as mesmas poderiam ser cruzadas artificialmente, tendo assim controle dos genitores.

Desde então, por apresentar características favoráveis, o híbrido entre as espécies *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*, vulgarmente conhecido como híbrido urograndis, tem sido bastante utilizado pelas indústrias em seus programas de pesquisa. As espécies possuem rápido crescimento e uma base genética ampla do gênero (MAURI et al., 2015).

Segundo Assis (2000), utilizando a clonagem no melhoramento genético é possível aproveitar toda variância genética com a seleção. Por meio da clonagem há a possibilidade de maximizar os benefícios da hibridação para que ocorra a formação de florestas com maior produtividade e qualidade da madeira. O uso desta técnica tem sido o responsável pelo aumento da eucaliptocultura, pois com o uso da clonagem foi possível a rápida evolução na produtividade do setor, explicando seu crescimento até os dias atuais, além de se tornar um exemplo na utilização de híbridos na área florestal (ASSIS; MAFIA, 2007).

De acordo com Nunes (2002), para avaliar o material genético pode ser utilizado medidas de diversas variáveis da amostra como o crescimento e forma da árvore. O ideal é que para seleção de indivíduos superiores em um programa de melhoramento genético, sejam contempladas características de crescimento (volume e forma do tronco da árvore) e tecnológicas (densidade básica da madeira, teores de extrativos, teores de celulose, teores de lignina, dentre outros) dependendo do destino da madeira para comercialização e uso.

Outros fatores que influenciam significativamente no processo de seleção de árvores superiores são os métodos de seleção. Um deles é o índice de seleção, que foi proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), e tem como

finalidade a seleção através da análise de diversos caracteres, podendo obter uma melhor amostragem do material estudado.

Diversos índices de seleção vem sendo utilizados pelos pesquisadores e melhoristas, onde o melhor índice deve ser selecionado de acordo com a cultura em questão e fica a critério do pesquisador (PEDROZO, 2009).

Esses índices são construídos a partir de estimativas de parâmetros genéticos e médias fenotípicas obtidas pelo método de análise de variância. A utilização da metodologia REML/BLUP torna o estudo desses índices mais acurados, onde se emprega os componentes de variância estimados por máxima verossimilhança restrita e valores genéticos preditos pelo melhor preditor não viciado (RESENDE, 2002).

De acordo com Castro (2016), a utilização de REML/BLUP se tornou muito eficaz em pesquisas de melhoramento genético do eucalipto, por selecionar com eficácia indivíduos, famílias e progênies, priorizando os valores aditivos genéticos.

### 3. Parâmetros Genéticos

Segundo Cruz et. al. (2004) e Ramalho et. al. (2008), o controle genético dos caracteres torna-se conhecido a partir das estimativas de parâmetros genéticos, e essas informações são obtidas através de componentes de média ou de variâncias.

Os parâmetros genéticos mais importantes para o melhoramento genético são: as correlações genotípicas e fenotípicas, variância genotípica e componentes de herdabilidade (SILVA, 2014).

Ao iniciar um programa de melhoramento genético é importante conhecer o quanto da variabilidade fenotípica é herdável e quais tipos de ação gênica estão envolvidos, assim será possível escolher o melhor método a ser utilizado (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; SANTOS; PINTO, 2008).

Com os trabalhos de Fisher, no século XX, é que se iniciou o uso da variância em estudo dos caracteres quantitativos (RAMALHO, 1993). No estudo de genética quantitativa os efeitos genéticos podem ser separados em

aditivos e não-aditivos, onde o primeiro é passado de uma geração para outra. Diversos estudos para culturas de interesse econômico, como milho e trigo, utilizaram esse modelo para melhoramento, avaliando os efeitos aditivos e não-aditivos para caracteres importantes como produtividade (BOUVET; SAYA; VIGNERON, 2009).

Borges (1980) e Kageyama (1980), em 1980, iniciaram os estudos com parâmetros genéticos em algumas espécies de eucalipto no Brasil. A maioria dos estudos em relação ao controle genético dos caracteres era relacionado às características de crescimento (BISON et al., 2004; RAMALHO, 1996; MARQUES JÚNIOR, 1996). Porém, esses primeiros estudos foram realizados utilizando progênies de meio-irmãos, o que permitia avaliação da variância genética aditiva (BOUVET; SAYA; VIGNERON, 2009).

Rezende e Resende (2000), a partir de uma revisão de trabalhos científicos para se obter maiores informações sobre o efeito da dominância em *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e híbridos oriundos da empresa Aracruz Celulose S.A, fizeram análise de dados de 14 testes de progênies e 81 testes clonais. Diante dos resultados observaram que as estimativas médias de herdabilidade foram de 0,25 no sentido restrito e 0,30 no sentido amplo, sendo a herdabilidade relacionada a dominância de apenas 5%. Segundo os autores, mesmo sendo de baixa magnitude, a existência da dominância já seria suficiente para proporcionar vantagem na propagação clonal, permitindo a exploração da capacidade específica de combinação.

Em um estudo sobre a importância das variâncias aditivas, de dominância e epistática para crescimento e densidade da madeira de *Eucalyptus globulus*, Silva, Borralho e Potts (2004) observaram a variância genética aditiva como único componente que afetava tanto o diâmetro quanto a penetração do pilodyn (medida indireta da densidade da madeira). As estimativas das variâncias aditivas, de dominância e epistasia variaram de 8%-10%, 0%-4% e 0,4% da variância fenotípica para o diâmetro, e 11%-17%, 0% e 5% para penetração do pylodin, respectivamente.

Apesar dos efeitos de dominância representarem pequena magnitude na expressão dos caracteres de crescimento, outros resultados demonstram a

participação significativa da variância de dominância no desempenho dessas características (FURTINI, 2012).

Por ser a principal causa da semelhança entre parentes e determinante funcional das propriedades genéticas da população – respondendo à seleção, a variância genética aditiva é a parte mais importante a ser determinada (FALCONER & MACKAY, 1996).

O estudo dos componentes de variâncias se torna importante pois um dos modos mais utilizados para se obter o estimador da variância genotípica se dá por meio das esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância. Sendo possível, por meio de delineamentos experimentais, estimar as variâncias genotípicas a partir dos dados fenotípicos observados (CRUZ, 2005).

O coeficiente de herdabilidade expressa a variação genética presente na variação fenotípica, e esse caráter não é próprio da espécie em questão e sim do ambiente em que habita, dessa forma pode variar em diferentes idades e ambientes (FALCONER, 1987).

De acordo com Chen (2018), o estudo de diversos parâmetros genéticos torna possível compreender melhor o controle genético em relação ao crescimento e tecnologia da madeira em híbridos de eucaliptos, podendo assim contribuir para estudos de melhoramento genético da cultura.

As indústrias que utilizam a madeira do eucalipto como matéria-prima, tem cada vez mais buscado por inovação quando se refere ao aumento da produtividade da madeira. Constantemente estudos são realizados para obter indivíduos melhorados que contribuam para esse aumento.

Um dos pontos principais para aumento da produtividade é a resistência/suscetibilidade a doenças, Abilio et al. (2019) estudaram a resistência de monoprogênies e clones de *Eucalyptus urograndis* em relação a ferrugem.

Os estudos que envolvem o eucalipto são feitos em diversas vertentes, Groppo et al. (2019), estudaram a capacidade de retenção de água do dossel vegetativo, comparando a Mata Atlântica com uma plantação florestal de eucalipto, diante do estudo observaram que maior retenção na Mata Atlântica em comparação com o eucalipto.

Há alguns anos o Brasil apresentou um dos mais elevados níveis de incremento médio anual (IMA). As principais empresas do Brasil apresentaram IMA superior a 40 m<sup>3</sup>/há/ano (GOMIDE e COLODETTE, 2007).

As principais características dos eucaliptos que são analisadas além do DAP (diâmetro da altura do peito), são o rendimento depurado, densidade básica da madeira e teor de lignina, pois determinam a qualidade e produtividade da madeira. Essas variáveis são medidas através da espectroscopia no infravermelho próximo - NIRS (*Near Infrared Spectroscopy*), uma ferramenta que possibilita agilidade nas avaliações das características da madeira (ARRIEL, 2017).

A técnica de espectroscopia no infravermelho tem sido muito utilizada na área de seleção de genótipos melhorados, pois permite a avaliação de fenótipos e grande quantidade de amostras coletadas em diversos ambientes, a análise é feita de forma rápida, com baixo custo e não utiliza amostras destrutivas (PASQUINI, 2003; SAMISTRARO, 2009; GALLO, 2018; LI e ALTANER, 2018).

A espectroscopia funciona com vibrações em torno do espectro eletromagnético, variando entre os comprimentos de onda de 720 a 2500 nm (MUNIZ, 2012). Dessa forma, seus resultados podem ser comparados a resultados de outras análises que utilizam comprimentos de onda como forma de aferição.

Essa ferramenta pode ser utilizada para análises físicas e químicas da madeira (RAMADEVI et al., 2016; SANDAK et al., 2016; HEIN et al., 2017), e também para distinguir espécies e/ou híbridos (BRAGA et al., 2011; ESPINOZA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015).

Pela sua eficiência e segurança nos resultados, a utilização de NIR no melhoramento florestal tem se mostrado de fundamental importância, pois é possível ter conhecimento de características importantes da madeira com análise rápida e sem causar destruição da amostra, porém ainda são poucas as empresas e instituições de pesquisa que tem esta ferramenta auxiliando a seleção de árvores superiores em seus programas de melhoramento genético florestal.

