



**RAFAELLA MARIA DOS REIS**

**PARÂMETROS GENÉTICOS EM TESTES CLONAIIS DE  
CEDRO AUSTRALIANO**

**LAVRAS-MG  
2019**

**RAFAELLA MARIA DOS REIS**

**PARÂMETROS GENÉTICOS EM TESTES CLONAIIS DE  
CEDRO AUSTRALIANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Engenharia  
Florestal, para obtenção do título de Bacharela.

Dr.<sup>a</sup> Flávia Maria Avelar Gonçalves  
(Orientadora)

Dr. Lucas Rodrigues Rosado  
(Coorientador)

**LAVRAS-MG  
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Reis, Rafaella Maria dos.

Parâmetros genéticos em testes clonais de cedro australiano /  
Rafaella Maria dos Reis. - 2019.  
35 p. : il.

Orientador(a): Flávia Maria Avelar Gonçalves.

Coorientador(a): Lucas Rodrigues Rosado.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Clones. 2. Componentes de variância. 3. Tonna ciliata. I.  
Gonçalves, Flávia Maria Avelar. II. Rosado, Lucas Rodrigues. III.  
Título.

**RAFAELLA MARIA DOS REIS**

**PARÂMETROS GENÉTICOS EM TESTES CLONAIIS DE  
CEDRO AUSTRALIANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Engenharia  
Florestal, para obtenção do título de Bacharela.

APROVADA em 28 de novembro de 2019.  
Dr.<sup>a</sup> Flávia Maria Avelar Gonçalves – UFLA.  
Dr. Lucas Rodrigues Rosado – UFLA.  
M.Sc. Heloisa Guimarães Santos – UFLA.

Dr.<sup>a</sup> Flávia Maria Avelar Gonçalves  
(Orientadora)

Dr. Lucas Rodrigues Rosado  
(Coorientador)

**LAVRAS-MG  
2019**

*A minha mãe Rosa Antônia, aos meus irmãos Iana e Douglas, ao meu noivo Matheus e a toda  
minha família, pelo amor incondicional.*

*DEDICO E OFEREÇO!*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter estado sempre ao meu lado e por ter me enviado o Espírito Santo para auxiliar nos momentos mais difíceis. A virgem Maria e ao seu Filho Jesus.

Agradeço a minha mãe Rosa Antônia que sempre foi meu exemplo de amor e dedicação, por tudo que ela fez e faz por mim. Seu amor para mim é tudo.

Ao meu noivo Matheus que sempre acreditou em mim e me deu todo suporte com seu amor.

A minha Irmã Iana que sempre foi meu exemplo de ser humano.

Ao meu irmão Douglas que mesmo distante sempre esteve comigo me dando forças.

A toda minha família, em especial, Sergina, José, Lucas e Fernanda que sempre esteve na torcida por mim.

Aos meus sogros Maria de Lourdes e Sebastião pela amizade e carinho que tem comigo.

Agradeço a Universidade Federal de Lavras que me proporcionou ensino acadêmico e aprendizado para a vida.

Agradeço a minha orientadora Flávia por toda gentileza e paciência que sempre teve comigo.

Ao meu coorientador Lucas Rosado que me ajudou inteiramente para realização desse trabalho.

A empresa Bela Vista Florestal por me conceder os dados.

A PRAEC que me proporcionou suporte para que pudesse concluir minha graduação.

As minhas amigas Stéphanie e Débora que caminharam juntas comigo e fizeram dessa caminhada mais divertida.

Ao eterno apartamento 303 bloco II do Brejão que foi minha morada e meu lar durante a graduação e ao nosso agregado Wagner Schiavoni que me deu apoio com suas visitas e conhecimento.

**MINHA ETERNA GRATIDÃO!**

*“Mas, buscai primeiro o reino de Deus, e a sua justiça, e todas estas coisas vos serão acrescentadas.”*

Mateus 6:33

## RESUMO

A espécie *Tonna ciliata*, conhecida como cedro australiano, é uma espécie florestal pertencente à família Meliaceae, sua madeira possui excelentes qualidades e possui alto valor agregado. Sua introdução no Brasil é recente, sendo portanto alvo de diversos estudos. O estudo teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos do diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura total em testes clonais de cedro australiano e selecionar clones superiores baseados no crescimento para reflorestamento em dois locais de Minas Gerais, Brasil. Os experimentos foram implantados em Minas Gerais nas cidades de Campo Belo, e João Pinheiro, em fevereiro de 2010, no delineamento de látice com 40 clones, 30 repetições e uma planta por parcela, com o espaçamento 3x2 m. As variáveis analisadas foram o diâmetro a altura do peito e altura, aos sete anos de idade. Os parâmetros genéticos e a predição dos valores genotípicos foram estimados pelo método REML/BLUP por meio do software Selegen. De acordo com os resultados obtidos, constata-se que existe variabilidade entre os clones analisados e que o comportamento deles diferiram nas duas localidades. A sobrevivência foi de 90% em Campo Belo e 28,92% em João Pinheiro. O teste clonal implantado em Campo Belo se mostrou mais favorável à condição ambiental do que em João Pinheiro, apresentando componentes de variância superiores, como variância genotípica, fenotípica, residual e, também, maior herdabilidade. O índice de coincidência entre os locais utilizando intensidade de seleção de 25% foi de 60% para DAP e de 30% para altura.

**Palavras-chave:** Clones. Componentes de variância. Interação genótipo x ambiente. *Tonna ciliata*. Variabilidade genética.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os 10 melhores clones de cedro australiano selecionados para a característica altura (em m) de acordo com os ganho genético médio por clone. ....	29
Figura 2 – Os 10 melhores clones de cedro australiano selecionados para a característica DAP (em cm) de acordo com os ganho genético médio por clone. ....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de deviance (ANADEV) para um teste de clones não aparentados na localidade de João Pinheiro-MG e Campo Belo-MG, respectivamente.....	24
Tabela 2 – Estimativas de parâmetros genéticos para as características DAP e altura em teste clonal de <i>T. ciliata</i> avaliada aos sete anos de idade nas cidades de Campo Belo-MG e na cidade de João Pinheiro-MG. ....	25
Tabela 3 – Análise de deviance (ANADEV) para um teste de clones não aparentados nas duas localidade simultaneamente.....	27
Tabela 4 – Estimativas de parâmetros genéticos analisados em conjunto para as características DAP e altura em teste clonal de <i>T. ciliata</i> avaliada aos 7 anos de idade nas cidades de Campo Belo-MG e na cidade de João Pinheiro-MG. ....	27
Tabela 5 – Estimativas do ganho de seleção em porcentagens (%) na idade de sete anos para as características DAP e altura em clones de cedro australiano nas localidades João Pinheiro, MG e Campo Belo, MG, com 25% de intensidade de seleção. ....	29

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	Descrição botânica e biologia floral do cedro australiano.....	14
2.2	Cedro australiano no Brasil .....	15
2.3	Parâmetros genéticos .....	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	20
3.1	Material genético .....	20
3.2	Localização das áreas experimentais.....	20
3.3	Teste clonal .....	20
3.4	Estimativa de parâmetros genéticos e estatísticos.....	21
3.5	Índice de coincidência .....	22
3.6	Ganho de seleção .....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4.1	Análise individual.....	24
4.2	Análise conjunta .....	26
4.3	Índice de coincidência .....	28
4.4	Ganhos de seleção.....	29
5	CONCLUSÃO .....	31
	REFERÊNCIAS .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por madeira de reflorestamento tem crescido juntamente com o termo sustentabilidade, contribuindo assim para a preservação de florestas nativas. Neste contexto as florestas plantadas são imprescindíveis na conservação ambiental, evitando o desmatamento de habitats naturais, protegendo a biodiversidade; preservando o solo e as nascentes de rios; recuperando áreas degradadas. É importante salientar que são fontes de energia renovável e contribuem para a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa por serem estoques naturais de carbono (IBÁ, 2015).

