



**MARIA LOPES MARTINS AVELAR**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS  
EM PROGÊNIES DE *Eremanthus erythropappus***

**LAVRAS – MG**

**2018**

**MARIA LOPES MARTINS AVELAR**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE**  
*Eremanthus erythropappus*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo  
Orientador

**LAVRAS – MG**  
**2018**

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

Avelar, Maria Lopes Martins.

Estimativas de parâmetros genéticos em progênies de *Eremanthus erythropappus* / Maria Lopes Martins Avelar. – 2018.

74 p. : il.

Orientador: Lucas Amaral de Melo.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Melhoramento genético. 2. Candeia. 3. Testes de progênies. I. Melo, Lucas Amaral de. II. Título.

**MARIA LOPES MARTINS AVELAR**

**ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE  
*Eremanthus erythropappus***

**ESTIMATES OF GENETIC PARAMETERS OF *Eremanthus*  
*erythropappus* PROGENIES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 01 de março de 2018.

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves                      UFLA

Dra. Janice Ferreira do Nascimento                      IFRO

Dr. Lucas Amaral de Melo  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2018**

*A Deus, a minha família, aos meus amigos, aos que orientaram, ensinaram, apoiaram e, que de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade concedida para ter chegado até aqui.

Aos meus pais, Maraise e Júlio Márcio, pelo amor, apoio, incentivo e paciência, por tudo que me proporcionaram no decorrer desta caminhada.

As minhas avós, Marlize e Marisa, pelas orações, pelo amor, pela dedicação que sempre tiveram.

Aos meus tios e tias, Eia, Marcinho, Lídia e Marcelo, pelas conversas, conselhos e por acreditarem em mim.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), pela oportunidade concedida para a realização da Pós-Graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão de bolsas de estudo e financiamento de viagens a campo.

À empresa Citróleo, aos proprietários da Fazenda Guapiara, localizada no município de Aiuruoca, MG, Sérgio Castellani, Antônio Carlos Castellani e Arnaldo Ramoska, pela concessão da área e pelo investimento no plantio, ao Adriano Pavan e à Vanete pelo auxílio na implantação e condução de experimentos em candeia, visando seu melhoramento genético.

Aos técnicos do Departamento de Ciências Florestais, José Pedro, Matheus, Jorge e Roberto, pela ajuda e disponibilidade na realização dos trabalhos.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais e do Departamento de Biologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos e pela agradável convivência.

Ao professor Lucas Amaral de Melo pela orientação, paciência, amizade, dedicação e seus ensinamentos que foram de grande importância para a realização deste trabalho e para meu crescimento profissional.

À professora Flávia pelo auxílio para que as viagens a campo fossem realizadas. Ao Vitor e ao Lucas pela paciência, pelos ensinamentos e apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas Carlos Eduardo, Fernanda, Erick, Vinícius pela prontidão nas avaliações dos experimentos e aos demais colegas da Silvicultura que auxiliaram na implantação do teste de progênies.

## RESUMO GERAL

A candeia, *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, é uma das espécies do gênero de maior ocorrência natural nos estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, típica de áreas entre matas e campos abertos. O interesse comercial está na sua madeira e na extração de óleo essencial, o qual tem como princípio ativo o alfabisabolol, largamente utilizado na indústria farmacêutica e de cosméticos. Apesar da importância econômica, os estudos em melhoramento genético dessa espécie ainda são escassos, é necessário avaliar e conhecer a variabilidade genética entre progênies. Objetivou-se com este trabalho determinar o percentual de germinação, detectar a variabilidade genética e estimar parâmetros genéticos em 22 progênies de meios-irmãos de *Eremanthus erythropappus* em viveiro, 100 dias após a semeadura, e estimar os parâmetros genéticos em 15 progênies em campo aos 6, 15 e 22 meses de idade. A partir dos dados obtidos nas avaliações, procederam-se os estudos genéticos no software SELEGEN, por meio do método REML/BLUP em ambos os experimentos. Verificou-se diferenças entre as progênies quanto aos percentuais de germinação, a existência de variabilidade genética entre as progênies em viveiro e em campo, possibilitando a seleção de progênies potenciais e a eliminação daquelas com baixo desempenho em relação às demais, analisando a viabilidade de produção de mudas.

**Palavras-chave:** Melhoramento genético. Candeia. Testes de progênies.

## GENERAL ABSTRACT

Candeia, *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, is one of the species belonging to the genus of highest natural occurrence in the states of the southeast and center-west regions of Brazil, typical of areas between forests and open fields. The commercial interest is for its wood and extraction of essential oil, of which the active principle is alpha-bisabolol, widely used in pharmaceutical and cosmetics industries. Despite the economic importance, breeding studies for this species are scarce, demanding the evaluation and knowledge on the genetic variability between progenies. The objective of this study was to determine the percentage of germination, detect genetic variability and estimate the genetic parameters of 22 half-sibling progenies of *Eremanthus erythropappus* in nursery, 100 days after sowing, and estimate the genetic parameters of 15 field progenies at 6, 15 and 22 months of age. After obtaining the evaluation data, the genetic studies were conducted by means of the REML/BLUP method using the SELEGEN software for both experiments. There were differences between progenies regarding the percentage of germination, existence of genetic variability between progenies in nursery and in the field, allowing the selection of potential progenies and the elimination of those with low performance, while analyzing the viability of seedling production.

**Keywords:** Breeding. Candeia. Progeny test.

## LISTA DE FIGURAS

### SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

#### ARTIGO 1

- Figura 1 - Percentual de germinação das progênies de *Eremanthus erythropappus*, em que médias de mesma letra e número não diferem estatisticamente pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de significância.....41

## LISTA DE TABELAS

### SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

#### ARTIGO 1

- Tabela 1 - Análise de deviance (ANADEV) para H e DC de mudas de diferentes progênies de *Eremanthus erythropappus*, avaliadas aos 100 dias após a semeadura. ....43
- Tabela 2 - Parâmetros genéticos referentes à altura (H) e ao diâmetro de coleto (DC) de mudas de diferentes progênies de *Eremanthus erythropappus*, avaliadas aos 100 dias após a semeadura. ....43
- Tabela 3 - Componentes de média (BLUP individual) das 13 melhores progênies (59% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica altura (cm). ....45
- Tabela 4 - Componentes de média (BLUP individual) das 13 melhores progênies (59% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica diâmetro de coleto (mm). ....46
- Tabela 5 - Estimativas dos efeitos aditivos das progênies 5 e 10 para altura (cm) e para diâmetro de coleto (mm). ....47

#### ARTIGO 2

- Tabela 1 - Análise de deviance (ANADEV) para H em teste de progênies de *Eremanthus erythropappus*, aos 6, 15 e 22 meses de idade. ....65
- Tabela 2 - Parâmetros genéticos referentes à altura das progênies de *Eremanthus erythropappus*, em campo, aos 6, 15 e 22 meses de idade. ....66

Tabela 3 - Ganhos genéticos e novas médias em altura, considerando a seleção das oito melhores progênies de <i>Eremanthus erythropappus</i> avaliadas aos seis meses de idade. ....	68
Tabela 4 - Ganhos genéticos e novas médias em altura, considerando a seleção das oito melhores progênies de <i>Eremanthus erythropappus</i> avaliadas aos quinze meses de idade.....	69
Tabela 5 - Ganhos genéticos e novas médias em altura, considerando a seleção das oito melhores progênies de <i>Eremanthus erythropappus</i> avaliadas aos vinte e dois meses de idade.....	69

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	13
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
<b>2.1 Descrição da espécie</b> .....	15
<b>2.2 Melhoramento genético</b> .....	19
<b>2.3 Método da máxima verossimilhança restrita ou residual/Melhor predição linear não viciada (REML/BLUP)</b> .....	22
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25
<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGOS</b> .....	31
<b>ARTIGO 1 - GERMINAÇÃO DE SEMENTES E PARÂMETROS GENÉTICOS DE PROGÊNIES DE MEIOS- IRMÃOS DE CANDEIA EM FASE DE VIVEIRO</b> .....	31
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	35
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	37
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>3.1 Germinação</b> .....	41
<b>3.2 Parâmetros genéticos</b> .....	42
<b>3.3 Correlação genética</b> .....	47
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	49
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51
<b>ARTIGO 2 – CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DE UM TESTE DE PROGÊNIES DE CANDEIA NO MUNICÍPIO DE AIURUOCA, MG, BRASIL</b> .....	55
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	59
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	61
<b>2.1 Caracterização da área</b> .....	61
<b>2.2 Material experimental</b> .....	61
<b>2.3 Implantação do experimento e avaliações</b> .....	61
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	65
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	71
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	73

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

A espécie *Eremanthus erythropappus*, popularmente conhecida como candeia, é uma espécie nativa, tipicamente encontrada em solos rasos e pouco férteis, em altitudes superiores a 900 m. Sua distribuição abrange o Centro-Oeste e o Sudeste do Brasil (SCOLFORO; OLIVEIRA; DAVIDE, 2012), é encontrada também na Argentina e no Paraguai (RIBEIRO et al., 2014).

É uma espécie que apresenta múltiplos usos, sua madeira é amplamente utilizada para confecção de moirões de cerca, por sua durabilidade e resistência, e para extração de óleo essencial, cujo princípio ativo é o alfabisabolol, utilizado em indústrias farmacêuticas e de cosméticos.

Atualmente, em Minas Gerais, sementes da espécie vêm sendo coletadas de matrizes previamente selecionadas genotipicamente em teste de procedências e progênies para a implantação de povoamentos no estado e também na Bahia. Vários são os trabalhos já realizados pela Universidade Federal de Lavras que estimulam os estudos em silvicultura e melhoramento genético da espécie (MELO, 2012; MELO et al., 2014; MOURA, 2005; NASCIMENTO, 2015; SILVA et al., 2007a, 2007b; VITOR, 2011), a fim de conhecer a variabilidade genética, os parâmetros genéticos, a facilidade de produção de mudas entre famílias em viveiro e também em campo por meio de testes de progênies.