## Referências

- ANGELI, Aline. Indicações para escolha de espécies de *Eucalyptus*, 2005. Disponível em: < <http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp>> Acesso em: 22/10/2018.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, Editora Gazeta, Santa Cruz do Sul, RS, 2016.
- ARRIEL, Taiana Guimarães. Espectroscopia no infravermelho próximo na predição de características da madeira em clones de *Eucalyptus*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira), Lavras, MG, 2017.
- ASSIS, T.F. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: Hybrid breeding and genetics of forest purposes. In: DUNGEY, H.S.; DIETERS, M. J.; NIKLES, D.J. (Ed.). In: QFRI/CRC-SPF SYMPOSIUM, NOOSA, Queensland, Austrália. **Proceedings...**Brisbane: Department of Primary industries, 2000. p.63-75.
- ASSIS, T.F.; MAFIA, R.G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.) **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: [s.n.], 2007. p.93-121.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. Disponível em: <[www.bracelpa.org.br](http://www.bracelpa.org.br)> **Relatório Estatístico 2010-2011**. Acesso em: 25/10/2018.
- BARRICHELO, L. E. G.; FOELKEL, C. E. B.; MILANEZ, A. F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *maculata* e *E. tereticornis* para a produção de celulose sulfato. **Revista PEF**, Piracicaba, v. 10, p. 17-37, 1975.
- BISON, O. et al. Inbreeding depression in *Eucalyptus* clones. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 4, n. 4, p. 459-464, Dec. 2004.
- BORGES, R. C. G. **Estimativas de herdabilidade e correlações entre caracteres de crescimento em *Eucalyptus grandis***. 1980. 42 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1980.
- BOUVET, J. M.; SAYA, A.; VIGNERON, P. H. Trends in additive, dominance and environmental effects with age for growth traits in *Eucalyptus* hybrid populations. **Euphytica**, Wageningen, v. 165, n. 1, p. 35-54, Jan. 2009.

BRAGA, J. W. B.; PASTORE, T. C. M.; CORADIN, V. T. R.; CAMARGOS, J. A. A.; SILVA, A. R. da. The use of near infrared spectroscopy to identify solid wood specimens of *Swietenia macrophylla*, *IAWA J.* 285–296, 2011.

BRASIL, Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) do Governo Federal, 1974. Disponível em: <<http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/dicionarios/verbete-tematico/plano-nacional-de-desenvolvimento-pnd>> Acesso em: 11/10/2018

CASTRO, C. A. O.; RESENDE, R. T.; BHERING, L. P.; CRUZ, C. D. Breve histórico do melhoramento genético do eucalipto no Brasil sob a ótica dos avanços biométricos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.9, p.1585-1593, 2016.

CHEN, S.; WENG, Q.; LI, F.; LI, M.; ZHOU, C.; GAN, S. Genetic parameters for growth and wood chemical properties in *Eucalyptus urophylla* x *E. tereticornis* hybrids. *Annals of Forest Science*. Chinese Academy of Forestry, China, 2018.

CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. O Brasil é um dos maiores produtores de Florestas Plantadas do mundo, 2016. Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/noticias/o-brasil-e-um-dos-maiores-produtores-de-florestas-plantadas-do-mundo>> Acesso em: 06/11/2018

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. 1 ed. Viçosa, UFV, 2005, 391 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480p.

DE VICH, Anderson; JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira Magalhães. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. Universidade Estadual de Maringá, Goioerê, Paraná, 2018.

ELDRIDGE, K. G. Genetic Improvement of Eucaliptos. **Silvae Genética**, 27(5): 173-216, 1978.

ESCOBAR, J. A. D.; RESENDE, M. D. V. de; AZEVEDO, C. F.; SILVA, F. F.; BARBOSA, M. H. P.; NUNES, A. C. P.; ALVES, R. S.; NASCIMENTO, M. Teoria de valores extremos e tamanho amostral para o melhoramento genético do quantil máximo em plantas. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v.36, n.1, p.108-127, 2018.

ESPINOZA, J. A.; HODGE, G. R.; DVORAK, W. S. The potential use of near infrared spectroscopy to discriminate between different pine species and their hybrids. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, v. 20, n. 4, p. 437–447, 2012.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. 1 ed., Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987, p.279.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman Malaysia, 1996. 463 p.

FERNANDES, S. J. de O., et. al. Período de enraizamento de miniestacas de eucalipto provenientes de diferentes lâminas de irrigação em minijardim. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.28, n.2, p. 591-600, 2018.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. Melhoria genética florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 5., 1997, Salvador. **Proceedings...** Salvador: IUFRO, 1997. p. 14-34.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. I. Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação. IPEF, Piracicaba – SP, 2016.

FREITAS JR, Gerson de. A História Ambiental dos Eucaliptos: Austrália, Brasil e Vale do Paraíba Paulista. Universidade de Taubaté – UNITAU & Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – FATEC, São Paulo, 2014.

FREITAS, R. G. et al. Predição de ganhos genéticos em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urograndis* cultivadas em diferentes ambientes e submetidas a diferentes procedimentos de seleção. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 255-263, mar./abr. 2009.

FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Effect of Different Progeny Test Strategies in the Performance of Eucalypt Clones. **Silvae Genetica** 61, 3. 2012.

GALLO, R., et al. Growth and wood quality traits in the genetic selection of potential *Eucalyptus dunnii* Maiden clones for pulp production. **Industrial Crops and Products**, v. 123, p. 434-441, 2018.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L. Qualidade da madeira. In: BORÉM, A. (Ed.). Biotecnologia florestal. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 25-54.

GROPPO, J. D.; SALEMI, L. F.; MORAES, J. M.; TREVISAN, R.; SEGHESI, G. B.; MARTINELLI, L. A. Capacidade de retenção de água do dossel vegetativo: comparação entre Mata Atlântica e plantação florestal de eucalipto. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 96-104, 2019.

HAZEL, L. V. The genetic basics for constructing selection indexes. *Genetics*, v. 28, p. 476-490, 1943.

HEIN, P. R. G.; PAKKANEN, H. K.; DOS SANTOS, A. A. Challenges in the use of near infrared spectroscopy for improving wood quality: A review. **Forest systems**, v. 26, n. 3, p. 1–10, 2017.

HIGA, R. C. V.; MORA, A. L.; HIGA, A. R. Plantio de eucalipto na pequena propriedade rural. EMRAPA, documentos, 54, Colombo, 2000.

IBRAHIM, J. F. de O. et al. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas e no cultivo do eucalipto (*Eucalyptus* spp). Braz. J. Environ. Res., Curitiba, v.2, n. 1, p. 564-579, jan/mar. 2019.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório Ibá 2017.

Disponível em: <

[https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf)>

Acesso em: 21/10/2018

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório Ibá 2016.

Disponível em: <

[https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)>

Acesso em: 21/10/2018

KAGEYAMA, P. Y. Variações genéticas em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1980.

LI, Yanjie; ALTANER, Clemens. Predicting extractives content of *Eucalyptus bosistoana* F. Muell. Heartwood from stem cores by near infrared spectroscopy. **School of Forestry**, University of Canterbury, New Zealand, 2018.

MARQUES JÚNIOR, O. G.; ANDRADE, H. B.; RAMALHO, M. A. P.

Assessment of the early selection efficiency in *Eucalyptus cloeziana* F. muell, in northwest of Minas Gerais State. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 45, n. 5/6, p.

359-361, Dec. 1996.

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; ROCHA, M. das G. de B.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E. Comparação entre os processos de seleção entre e dentro e o de seleção combinada, em progênies de *Eucalyptus grandis*. *Cerne*, v. 11, p. 16-24, 2005.

MAURI, R.; OLIVEIRA, J. T. S.; FILHO, M. T.; ROSADO, A. M.; PAES, J. B.; CALEGARIO, N. Wood density of clones of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in different conditions of growth. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 1, p. 193 - 202, 2015.

MENDES, R. G. et. al. Efeito do Stimulate na Qualidade Fisiológica de sementes de Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*). *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n.3, p. 1877-1885, mar. 2019.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. Produção de mudas de Eucalipto para o estabelecimento de plantios florestais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos, 2003. 9 p. (Embrapa CENARGEN, DF. Comunicado Técnico, 85).

MORA, A. L. & GARCIA, C. H. A Cultura do Eucalipto no Brasil,  
Sociedade Brasileira de Silvicultura, São Paulo, 2000.

- MOTTA D., SILVA, W. F. e DINIZ, E. N. Rentabilidade na Plantação de eucalipto. Anais do SEGeT -VII Simpósio de Excelência de Gestão e Tecnologia. Resende Rio de Janeiro. 2010.
- MORAES, M. A.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em Luiz Antonio-SP. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.19, n.2, p.113-118, 2007.
- MUÑIZ, G. I. B. DE *et al.* Fundamentos e estado da arte da espectroscopia no infravermelho próximo no setor de base florestal. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 865–875, 2012.
- NAMKOONG, G. Introduction to quantitative genetics in forestry. Washignton, USDA. Forest Service, 1979. 341 p.
- NUNES, A. C. P. Análises Biométricas na Otimização do Melhoramento Genético de *Eucalyptus* spp. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2018.
- NUNES, G. H. de S. et al. Implicações da Interação Genótipo x Ambiente na Seleção de Clones de Eucalipto. CERNE, v.8, n.1, P.049-058, 2002. OLIVEIRA et al., 2015.
- PASQUINI, C. Near ifrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 2, p. 198-219, 2003.
- PEDROZO, C. A.; BENITES, F. R. G.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V. de; DA SILVA, F. L. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.1, p.031-036, Jan./Fev. 2009.
- PRYOR, L.D. The biology of Eucalyptus. London: Edward Arnold, 1976. 82 p.
- QUEIROZ, S. C. S.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C. de. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden X *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Revista Árvore, Viçosa, v. 28, n. 6, p.901-909, 2004.
- RAMADEVI, P. et al., Evaluation of lignin syringyl/guayacil ratio in Eucalyptus camaldulensis across three diverse sites based on near infrared spectroscopic calibration modelling with five Eucalyptus species and its impact on Kraft pulp yield. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 24, n. 6, p. 529-536, 2016.
- RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. Genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1993.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. B. **Genética na agropecuária** 5<sup>a</sup> ed. São Paulo: Editora Globo, 1996. 359 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. 4. ed. Lavras: UFLA, 2008. 463 p.