De acordo com o relatório do IBÁ (2018) a área ocupada de florestas plantadas é de 7,84 milhões de hectares, o que corresponde a 0,9% do território nacional. O setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país e os demais 9% vêm de florestas nativas. As florestas de produção são constituídas principalmente por espécies exóticas, como *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. nos quais alcançaram alta produtividade, com espécies e cultivares adaptadas a diversas regiões e são utilizadas no abastecimento de matéria-prima para os mais diversos setores, em especial o de carvão vegetal, celulose e resina (ABRAF, 2012).

O cultivo do cedro no Brasil iniciou na região do cerrado e se adaptou as regiões Sudeste e sul da Bahia. (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003; BRAGA; FURTINI-NETO; OLIVEIRA, 2015). Nassur et al. (2013) avaliou algumas árvores de cedro australiano provenientes de Marechal Floriano-ES, com dezoito anos de idade com a finalidade de avaliar as propriedades da madeira para definir estratégias de melhoramento. Ele concluiu que é viável a utilização de melhoramento genético visando a obtenção de indivíduos superiores a partir de plantações já estabelecidas. Segundo Santos (2011) programas de melhoramento genético de *Toonaciliata* estão sendo conduzidos em Minas Gerais, onde já foram selecionados genótipos de maiores produtividades.

O Brasil é líder em agricultura tropical e referência mundial em melhoramento de espécies florestais (RAMALHO, 2012a). O melhoramento genético do cedro australiano como de qualquer outra espécie florestal permite a seleção de genótipos superiores capazes de garantir uma maior produtividade e qualidade do tronco e da madeira a serem produzidos em futuros projetos de reflorestamento. Permitindo, assim, que os produtores florestais possam ter uma maior competitividade no mercado de produtos florestais e obter um maior retorno econômico. Existem várias ferramentas para que a pesquisa na área de melhoramento genético

se realize, dentre eles analisar a interação entre genótipos e ambientes e o uso de estimadores de parâmetros genéticos.

Parâmetros genéticos são estimadores que quantificam variabilidade genética para que seja realizada a caracterização da espécie. A determinação de seus valores caracterizam as populações, tais como a herdabilidade, variâncias genotípica, fenotípica e ganhos esperados com a seleção. Portanto, o conhecimento da variabilidade genética em uma população e a obtenção das estimativas de parâmetros genéticos são necessárias para predição do ganho e a escolha da melhor e mais viável estratégia de melhoramento genético (KAGEYAMA, 1980).

Os testes clonais ou os testes de progênes em vários ambientes são usados para identificar e recomendar materiais geneticamente superiores. Esses experimentos, normalmente, são conduzidos em diferentes condições edafoclimáticas. Assim, é possível selecionar clones ou progênes que apresentam a maior produtividade, adaptabilidade e a estabilidade.

O estudo teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos do diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura total em testes clonais de cedro australiano e selecionar clones superiores baseados no crescimento para reflorestamento em dois locais de Minas Gerais, Brasil.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Descrição botânica e biologia floral do cedro australiano

O cedro australiano, *Toonaciliata* M. Roem., é uma espécie florestal pertencente à família Meliaceae (LORENZI et al., 2003), subfamília Swietenioideae e tribo Cedreleae. É uma espécie caducifólia, pode atingir cerca de 50 m de altura e 150 cm de diâmetro à altura do peito (DAP) (LAMPRECHT, 1990).

A espécie possui tronco cilíndrico, com casca suberosa de cor marrom e ocupa o dossel da floresta (GOUVÊA, 2005). As folhas são compostas paripinadas, com 30-50 cm de comprimento e 10-16 folíolos membranáceos, medindo de 5-15 cm de comprimento, com ambas as faces de cor verde-clara (LORENZI et al., 2003). Suas árvores apresentam crescimento rápido e necessitam de altos níveis de radiação solar, embora seu estabelecimento inicial seja favorecido pelo sombreamento (SOUZA et al., 2009).

A *T. ciliata* possui preferência de solos bem drenados, profundos e eutróficos não tolerando alagamentos por longos períodos e nem geadas (LAMPRECHT, 1990; SOUZA et al., 2009). É uma espécie originária das regiões tropicais da Austrália que se adaptou bem ao Brasil, onde encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento, no sul da Bahia e em toda a região Sudeste (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003).

Suas flores estão reunidas em panículas terminais pendentes, menores que as folhas, com pedúnculo levemente ciliado, actinomorfas, unissexuais, heteroclamídeas, pentâmeras, com 3 a 4 mm de comprimento (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003). Os frutos são cápsulas lenhosas elipsoides, deiscentes, marrom-avermelhados, medindo de 2,0 a 2,8 cm de comprimento (LORENZI et al., 2003).

As sementes são aladas possuindo de 10 a 20 mm de comprimento e 3 mm de largura (SOUZA et al., 2009). Sua reprodução acontece por via sexual, ou seja, por meio da fecundação entre gameta masculino e feminino, gerando plantas diferentes umas das outras (LORENZI et al., 2003), mais, no entanto empresas tem investido na reprodução assexual por meio de produção de mudas clonais.

A sua florada acontece entre os meses de setembro a novembro e os frutos aparecem de janeiro a março (SOUZA et al., 2009). Suas flores apresentam os dois órgãos reprodutivos, sendo então chamada de plantas monoicas e de hermafroditas, geralmente apresentam flores funcionalmente masculinas e femininas na mesma inflorescência, e apenas a flor do centro de uma cima ou de uma cúpula de três flores é feminina, enquanto as flores laterais são

masculinas (STYLES, 1972).

Um estudo realizado por Vieira (2013) sobre inflorescências de cedro australiano, constatou que o diâmetro do pólen aumentou de forma gradual durante os estádios da antese e que existe viabilidade alta em todos durante a antese. Foi concluído também que o estágio de flor fechada é o mais indicado para a coleta de grãos de pólen para a realização de polinizações controlada sem programas de melhoramento genético.

A madeira apresenta densidade moderada e apresenta ampla utilização, como por exemplo: na construção de mobílias de luxo e embarcações, na produção de compensados, laminados, ornamento de interior, marcenaria, instrumentos musicais, caixas e engradados, entre outros. Relata-se também a extração de taninos e de substâncias de uso na produção de inseticidas e medicamentos (WORLD AGROFORESTRY CENTRE, 2006). A madeira marrom avermelhada é de fácil desdobro e processamento, além de exalar um odor agradável (LAMPRECHT, 1990).