Dessa forma, no artigo 1 deste trabalho, objetivou-se avaliar o percentual de germinação, a variabilidade genética e identificar potenciais progênies de meios-irmãos de *Eremanthus erythropappus*, estimando parâmetros genéticos ainda em fase de mudas. No artigo 2, o objetivo foi detectar a variabilidade genética e estimar parâmetros genéticos em progênies de *Eremanthus erythropappus*, em campo, aos 6, 15 e 22 meses de idade.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Descrição da espécie

A candeia, *Eremanthus erythropappus*, é uma espécie arbórea nativa pertencente à família Asteraceae, tipicamente encontrada entre a mata e campos rupestres, campos de altitude e Cerrado, com a altitude variando de 900 a 1700 m, onde forma povoamentos mais ou menos puros (SCOLFORO et al., 2012).

Segundo a classificação de Köppen, é encontrada em clima mesotérmico úmido do tipo Cwb, tropical de altitude, com verões amenos, com temperatura média anual variando de 18 a 20° C e com média anual de precipitação entre 1400 e 1550 mm (SCOLFORO et al., 2002; SCOLFORO; OLIVEIRA; DAVIDE, 2012).

Apresenta muitas características de espécie pioneira, como alta produção de sementes, dispersão anemocórica, boa capacidade de regeneração natural, porém é classificada como heliófila, por se beneficiar com a entrada de luz e não apresentar um ciclo de vida curto, tendo registro de indivíduos com idade superior a 70 anos (SCOLFORO; LOEUILLE; ALTOÉ, 2012; SCOLFORO; OLIVEIRA; DAVIDE, 2012).

No Brasil, sua distribuição geográfica abrange os estados de Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro e também o Distrito Federal (SCOLFORO et al., 2002). Em Minas Gerais, está distribuída entre vários municípios, dentre os quais, Baependi, Delfim Moreira, Ouro Preto, Aiuruoca, Carrancas, Itabirito, Morro do Pilar, Mariana e Viçosa (SCOLFORO et al., 2008).

Suas folhas são simples, opostas e apresentam uma característica marcante, a dupla coloração. Na face adaxial ou superior, elas são verdes e glabras e, na abaxial ou inferior, possuem um tom branco, tomentoso e são

aveludadas (CHAVES; RAMALHO, 1996; CORRÊA, 1931). É uma espécie alógama, suas flores são andróginas e se apresentam em inflorescências de cor púrpura nas extremidades dos ramos (ARAÚJO, 1944; ROCHA, 2002).

O fruto é do tipo cipsela, um aquênio de ovário ínfero, o qual apresenta uma superfície cilíndrica e dez arestas de cor pardo-escuro, com, aproximadamente, 2 mm de comprimento, e cada um desses frutos contém uma só semente (ARAÚJO, 1944; CHAVES; RAMALHO, 1996).

A época de florescimento da candeia é de julho a setembro, período frio e seco, e sua frutificação e dispersão ocorrem de agosto a setembro, períodos de elevação da temperatura, estendendo-se aos meses de outubro e novembro, quando se inicia o período chuvoso (VIEIRA; FAJARDO; CARVALHO, 2009).

A dispersão das sementes é anemocórica, ou seja, acontece pela ação dos ventos, processo típico dos frutos da família Asteraceae. Além disso, o formato da copa, bastante ampla, e a distribuição das flores e frutos na sua borda externa contribuem para esse tipo de dispersão (CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC, 1994).

Nos indivíduos adultos, o tronco é castanho-escuro, acentuadamente sulcado (ARAÚJO, 1944), e nos indivíduos mais jovens, o caule apresenta-se com estrias fissuradas, arroxeadas próximo à base, subcilíndrico e com o coleto levemente engrossado (CHAVES; RAMALHO, 1996). Sua madeira é branco-acinzentada, com grã mais escura, pesada, lisa, com densidade de 990 kg/m<sup>3</sup>, de textura grosseira, de alta resistência ao ataque de organismos xilófagos, à umidade e putrefação (LORENZI, 1992; RIZZINI, 1979;).

A propagação da candeia é feita, principalmente, via seminal (DAVIDE; TONETTE; SILVA, 2011). Segundo Tonetti, Davide e Silva (2006), as sementes de candeia apresentam baixo índice de germinação quando os lotes apresentam um grande número de sementes vazias, ou seja, sem embrião, ou mal formadas. Entretanto, a utilização de raios-x no procedimento de 30 Kv por 45

segundos é eficiente para avaliar a qualidade física das sementes, e a utilização de soprador tipo South Dakota é capaz de separar sementes vazias em lotes de sementes da espécie.

Alternativamente no meio rural, isso pode ser realizado com o auxílio de um ventilador e uma lona, em que as sementes com embriões terão peso maior que as vazias e serão levadas até uma distância menor em relação ao ventilador. Tal procedimento contribui para o beneficiamento dessas sementes.

Segundo Davide e Faria (2008), a germinação de sementes corresponde ao conjunto de processos que se iniciam com a embebição de água pela semente e termina com a protusão da radícula pelo endosperma ou tegumento. Entretanto, para viveiristas e produtores rurais, interessados na produção de uma muda ou de uma planta de qualidade no campo, germinação é definida como o momento em que a plântula emergiu no solo ou substrato, possibilitando visualizar o aparecimento das primeiras folhas.

A condição ótima para germinação das sementes de *Eremanthus erythropappus* é 20 a 30° C (10 horas de luz a 30° C e 14 horas de escuro a 20°C), os testes de germinação devem ser realizados sobre papel filtro em gerbox, com início de contagem aos seis dias, e término, aos 14, e o armazenamento deve ser realizado em câmara fria (temperatura de 4° C e umidade de 70%), segundo Tonetti, Davide e Silva (2006).

Em relação à composição do substrato para produção de mudas de candeia, as formulações que propiciaram maiores taxas de sobrevivência e maior crescimento em altura da parte aérea e do coleto das mudas foram aquelas que continham 90% de fibra de coco + 10% de vermiculita ou 30% de casca de arroz carbonizada + 60% de fibra de coco + 10% de vermiculita, sem adição de esterco de curral, o qual não favorece o crescimento da espécie (DAVIDE et al., 2015; MELO et al., 2014), garantindo aeração do substrato e agregação do sistema radicular.

Além disso, mudas produzidas em tubetes de 115 cm<sup>3</sup> atingiram maiores valores para altura, diâmetro de coleto, número de folhas, matéria seca da parte aérea, matéria seca de raízes e matéria seca total, quando comparadas com mudas produzidas em tubetes de 55 cm<sup>3</sup> (BRAGA, 2006).

A candeia é uma espécie que apresenta múltiplos usos. Além da durabilidade e resistência natural de sua madeira, o que permite a confecção de moirões de cerca de boa qualidade, que podem apresentar durabilidade cinco vezes maior que moirões produzidos a partir do eucalipto (CÂNDIDO, 1991; SILVA et al., 2015), a espécie contém um óleo essencial, que está presente nas folhas, ramos e inflorescências, mas principalmente na madeira do fuste, e tem como componente majoritário o alfabisabolol (ALTOÉ, 2012).

O alfabisabolol é um álcool de sesquiterpeno, monocíclico, componente de produtos dermatológicos e cosméticos, como cremes, loções, desodorantes, batons, e que apresenta propriedades inseticidas (ANDRADE et al., 2004) anti-inflamatórias, antibacterianas e antialérgicas (KAMATOU; VILJOEN, 2010), apresenta poder de cicatrização de feridas (DUTRA et al., 2010) e ainda é utilizado na profilaxia e cuidados da pele de adultos e bebês (BHATIA et al., 2008).

No Brasil, existem três indústrias que extraem o óleo essencial de candeia e produzem o alfabisabolol, são elas Citróleo Indústria e Comércio Óleos Essenciais Ltda., Atina Ativos Naturais e Destilaria Maripá – Óleos Essenciais. A empresa Dierberger Óleos Essenciais S.A compra o óleo bruto e produz o alfabisabolol. A maior parte da produção, aproximadamente 98%, é exportada (LINHARES, 2011), principalmente para países europeus (SCOLFORO et al., 2002).

Em relação à distribuição, a empresa alemã Symrise compra de 60 a 70% do alfabisabolol brasileiro e distribui para indústrias de cosméticos do mundo todo, como L’Oreal, Avon, Clarins, Channel, Johnson & Johnson e

chega até a ser importado novamente por empresas brasileiras (LINHARES, 2011).

Segundo Scolforo et al. (2002), o teor de óleo na madeira aumenta, quanto maior a classe diamétrica, uma vez que plantas com diâmetro de 12,5 cm apresentam seis vezes menos óleo que aquelas com diâmetro de 27,5 cm ou dez vezes menos que aquelas com diâmetro de 32,5 cm.

Outro setor em que se pode utilizar a madeira de candeia, porém após a extração do óleo, é no setor de confecção de painéis. De acordo com Santos et al. (2011), os resíduos de sua madeira, associados com madeira de eucalipto são aptos à produção de painéis madeira/plásticos, atendendo as propriedades físicas e mecânicas mínimas, exceto a flexão estática.

Quanto ao preço de venda dos produtos, de acordo com a empresa Citróleo (2017), o preço da lenha de candeia está entre R\$ 70,00 e R\$ 100,00 por mst para floresta em pé e de R\$ 120,00 a R\$ 140,00 por mst para madeira empilhada. O preço do moirão cortado e retirado do candeial com diâmetro de 7 a 15 cm varia de R\$ 85,00 a R\$ 95,00/dúzia, e com diâmetro superior a 15 cm varia de R\$ 110,00 a R\$ 125,00 (SCOLFORO et al., 2002).