RESENDE, M.D.V. de; HIGA, A.R. Estimação de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e seus parentes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.28-29, p.11-36, 1994.

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975p.

REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, F. de L. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucalipto avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **CERNE**, v.1, n.1, p.045-050, 1994.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; RESENDE JÚNIOR, M. F. R.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1653-1659, 2009.

SAMISTRARO, G.; MUNIZ, G. I. B.; PERALTA-ZAMORA, P.; CORDEIRO, G. A. Previsão das propriedades físicas e químicas do papel kraft por espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e regressão por mínimos quadrados parciais (PLS). **Química Nova**, v. 32, p. 1422-1425, 2009.

SANDAK, J.; SANDAK, A.; MEDER, R. Assessing trees, wood and derived products with near infrared spectroscopy: Hints and tips. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 24, n. 6, p. 485-505, 2016.

SANTAROSA, E.; JÚNIOR, J. F. P.; GOULART, I. C. G. dos R. **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília – DF : Embrapa, 2014.

SANTOS, P. E. T. dos; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. de; Potencial para programas de melhoramento, estimativas de parâmetros genéticos e interação progênies x locais em populações de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **IPEF**, n. 43-44, p.11-19, 1990.

SATO, A. S.; MORAES, E.; ZANATTO, A. C. S.; FREITAS, M. L. M.; SEBENN, A. M. Seleção dentro de progênies de *Eucalyptus resinífera* aos 21 anos de idade em Luiz Antonio-SP. **Revista Instituto Florestal**. São Paulo, v.19, n. 2, p. 93-100, 2007.

SILVA, L. F. et al. Deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos. **Cerne**, v.20, n.3, p.393-400, 2014.

SILVA, J. C.; BORRALHO, N. M. G.; POTTS, B. M. Additive and non-additive genetic parameters from clonally replicated and seedling progenies of *Eucalyptus globulus*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 108, n. 6, p. 1113-1119, Apr. 2004.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. *Ann Eugen*, London, v. 7, p. 240-250, 1936.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, R. A. B.; ASSIS, M. A. de; SIMETTI, R.; LOUREIRO, B. A. Variação radial e longitudinal do rendimento gravimétrico de carvão vegetal em clone de eucalipto. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v.5, n.3, p. 2535-2541, mar. 2019.

VALE, A. B.; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; VILAR, M. B.; COSTA, C. B.; NACIF, A. P. *Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, Manejo e Ambiência*. Viçosa, MG: SIF. 2014. 551p

VALERA, F. P.; KAGEYAMA, P. Y. Interação Genótipo X Espaçamento em Progenies de *Eucalyptus saligna* SMITH. *IPEF*, n.39, p.5-16, ago.1988.

WILLIAMS, R. A. Mitigating biodiversity concerns in *Eucalyptus* plantations located in South China. *School of Environment and Natural Resources, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA*, 2015.

WU, J.; FAN, H.; LIU, W.; HUANG, G.; TANG, J.; ZENG, R., et al. Should exotic *Eucalyptus* be planted in subtropical China: insights from understory plant diversity in two contrasting *Eucalyptus* chronosequences. **Environ. Manage.** 56, 1244-1251, 2015.

## Capítulo I

# ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE *EUCALYPTUS* SPP. EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES

## **ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE *EUCALYPTUS* SPP. EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES**

**Autor:** Sara Helen Nascimento Dias da Silva

**Orientador:** Ricardo Franco Cunha Moreira

**Co-orientador:** Antônio Marcos Rosado

**Resumo:** A indústria florestal se tornou uma das mais importantes e principais do país, movimentando bilhões nesse setor. O eucalipto tem seu uso bem expandido devido a versatilidade de sua madeira e rápido crescimento. O teste foi implantado em dois ambientes de altitudes diferentes: terreno plano de baixada (área 1) e terreno inclinado (área 2), na região de Pingo d' Água em Minas Gerais, utilizando 112 famílias resultado de cruzamentos de várias espécies de eucalipto com genitores conhecidos. Foi realizada a análise descritiva exploratória dos dados e a análise de variância (ANOVA), utilizando o programa Genes. Obteve-se a estimativa de parâmetros genéticos a partir do Programa Selegen, Modelo 33. O objetivo do presente estudo é a estimação de parâmetros genéticos para posterior análise da seleção, comparando ganhos genéticos preditos para caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira, para definir qual melhor método de seleção a ser adotado em um programa de melhoramento genético. Os resultados dessas análises demonstraram que ambas áreas têm potencial para produzir indivíduos com alta variabilidade genética, o que pode ser evidenciado pelos altos valores de herdabilidade média, acima de 0,80, onde as variáveis DAP, VMAD e PCEL apresentaram os maiores valores desse parâmetro; a variância genética total também elevada. Para a avaliação dos parâmetros genéticos, a área 2 apresentou diferenças em relação aos valores apresentados para a área 1, podendo-se concluir que a população presente na área 2 possui

indivíduos melhorados com relação as características tecnológicas da madeira.

**Palavras-chave:** Parâmetros genéticos; Herdabilidade; Variância genética.

## 1. Introdução

A indústria florestal se tornou bastante importante no Brasil, sendo referência mundial por conta de atuar pautado na sustentabilidade, competitividade e inovação, sendo a maior responsável pela maior produção de celulose, papel e painéis de madeira no mundo (IBA, 2018). O sucesso do eucalipto se dá, principalmente pelo fato da utilização da sua madeira ser bastante versátil, se tornando uma importante matéria-prima para as indústrias.

Com a necessidade de aumento das áreas de plantio para atender a crescente demanda e melhoria da qualidade da madeira para otimização industrial, tornou-se necessário o investimento cada vez maior em programas de melhoramento genético florestal.

O maior sucesso dos programas de melhoramento se deu com a utilização de genótipos superiores realizado por meio de seleção desses indivíduos e propagação clonal dos mesmos (FERREIRA; SANTOS, 1997). Em decorrência disso foi constatado que, para aquisição de ganhos maiores era necessário inter cruzar esses indivíduos para obtenção de genótipos melhorados de acordo com a característica de interesse do pesquisador (GONÇALVES, et al. 2001).

.De acordo com Cruz (2004), o conhecimento do controle genético ocorre por meio da estimativa dos parâmetros genéticos, que são conhecidos a partir da obtenção dos componentes de médias ou variâncias. Os parâmetros genéticos de maior importância são: a herdabilidade, variância genotípica e correlações genotípicas e fenotípicas (SILVA, 2014).

A obtenção dos componentes de variância tem sido de grande interesse em programas de melhoramento genético, pois é possível, através de

delineamento experimental estimar as variâncias diante dos dados fenotípicos observados (CRUZ, 2005).

Tambarussi (2017) estimou os parâmetros genéticos entre diferentes clones de *Eucalyptus* spp., fazendo correlação entre indivíduos jovens e adultos. Foram mensuradas características de crescimento (ALT e DAP), onde a herdabilidade em sentido amplo encontrada foi baixa, enquanto a herdabilidade média apresentou maiores valores entre diferentes testes realizados.

A utilização do estudo de parâmetros genéticos tem sido de fundamental importância para o melhoramento florestal, principalmente de espécies de eucaliptos, que possuem resistência a diversas pragas e alta capacidade de desenvolvimento em diferentes regiões selecionando indivíduos superiores de acordo com os objetivos do programa.

O estudo com parâmetros genéticos permite conhecer o controle genético dos caracteres em estudo, dessa forma avançando os estudos na área do melhoramento genético, que pode ser determinado a partir de componentes de média ou de variâncias (CRUZ, 2004; RAMALHO; PINTO, 2008). No presente estudo foram utilizados os componentes de variância.

Como propósito de facilitar as análises com grande quantidade indivíduos, surgiu a necessidade de realizar as análises de forma rápida e objetiva. A utilização do NIR (Espectroscopia do Infravermelho Próximo) (MILAGRES, 2013).

O uso de espectroscopia do infravermelho apresenta diversas vantagens em relação aos métodos tradicionais: a utilização de pouca ou nenhuma amostra; é um método não destrutivo; possui baixo custo operacional e pode ser aplicado a um grande número de amostras (PASQUINI, 2003; SAMISTRARO, 2008; LI e ALTANER, 2018).

A tecnologia do NIR se tornou uma ferramenta indispensável para as indústrias de base florestal assegurarem a qualidade dos seus produtos, o que pode ser observado mediante as pesquisas que estão sendo realizadas para predição dos caracteres tecnológicos da madeira, apresentando altas correlações (MUNIZ et. al., 2012).

A principal utilização das análises realizadas a partir do NIR tem sido para determinação de teor de lignina e teor de celulose no melhoramento genético florestal.