Um estudo realizado por Sá (2009) analisou o potencial da madeira de cedro australiano aos quatro e aos dezoito anos de idade, provenientes de quatro localidades: Campo Belo, Cana Verde, Santo Antônio do Amparo e Marechal Floriano, na manufatura de painéis compensados, osb, aglomerados e cimento madeira, os resultados indicaram que a madeira do cedro australiano pode ser utilizada como fonte de matéria prima para a confecção de painéis aglomerados e painéis de cimento madeira independente da localidade e da idade.

Em áreas de ocorrência natural, a *T. ciliata* tem o crescimento significativamente reduzido em decorrência do ataque de *Hypsipyla robusta* (Lepidoptera: Pyralidae). Os intensos ataques nas plantações comerciais caracterizam o lepidóptero como uma das principais pragas da *T. ciliata* (CUNNINGHAM; FLOYD, 2006). Na América Latina, a *Toona* parece não ser atacada pela *Hypsipyla* spp. nativos, que são de espécies diferentes daquelas que ocorrem naturalmente na área de distribuição geográfica do cedro australiano (STYLES, 1972). Enquanto a praga *H. grandella* prefere cedrela, *Swietenia* a *H. robusta* tem preferência por *Toona*, *Khaya*, *Chukrasia* e *Xylocarpus* (BYGRAVE; BYGRAVE, 2005).

## 2.2 Cedro australiano no Brasil

Introduzido no Brasil no ano de 1973 (SOUZA et al., 2009). Seu cultivo iniciou na região do Cerrado adaptando-se bem às regiões sudeste e sul da Bahia (PINHEIRO; LANI; COUTO, 2003; BRAGA; FURTINI-NETO; OLIVEIRA, 2015). Em Minas Gerais o seu plantio vem sendo implementado na cidade de Campo Belo, situada a 945 m de altitude e

regime pluviométrico de 1250 mm, aonde vem sendo realizadas diversas pesquisas sobre a espécie (SANTOS, 2017).

Um estudo realizado por Moretti et al. (2011) na Universidade Federal de Lavras foi avaliou-se as exigências nutricionais da espécie. Foi verificado a apresentação de elevada exigência nutricional, sendo que os nutrientes P, N, S, Ca, K, Mg e Cu foram os mais limitantes ao crescimento das plantas, a aplicação de calcário também se mostrou essencial para o desenvolvimento das plantas de cedro australiano. De acordo com Oliveira (2016), o melhor crescimento e desenvolvimento do cedro australiano observado aos 180 dias após o plantio foi obtido quando se aplicou as doses de 45 kg/ha de N, 135 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 67,5 kg/ha de K<sub>2</sub>O.

O objetivo central de um programa de melhoramento genético é selecionar indivíduos superiores e estimar a variabilidade existente na espécie. O melhoramento genético de espécies florestais no Brasil ainda é uma ciência recente, que tem seu foco mais em espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*.

O uso de mudas clonais tem sido o modo de produção principal adotado pelas empresas florestais no Brasil, o que é fruto de estudos em melhoramento genético que pode possibilitar aumento significativo na produção. O uso em grande escala do processo de clonagem iniciou no Espírito Santo no ano de 1979 com a espécie do gênero *Eucalyptus* (TEIXEIRA, 2001).

Ao desenvolver um estudo com progênies de meios-irmãos de cedro australiano de origens diferentes da Austrália, Santos(2017) verificou que existe grande variabilidade genética na espécie e que é possível obter ganhos significativos na seleção de procedências, progênies e que indivíduos superiores podem ser alcançados.

Estudando clones de cedro australiano, Rosado (2019) constatou que os carboidratos não-estruturais (CNE) tem influência na plasticidade fenotípica, na sobrevivência e no crescimento da espécie, sendo possível selecionar indivíduos com melhor desempenho e plasticidade fenotípica.

Em testes clonais, a propagação vegetativa é a principal forma de disseminação de material genético. A propagação de plantas ocorre por multiplicação dos indivíduos por meio de métodos sexuais ou assexuais. Quando por forma sexual, ou seja, por sementes, a parte repassada aos descendentes é a aditiva, quando a multiplicação ocorre por método assexual o que se passa aos descendentes é a parte dominante(XAVIER, WENDLING; SILVA, 2009).

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar assexuadamente partes de plantas (células, tecidos, órgãos ou propágulos), originando assim indivíduos idênticos à

planta-matriz. É uma técnica que está sendo cada vez mais adotada em nível mundial, principalmente por sua maior efetividade em capturar os ganhos genéticos obtidos dos programas de melhoramento (WENDLING; XAVIER, 2003). Com esse método pode se ter um aumento considerado na produção tendo em vista que antes de se fazer a propagação tem se uma seleção de plantas superiores que são avaliadas em testes clonais em campo.

No Brasil, segundo Teixeira (2001), o uso do processo de clonagem florestal em grande escala iniciou-se em 1979, com o eucalipto no Espírito Santo. Com a introdução da clonagem no Brasil, na eucaliptocultura tem ocorrido grandes avanços, sendo responsáveis pelo estabelecimento de florestas homogêneas de elevada produtividade (ALFENAS et al., 2004; RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2005; RAMALHO et al.; 2012a).

Devido ao incremento da demanda por mudas de eucalipto e a necessidade de potencializar o processo de produção, os jardins clonais que antes eram conduzidos no campo passaram a ser conduzidos em condições controladas, a partir de mudas micropropagadas (microjardins clonais) ou mudas propagadas por mini-estaquia (minijardins clonais), reduzindo o ciclo de produção e aumentando, significativamente, a produtividade por área (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

A utilização da propagação vegetativa de espécies florestais, associada a programas de melhoramento, tem como finalidade acelerar o crescimento de árvores, aumentar a produtividade e gerar madeira de qualidade e homogênea (ALFENAS et al., 2004).

O cedro australiano era propagado exclusivamente por sementes, apesar de ela ocorrer de forma sazonal e com curta viabilidade (LORENZI et al., 2003; SCOCCHI et al., 2004). Ao se testarem, em viveiro, as matrizes clonais do cedro australiano, verificou-se a alta exigência nutricional e do tipo de substrato para que elas alcançassem padrões aceitáveis de qualidade morfológica (BENATTI et al., 2012). Trabalho realizado para avaliar a viabilidade da propagação vegetativa da espécie por mini-estaquia foi realizada por Souza et al. (2009) e foi constatado que o cedro australiano possui capacidade de enraizamento e brotação, o que possibilita e favorece a clonagem da espécie por esse meio.

### **2.3 Parâmetros genéticos**

De acordo com Ramalho, Ferreira e Oliveira (2005) e Ramalho et al. (2012b), parâmetro é uma constante inerente a uma população, cujo valor real é desconhecido. Segundo Hallauer e Miranda-Filho (1981) no melhoramento de plantas é de suma importância a estimativa de parâmetros genéticos nas populações de estudo para prever o progresso de

acordo com a intensidade e o tipo de seleção. As estimativas de parâmetros genéticos são essenciais num programa de melhoramento de plantas para que se tenha um conhecimento sobre a estrutura genética da população e para fins de seleção.