## **2.2 Melhoramento genético**

O melhoramento genético vegetal é um conjunto de técnicas que visam a modificar uma ou mais característica de um grupo de plantas em uma determinada espécie, com o intuito de obter plantas com melhores características, capazes de atender à demanda do produtor ou consumidor, sejam elas mais produtivas ou adaptadas e resistentes a fatores bióticos e abióticos (OLIVEIRA, 2007).

As estratégias de melhoramento genético de espécies florestais nativas baseiam-se nos mesmos princípios do melhoramento de exóticas, pois todo

método de melhoramento é fundamento na existência de variabilidade genética, na qual é aplicada uma intensidade de seleção, levando em consideração a biologia reprodutiva e a estrutura genética, o tamanho efetivo de populações e a variação genética entre e dentro de populações (KANASHIRO, 1992).

Dessa forma, espécies/procedências e indivíduos podem ser selecionados dentro de uma população base, e tais genótipos podem ser recombinados e darem continuidade à seleção recorrente em povoamentos destinados a esse fim, áreas de coleta e produção de sementes e pomares de sementes por mudas ou clonais (FERREIRA, 1992).

Entretanto, os estudos em melhoramento genético de espécies nativas ainda são escassos e pouco conclusivos, o que estimula a continuidade dos programas de melhoramento devido à importância ecológica da espécie para os ecossistemas que participam, principalmente por promover a valorização, conservação e, até mesmo, o cultivo da espécie (SANTOS, 2008).

Nos últimos três anos, os plantios comerciais de candeia em Minas Gerais já têm sido feitos com genótipos selecionados em testes genéticos, já que, segundo Scolforo et al. (2002), o uso de sementes de candeia sem melhoramento genético faz com que povoamentos não demonstrem o potencial produtivo que podem alcançar (SCOLFORO et al., 2002).

De acordo com Galdino et al. (2006), existem diferenças no rendimento de óleo essencial e no teor de alfabisabolol de diferentes genótipos de *Eremanthus erythropappus*, é importante que genótipos mais produtivos sejam selecionados. Silva, Rosado e Viera (2002), observaram diferenças significativas entre progênies da espécie para as características diâmetro de coleto, taxa de sobrevivência e altura total das mudas em viveiro, evidenciando que a candeia pode ser utilizada em programas de seleção de genótipos a fim de melhorar tais caracteres.

Com o intuito de avaliar a variabilidade genética existente, os testes de progênies são instalados em locais representativos e fornecem informações sobre o desempenho e o valor genético das famílias, permitindo selecionar progênies dentro das famílias mais produtivas e de maior estabilidade fenotípica (CRUZ; CARNEIRO, 2003; PIRES, 1996).

Tais testes são uma ferramenta útil para o melhorista, e podem ser instalados a partir de sementes de polinizações livres (meios-irmãos) ou polinização controlada (irmãos germanos) e auxiliam na determinação do valor reprodutivo dos indivíduos selecionados, na estimativa de parâmetros genéticos, além de serem fonte de produção de sementes por meio da sua transformação em pomar de sementes por mudas (KAGEYAMA; VENCOVSKY, 1983).

A partir da observação de um caráter quantitativo em campo, é possível desdobrar a variação fenotípica em seus componentes genéticos, que se originam da segregação e recombinação dos genes, ambientais, devido aos efeitos do ambiente, e de interação genótipos por ambientes (FERREIRA, 2006).

A variância genética é composta, segundo Fisher (1919), por três componentes: uma parte aditiva, devido à diferença entre os homozigotos de cada loco; uma componente dominante, originada da interação entre alelos; e uma parte epistática, resultante da interação de genes.

A variância genética aditiva é a mais importante para o melhorista, uma vez que é aquela devido aos efeitos aditivos dos genes, efeitos que são ligados às gerações subsequentes, e, portanto, é fixada pela seleção. Por outro lado, considerando a variância genética total, assumindo que os genes segregam, se reúnem em novas combinações que exibem interações alélicas (dominância) e gênicas, e tais efeitos são transmitidos apenas parcialmente às descendências (FERREIRA, 2006).

Outro parâmetro muito importante é o coeficiente de herdabilidade, que mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo.

Ele pode ser utilizado no sentido amplo, representado pela proporção da variância genética total na variância fenotípica, ou no sentido restrito, constituindo a proporção da variância genética aditiva na variância fenotípica (RAMALHO et al., 2012; DUDLEY; MOLL, 1969).

Segundo Ramalho et al. (2012), a herdabilidade de um caráter não é uma estimativa imutável, ela varia de acordo com a variância genética presente e com o efeito do ambiente, variando de local para local e de ano para ano (FERREIRA, 2006).

### **2.3 Método da máxima verossimilhança restrita ou residual/Melhor predição linear não viciada (REML/BLUP)**

Segundo Resende (2002), em plantas perenes, como é o caso da candeia, a seleção baseia-se nos valores genéticos aditivos, quando o interesse é a propagação sexuada dos indivíduos selecionados. Além disso, as técnicas para avaliação genética envolvem, simultaneamente, a predição de valores genéticos e a estimação de componentes de variância.

Dessa forma, o procedimento ótimo e padrão para predição de valores genéticos é o *best linear unbiased prediction* – BLUP (melhor predição linear não viciada) individual, usando estimativas de componentes de variância obtidas pelo método da máxima verossimilhança residual ou restrita (REML) (RESENDE, 2002).

De acordo com Resende (2007), o BLUP individual utiliza todos os efeitos do modelo estatístico, contempla o desbalanceamento e utiliza o parentesco genético entre os indivíduos em avaliação. Além disso, o método REML permite desdobrar a variação fenotípica em seus vários componentes genéticos, ambientais e de interação genótipos por ambientes, apresenta maior flexibilidade e eficiência na modelagem se comparada à análise de variância

(ANOVA), que por sua vez, tem limitações quanto a dados desbalanceados e à existência de parentesco entre os tratamentos sob estudo.

O REML/BLUP, também denominado de metodologia de modelos mistos, corrige os dados para os efeitos ambientais, compara indivíduos por meio do tempo e do espaço, maximiza a acurácia seletiva, o ganho genético e a eficiência dos programas de melhoramento, lida naturalmente com o desbalanceamento, permite o uso simultâneo de várias fontes de informação provenientes de vários experimentos instalados em um ou vários locais (LOPES et al., 2011).



## REFERÊNCIAS

- ALTOÉ, T. F. **Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) na produção e qualidade de óleo essencial.** 2012. 154 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- ANDRADE, I. L. et al. Chemical composition and insecticidal activity of essential oils from *Vanillosmopsis pohlii* Baker against *Bemisia argentifolii*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 19, p. 5879-5881, Sept. 2004.
- ARAÚJO, L. C. ***Vanillosmopsis erythropappa* (DC.) Sch. Bip: sua exploração florestal.** Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1944. 54 p.
- BHATIA, S. P. et al. Fragrance material review on  $\alpha$ -bisabolol. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, Suppl. 11, p. 72-76, Nov. 2008.
- BRAGA, E. A. **Substratos e fertilização na produção de mudas de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, em tubetes.** 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- CÂNDIDO, J. F. **Cultura da candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip).** Viçosa: Ed. UFV, 1991. 7 p. (Boletim de extensão, 35).
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Ecofisiologia da candeia.** Belo Horizonte: SAT/CETEC, 1994. 104 p. (Relatório Técnico).
- CHAVES, M. M. F.; RAMALHO, R. S. Estudos morfológicos em sementes, plântulas e mudas de duas espécies arbóreas pioneiras da família Asteraceae (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult.Bip e *Vernonia discolor* (Spreng- Less)). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 1-7, jan./mar. 1996.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. v. 1, 707 p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelo biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: Ed. UFV, 2003. v. 2, 585 p.

DAVIDE, A. C. et al. **Fundamentos e metodos de restauração de ecossistemas florestais 25 anos de experiencia em matas ciliares**. Lavras: Ed. UFLA, 2015. 635 p.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 174 p.

DAVIDE, A. C.; TONETTI, O. A. O.; SILVA, E. A. A. da. Improvement to the physical quality and imbibition pattern in seeds of candeia (*Eremanthus incanus* (Less.) Less.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 321-326, jul./set. 2011.

DUDLEY, J. W.; MOLL, R. H. Interpretation and use of estimate of heritability and genetics variances in plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 3, p. 257-262, 1969.

DUTRA, R. C. et al. Caracterização morfoanatômica das folhas de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 20, n. 6, p. 818-824, dez. 2010.

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, Piracicaba, n. 45, p. 22-30, jan./dez. 1992.

FERREIRA, P. V. **Melhoramento de plantas**. Maceió: EDUFAL, 2006. v. 6, 279 p.

FISHER, R. A. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. **Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, Edinburgh, v. 52, n. 2, p. 399-433, 1919.

GALDINO, A. P. P. et al. Estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus* ssp.) e a influência das diferentes origens comerciais de sua madeira. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, 2006.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (HILL) MAIDEN. **IPEF**, Piracicaba, n. 24, p. 9-26, ago. 1983.

KAMATOU, G. P. P.; VILJOEN, A. M. A review of the application and pharmacological properties of  $\alpha$ -bisabolol and  $\alpha$ -bisabolol-rich oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 1-7, Jan. 2010.

KANASHIRO, M. Genética e melhoramento de essências florestais nativas: aspectos conceituais e práticos. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 1992. p. 1168-1178.

LINHARES, C. C. A sustentabilidade no manejo da candeia é investigada em pesquisa do IRI. **Meio Ambiente**, São Paulo, v. 44, n. 66, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.usp.br/aun/antigo/exibir?id=4101&ed=680&f=66>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

LOPES, M. A. et al. **Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 614 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1992. v. 3, 384 p.

MELO, L. A. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappus* sob diferentes formulações de substrato. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 234-242, abr./jun. 2014.