Assim, este trabalho tem como objetivo estimar parâmetros genéticos em famílias de *Eucalyptus* spp. a fim de estabelecer populações superiores para ambientes distintos, além da diversidade genética em relação às características de crescimento e tecnológica da madeira.

## 2. Material e Métodos

O teste foi implantado em 2007 no vale do Rio Doce, no município de Pingo d' Água em Minas Gerais, situado a 19<sup>0</sup>43'39" de latitude sul e 42<sup>0</sup>24'29" de longitude oeste, em duas áreas de altitudes diferentes: terreno plano de baixada (área 1) e terreno inclinado (área 2). Foi realizado um teste de progênie com diferentes espécies de eucalipto.

Foram avaliadas 112 famílias de *Eucalyptus* spp., em que cada família foi definida como um cruzamento específico (Tabela 1 - anexo), com genitor masculino e feminino conhecidos, denominadas famílias de irmãos completos. As medições foram realizadas aos 3 anos após plantio do experimento pela empresa Tecsil.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em 5 blocos e 8 plantas por família em cada bloco, plantadas em linha. Aos três anos de idade, alcançados no ano 2010, foram mensurados em campo os caracteres: para diâmetro à altura do peito (DAP), a 1,30 cm do nível do solo, com auxílio de uma fita diamétrica; altura total, utilizando um inclinômetro (ALT, em m); densidade básica da madeira (kg/m<sup>3</sup>) com a utilização do aparelho pilodyn (Figura 1); e o rendimento depurado de celulose com espectroscopia de infravermelho próximo (NIR) (Figura 2).

Com a informação do diâmetro e altura da árvore, foi calculado o volume de madeira por árvore (VOL, em m<sup>3</sup>), utilizando a equação:

$$VOLUME = \exp(-9,46081 + 1,92690 * \ln(DAP) + 0,79453 * \ln(ALT))$$



Figura 1: Mensuração da densidade básica



Figura 2: Leitura no espectrofotometro NIR

O rendimento depurado de cada árvore do experimento foi estimado com utilização do NIR, realizado no Laboratório de Melhoramento Genético Florestal da Universidade Federal de Lavras - MG.

Foram retiradas baguetas a altura 1,30 m do solo com auxílio de uma furadeira, com broca de 5 mm (método considerado não destrutivo, por não necessitar abater as árvores) (Figura 3).

As baguetas foram secas ao ar e armazenados em sacos de papel para uniformização e conservação do teor de umidade. As amostras em formato de baguetas foram moídas em moinho Willey e as serragens ficaram retidas entre as peneiras com malhas de 40 e 60 mesh (Figura 4).



Figura 3: Remoção das baguetas



Figura 4: Moinho Willey

Após 24h de armazenamento, a madeira moída foi compactada manualmente na unidade de leitura do espectrofotômetro (*spinning*), e assim, foram coletados os espectros NIR de cada amostra, em duplicata. A leitura dos espectros foi feita em um equipamento NirSystem 5000 da Foss (acoplado ao software WinISI) (Figura 5), composto por uma fonte luminosa, um monocromador, com seletor de comprimentos de onda do tipo de grupos funcionais orgânicos, uma rede de difração, um receptáculo para amostras, um fotodetector e um computador, onde são armazenados os espectros (Figura 6). De acordo com Nisgoski (2005), o aparelho faz 32 varreduras por leitura e o espectrofotômetro envia o valor médio de  $\log(1/R)$  para o computador, gerando assim um espectro.



Figura 5: Leitura da amostra no NIR

As coletas de espectro foram realizadas a cada 2 mm de comprimentos de onda no intervalo 1100 a 2500 nm, medindo-se a reflectância para 700 valores de comprimento de onda.

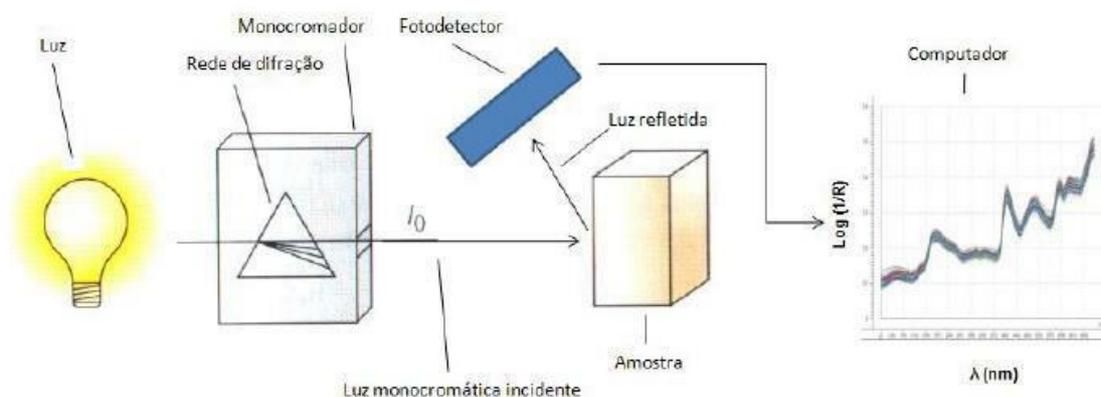


Figura 6: Espectrofotômetro de reflectância NIR.

## 2.5 Métodos estatísticos

### Análise descritiva exploratória dos dados e Análise de variância (ANOVA)

As análises foram realizadas no programa GENES (CRUZ, 2001), onde a análise descritiva obteve valores mínimo, máximos, média, desvio padrão e coeficiente de variação. Enquanto a anova foi realizada para obter os valores de quadrados médios para as sete variáveis e juntamente com o teste F foi possível obter o nível de significância dos dados.

### Estimativas de parâmetros genéticos

As estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos foram realizadas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada pelo “software” genético-estatístico Selegen – REML/BLUP, desenvolvido por Resende (2007) para o melhoramento de plantas perenes, aplicado aos testes de progênes de irmãos completos, modelo 33 no software: Expresso em termos matriciais o modelo estatístico é dado por:

$$y = Xb + Za + Wc + e;$$

em que:

y = vetor de dados.

b = vetor dos efeitos fixos de blocos;

a = vetor dos efeitos aleatórios genotípicos de progênies;

c = vetor dos efeitos aleatórios de ambiente comum das

parcelas; e = vetor de erros aleatórios ou resíduos.

(X, Z e W) = matrizes de incidência para os referidos efeitos

1) Variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ):

$$\hat{\sigma}_a^2 = \frac{\hat{a}' A^{-1} \hat{a} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}(A^{-1} C^{22})}{q};$$

2) Variância residual (ambiental + não aditiva) ( $\hat{\sigma}_e^2$ ):

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{y' y - \hat{p}' X' y - \hat{a}' Z' y - \hat{e}' W' y}{N - r(x)};$$

em que  $C^{22}$  e  $C^{33}$  vêm da inversa de C, C: matriz dos coeficientes das equações de modelo misto;  $tr$ : operador traço matricial,  $r(x)$ : posto da matriz X; N, q, s: número de observações, de indivíduos e de parcelas, respectivamente.

3) Herdabilidade da média de progênies:

$$\hat{h}_{mp}^2 = \frac{0,25 \hat{\sigma}_a^2}{0,25 \hat{\sigma}_a^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r} + \frac{0,75 \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_a^2}{nr}};$$

4) Coeficiente de variação genética aditiva individual:

$$CV_{gi}(\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} \times 100,$$

em  $\hat{m}$  que é a média geral do caráter.

5) Coeficiente de variação experimental:

$$CV_e(\%) = \frac{\sqrt{\frac{0,75\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2}{n} + \hat{\sigma}_c^2}}{\hat{\mu}} \times 100;$$

### 3. Resultados e Discussão

Na análise descritiva exploratória dos dados (Tabela 2) pode-se observar que ambas áreas possuem potencial para desenvolvimento de indivíduos potencialmente selecionáveis de acordo com o objetivo do estudo.

**Tabela 2.** Valores mínimo e máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação para as variáveis diâmetro altura do peito (DAP), altura (ALT), alcali efetivo (ALCEF), rendimento depurado (RENDD), densidade básica (DENS B), volume de madeira (VMAD) e peso de celulose (PCEL) avaliadas em progênies de eucalipto em ambientes de diferentes altitudes.

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV
Fundo de Vale					
DAP	5,30	21,60	11,74	2,87	0,25
ALT	6,00	32,07	17,73	3,92	0,22
ALCEF	10,44	23,70	15,22	1,74	0,11
RENDD	41,66	56,85	50,20	1,49	0,03
DENS B	234,44	667,80	360,91	41,77	0,12
VMAD	0,01	0,43	0,0953	0,0037	0,68
PCEL	0,97	83,47	15,73	109,21	0,66
Encosta de Morro					
DAP	5,30	21,3	11,62	2,83	0,24
ALT	5,80	31,58	18,69	3,77	0,20
ALCEF	10,08	23,8	15,14	1,67	0,11
RENDD	43,36	56,47	50,81	1,50	0,03

DENSB	230,04	621,43	392,40	38,57	0,10
VMAD	0,01	0,42	0,0976	0,06	0,61
PCEL	1,12	89,69	17,73	11,07	0,62

Ambos ambientes possuem características que propiciam o pleno desenvolvimento dos indivíduos do gênero *Eucalyptus* spp. com pequenas diferenças nos valores encontrados. O baixo valor do coeficiente de variação (CV) demonstra a precisão da análise.

Nas Tabelas 3 e 4 observa-se os valores encontrados a partir da análise de variância para as variáveis DAP, ALT, ALCEF, RENDD, DENSB, VMAD e PCEL, nas duas áreas de estudo. Tanto para a área 1 e área 2 foram encontradas diferenças significativas entre as famílias, demonstrando existir variabilidade entre os materiais genéticos dentro do experimento.