Os parâmetros genéticos estimados para análise de caracteres em um programa de melhoramento são herdabilidade, variância genotípica, fenotípica e ambiental, correlação genética dentre outros (AVIJALA, 2013).

A proporção herdável da variabilidade total é designada herdabilidade (FALCONER; MACKAY, 1996), ela informa que parte da variação da população em um fenótipo é atribuída a variação genotípica, o que possibilita estimar ganhos genéticos com a seleção (ALLARD, 1999). A herdabilidade pode ser estimada no sentido amplo sendo definida como coeficiente de determinação entre a variação genotípica e o valor fenotípico, ocasionada por efeitos dos genes ou então estimada no sentido restrito que é o coeficiente de determinação entre a variação genética aditiva e o valor fenotípico, sendo ocasionada por efeitos aditivos dos genes.

A partir da herdabilidade estimada, é possível fornecer embasamento para decisões em um processo de melhoramento. Portanto, faz-se necessário estimar a magnitude das variâncias de origem genética em detrimento as variâncias devido a influência ambiental (FALCONER, 1987). Uma estimativa de herdabilidade próxima de 1,0 permite indicar que os fatores ambientais tiveram pouca influência nas diferenças fenotípicas observadas. Por outro lado, uma estimativa de herdabilidade próxima de 0,0 indica que o ambiente responde pela maioria das diferenças observadas no fenótipo. Entretanto, uma alta herdabilidade não significa que uma característica não é afetada pelo ambiente visto que o genótipo e o ambiente interagem para produzir o fenótipo (GRIFFITS et al., 2011).

A herdabilidade é um valor variável, relacionado a propriedade de um caráter, da população estudada e das circunstâncias ambientais que o experimento foi avaliado (BURATTO, 2012). A herdabilidade no sentido amplo tem por objetivo a mensuração da importância relativa da variação genética, na expressão de uma característica quantitativa, em espécies que são propagadas assexuadamente, a variação entre clones ocorre devido às variâncias aditivas, de dominância e epistática (BERNARDO, 2014).

A determinação da variabilidade genética pode ser baseada no controle dos caracteres utilizados na seleção, sendo fundamental para a elaboração de estratégias eficientes de seleção. Um parâmetro importante na seleção e variabilidade de espécies vegetais é o conhecimento das correlações entre os caracteres de interesse botânico-agronômico, pois

permite direcionar estratégias a serem adotadas, maximizando os ganhos genéticos por meio dos ciclos de seleção (CARVALHO et al., 2001).

A seleção indireta em caracteres menos complexos com maior herdabilidade e de fácil mensuração, poderá resultar em maior progresso genético em relação ao uso de seleção direta (HARTWIG et al., 2006). A seleção por meio das correlações pode ser feita pelo modo indireto, no qual se dá por meio de caracteres correlacionados de alta herdabilidade que tem a seleção mais eficiente quando realizada sobre caracteres que lhe são correlacionados com caracteres de baixa herdabilidade ou problemas de identificação e medição. A correlação é uma medida do grau em que duas variáveis variam juntas, podendo ser negativa ou positiva. Portanto, os valores positivos ocorrem quando há aumento nas duas variáveis e os valores negativos quando há um acréscimo em uma e decréscimo em outra (BURATTO, 2012).

Ao estimar parâmetros genéticos em um estudo com progênies de *T. ciliata*, Rosado (2015) observou grande variabilidade genética entre e dentro das procedências. As estimativas de herdabilidade no sentido restrito foram de 0,34, 0,37, 0,31, 0,14 e 0,29 respectivamente para as características diâmetro a altura do peito, altura total, volume, coeficiente de esbelteza e forma do fuste. As correlações genéticas entre DAP com altura total e com volume foram de 0,92, 0,96, respectivamente, e de 0,88 para altura total e volume.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no Programa de Melhoramento Genético do cedro australiano (*Toonaciliata* var. *australis*) da empresa Bela Vista Florestal, a qual tem parceria de pesquisa com a Universidade Federal de Lavras (UFLA).

#### 3.1 Material genético

A partir de um teste de progênies/procedência selecionou-se indivíduos de 78 progênies de meios irmãos que deram origem ao teste clonal. Essas árvores matrizes foram selecionadas nos estados australianos de Queensland (QLD) e New South Wales (NSW).

#### 3.2 Localização das áreas experimentais

Um dos experimentos foi instalado nas dependências da empresa Bela Vista Florestal, no município de Campo Belo, sul de Minas Gerais (20°3'58'89" S 45°17'33" W), com altitude média de 945 m. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.250 mm, com chuvas bem distribuídas, e temperatura média de 23,5 °C.

O outro experimento foi instalado na cidade de João Pinheiro, norte de Minas Gerais (17°44'33" S 46°10'21" W), com altitude média de 765 m. A precipitação média anual de 272 mm e temperatura média de 23,8 °C. A Figura 1 tem-se a localização dos municípios no Estado de Minas Gerais.

#### 3.3 Teste clonal

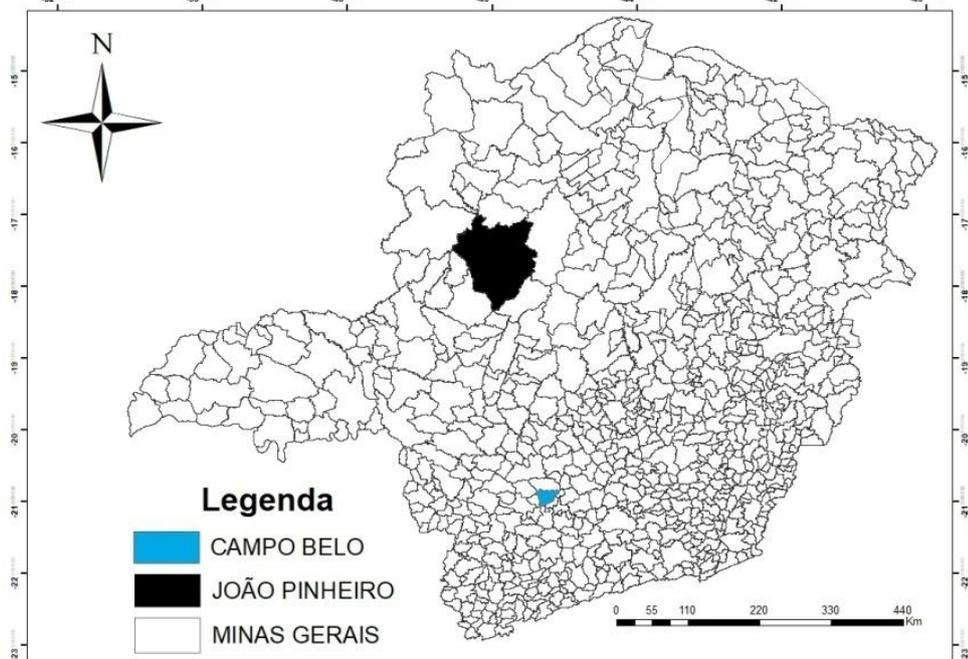
As implantações dos testes clonais ocorreram em janeiro de 2010 sendo utilizado o delineamento experimental de látice em blocos incompletos com uma observação por parcela, com 30 repetições e 40 clones com espaçamento de 3x2 m, conduzido em plantio com duas linhas de bordadura.