MELO, L. A. **Seleção e resgate de árvores superiores de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish)**. 2012. 166 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

MOURA, M. C. O. **Distribuição da variabilidade genética em populações naturais de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish por isoenzimas e RAPD**. 2005. 178 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

NASCIMENTO, J. F. **Diversidade genética e quantificação de óleo essencial na seleção de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2015. 111 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

OLIVEIRA, M. S. P. Melhoramento genético de espécies perenes nativas da Amazônia. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/GEN, 2007. p. 63-83.

PIRES, I. E. **Eficiência da seleção combinada no melhoramento genético de *Eucalyptus* spp.** 1996. 116 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Genética na agropecuária.** 5. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 565 p.

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

\_\_\_\_\_. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 360 p.

RIBEIRO, A. et al. Estrutura da distribuição diamétrica em plantio experimental de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 1055-1065, out./dez. 2014.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira.** São Paulo: Edgard Blücher, 1979. 296 p.

ROCHA, M. G. B. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas.** Belo Horizonte: IEF/MG, 2002. 173 p.

SANTOS, A. M. **Estimativas de parâmetros genéticos e avaliação da eficiência da seleção precoce em Baru (*Dipterix alata* Vog.).** 2008. 75 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SANTOS, R. C. et al. Utilization of candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish) wood residues in the production of particleboard with addition of pet. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 149-158, jan./mar. 2011.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus*: relatório técnico científico.** Lavras: Ed. UFLA, 2002. 350 p.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **O manejo de plantações de candeia.** Lavras: Ed. UFLA, 2008. 26 p.

SCOLFORO, J. R. S.; LOEUILLE, B.; ALTOÉ, T. F. Caracterização da candeia. In: SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. (Ed.). **Manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência em Minas Gerais**. Lavras: Ed. UFLA, 2012. p. 19-27.

SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. **Manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais**. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 330 p.

SILVA, A. C. et al. Variação genética entre e dentro de populações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 271-277, jul./set. 2007a.

\_\_\_\_\_. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 609-617, jul./ago. 2007b.

SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; VIEIRA, C. T. Variação genética entre e dentro de procedências de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para a resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Trabalhos voluntários...** Lavras: SOBRADE, 2002. p. 277-279.

SILVA, M. A. et al. Analysis of the spatial distribution of candeia – *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish – under the seed-tree management system. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 311-316, maio 2015.

TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. da. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 114-121, abr. 2006.

VIERA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CARVALHO, D. Biologia reprodutiva de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish (Asteraceae). In: CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL, 2., 2009, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: [s. n.], 2009. 1 CD ROM.

VITOR, N. D. C. **Seleção genética em candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) para sistema silvicultural de árvores porta sementes**. 2011. 66 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.



**SEGUNDA PARTE - ARTIGOS**

**ARTIGO 1 - GERMINAÇÃO DE SEMENTES E PARÂMETROS  
GENÉTICOS DE PROGÊNIES DE MEIOS-IRMÃOS DE CANDEIA EM  
FASE DE VIVEIRO**

**Artigo formatado conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e adaptado as  
exigências do Manual de Normalização de Trabalhos Acadêmicos da UFLA.**

## RESUMO

*Eremanthus erythropappus* é uma das espécies de candeia de maior ocorrência natural, característica de áreas entre matas e campos abertos, nos estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. O interesse comercial está na sua madeira e na extração de óleo essencial, o qual tem como princípio ativo o alfabisabolol. Apesar da importância econômica, os estudos em melhoramento genético dessa espécie ainda são escassos, é necessário selecionar os melhores genótipos para futuros plantios. O objetivo deste estudo foi determinar o percentual de germinação, a variabilidade genética e identificar potenciais progênies de meios-irmãos de *Eremanthus erythropappus*, estimando parâmetros genéticos, em um experimento com 22 progênies, em fase de viveiro. O experimento foi implantado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e quatorze mudas por parcela. Aos trinta dias após a semeadura, foi avaliado o percentual de germinação e aos 100, realizadas avaliações da altura (H) e diâmetro de coleto (DC). Em relação aos percentuais de germinação, as progênies apresentaram diferenças significativas entre si. A partir dos dados obtidos na avaliação, procederam-se os estudos genéticos no software SELEGEN, por meio do método REML/BLUP. Verificou-se que as estimativas de herdabilidade individual no sentido restrito das progênies para DC foi média (25%) e para H foi alta (54%). Portanto, mesmo em fase de mudas, já foi possível verificar a existência de variabilidade genética, identificando progênies potenciais de acordo com a característica altura, e progênies com baixo desempenho nas duas características e com baixo percentual de germinação. Além disso, foi observada correlação genética moderadamente alta e positiva entre altura e diâmetro de coleto.

**Palavras-chave:** Melhoramento genético. *Eremanthus erythropappus*. Teste de progênies.

## ABSTRACT

*Eremanthus erythropappus* is one of the most naturally occurring candeia species, characteristic of areas between forests and open fields, in the states of the Southeastern and Central West regions of Brazil. The commercial interest is in its wood and in the extraction of essential oil, which has as its active ingredient alfabisabolol. Despite the economic importance, studies on genetic improvement of this species are still scarce, and it is necessary to select the best genotypes for future plantings. The objective of this study was to determine the percentage of germination, genetic variability and to identify potential progenies of half-siblings of *Eremanthus erythropappus*, estimating genetic parameters, in an experiment with 22 progenies, in nursery stage. . The experiment was deployed in a completely randomized design, with four replications and fourteen seedlings per plot. The germination percentage was evaluated at 30 days after sowing and at 100, evaluations of total height (H) and collection diameter (DC). In relation to the percentages of germination, the progenies showed significant differences between them. From the data obtained in the evaluation, genetic studies were carried out in the SELEGEN software, using the REML / BLUP method. Individual heritability estimates in the narrow sense of progenies for DC were found to be mean (25%) and for H was high (54%). Therefore, even in the seedling stage, it was possible to verify the existence of genetic variability, identifying potential progenies according to the characteristic height, and progenies with low performance in both characteristics and with low percentage of germination. In addition, a moderately high and positive genetic correlation was observed between height and collection diameter.

**Keywords:** Genetic improvement. *Eremanthus erythropappus*. Progeny test.



## 1 INTRODUÇÃO

A candeia, *Eremanthus erythropappus*, é uma espécie arbórea nativa pertencente à família Asteraceae, que se desenvolve em solos rasos e de baixa fertilidade. É uma espécie típica de áreas entre matas e de campos rupestres, campos de altitude e Cerrado, em altitudes variando de 900 a 1700 m (SCOLFORO et al., 2002; SCOLFORO; OLIVEIRA; DAVIDE, 2012).

No Brasil, sua distribuição geográfica abrange os estados de Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro e também o Distrito Federal (SCOLFORO et al., 2002).

Além da resistência natural de sua madeira, o que permite a confecção de moirões de cerca de boa qualidade (SILVA et al., 2015), a espécie produz um óleo essencial, que está presente nas folhas, ramos e inflorescências, mas principalmente no fuste, e tem como componente majoritário o alfabisabolol (ALTOÉ, 2012). Tal componente apresenta propriedades dermatológicas, cosméticas, inseticidas, anti-inflamatórias, antibacterianas e antialérgicas (ANDRADE et al., 2004; KAMATOU; VILJOEN, 2010).

Devido a essa importância econômica, a espécie tem sido bastante explorada, o que tem provocado redução em sua área de ocorrência natural (MORI et al., 2009). Por esse motivo, torna-se necessária a continuidade de pesquisas em silvicultura e melhoramento genético da candeia, visando a viabilizar a seleção das melhores procedências e progênies (MELO et al., 2014).

Dessa forma, quando se trabalha com progênies, o desempenho genético dos descendentes é considerado para que as famílias sejam avaliadas, e por isso, os dados fenotípicos são transformados em dados genotípicos, permitindo uma seleção mais precisa (BESPALHOK; GUERRA; OLIVEIRA, 2012; RESENDE, 2005), por meio das estimativas de componentes de variância e de parâmetros

genéticos, como herdabilidade, correlações genéticas e ganhos com a seleção (RAMALHO et al., 2012b).

Dessa forma, objetivou-se avaliar o percentual de germinação, a variabilidade genética e identificar potenciais progênies de meios-irmãos de *Eremanthus erythropappus*, por meio da estimativa de parâmetros genéticos ainda em fase de mudas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Na zona rural de Baependi, sul de Minas Gerais, existe um teste de procedências e progênies de candeia, implantado em janeiro de 2005. A partir de uma avaliação genotípica da altura e diâmetro à altura do peito, foram coletadas sementes de 22 árvores, consideradas superiores.

As sementes correspondentes as 22 progênies foram coletadas em outubro de 2014, mantidas identificadas e separadas. Foram secas, beneficiadas e armazenadas em câmara fria (temperatura de 4° C e umidade de 70%), conforme metodologia proposta por Tonetti, Davide e Silva (2006), para posterior produção das mudas, feita em tubetes com volume de 110 cm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato composto por 90% de fibra de coco e 10% de vermiculita, no qual foram adicionados 4 kg de adubo de liberação lenta por m<sup>3</sup> de substrato, conforme metodologia proposta por Melo et al. (2014). No semeio, foram colocadas cinco sementes por recipiente.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e quatorze recipientes por parcela, no período compreendido entre setembro e dezembro de 2015.

Após a semeadura, os recipientes foram levados à casa de sombra, local em que ocorreu a germinação a partir do oitavo dia. Aos 15 dias após a semeadura, foi realizada uma adubação de cobertura com 1000 g de monoamônio fosfato e 100 g de cloreto de potássio, diluídos em 100 L de água, com utilização de aproximadamente 10 ml dessa solução por recipiente, feita com o auxílio de um regador. Aos 20 dias, foi aplicado o fungicida Monceren 250 SC, na concentração de 3 ml por litro de água, por meio de pulverizador manual.

Aos 30 dias após a semeadura, foi avaliado o percentual de germinação, considerado como o percentual de recipientes com pelo menos uma plântula.

Nesse momento, também foi realizado o primeiro desbaste seletivo, deixando duas plântulas por recipiente.