**Tabela 3.** Análise de variância para Diâmetro à altura do peito (DAP), Altura (ALT), Alkali efetivo (ALCEF), Rendimento depurado (RENDD), Densidade básica (DENSB), Volume de madeira (VMAD) e Peso de celulose (PCEL) em famílias de *Eucalyptus* spp plantados em Fundo de Vale.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		DAP	ALT	ALCEF	RENDD	DENSB	VMAD	PCEL
Blocos	4	23,85 <sup>ns</sup>	64,15 <sup>ns</sup>	14,15 <sup>ns</sup>	83,85 <sup>ns</sup>	143076,60 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	987,87 <sup>ns</sup>
Famílias	111	65,47 <sup>**</sup>	108,98 <sup>**</sup>	23,59 <sup>**</sup>	41,96 <sup>**</sup>	13507,27 <sup>**</sup>	0,027 <sup>**</sup>	775,32 <sup>**</sup>
Entre Parcelas	444	9,52 <sup>ns</sup>	19,71 <sup>ns</sup>	6,02 <sup>ns</sup>	31,16 <sup>ns</sup>	3718,11 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	126,38 <sup>ns</sup>
Dentro das Parcelas	3143	6,26 <sup>ns</sup>	11,91 <sup>ns</sup>	2,22 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	1061,66 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	82,93 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>		11,74	17,73	15,21	50,20	360,90	0,0953	15,73
<b>CV(%)</b>		10,54	10,05	6,47	4,46	6,78	26,94	28,68

\*\* e \* significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo

A média geral para o DAP foi de 11,74 cm em fundo de vale e 11,62 cm em área 2. A variável altura também

mostrou um aumento de um ambiente para outro, de 17,73 m para 18,69 m.

Esses resultados se aproximam dos encontrados por Rosado (2009), onde se obteve valor médio de 16,63 para altura de espécie de *Eucalyptus urophylla* em

Minas Gerais. Indicando o pleno desenvolvimento desses indivíduos nas duas áreas estudadas.

Para os valores de DENS<sub>B</sub> a média encontrada no Fundo de Vale foi de 360,90 e para Encosta de Morro foi de 392,40 (Tabelas 2 e 3). A média apresentada no segundo ambiente está na faixa encontrada por Furtini (2012), onde os valores variaram entre 423,55 em Aracruz - ES, 404,65 em São Mateus - ES e 386,71 em Caravelas-BA.

A densidade básica é uma das características tecnológicas da madeira, que a partir dela é possível obter valores de volume da madeira e peso de celulose, caracteres de grande importância para a indústria de celulose e papel.

**Tabela 4.** Análise de variância para Diâmetro à altura do peito (DAP), Altura (ALT), Alcali efetivo (ALCEF), Rendimento depurado (RENDD), Densidade básica (DENS<sub>B</sub>), Volume de madeira (VMAD) e Peso de celulose (PCEL) em famílias de *Eucalyptus* spp plantados em Encosta de Morro.

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios						
		DAP	ALT	ALCEF	RENDD	DENS <sub>B</sub>	VMAD	PCEL
Blocos	4	4,60 <sup>ns</sup>	6,66 <sup>ns</sup>	79,52 <sup>ns</sup>	32,07 <sup>ns</sup>	8223,58 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	64,79 <sup>ns</sup>
Famílias	111	71,96 <sup>**</sup>	80,90 <sup>**</sup>	23,43 <sup>**</sup>	19,13 <sup>**</sup>	8180,81 <sup>**</sup>	0,030 <sup>**</sup>	1062,32 <sup>**</sup>
Entre Parcelas	444	6,72 <sup>ns</sup>	14,33 <sup>ns</sup>	2,82 <sup>ns</sup>	2,39 <sup>ns</sup>	2727,39 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	107,21 <sup>ns</sup>
Dentro das Parcelas	3305	5,98 <sup>ns</sup>	11,87 <sup>ns</sup>	1,91 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	1058,30 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	92,50 <sup>ns</sup>
<b>Média Geral</b>		11,62	18,69	15,14	50,80	392,40	0,0976	17,73
<b>CV(%)</b>		8,70	7,90	4,32	1,18	5,19	22,02	22,78

\*\* e \* significativo a 1 e 5%, respectivamente, pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo.

No presente estudo, os indivíduos que apresentam maiores valores das médias dos caracteres se encontram na área 2, provavelmente devido diferenciação na composição físico-química do solo que se torna diferente pela diferença na altitude dos ambientes.

O coeficiente de variação na área 2 apresentou menores valores, demonstrando maior precisão nos resultados, em relação ao CV da análise da área 1. Dessa forma, diante desses resultados a área 2 se destaca para repetição do

experimento, ou para selecionar os melhores indivíduos com caracteres mais interessantes para a indústria.

Na tabela 5 estão descritos os parâmetros genéticos para os caracteres analisados. Sendo os parâmetros considerados que mais descrevem o presente estudo: Variação entre blocos ( $S^2 B$ ); Variação Genética ( $S^2 G$ ); Variação Total ( $S^2 T$ ); Herdabilidade média (HM) e Coeficiente de variação genética (CVG).

**Tabela 5.** Estimativa dos parâmetros genéticos das plantas das duas áreas estudadas. Diâmetro à altura do peito (DAP), Altura (ALT), Alkali efetivo (ALCEF), Rendimento depurado (RENDD), Densidade básica (DENS B), Volume de madeira (VMAD) e Peso de celulose (PCEL) em famílias de *Eucalyptus* spp plantados em dois ambientes.

Área 1							
Estimativas	DAP	ALT	ALCEF	RENDD	DENS B	VMAD	PCEL
$S^2 B$	0,021	0,064	0,117	0,758	200,419	0,00001	1,2386
$S^2 G$	1,802	2,875	0,566	0,348	315,355	0,00074	20,905
$S^2 T$	8,608	16,108	3,411	6,729	2005,316	0,0038	112,073
HM	0,855	0,819	0,745	0,257	0,723	0,8485	0,837
CVG	11,434	9,566	4,944	1,175	4,920	28,52	29,07
Área 2							
$S^2 B$	-0,003	-0,010	0,104	0,040	7,468	0,0	-0,05764
$S^2 G$	1,986	2,026	0,627	0,509	165,993	0,00083	29,072
$S^2 T$	8,075	14,262	2,782	2,283	1485,781	0,00356	123,75
HM	0,902	0,823	0,880	0,875	0,667	0,8999	0,8991
CVG	12,127	7,616	5,233	1,405	3,283	29,523	30,411

Ao comparar os caracteres avaliados, o DAP apresentou maior herdabilidade média, juntamente com os caracteres tecnológicos VMAD e PCEL. A avaliação deste parâmetro é indicada para trabalhos que tem como objetivo selecionar materiais genéticos superiores, onde altos valores desse parâmetro são favoráveis para este fim (TAMBURASSI, 2017).

Diversos trabalhos na literatura apresentam valores de herdabilidade média acima de 0,70 para os caracteres DAP e ALT, em diferentes idades (BELTRAME et al., 2012; MASSARO et al., 2010; MORAES et al., 2014). Por esse motivo, a seleção de materiais genéticos deve ter por base a herdabilidade média e não a herdabilidade de sentido amplo.

De acordo com Moraes (2015), as estimativas de herdabilidade são um dos componentes mais importantes dentre os parâmetros genéticos por quantificar a variação fenotípica herdável que pode ser explorada na seleção.

Rosado (2012) encontrou valores menores para variância genética com relação a variável DAP de 1,16, enquanto no presente trabalho esses valores foram de 1,80 e 1,99, na área 1 e área 2, respectivamente.

### **Considerações Finais**

Os dois ambientes em estudo apresentam comportamento semelhante no que se refere a produtividade e qualidade da madeira, porém a área 2 apresenta valores melhores do que da área 1.

A área 2 apresentou valores maiores nas médias das variáveis de *Eucalyptus* spp., assim como para os parâmetros genéticos, o que demonstra a superioridade deste ambiente em relação a área 1 para características diretamente relacionadas com a produtividade de madeira e celulose.

Conclui-se que, a partir das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos, a população que tem indivíduos superiores quando analisados caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira, é a população da área 2.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. Rio de Janeiro. Norma NBR n<sup>o</sup> 11941. Março 2003.

ABRAF (Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas). Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília, 2013. 148p.

CORREIA, P. R. M.; FERREIRA, M. M. C. Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados; explorando procedimentos quimiométricos para tratamento de dados analíticos. **Química Nova**, v.30, p. 481-487, 2007.

CUPOLILLO, F.; ABREU, M. L. & CASTRO, F. V. F. Climatologia do regime pluviométrico na Bacia do Rio Doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14, FlorianópolisFlorianópolis , 2006, p. 1-7.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2004. v. 1, 480p.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. 1 ed. Viçosa, UFV, 2005, 391 p.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPT, 5., 1997, Salvador. **Proceedings...** Salvador: IUFRO, 1997. p. 14-34. FRAGOSO, Alexandre Martins. Caracterização nutricional e parâmetros genéticos de *Eucalyptus grandis* com aplicação de sub-dose de 2,4-D. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018.

FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Effect of Different Progeny Test Strategies in the Performance of Eucalypt Clones. **Silvae Genetica** 61, 3. 2012.

GASPAROTTO, Luadir. et al. **Doenças da seringueira no Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI; Manaus: Embrapa-CPAA, 1997.