As mudas foram produzidas em tubetes de 50 cm<sup>3</sup> com substrato constituído com mistura de casca de Pinus, casca de arroz carbonizada e vermiculita fina. As adubações foram realizadas conforme protocolo usual da empresa Bela Vista Florestal para *T. ciliata*, o qual se constituiu por uma adubação de base contendo macro e micronutrientes incorporadas ao substrato.

Posteriormente as plantas selecionadas foram replicadas em casa de vegetação e seguidas para plantio nas áreas específicas nos municípios Campo Belo e em João Pinheiro, Minas Gerais. Após os plantios, foram efetuadas adubações de coberturas e administrados 250 g de super-simples (00-18-00) por planta, seguidas de 260 g de nitrogênio e potássio (20-00-20) dividida em três operações, aos 15, 45 e 90 dias após o plantio.

Na adubação aos 90 dias, foi conduzida também a adubação de 30 g de FTE Br-12. Foram mantidos os tratos culturais usuais em plantios comerciais, com capina química entre as linhas e capina mecânica dentro da linha. Sempre que necessário foi realizado o coroamento das plantas.

Figura 1 – Mapa do Estado de Minas Gerais com as localizações das áreas de estudo.



Fonte: Da autora (2019).

### 3.4 Estimativa de parâmetros genéticos e estatísticos

Os dados utilizados para estimar os parâmetros genéticos e estatísticos foram provenientes de medições realizadas nos experimentos nos quais foram avaliados o diâmetro à altura do peito (DAP, cm) e a altura (Ht, m) no ano de 2017 aos sete anos de idade.

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o programa genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP (RESENDE, 2007). As variáveis quantitativas foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto – REML/BLUP, aplicado aos testes clonais, no delineamento em blocos

incompletos do tipo látice, uma planta por parcela, em dois locais nos quais foram avaliados separadamente e em conjunto, os modelos utilizados foram os 16 e o 52, seguindo o procedimento proposto por Resende (2002) e Resende (2007).

O modelo 16 modelo estatístico proposto por Resende (2007) é representado pela equação (1):

$$y = X_r + Z_g + W_b + e \quad (1)$$

em que:

$y$  é o vetor de dados;  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);  $b$  é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios);  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios);  $X$ ,  $Z$  e  $W$  representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

O modelo 52 modelo estatístico proposto por Resende (2007) é representado pela equação (2):

$$y = X_r + Z_g + W_b + T_i + e \quad (2)$$

em que:

$y$  é o vetor de dados;  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);  $b$  é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios);  $i$  é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios);  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios);  $X$ ,  $Z$ ,  $W$  e  $T$  representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

### 3.5 Índice de coincidência

Para a estimação do índice de coincidência, utilizou-se o método Hamblin e Zimmerman (1986) nas intensidades de seleção de 25%. Este método estima a eficiência de seleção desconsiderando a coincidência ocorrida ao acaso, pela expressão:

$$IC\% = \frac{A - C}{B - C} \times 100$$

em que:

$A$  é o número de indivíduos coincidentes nas duas idades;  $B$  é o número de árvores selecionadas em uma idade;  $C$  é o número de indivíduos selecionados nas duas idades, devido ao acaso. Assume-se que, entre o número de indivíduos selecionados, uma proporção igual à intensidade de seleção coincida ao acaso.

### 3.6 Ganho de seleção

O ganho com a seleção, em percentagem (GS%) em relação à média dos indivíduos aos sete anos de idade foi estimada para a intensidade de 25%, utilizando-se a seguinte expressão:

$$GS\% = \frac{(M_{sj} - M_{oi})}{M_{oj}} \times 100$$

em que:

$M_{sj}$  é a média dos indivíduos na população  $M_{oj}$ , correspondente aos indivíduos selecionados na população  $M_{oi}$ ;  $M_{oj}$  é a média da população melhorada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise individual

As análises de deviance (ANADEV) são significativas entre os clones pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) a 1% de probabilidade para altura (ALT) e DAP nas diferentes localidades, conforme apresentado na Tabela 1. Pode-se inferir que existe variabilidade entre os clones avaliados nos experimentos instalados em ambos locais, garantindo assim a possibilidade de se obter ganhos com a seleção nos dois locais para os caracteres avaliados.

Tabela 1–Análise de deviance (ANADEV) para um teste de clones não aparentados na localidade de João Pinheiro-MG e Campo Belo-MG, respectivamente..

Efeito	DAP		ALTURA	
	DEV	LRT <sup>1</sup>	DEV	LRT <sup>1</sup>
Modelo	871,92	16,72**	297,83	18,47**
Clones+	855,20		279,36	
Modelo	4698,58	1479,66**	3033,26	706,52**
Clones+	3219,92		2323,74	

<sup>1</sup>Teste da razão da verossimilhança, com distribuição com 1 grau de liberdade; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de qui-quadrado; +Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos.

Fonte: Da autora (2019).

Os coeficientes de variação residual ( $CV_e$ ) variaram de 13,85% a 16,67% em Campo Belo e 19,71% a 24,43% em João Pinheiro para as características altura e DAP, respectivamente. De acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002) a recomendação para  $CV_e$  é de que fique variem de 10-20% para experimentos em que ocorra competição entre plantas, logo o experimento em Campo Belo apresentou uma boa precisão experimental e, em João Pinheiro foi observado valores mais altos que pode ser decorrente a estresses ambientais como temperaturas altas, seca ou até mesmo erro de avaliações em campo (TABELA 2).

Valores de  $CV_e$  apresentados por Santos (2017), para a mesma espécie foram de 11,04 a 13,29% para altura e 11,33 a 13% para DAP. Assim, pode se afirmar que as condições ambientais foram favoráveis para o teste clonal implantado em Campo Belo e o de João Pinheiro foi menos favorável por apresentar valores maiores.

A variância ambiental entre blocos ( $V_{\text{bloc}}$ ) apresentou valores baixos, indicando que as condições ambientais nos blocos são semelhantes e que o delineamento experimental utilizado foi considerado eficiente.

Em relação aos componentes da variância genotípica ( $V_g$ ), variância fenotípica ( $V_f$ ) e residual ( $V_e$ ), Campo Belo apresentou valores superiores ao ser comparado aos de João Pinheiro, evidenciando uma maior variabilidade entre os clones em Campo Belo, podendo estar relacionada com as características medidas. Paralelo a isso, o coeficiente de variação genotípica também indicou maior variabilidade genética também para Campo Belo, sendo ele uma estimativa dependente da média.

Tabela 2– Estimativas de parâmetros genéticos para as características DAP e altura em teste clonal de *T. ciliata* avaliada aos sete anos de idade nas cidades de Campo Belo-MG e na cidade de João Pinheiro-MG.