Aos 50 dias, foi realizado o segundo desbaste seletivo, deixando apenas uma plântula por recipiente, a mais central e mais vigorosa. Em seguida, as mudas foram transferidas para a área a pleno sol, a fim de dar continuidade ao crescimento e iniciar o processo de rustificação.

Aos 70 dias após a semeadura, foi realizada a segunda adubação de cobertura, da mesma forma como foi realizada a primeira. Aos 75 dias, foi reduzida em 50% a densidade nas bandejas, de 432 mudas por m<sup>2</sup> para 216 por m<sup>2</sup>. Aos 100 dias, foi realizada a avaliação das características altura (H) e diâmetro de coleto (DC). Para a medição da H foi utilizada uma régua, e para o DC, um paquímetro digital.

A partir dos dados, foi obtido o percentual de germinação de cada progênie, as quais, desde que encontradas diferença significativas, foram agrupadas por meio do teste Scott-Knott a 5% de significância no software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

Procederam-se também aos estudos genéticos utilizando o software SELEGEN, por meio do método REML/BLUP, referentes à avaliação de altura e diâmetro à altura do coleto na avaliação realizada aos 100 dias, utilizando o modelo estatístico (modelo 80)  $Y = Xu + Zg + Wp + e$ , em que:

Y é o vetor de dados;

u é o efeito da média geral (fixo);

g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios);

p é o vetor dos efeitos de parcela;

e é o vetor dos erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os efeitos referidos (RESENDE, 2002a). Para verificar a significância do efeito sob estudo, foi realizado o teste de razão de máxima verossimilhança (LRT), obtido por meio da diferença entre as deviances encontradas nos modelos completos e àquele com a ausência do efeito correspondente.

Os parâmetros genéticos utilizados foram obtidos por meio das seguintes expressões:

$$V_f = V_a + V_{\text{parc}} + V_e \text{ (Variância fenotípica individual);}$$

$$\hat{h}_a^2 = \frac{V_a}{V_f} \text{ (Herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos}$$

efeitos aditivos);

$$c2_{\text{parc}} = \frac{V_{\text{parc}}}{V_f} \text{ (Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela);}$$

$$CV_{gi} \% = \frac{(V_a)^{1/2}}{\bar{x}} \cdot 100 \text{ (Coeficiente de variação genética aditiva}$$

individual);

$$CV_e \% = \frac{[(0,75V_a + V_e)/3 + V_{\text{parc}}]^{1/2}}{\bar{x}} \cdot 100 \text{ (Coeficiente de}$$

variação experimental);

Os componentes de média (BLUP individual) das progênes nas duas características avaliadas foram estimados. A partir desses valores, é necessário definir uma intensidade de seleção para se obter um bom ganho genético, mas sem reduzir drasticamente a variabilidade genética. Dessa forma, foram selecionadas progênes com novas médias de altura superiores a 25 cm, uma vez que mudas de candeia, sem melhoramento genético, produzidas com substrato

que contenha fibra de coco podem alcançar médias de altura superiores a 20 cm aos 110 dias após a semeadura (MELO et al., 2014)

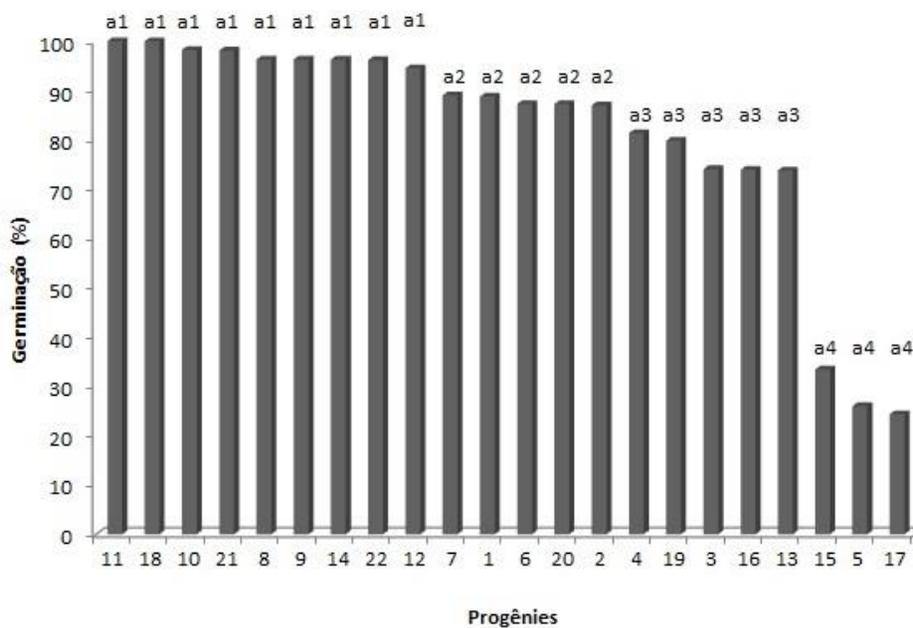
A correlação genética entre altura e diâmetro de coleto foi estimada utilizando o software estatístico R Core Team (2017).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Germinação

Ao observar o percentual de germinação das progênies, verificou-se que as progênies 8, 9, 10, 11, 12, 14, 18, 21 e 22 apresentaram os maiores percentuais de germinação, com média de 97,31%, e as progênies 5, 15 e 17 apresentaram os menores, com média de 27,88% (FIGURA 1).

Figura 1 - Percentual de germinação das progênies de *Eremanthus erythropappus*, em que médias de mesma letra e número não diferem estatisticamente pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de significância.



Fonte: Da autora (2018).

Diferentes genótipos podem apresentar diferenças de germinação de sementes e de crescimento em altura e diâmetro de coleto (MARTINS-CORDER; SALDANHA, 2006). Dessa forma, analisando a viabilidade de produção de mudas, é importante considerar a germinação das progênies, uma vez que um maior percentual de germinação, e esta ser mais uniforme, possibilita o desenvolvimento de plântulas mais vigorosas (MARTINS-CORDER et al., 1998) e a um custo menor.

A análise do percentual de germinação das progênies é importante quando se visa à seleção, uma vez que o custo de produção de uma muda pode trazer grande impacto na receita líquida da floresta de produção. A obtenção de sementes com qualidade genética e o dinheiro investido numa boa semente, aumentará consideravelmente os rendimentos do povoamento e os lucros (MOURA; GUIMARÃES, 2003).

### **3.2 Parâmetros genéticos**

Pela análise de deviance, foi verificada a existência de variabilidade genética entre as progênies avaliadas, em relação à H e ao DC (TABELA 1), o que possibilita sucesso com a seleção (PINTO et al., 2014) e boas perspectivas para o ganho com a seleção das melhores progênies, mesmo quando estas foram avaliadas ainda em fase de mudas.

Tabela 1 - Análise de deviance (ANADEV) para H e DC de mudas de diferentes progênes de *Eremanthus erythropappus*, avaliadas aos 100 dias após a semeadura.

Efeito	Deviance (H)	LTR (H)	Deviance (DC)	LTR (DC)
<b>Progênie</b>	4139,09	124,31*	117,00	4,98*
<b>Modelo completo</b>	4014,78		112,02	

Fonte: Da autora (2018).

\*\* Significativo a 5% de significância. Qui-quadrado tabelado: 3,84 para os níveis de significância de 5%.

Os coeficientes de herdabilidade individual no sentido restrito ( $h^2_a$ ) encontrados (TABELA 2) foram considerados, de acordo com Resende (2002b), alto para altura (aproximadamente 54%), com desvio-padrão de 0,13, e médio para diâmetro de coleto (aproximadamente 25%), com desvio-padrão de 0,09. Tais estimativas indicam a porcentagem da variação fenotípica em altura e em diâmetro de coleto que são de natureza genética (RAMALHO et al., 2012a).

Tabela 2 - Parâmetros genéticos referentes à altura (H) e ao diâmetro de coleto (DC) de mudas de diferentes progênes de *Eremanthus erythropappus*, avaliadas aos 100 dias após a semeadura.

Parâmetros	H (cm)	DC (mm)
$V_a$	17,02	0,11
$V_{\text{parc}}$	3,27	0,02
$V_e$	11,27	0,31
$V_f$	31,56	0,43
$h^2_a$	0,54 +- 0,13	0,25 +- 0,09
$c^2_{\text{parc}}$	0,10	0,04
$CV_{gi}$ %	18,08	11,19
$CV_e$ %	8,44	5,26
<b>Média geral</b>	22,82	2,91

Fonte: Da autora (2018).

Em que,  $V_a$ : variância genética aditiva;  $V_{\text{parc}}$ : variância ambiental entre parcelas;  $V_e$ : variância residual (ambiental + não aditiva);  $V_f$ : variância fenotípica individual;  $h^2_a$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja dos efeitos aditivos;  $c^2_{\text{parc}}=c^2$ : coeficiente de determinação do efeito de parcelas;  $CV_{gi}$  %: coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_e$  %: coeficiente de variação residual.

Segundo Falconer (1987), quando a herdabilidade é alta, ou seja, próxima a 1, o controle genético dessa característica é alto, altamente herdável, demonstrando que o genótipo é bem representado pelo fenótipo. Quando seu valor é baixo, próximo a zero, é uma característica fortemente influenciada pelo ambiente.

O coeficiente de determinação dos efeitos ambientais entre parcelas ( $c^2_{\text{parc}}$ ) quantifica a variabilidade entre as parcelas, e quanto maior for esse coeficiente, maior será a variabilidade causada por fatores ambientais (ROCHA et al., 2006). Para H, a estimativa desse coeficiente foi de alta magnitude (10%), e para DC, de baixa magnitude (4%), uma vez que estimativas até 10% não chegam a interferir na estimativa dos parâmetros genéticos (RESENDE, 2002b).