- GOMIDE, J. L.; NETO, H. F.; LEITE, H. G. Estratégia de análise da qualidade de madeira de *Eucalyptus* sp. para produção de celulose. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n.3, p.443-455, 2004
- 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**, v.29, n.1, p. 129-137, 2005.
- GONÇALVES, F. et al. Progresso genético por meio de seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.295-301, 2001.
- GRACE, T. M., LEOPOLD, B., MALCOLM, E. W. Chemical reactions of wood constituents. In: GRACE, T. M. LEOPOLD, B., MALCOLM, E. W. (Ed). **Pulp and paper manufacture**. 3. ed. Atlanta: TAPPI, CPPA, v. 5, p. 23-44, 1989.
- LIN, S. Y.; DENCE, C. W. Methods in lignina chemistry. Berlin: **Springer-Verlag**, 1992. 578p.
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v.4, n.5, p. 1335-1340, 2002.
- MENASCHE, Renata. Agricultura familiar à mesa: Saberes e práticas da alimentação no Vale do Taquari. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- MORAES, C. B.; CARVALHO, E. V.; ZIMBACK, L.; LUZ, O. S. L.; PIERONI, G. B.; MORI, E. S.; LEAL, T. C. A. B. Variabilidade genética em progênies de meios-irmãos de eucaliptos para tolerância ao frio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 6, p.1047-1054, 2015.
- ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; RESENDE JÚNIOR, M. F. R.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1653-1659, 2009.
- ROSADO, A. M. et. al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.47, n.7, p.964-971, 2012.
- RESENDE, M. D. V. de. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.
- RESENDE, M. D. V. de. **Software SELEGEN-REML/BLUP**. Colombo: Empresa Florestas, 2002. 67p. (Embrapa Florestas. Documentos, 77).

SILVA, L. F. et al. Deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos. **Cerne**, v.20, n.3, p.393-400, 2014.

SILVA, A. M., et al. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.40, n.12, p. 1223-1230, 2005.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. **Agriculture Handbook**. Washington, DC: USDA, v. 537, 58 p., 1978.

WOLD, S.; SJOSTROM, M.; ERIKSSON, L. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 58, p. 109-130, 2001.

## Capítulo II

# **MÉTODOS DE SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE *EUCALYPTUS* SPP. PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA E CELULOSE EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES**

## MÉTODOS DE SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE *EUCALYPTUS* SPP. PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA E CELULOSE EM ÁREAS DE DIFERENTES ALTITUDES

**Autor:** Sara Helen Nascimento Dias da Silva

**Orientador:** Ricardo Franco Cunha Moreira

**Co-orientador:** Antônio Marcos Rosado

**Resumo:** Os programas de melhoramento genético florestal buscam identificar indivíduos mais adaptados, sendo, o conhecimento da variabilidade genética dos indivíduos de fundamental importância para a seleção dos mesmos. Foram selecionados clones provenientes de 112 famílias resultantes de cruzamento entre cinco espécies de *Eucalyptus* spp. com genitores conhecidos. O experimento foi implantado em duas áreas diferentes na cidade de Pingo d'Água

– MG, com delineamento inteiramente casualizado em 5 blocos contendo 8 plantas por família, cada. Foi realizada a análise de Seleção Combinada no programa genes e de Seleção REML/BLUP no SELEGEN – 33. O objetivo do presente estudo é analisar a seleção, comparando ganhos genéticos preditos para caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira para indivíduos de *Eucalyptus* spp, visando definir qual o melhor método de seleção a ser adotado em um programa de melhoramento genético, que objetiva selecionar indivíduos superiores para as características de interesse, visando a clonagem e futuros cruzamentos, por meio da avaliação de caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira em ambientes distintos. Foi possível avaliar quais os maiores ganhos fenotípicos e genotípicos a fim de selecionar os melhores indivíduos e ter conhecimento de quais espécies podem ser escolhidas para utilização em clones com caracteres mais desejáveis para o setor industrial. Os cruzamentos entre as espécies *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. tereticornis* foram os que contribuíram para os maiores ganhos genéticos dentre as características estudadas. Recomenda-se montar uma nova matriz de cruzamento com apenas os melhores genitores identificados neste estudo, a fim de se obter uma população com valores médios melhores que os obtidos nesta população.

**Palavras-chave:** Seleção; Cruzamento; Melhores indivíduos.

## 1. Introdução

Os programas em melhoramento genético florestal estão cada vez mais preocupados em discutir e apresentar novos métodos de pesquisa para selecionar os genótipos mais adaptados a diversos ambientes e aqueles que apresentam as melhores características de madeira, visando o mercado consumidor dessa importante matéria-prima (ASSIS, 2015).

O conhecimento da variabilidade genética e controle genético é de fundamental importância para a seleção de indivíduos superiores e, portanto, para o melhoramento genético florestal. Costa (2015), estudando os valores de ganhos genéticos a partir da seleção individual em progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus camadulensis*, percebeu alta variabilidade genética nos caracteres Diâmetro a altura do peito (DAP) e Altura (ALT).

O estudo da variabilidade genética de espécies de *Eucalyptus* a partir da estimativa de parâmetros genéticos tem sido muito utilizada entre os pesquisadores na área do melhoramento genético florestal (CAPPA, 2018; TATAGIBA, 2016; GARCIA, 2005).

Moraes (2007), estudando progênies de *Eucalyptus dunni*, encontrou diferenças significativas entre as progênies para características silviculturais, estimando os parâmetros genéticos.

Estudos com progênies de *Eucalyptus urophylla* indicaram forte controle genético dos caracteres de crescimento e de qualidade da madeira com obtenção de ganhos genéticos no processo de seleção de indivíduos superiores (HENRIQUES, 2017).

Rosado (2009), avaliando parâmetros genéticos e comparando os ganhos por meio de diferentes métodos de seleção em MG, encontrou ampla magnitude na herdabilidade das variáveis estudadas, permitindo selecionar os indivíduos pelo alto controle genético observado em famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus urophylla*.

De acordo com Santos (2013), os cruzamentos que originaram clones com maior produtividade foram *E. urophylla* x (*E. camadulensis* x *E. grandis*), *E. grandis* x (*E. urophylla* x *E. grandis*), *E. saligna* x (*E. grandis* x *E. urophylla*) e *E. grandis* x *E. kirtoniana* (*E. robusta* x *E. tereticornis*) e *E. grandis* x *E. urophylla*.

Diversos autores fazem trabalhos no âmbito do melhoramento genético de eucalipto, principalmente com o intuito de buscar indivíduos com melhores características silviculturais para fins industriais.

Os aspectos mais estudados pelos pesquisadores são referentes ao crescimento e produtividade das espécies de eucalipto, principalmente analisando as variáveis DAP e altura.

Rosado (2012), estudando comportamento de indivíduos *Eucalyptus* spp. em Sabinópolis – MG, em quatro ambientes diferentes, selecionou clones com base nos valores de DAP, altura e volume total, além de analisar a adaptabilidade e estabilidade desses clones, comparando quatro ambientes diferentes.

Apesar da grande quantidade de trabalhos na área de melhoramento, ainda são poucos os trabalhos sobre a seleção de genótipos superiores avaliando caracteres da tecnologia da madeira do eucalipto e comparando diferentes áreas.

Os caracteres Volume de madeira (VMAD) e Peso de celulose (PCEL), juntamente com o Rendimento depurado (RENDD) e a Densidade básica (DENSB), são de importância direta para o conhecimento de características tecnológicas da madeira.

Dessa forma, o presente estudo visa avaliar o ganho genético em dois ambientes para as progênies de irmãos completos de Eucaliptos em comparativo aos métodos de seleção e destacar as superiores com base em caracteres de crescimento e tecnológicos da madeira.

## **2. Material e Métodos**

O teste foi implantado em 2007 no vale do Rio Doce, no município de Pingo d' Água em Minas Gerais, situado a 19<sup>o</sup>43'39" de latitude sul e 42<sup>o</sup>24'29" de longitude oeste, em duas áreas de altitudes diferentes: terreno plano de

baixada (área 1) e terreno inclinado (área 2). Foi realizado um teste de progênie com diferentes espécies de eucalipto.

Foram avaliadas 112 famílias de *Eucalyptus* spp., em que cada família foi definida como um cruzamento específico (Tabela 1 - anexo), com genitor masculino e feminino conhecidos, denominadas famílias de irmãos completos. As medições foram realizadas aos 3 anos após plantio do experimento pela empresa Tecsil.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em 5 blocos e 8 plantas por família em cada bloco, plantadas em linha. Aos três anos de idade, alcançados no ano 2010, foram mensurados em campo os caracteres: para diâmetro à altura do peito (DAP), a 1,30 cm do nível do solo, com auxílio de uma fita diamétrica; altura total, utilizando um inclinômetro (ALT, em m); densidade básica da madeira ( $\text{kg/m}^3$ ) com a utilização do aparelho pilodyn (Figura 1); e o rendimento depurado de celulose com espectroscopia de infravermelho próximo (NIR).