PARÂMETROS	DAP		ALTURA	
	CAMPO BELO	JOÃO PINHEIRO	CAMPO BELO	JOÃO PINHEIRO
$V_g$	34,10	0,74	5,21	0,12
$V_e$	7,32	3,78	2,90	0,50
$V_{\text{bloc}}$	0,09	0,24	0,32	0,72
$V_f$	41,52	4,76	8,43	0,79
$h^2_{\text{mc}}$	0,99	0,85	0,98	0,85
$Ac_{\text{clon}}$	0,99	0,92	0,99	0,92
$CV_{\text{gi}}\%$	35,98	10,78	18,57	9,05
$CV_e\%$	16,67	24,44	13,85	19,71
<b>Média Geral</b>	16,23	7,96	12,29	3,91
<b>Sobrevivência%</b>	90,00	28,92	90,00	28,92

$V_g$  = variância genotípica;  $V_{\text{bloc}}$  = variância ambiental entre blocos;  $V_e$  = variância residual;  $V_f$  = variância fenotípica;  $h^2_{\text{mc}}$  = herdabilidade ajustada a média do genótipos;  $Ac_{\text{clon}}$  = acurácia para seleção de clones;  $CV_{\text{gi}}\%$  = coeficiente de variação genotípica;  $CV_e\%$  = coeficiente de variação residual.

Fonte: Da autora (2019).

Portanto, essa maior variabilidade entre os clones em Campo Belo pode estar relacionada com melhor desenvolvimento em altura e DAP representado por seus valores médios de 16,24 cm para DAP e 12,29 m para altura. Já em João Pinheiro os valores foram de 7,96 cm para DAP e 3,91 m para altura.

Essa diferença pode ter sido desencadeado por fatores ambientais e de adaptação do material genético em ambos locais, visto que Campo Belo apresentou boas condições ao desenvolvimento da espécie. De acordo com Resende (2002), o coeficiente de variação genotípica pode demonstrar a magnitude da variabilidade presente nas populações em diferentes caracteres.

De acordo com Sebbenn, Kageyama e Vencovsky(1998), o coeficiente de variação genética acima de 7% é considerado alto, assim os valores apresentados foram todos superiores, evidenciando que ganhos genéticos podem ser alcançados e mostrando a existência de variabilidade genética. Quanto maior esse valor, maior a facilidade de encontrar

indivíduos superiores que irão proporcionar ganhos com a seleção. Santos (2011), no mesmo teste clonal em Campo Belo, porém com idade de nove meses, estimou esses mesmos componentes da variância, mas com valores baixos, evidenciando assim que a variabilidade é aumentada com a idade.

É possível também analisar os ganhos genéticos por meio do coeficiente de variação relativo ( $CV_r$ ). Segundo Massaro et al. (2010), valores de  $CV_r$  superiores a um indicam que a variação genética supera a ambiental, sendo favorável para a obtenção de genótipos superiores. Logo, Campo Belo apresentou valores maiores que um para altura e DAP indicando assim viabilidade de seleção para a obtenção de ganhos genéticos expressivos.

As herdabilidades ajustadas da média do genótipo ( $h^2_m$ ) assumindo sobrevivência completa apresentaram valores de alta magnitude para Campo Belo, maiores que 98%, e para João Pinheiro valores aproximados a 84%, evidenciando assim condições favoráveis a seleção. Evidenciando que a sobrevivência em cada ambiente foi de 90% em Campo Belo e de 28,92% em João Pinheiro, o que pode ter ocasionado alta variância dos resíduos e baixa herdabilidade em João Pinheiro.

A variância do erro de predição dos valores genotípicos assumindo sobrevivência completa foram relativamente baixo, porém a acurácia da seleção de clones Acclon admitiu ser superior a 92% para ambas as localidades e características, sugerindo alta confiabilidade nos parâmetros avaliados nos dois testes clonais. A acurácia infere sobre a confiabilidade dos valores genotípicos, pela proximidade entre o valor real e o estimado, sendo assim diz sobre a predição de ganhos.

## 4.2 Análise conjunta

Para a análise conjunta dos clones avaliados no teste nas localidades de Campo Belo e João Pinheiro foram estimados os parâmetros genéticos para os caracteres DAP e altura que estão representados na Tabela 3.

As análises de deviance (ANADEV) são significativas entre os clones pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) a 1% de probabilidade para altura e DAP nas duas localidades simultaneamente, podendo inferir que existe variabilidade entre os clones analisados.

Como apresentado na Tabela 4, o coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ) foi equivalente a 22,98% para DAP e 19,74% para altura, de acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002), é recomendado que fique entre 10-20% para experimentos que ocorra

competição entre plantas, logo o valor apresentado foi considerado com boa qualidade experimental, visto que a característica avaliada é significativamente influenciada pelas condições edafoclimáticas de cada ambiente.

Tabela 3 – Análise de deviance (ANADEV) para um teste de clones não aparentados nas duas localidades simultaneamente.

Efeito	DAP		ALTURA	
	DEV	LRT <sup>1</sup>	DEV	LRT <sup>1</sup>
Modelo	5938,47	1593,6**	3729,25	775,62**
Clones+	4344,87		2953,63	

<sup>1</sup>Teste da razão da verossimilhança, com distribuição com 1 grau de liberdade; \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de qui-quadrado; +Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos.

Fonte: Da autora (2019).

Já a herdabilidade média do clone assumindo sobrevivência completa em todos os ambientes apresentou valor de 0,30 para DAP e 0,042 para altura. De acordo com Resende (2002), essa baixa herdabilidade expressa a influência do ambiente sobre o caráter avaliado, o que pode dificultar a seleção.

Tabela 4 – Estimativas de parâmetros genéticos analisados em conjunto para as características DAP e altura em teste clonal de *T. ciliata* avaliada aos 7 anos de idade nas cidades de Campo Belo-MG e na cidade de João Pinheiro-MG.

PARÂMETROS GENÉTICOS	DAP	ALTURA
$V_g$	3,19	0,57
$V_{int}$	14,13	2,44
$V_f$	24,87	5,30
$h_{2mg}^2$	0,30	0,04
$c_{int}^2$	0,57	0,46
$R_{gloc}$	0,18	0,03
$CV_{gi}\%$	14,96	2,95
$CV_e\%$	22,97	19,74
Média	11,93	8,17

$V_g$  = variância genotípica;  $V_{int}$  = Variância da interação clone x local;  $V_e$  = variância residual;  $V_f$  = variância fenotípica;  $h_{2mc}^2$  = herdabilidade ajustada a média do genótipos;  $c_{bloc}^2$  = coeficiente de determinação dos efeitos dos blocos;  $c_{int}^2$  = coeficiente de determinação da interação;  $CV_{gi}$  = coeficiente de variação genotípica;  $CV_e$  = coeficiente de variação residual.

Fonte: Da autora (2019).

O resultado do coeficiente de determinação da interação genótipos x ambientes ( $C_{int}^2$ ) para o caráter DAP analisado foi 0,57 e para altura foi de 0,46 sendo considerados significativos, verificando assim diferença entre os ambientes avaliados, influenciando assim, para uma baixa correlação genotípica entre os locais representados pelo  $R_{gloc}$  de 0,18 para

DAP e 0,02 para altura. Isso indica que o comportamento dos clones não é consistente ao longo dos ambientes, revelando que os clones avaliados têm sensibilidades diferentes frente a variações ambientais. A avaliação da correlação genotípica entre locais é importante para o entendimento do desenvolvimento dos povoamentos nos diferentes sítios da rede experimental (CASTRO et al., 2018).