Em relação ao coeficiente de variação genética aditiva individual ( $CV_{gi}\%$ ), segundo Resende (2007), constatou-se considerável variabilidade genética para os dois caracteres avaliados. Quanto maior o seu valor, maiores as chances de serem obtidos ganhos genéticos na seleção, uma vez que existe variabilidade genética entre as progênes, demonstrando que grande parte da variação total é devida a causas genéticas. Para H, o  $CV_{gi}$  foi de 18,08%, e para DC, de 11,19%, valores considerados relativamente altos por Chinelato et al. (2014), estudando progênes de *Schizolobium parahyba*.

Quanto ao coeficiente de variação experimental ( $CV_e\%$ ), segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002),  $CV_e < 10\%$  são considerados baixos, de 10 a 20%, médios e acima de 30% são altos. Tanto para H, quanto para DC, os  $CV_e$  foram baixos, 8,44% e 5,26%, respectivamente, o que indica uma boa precisão experimental, com baixo erro associado às observações (TABELA 2).

A partir do  $CV_r (CV_g/CV_e)$  e do número de repetições, pode-se encontrar os valores de acurácia seletiva. Por interpolação, para H, obteve-se uma acurácia de 90,12%, e para DC, de 89,96% consideradas de alta magnitude, valores que

demonstram alto de grau de precisão experimental (RESENDE; DUARTE, 2007).

Com base na estimação dos componentes de média (BLUP individual) das progênes nas duas características avaliadas e no critério de seleção definido para altura (progênes com médias superiores a 25 cm), foi adotada uma intensidade de seleção de 59%, selecionadas as treze melhores progênes (TABELA 3), e as treze melhores progênes de acordo com a característica diâmetro de coleto (TABELA 4).

Tabela 3 - Componentes de média (BLUP individual) das 13 melhores progênes (59% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica altura (cm).

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>a</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova média</b>
<b>1</b>	21	7,0403	7,0403	29,8594
<b>2</b>	8	5,8569	6,4486	29,2677
<b>3</b>	13	5,3629	6,0867	28,9058
<b>4</b>	12	2,2392	5,1248	27,9439
<b>5</b>	11	1,7957	4,4590	27,2781
<b>6</b>	7	1,7486	4,0073	26,8264
<b>7</b>	14	1,3055	3,6213	26,4404
<b>8</b>	9	1,0684	3,3022	26,1213
<b>9</b>	2	1,0016	3,0466	25,8657
<b>10</b>	20	0,6641	2,8083	25,6274
<b>11</b>	4	0,4884	2,5974	25,4165
<b>12</b>	18	0,4584	2,4192	25,2383
<b>13</b>	19	-0,1283	2,2232	25,0423
<b>Média geral</b>				<b>22,8191</b>

Fonte: Da autora (2018)

Em que a: efeitos aditivos

Tabela 4 - Componentes de média (BLUP individual) das 13 melhores progênies (59% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica diâmetro de coleto (mm).

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>A</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova média</b>
<b>1</b>	13	0,5183	0,5183	3,4253
<b>2</b>	12	0,4042	0,4612	3,3683
<b>3</b>	4	0,4017	0,4414	3,3484
<b>4</b>	8	0,1847	0,3772	3,2842
<b>5</b>	1	0,1542	0,3326	3,2396
<b>6</b>	11	0,1287	0,2987	3,2057
<b>7</b>	9	0,1042	0,2709	3,1779
<b>8</b>	18	0,1021	0,2498	3,1558
<b>9</b>	14	0,0766	0,2305	3,1376
<b>10</b>	21	0,0439	0,2119	3,1189
<b>11</b>	2	0,0410	0,1963	3,1034
<b>12</b>	7	0,0394	0,1833	3,0903
<b>13</b>	16	-0,0354	0,1664	3,0735
<b>Média geral</b>				<b>2,9070</b>

Fonte: Da autora (2018)

Em que a: efeitos aditivos

A seleção das melhores progênies em altura e em diâmetro de coleto possibilita um ganho de 9,74% e de 5,75%, respectivamente, em relação à média geral. Além disso, das treze progênies selecionadas em altura, doze também obtiveram maiores ganhos em diâmetro de coleto (13, 12, 4, 8, 11, 9, 18, 14, 21, 2, 7, 16).

Por outro lado, as progênies, 5 e 10 apresentaram menores valores de efeitos aditivos nas duas características avaliadas (TABELA 5). Além disso, a progênie 5 apresentou um dos menores percentuais de germinação, evidenciando o baixo desempenho de tal progênie nas características avaliadas e a dificuldade de se produzir mudas pela baixa germinação comparada às demais. Portanto, poderia ser eliminada do programa de melhoramento na geração seguinte.

Tabela 5 - Estimativas dos efeitos aditivos das progênies 5 e 10 para altura (cm) e para diâmetro de coleto (mm).

<b>Progênie</b>	<b>a (H)</b>	<b>a (DC)</b>
<b>5</b>	-7,6633	-0,5531
<b>10</b>	-4,9496	-03352

Fonte: Da autora (2018)

Em que a: efeitos aditivos

### 3.3 Correlação genética

Estimou-se a correlação genética entre H e DC aos 100 dias após a semeadura, e sua estimativa ( $r_g = 0,72$ ) foi moderadamente alta e positiva (RESENDE; DUARTE, 2007). Segundo Pinto et al. (2014), se uma correlação genética é alta e positiva, a seleção em uma variável influenciará positivamente na outra.

As correlações genéticas entre caracteres permitem inferir se a seleção direta baseada em uma característica irá favorecer outras características, proporcionando ganhos indiretos (FALCONER, 1987). Dessa forma, como a correlação genética entre H e DC foi moderadamente alta, seria viável uma seleção indireta, ou seja, mensurar apenas uma característica e obter ganho com a outra. Nesse caso, a seleção em H possibilita a obtenção de ganhos indiretos em DC.



#### 4 CONCLUSÃO

A partir dos percentuais de germinação, é possível analisar a viabilidade da produção de mudas, selecionando progênies potenciais e eliminando outras pelas diferenças encontradas.

Pela análise das características de crescimento, existe variabilidade genética entre as progênies de *Eremanthus erythropappus* em fase de mudas possibilitando assim, sucesso na seleção por gerar boas perspectivas para o ganho advindo.

Ganhos indiretos em DC podem ser obtidos pela seleção em H pela existência de correlação genética moderadamente alta e positiva.



## REFERÊNCIAS

- ALTOÉ, T. F. **Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) na produção e qualidade de óleo essencial.** 2012. 154 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- ANDRADE, I. L. et al. Chemical composition and insecticidal activity of essential oils from *Vanillosmopsis pohlii* Baker against *Bemisia argentifolii*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 19, p. 5879-5881, Sept. 2004.
- BESPALHOK, F. J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Melhoria de populações por meio de seleção. In: **BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. Melhoria de plantas.** Paraná: Ed. UFPR, 2012. cap. 12, p. 11-16.
- CHINELATO, F. C. S. et al. Variabilidade genética em progênies de guapuruvu *Schizolobium parahyba*. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 5, n. 2, p. 71-76, 2014.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa.** Viçosa: Ed. UFV, 1987. 279 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- KAMATOU, G. P. P.; VILJOEN, A. M. A review of the application and pharmacological properties of  $\alpha$ -bisabolol and  $\alpha$ -bisabolol-rich oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 87, n. 1, p. 1-7, Jan. 2010.
- MARTINS-CORDER, M. P. et al. Genetic diversity of three size classes of seeds of *Eucalyptus globulus* spp. *globulus*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 47, n. 1, p. 6-14, 1998.
- MARTINS-CORDER, M. P.; SALDANHA, C. W. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de diferentes progênies de *Euterpe edulis* MART. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 693-699, set./out. 2006.

MELO, L. A. et al. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappus* sob diferentes formulações de substrato. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 2, p. 234-242, abr./jun. 2014.

MELO, L. A.; DAVIDE, A. C.; TEIXEIRA, L. A. F. Metodologia para resgate de matrizes e enraizamento de estacas de *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 631-638, out./dez. 2012.

MORI, C. L. S. et al. Influence of altitude, age and diameter on yield and alpha-bisabolol content of candeia trees (*Eremanthus erythropappus*). **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 339-345, jul./set. 2009.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus* para o estabelecimento de plantios florestais**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 9 p.

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. 309 p.

PINTO, D. S. et al. Seleção precoce para característica de crescimento em teste clonais de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 102, p. 251-257, jun. 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Ed. UFLA, 2012a. 522 p.

\_\_\_\_\_. **Genética na agropecuária**. 5. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2012b. 565 p.

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

\_\_\_\_\_. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. p. 717-780.

\_\_\_\_\_. **Seleção genética computadorizada: manual do usuário**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 2002a. 67 p.

\_\_\_\_\_. **SELEGEN-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 360 p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.

ROCHA, M. G. B. et al. Avaliação genética de progênies de meio-irmãos de *Eucalyptusurophylla* utilizando os procedimentos REML/BLUP e E (QM). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 369-379, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus***: relatório técnico científico. Lavras: Ed. UFLA, 2002. 350 p.

SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. **Manejo sustentável da candeia**: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 330 p.

SILVA, M. A. et al. Analysis of the spatial distribution of candeia – *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish – under the seed-tree management system. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 311-316, maio 2015.

TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. da. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 114-121, abr. 2006.