### **Comparação entre as estratégias de seleção**

A partir dos dados obtidos, foi possível comparar os diferentes métodos de seleção. As metodologias comparadas foram:

- 1) Seleção entre e dentro de progênie: onde foram selecionadas 28 famílias a porcentagem de seleção de 25%. Na seleção dentro, as 28 famílias foram selecionadas em cada bloco, onde cada família foi representada por dois indivíduos, totalizando a seleção de 280 indivíduos selecionados.
- 2) Seleção massal: Foram selecionados os melhores 280 indivíduos de acordo com o valor fenotípico obtido a partir da análise.
- 3) Seleção massal estratificada: Nesse caso a seleção foi realizada por estratos, neste caso como o experimento foi dividido por blocos, a seleção foi realizada por bloco, totalizando 280 indivíduos selecionados.
- 4) Índice de seleção combinada: utilizou-se o índice de seleção combinado apresentado por Resende (2002), onde as informações do indivíduo e

de sua progênie são combinadas pela atribuição de pesos ótimos a duas fontes de informação. Utilizou-se a seguinte expressão:

$$G_{ijk} = b_1(Y_{ijk} - Y_{.j.}) + b_2(Y_{i..} - Y_{...})$$

- 5) Seleção via REML/BLUP: Em que REML (máxima verossimilhança restrita) estima parâmetros genéticos e BLUP (melhor predição linear não viciada) prediz os valores aditivos e genotípicos; utilizou-se o software Selegen para estimar os componentes de variância e conseqüentemente o ordenamento dos indivíduos pelo valor genético. A seleção de árvores neste procedimento se baseou no valor genético dos indivíduos (árvores) listados.

### **Análise REML/BLUP**

Foi realizada análise no programa Selegen pelo Modelo 33 para obter valores de ganhos genéticos e fenotípicos das progênies analisadas nos dois ambientes diferentes.

### **3. Resultados e Discussão**

Foi possível identificar quais variáveis que melhor responde aos objetivos do trabalho em função dos caracteres que mais interessam o estudo do melhoramento genético florestal.

A tabela 1 demonstra os ganhos fenotípicos obtidos de uma população original de 1792 indivíduos a partir de 280 indivíduos selecionados - seleção a 25% em análise do Genes, comparando diferentes métodos de seleção, nas duas áreas de estudo.

**Tabela 1.** Porcentagem dos ganhos fenotípicos entre diferentes estratégias de seleção para progênies de diversas espécies de *Eucalyptus* spp. em áreas de diferentes altitudes.

ÁREA 1						
	DAP	ALT	RENDD	DENSB	VMAD	PCEL
<b>Seleção Massal</b>	46,68%	32,70%	5,70%	22,76%	161,66%	156,59%
<b>Seleção Entre e Dentro</b>	38,08%	29,41%	4,21%	16,04%	124,94%	117,91%
<b>Seleção Combinada</b>	40,19%	30,88%	4,66%	18,53%	139,04%	136,22%
<b>REML/BLUP</b>	39,23%	24,14%	4,35%	1,30%	138,44%	142,91%
ÁREA 2						
	DAP	ALT	RENDD	DENSB	VMAD	PCEL
<b>Seleção Massal</b>	44,60%	33,23%	-0,19%	19,85%	128,74%	141,49%
<b>Seleção Entre e Dentro</b>	37,61%	25,68%	4,45%	13,26%	102,00%	113,25%
<b>Seleção Combinada</b>	39,90%	24,34%	4,99%	15,00%	114,78%	126,82%
<b>REML/BLUP</b>	37,92%	20,77%	4,44%	11,05%	110,81%	122,62%

DAP – diâmetro a altura do peito; ALT – altura; ALCEF – álcali efetivo; RENDD – rendimento depurado; DENSB – densidade básica; VMAD – volume de madeira (m<sup>3</sup>); PCEL – peso de celulose.

Foi possível perceber que os métodos de seleção que distinguiram árvores com maiores valores médios para as características estudadas

foram, Seleção Massal e Seleção REML/BLUP pois os valores apresentados referem-se ao

percentual de ganho, que considera para seu cálculo a média inicial da população e a média das árvores selecionadas.

Furtini (2012), avaliando o comportamento de clones, testou a eficácia de diferentes estratégias de seleção individual com teste de progênie e o seu desempenho no teste clonal. Demonstrando uma das utilizações da comparação de métodos de seleção na área do melhoramento genético florestal.

Além de avaliar os ganhos sobre as características DAP e ALT, as variáveis VMAD e PCEL, são de grande importância direta, pois expressam o volume de madeira e peso de celulose produzido por unidade de área. Assim, as variáveis VMAD e PCEL apresentaram valores expressivos de ganhos, sendo eles respectivamente 139,04% e 136,22%, para o método de Seleção Combinada, em relação a população inicial.

Os maiores ganhos fenotípicos foram encontrados na Seleção Massal (Tabela 2), onde as plantas são selecionadas de forma fenotípica, sendo 5,70% para REND, 22,76% para DENSB, 161,66% para VMAD e 156,59% para PCEL. Estes valores, quando comparados aos ganhos genéticos, se apresentam superiores.

Na Tabela 2 é possível observar que o maior ganho fenotípico para todas as variáveis foi obtido na área 2 para o método REML/BLUP. Os caracteres de VMAD e PCEL apresentaram os maiores percentuais de ganho, seguida pelas variáveis DAP e ALT.

Diante dos valores encontrados é factível perceber a média de ganho para os indivíduos que foram selecionados, e dessa forma escolher quais espécies apresentam melhores valores, sendo assim esses indivíduos possuem caracteres fenotípicos mais interessantes para a indústria.

A partir da mesma análise, foram obtidos porcentagem de ganhos genéticos (Tabela 3) para os diferentes métodos de seleção para os caracteres avaliados. Sendo possível comparar a quantidade de ganho fenotípico e genotípico do experimento.

**Tabela 2.** Porcentagem dos ganhos genéticos entre diferentes estratégias de seleção para progênies de diversas espécies de *Eucalyptus* spp. em áreas de diferentes altitudes.

Variáveis	Massal	Combinada	Entre e Dentro	REML/BLUP
Área 1				
DAP	19,54%	23,61%	20,12%	23,84%
ALT	13,52%	19,06%	13,87%	20,45%
RENDD	0,59%	1,28%	0,74%	1,31%
DENSB	7,16%	9,30%	7,46%	9,46%
VMAD	57,41%	58,2%	57,63%	58,43%
PCEL	58,42%	58,76%	58,69%	58,85%
Área 2				
DAP	21,93%	26,40%	22,15%	26,78%
ALT	9,44%	15%	10,12%	15,48%
RENDD	2,53%	2,98%	2,61%	3,01%
DENSB	4,43%	5,78%	4,89%	6,04%
VMAD	62,72%	63,58%	63,94%	63,74%
PCEL	64,41%	65,55%	65,98%	65,79%

DAP, Diâmetro da altura do peito; ALT, Altura; ALCEF, Alkali efetivo; RENDD, Rendimento depurado; DENSB, Densidade básica; VMAD, Volume de madeira; PCEL, Peso de celulose.

Diante dos valores demonstrados na Tabela 3, é possível identificar maior porcentagem de ganhos para as variáveis VMAD e PCEL nas duas áreas estudadas na Seleção REML/BLUP.

Os valores de DAP e ALT encontrados, tanto para a área 1 quanto para a área 2, foram superiores ao encontrado por Rosado (2009), que estudou progênies de meio irmãos de *Eucalyptus urophylla* aos 4 anos de

idade, em MG. Na seleção combinada a porcentagem do ganho genético foi de 23,61

para DAP e 19,06 para ALT na área 1, e 26,40 para DAP e 15 para ALT na área 2 aos três anos de idade, enquanto que em seu trabalho, Rosado encontrou valores de 11,11 para DAP e 7,88 para ALT aos 4 anos de idade.

### **Considerações Finais**

A partir do estudo realizado foi possível selecionar os melhores indivíduos, sendo possível ter conhecimento de quais espécies podem ser escolhidas para resultar em clones com caracteres mais desejáveis para o setor industrial.

Os cruzamentos entre as espécies *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. tereticornis* foram os que contribuíram para os maiores ganhos genéticos dentre as características estudadas. Demonstrando que estas espécies apresentam maior potencial para gerar clones superiores, com as melhores características desejáveis no setor industrial.

Recomenda-se montar uma nova matriz de cruzamento com apenas os melhores genitores identificados neste estudo, a fim de se obter uma população com valores médios melhores que os obtidos nesta população.

As melhores progênies poderão servir como matrizes para produção de clones comerciais. Como também para compor o pomar de hibridação, visando produzir uma segunda geração de progênies superiores.

## **Conclusão Geral**

A partir do presente estudo, tornou possível explorar dados de maior interesse para indústria de celulose e papel, pois além de características de crescimento também foram avaliadas características tecnológicas da madeira.

De maneira geral, tanto para os parâmetros genéticos quanto para a comparação de métodos de seleção, a área 2 – terreno inclinado, possui uma população com indivíduos que apresentam maiores valores em comparação aos indivíduos da área 1.