O valor fenotípico corresponde aos valores obtidos nas avaliações de campo, que são influenciadas pelos efeitos do genótipo, do ambiente e da interação GxA, ou seja, é o somatório da variância genotípica, interação GxA e da variância residual. No experimento analisado a variância fenotípica apresentou uma alta amplitude com 24,85 para DAP e 5,29 para altura, possivelmente esses resultados podem ter sido influenciados pela alta interação GxA representado pelo valor da variância da interação que foi de 14,11 para DAP e 2,44 para altura, deste modo, observa-se que os ambientes influenciam diretamente nas características fenotípicas avaliadas sendo que a variâncias genotípica e a residual não foram tão expressivas tanto quanto.

### 4.3 Índice de coincidência

Foi estimado o índice de coincidência aplicando a intensidade de seleção de 25%. Ele avalia a proporção de árvores superiores/inferiores com mesmo comportamento em diferentes ambientes, no caso Campo Belo, MG, e João Pinheiro, MG, para as características DAP e altura. Quanto maior o índice de coincidência entre duas características, maior será a concordância dos resultados entre os ambientes (PEDROZO et al., 2009).

Para o caráter DAP observa-se que houve coincidência de 60% entre os clones selecionados em ambos os locais, já para altura foi de apenas 30%. Santos (2017) em um teste de progênie também relatou um menor índice de coincidência para o caráter altura para a mesma espécie analisada, com estimativas de 33, 49, 55% para intensidade de seleção de 1, 5 e 10% respectivamente, avaliadas em diferentes idades.

O fato do índice de coincidência entre os clones para a característica DAP ser maior do que a altura pode ter sido ocasionado pela baixa correlação genotípica ( $R_{gloc}$ ) entre os ambientes e pela maior facilidade de mensuração da DAP em relação à altura, consequentemente erros menores no momento da medição.

#### 4.4 Ganhos de seleção

Os ganhos de seleção aos 7 anos utilizando-se intensidade de seleção 25% foram mais expressivos em Campo Belo (45,22% para DAP e 19,60% para altura) que João Pinheiro (9,92% para DAP e 9,00% para altura).

Santos (2017) também observou este fato de os ganhos de seleção serem maiores para DAP ao analisar um teste de procedência/progênie. Isso pode ter sido influência da alta variabilidade apresentada em Campo Belo e para DAP (TABELA 5).

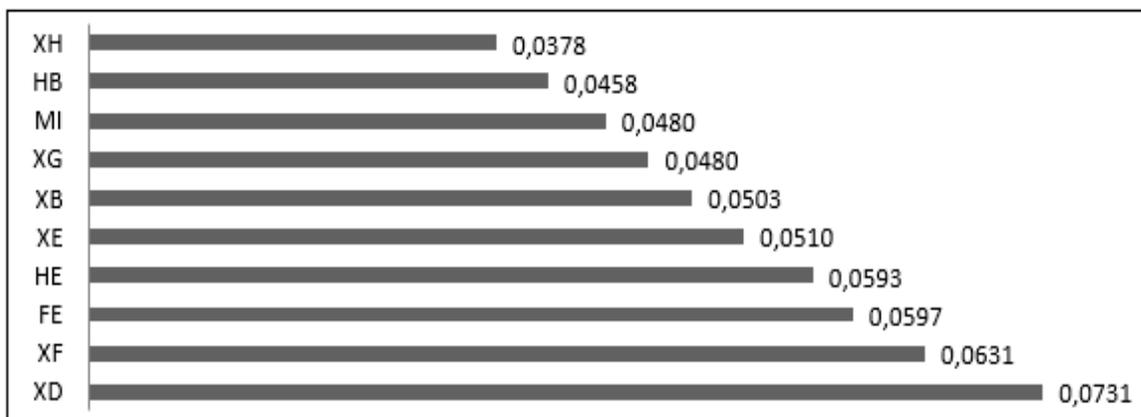
Tabela 5 – Estimativas do ganho de seleção em porcentagens (%) na idade de sete anos para as características DAP e altura em clones de cedro australiano nas localidades João Pinheiro, MG e Campo Belo, MG, com 25% de intensidade de seleção.

Locais	Ganhos de seleção (%)	
	DAP	ALTURA
Campo Belo	45,22	19,60
João Pinheiro	9,92	9,00

Fonte: Da autora (2019).

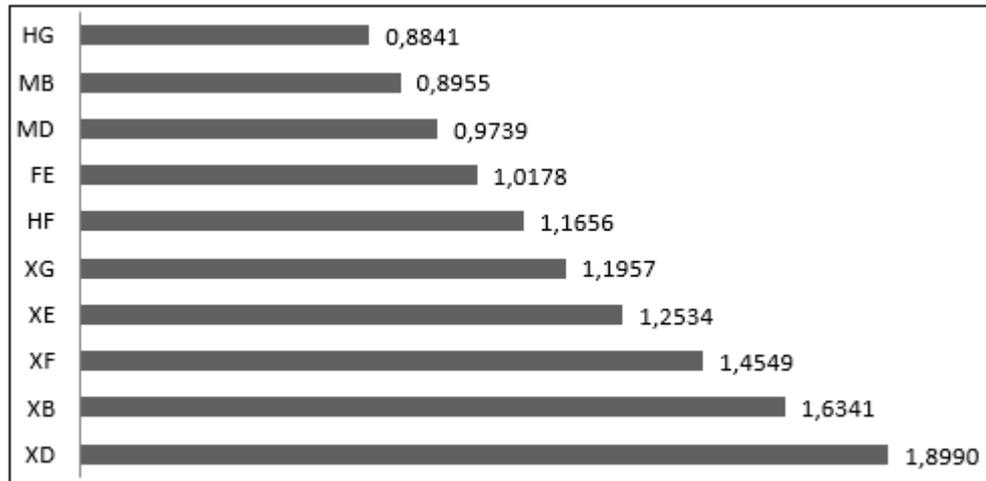
Nas figuras 1 e 2 é possível identificar os 10 melhores clones selecionados para as características altura e DAP nas duas localidades, simultaneamente. O melhor clone selecionado foi o “XD” para ambas localidades e características.

Figura 1 – Os 10 melhores clones de cedro australiano selecionados para a característica altura (em m) de acordo com o ganho genético médio por clone.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 2 – Os 10 melhores clones de cedro australiano selecionados para a característica DAP (em cm) de acordo com os ganho genético médio por clone.



Fonte: Da autora (2019).

## 5 CONCLUSÃO

A sobrevivência, os ganhos genéticos e a herdabilidade foram superiores em Campo Belo, a característica DAP (diâmetro a altura do peito) obteve maior variabilidade genética se comparado a altura. O índice de coincidência entre as duas localidades foram de 60% para DAP 30% para altura.

Os clones avaliados apresentaram variabilidade, porém o comportamento foi diferente conforme o ambiente, no qual em Campo Belo se mostrou mais favorável a espécie do cedro australiano.

O melhor clone foi o “XD”.

## REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, A. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 442 p.
- ALLARD, R. W. **Principies of plant breeding**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1999. 254p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, 2012. 150 p.
- AVIJALA, M. F. **Diversidade e estimativas de parâmetros genéticos em mandioca (*Manihotesculenta* Crantz), oriunda de Moçambique**. 2013. 91 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- BENATTI, B. P.; FURTINI-NETO, A. E.; MORETTI, B. S.; STEHLING, E. C.; SOUSA, T. M. A. Desenvolvimento de matrizes clonais de cedro Australiano em diferentes substratos sob doses de fertilizantes. **Ciênc. agrotec.**, v. 36, n. 3, p. 285-293, 2012.
- BERNARDO, R. N. **Essentials of plant breeding**. Wooldbury, MN, 2014. 252 p.
- BRAGA, M. M.; FURTINI-NETO, A. E.; OLIVEIRA, A. H. Influence of base saturation in quality and growth of australian cedar seedlings (*Toonaciliata* M. Roem var. *australis*). **Ciênc. Florest.**, v. 25, n. 1, p. 49-58, 2015.
- BYGRAVE, F. L.; BYGRAVE, P. L. **Growing australian red cedar and other Meliaceae species in plantation**. Barton: Rirdc, 2005. 60 p.
- CARVALHO, F. I. F.; SILVA, A. S.; KUREK, A. J.; MARCHIORO, V. S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: Editora UFPel, 2001. 99 p.
- CASTRO, C. A. O.; NUNES, A. C. P.; SANTOS, O. P.; RESENDE, R. T.; SANTOS, G. A.; RESENDE, M. D. V.; CRUZ, C. D. Comportamento da interação genótipos por locais aos três e nove anos em clones de eucalipto. **Sci. For.**, v. 46, n. 120, p. 594-605, 2018.
- CUNNINGHAM, S. A; FLOYD, R. B. *Toonaciliata* that suffer frequent heightreducingerbivore damage by a shoot-boring moth (*Hypsipylarobusta*) are taller. **Forest Ecol. Manag.**, v. 225, n. 1, p. 400-403, 2006.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Trad. De SILVA, M. A.; Silva, J. L. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1987.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Longman: Malasya, 1996. 464 p.
- GOUVÊA, C. F. **Estudo do desenvolvimento floral em espécies arbóreas da família *Meliaceae***. 2005. 101 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2005.

- GRIFFTS, A. J. F.; WESSLER, S. R.; CARROLL, S. B.; DOEBLEY, J. **Introduction to genetic analysis**. 10th. ed. New York: W. H. Freeman, 2011. 802 p.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA-FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 1981. 468p.
- HAMBLIN, J.; ZIMMERMANN, M. J. O. Breeding common bean for yield mixtures. **PlantBreed. Rev.**, v. 4, p. 245-272, 1986.
- HARTWIG, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, J.A.G.; LORENCETTI, C.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; BERTAN, I.; SILVA, G.O.; VALÉRIO, I.P.; SCHMIDT, D.A.M. Correlações fenotípicas entre caracteres agronômicos de interesse em cruzamentos dialélicos de aveia branca. **Rev. Bras. Agrociên.**, v. 12, n. 3, p. 273-278, 2006.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de Eucalyptus**: Princípios básicos e a sua evolução no Brasil. Piracicaba: IPEF, 2000.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Ibá 2015**: ano base 2014. São Paulo: Ibá, 2015.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Ibá 2018**: ano base 2017. São Paulo: Ibá, 2018.
- KAGEYAMA, P. Y. **Melhoramento genético de Pinheiros tropicais no Brasil**. IPEF. Circular Técnica, Piracicaba, n. 111, p. 1-17, 1980.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1990. 343p.
- LORENZI, H.; SOUZA H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER L. B. **Árvores Exóticas no Brasil**: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 385p.
- MASSARO, R. A. M.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 597-609, 2010.
- MORETTI, B. S.; FURTINI-NETO, A. E.; PINTO, S. I. C.; FURTINI, I. V.; MAGALHÃES, C. A. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toonaciliata*) sob omissão de nutrientes. **CERNE**, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011.
- NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; ROSADO, S. C. S.; CARVALHO, P. M. Variações na qualidade de toras de *Toonaciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **CERNE**, v. 19, n. 1, p. 43-49, 2013.
- OLIVEIRA J. R. Crescimento e desenvolvimento do cedro australiano em diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio. **Sci. Elec. Arch.**, v. 9, n. 3, p. 11-16, 2016.

PEDROZO, C. Â.; BENITES, F. R. G.; BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, F. L. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. **Sci. Agr.**, v. 10, n. 1, p. 31-36, 2009.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002.

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2003. 42 p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Editora UFLA, 2012a. 522 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 322 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUSA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na Agropecuária**. 5. ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 2012b. 472p.

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

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561p.

ROSADO, L. R. **Parâmetros genéticos em teste de procedências e progênes de *Toonaciliata M. Roemer var. australis***. 2015. 68 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2015.

ROSADO, L. R. **Phenotypic plasticity and nonstructural carbohydrates in annual growth rings of the australian red cedar clones in contrasting enviroments**. 2019. 63 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.

SÁ, V. A. **Potencial da madeira de cedro australiano (*Toonaciliata M. Roem var. australis*) na manufatura de produtos de maior valor agregado**. 2009. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

SANTOS, A. M. **Melhoramento genético do cedro australiano (*Toonaciliata M. Roemer var. australis*)**. 2011. 64 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2011.

SANTOS, H. G. **Avaliação genética de progênes de cedro australiano**. 2017. 40 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.

SCOCCHI, A., DIERINGER, E., MROGINSKI, E., MROGINSKI, L. Conservación de Semillas de Cedro Australiano (*Toonaciliata*). **PlantGenet. Resour. Newsl.**, v. 137, p. 22-25, 2004.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Variabilidade genética, sistema reprodutivo e estrutura genética especial em *Genipa americana* L. através de marcadores isoenzimáticos. **Sci. Forest.**, v. 53, n. 1, p. 15-30. 1998.

SOUZA, J. C. A. V.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; TEIXEIRA, S. L.; BALBINOT, E. Propagação vegetativa de cedro australiano (*Toonaciliata* M. Roem) por miniestaquia. **R. Árvore**, v. 33, n. 2, p. 205-213, 2009.

STYLES, B. T. The flower biology of the Meliaceae and its bearing on tree breeding. **SilvaeGenet.**, v. 21, n. 5, p. 175-182, 1972.

TEIXEIRA, D. A. **Promoção de enraizamento e indução de resistência sistêmica à ferrugem (*Pucciniaapsidii*) e à mancha de *Cylindrocladiumcandelabrum* mediadas por rizobactérias em *Eucalyptus* spp.** 2001. 67 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Vicoso, MG, 2001.

VIEIRA, C.T. **Morfologia e viabilidade de grãos de pólen armazenados de *Toonaciliata* M. Roemer (Meliaceae).** 2013. 51 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2013.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesq. agropec. Bras.**, v. 38 n. 4, p. 475-480, 2003.

WORLD AGROFORESTRY CENTRE. 2006. Disponível em: <<http://www.worldagroforestry.org/sea/products/afdbases/af/asp/BotanicSearch.asp>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

XAVIER, A.; WNDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 272 p.