**ARTIGO 2 – CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA DE UM TESTE DE  
PROGÊNIES DE CANDEIA NO MUNICÍPIO DE AIURUOCA, MG,  
BRASIL**

**Artigo formatado conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e adaptado as  
exigências do Manual de Normalização de Trabalhos Acadêmicos da UFLA.**

## RESUMO

Os estudos em silvicultura e melhoramento genético da espécie *Eremanthus erythropappus* ainda são incipientes, apesar da importância econômica que apresenta. Principalmente, pela produção de óleo essencial, cujo princípio ativo é o alfabisabolol. A continuidade de tais estudos por meio da implantação de testes de progênies, das constantes avaliações e análises genéticas é essencial para identificar famílias com melhores desempenhos a partir da liberação da variabilidade genética ao longo do tempo. Objetivou-se com este trabalho detectar a variabilidade genética e estimar parâmetros genéticos em progênies de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish em campo aos 6, 15 e 22 meses de idade. O experimento foi instalado na Fazenda Guapiara, localizada no município de Aiuruoca, sul de Minas Gerais, em janeiro de 2016. Foram plantadas mudas de 15 progênies em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco repetições compostos por parcelas lineares com seis plantas por parcela em um arranjo espacial de 2,5 x 2,5 m. Foram realizadas avaliações da altura (H) das mudas aos 6, 15 e 22 meses de idade com o auxílio de uma régua graduada. A partir dos dados obtidos, procederam-se os estudos genéticos no software SELEGEN por meio do método REML/BLUP. Verificou-se que houve diferença significativa entre as progênies, e as estimativas da herdabilidade no sentido restrito foram consideradas baixas nas três avaliações, 5%, 8% e 10%, aos 6, 15 e 22 meses, respectivamente, porém aumentando com o tempo, assim como outros parâmetros genéticos. Portanto, mesmo em estágio juvenil, foi possível identificar a existência da variabilidade genética e analisar a sua expressão, a partir do crescimento das plantas.

**Palavras-chave:** Silvicultura. Melhoramento genético. *Eremanthus erythropappus*.

## ABSTRACT

Studies on silviculture and genetic improvement of the species *Eremanthus erythropappus* are still incipient, despite the economic importance that it presents mainly for the production of essential oil, whose active principle is alfabisabolol. The continuity of such studies through the implantation of progeny tests, constant genetic evaluations and analyzes is essential to identify families with better performance from the release of genetic variability over time. The objective of this work was to detect genetic variability and to estimate genetic parameters in progenies of *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish in the field at 6, 15 and 22 months of age. The experiment was planted at Fazenda Guapiara, located in the city of Aiuruoca, southern Minas Gerais, in January 2016. Seedlings of 15 progenies were randomized blocks, with five replicates composed of linear plots with six plants per plot in a spatial arrangement of 2.5 x 2.5 m. The height (H) of the seedlings were evaluated at 6, 15 and 22 months of age with the help of a graduated ruler. From the data obtained, the genetic studies were carried out in the SELEGEN software by means of the REML / BLUP method. It was found that there was a significant difference between the progenies, and estimates of heritability in the restricted sense were considered low in the three evaluations, 5%, 8% and 10%, at 6, 15 and 22 months, respectively, but increasing with time, as well as other genetic parameters. Therefore, even in the juvenile stage, it was possible to identify the existence of genetic variability and to analyze its expression from the growth of the plants.

**Keywords:** Forestry. Genetic improvement. *Eremanthus erythropappus*.



## 1 INTRODUÇÃO

A seleção fenotípica é frequentemente utilizada no melhoramento de plantas pelo seu baixo custo e pela facilidade na coleta de dados (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009), porém o fenótipo é influenciado pelo genótipo (constituição genética do indivíduo), pelo ambiente (conjunto de condições que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas) e devido à interação genótipos versus ambientes (CANUTO et al., 2016; RAMALHO et al., 2012). Dessa forma, a seleção genética torna-se mais precisa para se obter indivíduos com as características desejáveis.

Apesar da importância econômica já conhecida de uma das espécies de candeia, a *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, os estudos relacionados a sua silvicultura e ao desenvolvimento de programas de melhoramento genético ainda são iniciais e, conseqüentemente, pouco conclusivos. O conhecimento da espécie, da sua silvicultura, da variabilidade genética existente e da forma como ela está dividida é essencial para a definição das estratégias de melhoramento.

Dessa forma, a análise genética dos indivíduos e a continuidade das avaliações dos caracteres ao longo do tempo em testes de progênies em campo, permitem verificar a influência do ambiente no fenótipo e quanto da variação genética é transmitida para as gerações seguintes. A partir disso, por meio das avaliações das famílias, pode-se identificar progênies com melhores desempenhos e, até mesmo, os melhores indivíduos dentro das melhores progênies, maximizando ganhos genéticos.

O objetivo deste estudo foi detectar a variabilidade genética e estimar parâmetros genéticos em progênies de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, em campo, aos 6, 15 e 22 meses de idade.



## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área**

O experimento foi instalado na Fazenda Guapiara, localizada no município de Aiuruoca, sul de Minas Gerais (Latitude 7.560.795 S e Longitude 540.637 W), em janeiro de 2016. Segundo a classificação de Köppen, o clima de Aiuruoca é classificado como Cwb, com temperatura média anual de 16,2° C, tendo, no mês mais quente e no mês mais frio, temperaturas médias de 19,1° C e 12,5° C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1608 mm e altitude de 1265 m (ALVARES et al., 2013).

### **2.2 Material experimental**

Para a realização do estudo, foram utilizadas mudas de 15 progênies de meios-irmãos de *Eremanthus erythropappus*, produzidas no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais. Tais progênies são provenientes de matrizes selecionadas geneticamente, aos cinco anos e meio, em um teste com 116 progênies, localizado na zona rural do município de Baependi, Minas Gerais.

### **2.3 Implantação do experimento e avaliações**

Antes do plantio, foram realizados o reconhecimento e a limpeza da área, assim como a abertura de covas com dimensões de 40 x 40 x 40 cm.

As mudas foram plantadas em janeiro de 2016, em delineamento experimental de blocos casualizados, em cinco repetições com parcelas lineares, contendo seis plantas por parcela, em um arranjo espacial de 2,5 x 2,5 m. No

plântio, foi realizada a adubação de base com 200 g de NPK 08:20:10 + 7% Ca; 6% S; 0,1% B; 0,3% Zn e aplicação de 200 g de calcário por cova.

Ao longo do tempo, foram adotadas medidas para prevenir o ataque de formigas cortadeiras, por meio de iscas formicidas, e a competição com plantas daninhas, por meio de roçada nas entrelinhas, para que as plantas de interesse pudessem desenvolver, e também para facilitar a localização e avaliação das mesmas.

A primeira avaliação da altura (H) das mudas foi realizada aos seis meses de idade, com auxílio de uma régua graduada em centímetros. Em fevereiro de 2017, foi realizada a primeira adubação de cobertura, utilizando 50 g de NPK 20:00:20 por muda, na projeção da copa. Aos 15 meses, foi feita a segunda avaliação da H, e aos 22 meses, a terceira, da mesma forma como foi realizada a primeira. Não foram realizadas avaliações de DAP, pois as plantas ainda não apresentam altura suficiente para a mensuração desse caráter.

A partir dos dados, procederam-se aos estudos genéticos no software genético SELEGEN, por meio do método REML/BLUP, referentes às três avaliações de H, realizadas aos 6, 15 e 22 meses de idade, utilizando o modelo estatístico (modelo 1)  $Y = Xr + Za + Wp + e$ , adequado para avaliação de progênies de meios-irmãos em delineamento de blocos ao acaso com várias plantas por parcela, em que:

Y é o vetor de dados;

r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;

a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios);

p é o vetor dos efeitos de parcelas (aleatórios);

e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos (RESENDE, 2002a). Para verificar a significância do efeito sob estudo, foi realizado também o teste de razão de máxima verossimilhança (LRT), obtido por meio da diferença entre as deviances encontradas no modelo completo e àquela encontrada no mesmo modelo com ausência do efeito correspondente às progênes.

Os parâmetros genéticos utilizados foram obtidos por meio das seguintes expressões:

$$V_f = V_a + V_{parc} + V_e \text{ (Variância fenotípica individual);}$$

$$\hat{h}_a^2 = \frac{V_a}{V_f} \text{ (Herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos}$$

efeitos aditivos);

$$\hat{h}_{mp}^2 = \frac{0,25V_a}{(0,25V_a + V_{parc})/b + (0,75V_a + V_e)/nb} \text{ (Herdabilidade da}$$

média de progênes, assumindo sobrevivência completa);

$$c2_{parc} = \frac{V_{parc}}{V_f} \text{ (Coeficiente de determinação dos efeitos de parcela);}$$

$$CV_{gi}\% = \frac{(V_a)^{1/2}}{\bar{x}} \cdot 100 \text{ (Coeficiente de variação genética aditiva}$$

individual);

$$CV_e\% = \frac{[(0,75V_a + V_e)/3 + V_{parc}]^{1/2}}{\bar{x}} \cdot 100 \text{ (Coeficiente de}$$

variação experimental);

$$Ac_{prog} = \sqrt{\hat{h}_{mp}^2} \text{ (Acurácia seletiva).}$$

Em que:

$V_a$  = variância genética aditiva;

$V_{parc}$  = variância ambiental entre parcelas;

$V_e$  = variância residual (ambiental + não aditiva);

$n$  = número de plantas por parcela;

$b$  = número de blocos;

$\bar{X}$  = média geral.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de deviance (ANADEV), foram detectadas diferenças significativas para H entre as progênes (TABELA 1), ou seja, seus efeitos contribuem para a variação total existente, demonstrando a existência de variabilidade genética e a possibilidade de se obter ganhos genéticos nessa característica.

Tabela 1 - Análise de deviance (ANADEV) para H em teste de progênes de *Eremanthus erythropappus*, aos 6, 15 e 22 meses de idade.

Efeito	Idades					
	6 meses		15 meses		22 meses	
	Deviance	LRT	Deviance	LRT	Deviance	LRT
Progênes	3786,53	63,33**	4285,51	48,26**	4461,20	57,86**
Modelo completo	3733,20		4237,25		4403,34	

Fonte: Da autora (2018).

\*\* Significativo a 1% de significância. Qui-quadrado tabelado: 6,63 para os níveis de significância de 1%.

Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito ( $h^2_a$ ) variaram de 5 a 10%, com desvios-padrão de +- 0,06 a 0,08 para altura nas três avaliações (TABELA 2). Tais coeficientes são considerados baixos, de acordo com Resende (2002b), mas observa-se que suas estimativas são crescentes ao longo do tempo. De acordo com Almeida (2011), por se tratar de avaliações em idades precoces, as progênes podem não ter demonstrado seu potencial genético, ou seja, genes podem não ter se expressado ainda nas idades avaliadas.

Tabela 2 - Parâmetros genéticos referentes à altura das progênies de *Eremanthus erythropappus*, em campo, aos 6, 15 e 22 meses de idade.

Parâmetros	6 meses	15 meses	22 meses
$V_a$	89,95	426,18	820,41
$V_{\text{parc}}$	597,71	1527,46	2511,05
$V_e$	1143,94	3512,90	4850,76
$V_f$	1831,61	5466,55	8182,22
$h^2_a$	0,05 +- 0,06	0,08 +- 0,07	0,10 +- 0,08
$h^2_{\text{mp}}$	0,13	0,20	0,24
$c^2_{\text{parc}}$	0,33	0,28	0,31
$Ac_{\text{prog}}$	0,36	0,45	0,49
$CV_{\text{gi}\%}$	13,99	21,40	25,33
$CV_{e\%}$	40,95	47,22	50,74
$CV_r$	0,17	0,23	0,25
<b>Média geral (cm)</b>	67,79	96,47	113,09

Fonte: Da autora (2018).

Em que,  $V_a$ : variância genética aditiva;  $V_{\text{parc}}$ : variância ambiental entre parcelas;  $V_e$ : variância residual (ambiental + não aditiva);  $V_f$ : variância fenotípica individual;  $h^2_a$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos;  $h^2_{\text{mp}}$ : herdabilidade da média de progênies;  $c^2_{\text{parc}}$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela;  $Ac_{\text{prog}}$ : acurácia da seleção de progênies;  $CV_{\text{gi}\%}$ : coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{e\%}$ : coeficiente de variação experimental.

Os coeficientes de herdabilidade média de progênies ( $h^2_{\text{mp}}$ ) variaram de 13 a 24%, valores considerados por Resende (2002b) de baixa a média magnitude. Em diversos trabalhos foi evidenciada a superioridade da  $h^2_{\text{mp}}$  em relação à  $h^2_a$ , demonstrando maiores possibilidades de ganhos pela seleção das melhores progênies, do que dentro das progênies (ALMEIDA, 2011; BIERNASKI; HIGA; SILVA, 2012; SANTOS et al., 2012). Segundo Vencovsky e Barriga (1992), a utilização da  $h^2_{\text{mp}}$  aumenta o grau de precisão e diminui erros experimentais por utilizar médias.

O parâmetro  $c2_{\text{parc}}$  expressa a variabilidade dentro dos blocos e, quanto maior for esse coeficiente, maior será a variabilidade ambiental (ROCHA et al., 2006). Essa alta variação ambiental pode ser explicada pelo estágio inicial de desenvolvimento das plantas, pela competição com plantas daninhas, que não foram devidamente controladas desde a implantação do experimento, acarretando perdas e desuniformidade no crescimento.

Segundo Pimentel-Gomes e Garcia (2002),  $CV_e < 10\%$  são considerados baixos, de 10 a 20%, médios e acima de 30% são altos. Os coeficientes de variação experimental ( $CV_e \%$ ) estimados variaram de 40 a 50%. Como é um coeficiente que leva em consideração a variância ambiental e a média dos dados observados, a grande variabilidade ambiental encontrada e explicada anteriormente tende a aumentá-lo. Diante desse fato, fica evidente a necessidade de outras classificações de  $CV_e$ , que considerem a espécie cultivada e seu estágio de desenvolvimento.

Em relação ao coeficiente de variação genotípico entre progênies ( $CV_{gi}\%$ ), segundo Resende (2002a), quanto maior o seu valor, maiores as chances de serem obtidos ganhos genéticos na seleção, uma vez que existe variabilidade genética entre as progênies, demonstrando que grande parte da variação total é devida a causas genéticas. Observa-se que ao longo das avaliações (TABELA 2), há o aumento desse coeficiente, refletindo a liberação da variabilidade genética com o crescimento.

A correlação entre os valores genotípicos verdadeiros das progênies e aqueles estimados ou preditos a partir das informações do experimento em campo é obtida pela acurácia seletiva ( $Ac_{\text{prog}}$ ), parâmetro que aumenta à medida que os desvios entre o real e o estimado diminuem (RESENDE, 2007).

Os valores de  $Ac_{\text{prog}}$  encontrados variaram de 36% a 49% (TABELA 2) e, de acordo com Resende e Duarte (2007) podem ser considerados baixos. A baixa acuracidade na detecção dos efeitos genotípicos pode estar atrelada à

juvenilidade do material experimental, que ainda não expressou devidamente seus valores genéticos, porém segue aumentando com o crescimento das plantas.

Adotando uma intensidade de seleção de 50%, ou seja, selecionando as oito melhores progênies em altura, os ganhos genéticos estimados aos seis meses de idade elevaram a nova média para 70,52 cm, equivalente a um aumento percentual de 4,03% em relação à média geral (TABELA 3). Aos 15 meses, os ganhos proporcionaram um aumento de 7,68%, de 96,47 cm para 103,87 cm (TABELA 4). Aos 22 meses, obteve-se um ganho de 9,37%, elevando de 113,09 para 123,69 cm (TABELA 5) a média das progênies selecionadas.

Tabela 3 - Ganhos genéticos e novas médias em altura, considerando a seleção das oito melhores progênies de *Eremanthus erythropappus* avaliadas aos seis meses de idade.

<b>Progênies selecionadas</b>	<b>Ganho genético (cm)</b>	<b>Média melhorada (cm)</b>
11	4,95	72,74
11 e 10	4,57	72,36
11, 10 e 13	4,17	71,96
11, 10, 13 e 6	3,78	71,57
11, 10, 13, 6 e 1	3,50	71,30
11, 10, 13, 6, 1 e 14	3,28	71,08
11, 10, 13, 6, 1, 14 e 3	3,04	70,83
11, 10, 13, 6, 1, 14, 3 e 7	2,73	70,52
<b>Média geral</b>		<b>67,79</b>

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 4 - Ganhos genéticos e novas médias em altura, considerando a seleção das oito melhores progênes de *Eremanthus erythropappus* avaliadas aos quinze meses de idade.

<b>Progênes selecionadas</b>	<b>Ganho genético (cm)</b>	<b>Média melhorada (cm)</b>
10	13,76	110,23
10 e 11	12,29	108,76
10, 11 e 3	11,51	107,98
10, 11, 3 e 6	10,61	107,08
10, 11, 3, 6 e 7	9,62	106,09
10, 11, 3, 6, 7 e 14	8,88	105,35
10, 11, 3, 6, 7, 14 e 1	8,16	104,61
10, 11, 3, 6, 7, 14, 1 e 13	7,41	103,87
<b>Média geral</b>		<b>96,47</b>

Fonte: Da autora (2018).

Tabela 5 - Ganhos genéticos e novas médias em altura, considerando a seleção das oito melhores progênes de *Eremanthus erythropappus* avaliadas aos vinte e dois meses de idade.

<b>Progênes selecionadas</b>	<b>Ganho genético (cm)</b>	<b>Média melhorada (cm)</b>
10	20,67	133,75
10 e 3	20,46	133,55
10, 3 e 11	19,21	132,30
10, 3, 11 e 7	18,34	131,43
10, 3, 11, 7 e 6	15,85	128,94
10, 3, 11, 7, 6 e 13	13,93	127,02
10, 3, 11, 7, 6, 13 e 14	12,17	125, 26
10, 3, 11, 7, 6, 13, 14 e 1	10,60	123,69
<b>Média geral</b>		<b>113,08</b>

Fonte: Da autora (2018).



#### 4 CONCLUSÃO

Há variabilidade genética entre as progênies de *Eremanthus erythropappus*, mesmo em idades juvenis, o que demonstra a possibilidade de maximizar os ganhos nas avaliações seguintes e obter sucesso na seleção.

As estimativas de  $h^2_{mp}$ ,  $CV_{gi}$  %,  $Ac_{prog}$  são crescentes ao longo do tempo, assim como os ganhos genéticos, sugerindo a liberação da variabilidade com o crescimento das plantas.

As progênies selecionadas aos 6, 15 e 22 meses de idade são as mesmas nas três avaliações, mostrando-se potenciais em relação às estimativas genéticas para o caráter avaliado na fase inicial de crescimento em campo.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. V. **Avaliação da variabilidade genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Fr. All) na baixana cuiabana.** 2011. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, Dec. 2013.
- AZEVEDO, L. P. A. et al. Seleção genética em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* em área de cerrado mato-grossense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 11, p. 2001-2006, nov. 2015.
- BIERNASKI, F. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D. Variabilidade genética para caracteres juvenis de progênies de *Cedrela fissilis* VELL.: subsídio para definição de zonas de coleta e uso de semente. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 49-58, jan./fev. 2012.
- CANUTO, D. S. O. et al. Estabilidade e adaptabilidade em testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* sob quatro sistemas de plantio. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 2, p. 171-180, abr./jun. 2016.
- 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. 309 p.
- RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas.** Lavras: Ed. UFLA, 2012. 522 p.
- RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002b. 975 p.
- \_\_\_\_\_. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento de genético.** Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561 p.
- \_\_\_\_\_. **Seleção genética computadorizada:** manual do usuário. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 2002a. 67 p.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, set. 2007.

ROCHA, M. G. B. et al. Avaliação genética de progênies de meio-irmãos de *Eucalyptusurophylla* utilizando os procedimentos REML/BLUP e E (QM). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 369-379, 2006.

SANTOS, A. M. et al. Estimação de parâmetros genéticos em teste de procedência e progênie de cedro australiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2012, Uberlândia. Uberlândia: SBMP, 2012. p. 428-432.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 272 p.