Diante desse estudo é possível selecionar indivíduos melhorados a partir do cruzamento entre as espécies *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e *E. tereticornis*, que foram os cruzamentos que obtiveram os melhores resultados no estudo realizado.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. Rio de Janeiro. Norma NBR n<sup>o</sup> 11941. Março 2003.
- CAPPA, E. P. et. al. Genomic-based multiple-trait evaluation in *Eucalyptus grandis* using dominant DArT markers. **Plant Science** 271, p. 27-33, 2018.
- CASTRO, C. E. C. de; SILVA, P. H. M. da; ARAÚJO, M. J. de; MIRANDA, A. C.; MORAES, M. L. T. de; PAULA, R. C. de. Adaptabilidade, estabilidade e produtividade de progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. *Sci. For.*, Piracicaba, v.46, n.118, p.157-166, jun. 2018.
- CORREIA, P. R. M.; FERREIRA, M. M. C. Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados; explorando procedimentos quimiométricos para tratamento de dados analíticos. **Química Nova**, v.30, p. 481-487, 2007.
- COSTA, R. B. da; et. al. Variabilidade e ganhos genéticos com diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus camaldulensis*. *Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v.58, n.1, p.69-74, jan./mar. 2015.
- CRUZ, C. D.; FERREIR, F. M.; PESSONI, L. A. *Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética*. Viçosa: UFV, 2008.
- FURTINI, I. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. Effect of Different Progeny Test Strategies in the Performance of Eucalypt Clones. **Silvae Genetica** 61, 3. 2012.
- GARCIA, C. H.; NOGUEIRA, M. C. S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.68, p.107-112, ago. 2005.
- GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra, In: *Lignins: occurrence, formation, structure and reactions*, K. V. Sarkanen, & C. H. Ludwig. New York, John Wiley & Sons. p.241-266, 1971.
- GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: Métodos Klason modificado. *O Papel* 47 (8): 36-38, 1986.
- GRACE, T. M., LEOPOLD, B., MALCOLM, E. W. Chemical reactions of wood constituents. In: GRACE, T. M. LEOPOLD, B., MALCOLM, E. W. (Ed). **Pulp and paper manufacture**. 3. ed. Atlanta: TAPPI, CPPA, v. 5, p. 23-44, 1989.

LIN, S. Y.; DENCE, C. W. Methods in lignina chemistry. Berlin: **Springer-Verlag**, 1992. 578p.

NIERI, E. M.; et. al. Comportamento silvicultural de espécies florestais em arranjo para integração pecuária floresta. *FLORESTA*, Curitiba, PR, v.48, n.2, p. 195-202, abr./jun. 2018.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de Pinus taeda L.** 2005. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

RESENDE, M. D. V. de. SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; RESENDE JR, M. F. R.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Ganhos genéticos preditos por diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus urophylla*. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.44, n.12, p. 1653-1659, dez. 2009.

ROSADO, A. M. et. al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.47, n.7, p.964-971, jul. 2012.

SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, L. D.; HIGA, A.; ASSIS, T. F. Adaptabilidade de híbridos multiespécies de eucalyptus ao estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.4, p.759-769, 2013.

SOUZA, T. da S.; RAMALHO, M. A. P.; LIMA, B. M. de; REZENDE, G. D. S. P. Desempenho de clones de eucalipto em função de condições ambientais. *Sci. For.*, Piracicaba, v.45, n.116, p. 601-610, dez. 2017.

TAPPI TECHNICAL DIVISIONS AND COMMITTEES. **TAPPI Test Methods**, Atlanta: Tappi Press, 1998.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; VINCO, J. S.; PINHEIRO, A. A. Crescimento de clones de eucalipto em diferentes condições microclimáticas e lâminas de água no substrato. *Irriga*, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 104-118, janeiro-março, 2016.

WOLD, S.; SJOSTROM, M.; ERIKSSON, L. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 58, p. 109-130, 2001.

## ANEXOS

Tabela 1. Cruzamentos das diferentes espécies de eucaliptos.

<b>Progênie</b>	<b>Cruzamento</b>	<b>Mae</b>	<b>Pai</b>
1	URO77xCAM42	URO77	CAM42
2	URO247xTER203	URO247	TER203
3	GRA1xUROV1278	GRA1	UROV1278
4	GRA4xURO66	GRA4	URO66
5	GRA4xURO1056	GRA4	URO1056
6	GRA4xURO1058	GRA4	URO1058
7	GRA10xUROV1450	GRA10	UROV1450
8	GRA10xUROV1453	GRA10	UROV1453
9	GRA16xURO2(PH16)	GRA16	URO2(PH16)
10	GRA16xURO7(PH)	GRA16	URO7(PH)
11	GRA17xCAM140	GRA17	CAM140
12	GRA21xURO23	GRA21	URO23
13	GRA21xURO29	GRA21	URO29
14	GRA21/11xURO1(PH14)	GRA21/11	URO1(PH14)
15	GRA24xURO49	GRA24	URO49
16	GRA24xUROV1450	GRA24	UROV1450
17	GRA27xCAM140	GRA27	CAM140
18	GRA27xCAM141	GRA27	CAM141
19	GRA28xURO71	GRA28	URO71

20	GRA28/2xURO70	GRA28/2	URO70
21	GRA28/2xUROV1286	GRA28/2	UROV1286
22	GRA28/2xCAM42	GRA28/2	CAM42
23	GRA28/3xCAM29	GRA28/3	CAM29
24	GRA28/3xCAM52	GRA28/3	CAM52
25	GRA31/2xURO2	GRA31/2	URO2
26	GRA33/2xURO57	GRA33/2	URO57
27	GRA34/2xURO49	GRA34/2	URO49
28	GRA34/2xURO53	GRA34/2	URO53
29	GRA34/2xUROV1286	GRA34/2	UROV1286
30	GRA36xCAM230	GRA36	CAM230
31	GRA36xCAM247	GRA36	CAM247
32	GRA36xURO370	GRA36	URO370
33	GRA36xURO77	GRA36	URO77
34	GRA39xUROV374	GRA39	UROV374
35	GRA41xURO9	GRA41	URO9
36	GRA41xURO46	GRA41	URO46
37	GRA41xURO48	GRA41	URO48
38	GRA41xCAM13	GRA41	CAM13
39	GRA41xCAM52	GRA41	CAM52
40	GRA41xCAM226	GRA41	CAM226
41	GRA42xUROV1196	GRA42	UROV1196
42	GRA43xDUN10	GRA43	DUN10
43	GRA43xURO16	GRA43	URO16
44	GRA43xURO70	GRA43	URO70
45	GRA44xUROCAMP12	GRA44	UROCAMP12



46	GRA45/2xURO51	GRA45/2	URO51
47	GRA45/3xDUN10	GRA45/3	DUN10
48	GRA45/3xURO7	GRA45/3	URO7
49	GRA46xURO16	GRA46	URO16
50	GRA51xUROV1403	GRA51	UROV1403
51	GRA52xURO14	GRA52	URO14
52	GRA52xURO23	GRA52	URO23
53	GRA52xURO46	GRA52	URO46
54	GRA52xURO66	GRA52	URO66
55	GRA53xDUN10	GRA53	DUN10
56	GRA53xURO4	GRA53	URO4
57	GRA53xURO9	GRA53	URO9
58	GRA54xURO14	GRA54	URO14
59	GRA55xCAM13	GRA55	CAM13
60	GRA56xUROV374	GRA56	UROV374
61	GRA56xUROV1183	GRA56	UROV1183
62	GRA58xCAM119	GRA58	CAM119
63	GRA58xCAM249	GRA58	CAM249
64	GRA58xTER50	GRA58	TER50
65	GRA58xTER56	GRA58	TER56
66	GRA60/1xURO63	GRA60/1	URO63
67	GRA61/2xCAM249	GRA61/2	CAM249
68	GRA61/2xCAM251	GRA61/2	CAM251
69	GRA64/2xURO66	GRA64/2	URO66
70	GRA65xCAM6	GRA65	CAM6
71	GRA66xURO23	GRA66	URO23



72	GRA70xURO2(PH)	GRA70	URO2(PH)
73	GRA77xURO29	GRA77	URO29
74	GRA77xURO48	GRA77	URO48
75	GRA78xURO57	GRA78	URO57
76	GRA78xURO68	GRA78	URO68
77	GRA78xURO70	GRA78	URO70
78	GRA82xDUN10	GRA82	DUN10
79	GRA82xUROV1286	GRA82	UROV1286
80	GRA90xCAM42	GRA90	CAM42
81	GRA90xCAM52	GRA90	CAM52
82	GRA90xCAM116	GRA90	CAM116
83	GRA90xCAM119	GRA90	CAM119
84	GRA94xURO5	GRA94	URO5
85	GRA94xURO16	GRA94	URO16
86	GRA94xURO22	GRA94	URO22
87	GRA94xURO23	GRA94	URO23
88	GRA96xUROV1286	GRA96	UROV1286
89	GRA96xUROV1299	GRA96	UROV1299
90	GRA97xCAM13	GRA97	CAM13
91	GRA97xCAM29	GRA97	CAM29
92	GRA97xCAM141	GRA97	CAM141
93	GRA241/2xDUN10	GRA241/2	DUN10
94	GRA241/2xTER56	GRA241/2	TER56
95	GRAC161xTER44	GRAC161	TER44
96	GRAC161xTER202	GRAC161	TER202
97	GRAC161xTER204	GRAC161	TER204

98	GRAC198xCAM119	GRAC198	CAM119
99	GRAC198xURO19	GRAC198	URO19
100	GRA2719(CC)xURO370/3	GRA2719(CC)	URO370/3
101	GRA2719(CC)xTER42	GRA2719(CC)	TER42
102	GRA2735(CC)xDUN10	GRA2735(CC)	DUN10
103	GRA2735(CC)xCAM166	GRA2735(CC)	CAM166
104	GRA2735(CC)xTER203	GRA2735(CC)	TER203
105	GRA2792(CC)xURO77	GRA2792(CC)	URO77
106	GRA2796(CC)xCAM13	GRA2796(CC)	CAM13
107	GRA2796(CC)xCAM19	GRA2796(CC)	CAM19
108	GRAC7182xURO61	GRAC7182	URO61
109	GRAC7182xURO70	GRAC7182	URO70
110	GRAC7182xURO370	GRAC7182	URO370
111	GRAC7193xURO1(PH14)	GRAC7193	URO1(PH14)
112	GRAC7193xURO8(PH14)	GRAC7193	URO8(PH14)