



FILIPE VILAS BOAS

**ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE
EREMANTHUS ERYTHROPAPPUS PARA O MANEJO
SUSTENTÁVEL DE POVOAMENTOS NATIVOS DE
MINAS GERAIS**

**LAVRAS – MG
2023**

FILIPE VILAS BOAS

**ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *EREMANTHUS ERYTHROPAPPUS*
PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE POVOAMENTOS NATIVOS DE
MINAS GERAIS**

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

Prof^a Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa
Orientadora

**LAVRAS – MG
2023**

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

Vilas Boas, Filipe.

Análise dos anéis de crescimento de *Eremanthus erythropappus* para o manejo sustentável de povoamentos nativos de Minas Gerais / Filipe Vilas Boas. - 2023.

44 p. : il.

Orientador(a): Ana Carolina Maioli Campos Barbosa.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Dendrocronologia. 2. Manejo florestal. 3. Candeia. I. Campos Barbosa, Ana Carolina Maioli. II. Título.

FILIPE VILAS BOAS

**ANÁLISE DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DE *Eremanthus erythropappus* PARA
O MANEJO SUSTENTÁVEL DE POVOAMENTOS NATIVOS DE MINAS
GERAIS**

**ANALYSIS OF TREE RINGS OF *Eremanthus erythropappus* FOR THE
SUSTAINABLE MANAGEMENT OF NATIVE STANDS IN MINAS GERAIS**

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 31 de julho de 2023.

Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa	UFLA
Dra. Camila Lais Farrapo	UFLA
Dra. Daniela Granato De Souza	University of Arkansas

Prof^ª Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa
Orientadora

LAVRAS-MG

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar saúde e inteligência. Também agradeço aos meus pais por me dar uma base sólida, amorosa e pacífica, minha família (irmã, minha noiva, meus cunhados(as), meus sobrinhos(as)), aos meus amigos e ao meu Mestre de BJJ Belezinha, a minha orientadora Doutora Ana Carolina Maioli por todo conhecimento, empenho e paciência, aos meus professores, meus companheiros de classe, a todos do laboratório de Dendrocronologia (Lucas, Suzi, Vitória, Marcela, Camila, Thiago, Dani e Gabriel) a todos da UFLA (Thiza, Lourival, Éder) ao Adriano representando a empresa Vanete Projetos Florestais Sustentáveis junto à Citróleo (parabéns pelo trabalho em prol da espécie) pela disponibilização das amostras e dos dados extremamente claros e organizados (desculpe ter incomodado e ser sempre prontamente atendido) e também a Capes pelo apoio financeiro da bolsa me concedida.

RESUMO

O presente estudo objetivou analisar o crescimento de indivíduos arbóreos de candeia da espécie *Eremanthus erythropappus* provenientes de povoamentos nativos de quatro municípios da região sul do estado de Minas Gerais: Baependi, Lambari, Maria da Fé e Pedralva. Por meio de parceria com empresa do setor, foram obtidas amostras de discos completos dos troncos de candeia durante atividades de manejo florestal para a produção de óleo de candeia e para fabricação de mourões para cerca. As amostras tiveram suas superfícies transversais polidas para a visualização dos anéis de crescimento. Para cada amostra/indivíduo, foram determinados os seguintes parâmetros: localização georreferenciada, diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total medidos em campo; a idade e a taxa de crescimento anual foram realizadas por meio das análises dos anéis de crescimento. A partir desses dados foi realizada a modelagem do crescimento em diâmetro. Os resultados do estudo demonstraram diferenças em estrutura etária e taxas de crescimento nos diferentes sítios. Em Lambari o IMA (incremento médio anual) variou entre 8 e 21 anos para atingir o DMC (diâmetro mínimo de corte) de 5cm. Em Maria da Fé foram observados os maiores DAP's das amostras, além de atingirem o DMC mais jovens, seguido por Baependi, em que as árvores atingiram o DMC com idades entre 6 e 24 anos. Enquanto em Pedralva as árvores foram mais tardias ao atingir o DMC. Com os resultados do presente estudo, podemos contribuir para diferenciar o diâmetro mínimo de corte conforme a localidade do candeal com base nos dados reais de crescimento das árvores. Os dados gerados no estudo poderão auxiliar na formulação de diretrizes e normas para o manejo sustentável da *Eremanthus erythropappus* no estado de Minas Gerais.

Palavras-chave: Dendrocronologia. Manejo florestal. Crescimento arbóreo. Candeia.

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the growth of candeia trees of the species *Eremanthus erythropappus* from native stands in four municipalities in the southern region of the state of Minas Gerais - Brazil: Baependi, Lambari, Maria da Fé and Pedralva. Through a partnership with companies in the sector, samples of complete cross-sections of candeia stems were obtained during logging operations for the production of candeia oil and for the manufacture of fence posts. The transverse surfaces of the samples were polished to visualize the growth rings. For each sample/tree, the following parameters were determined: georeferenced location, diameter at breast height (DBH) and total height measured in the field, age and annual growth rate were determined through tree ring analyses. From these data, the growth in diameter was modeled. The results of this study demonstrated differences in age structure and growth rates at different sites: Baependi had relatively younger trees reaching the MLD (minimum logging diameter) of 5cm, in Lambari the MAI (mean annual increment) was more constant, in Maria da Fé the highest DBH of the samples were observed and in Pedralva the trees reached the MLD later. The results of the present study can contribute to differentiating site-specific minimum logging diameter based on real tree growth data. The data generated in the study may assist in the formulation of guidelines and standards for the sustainable management of *Eremanthus erythropappus* in the state of Minas Gerais.

Keywords: Dendrochronology. Forest management. Tree growth. Candeia.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1	Descrição geral da da candeia (<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) McLeisch).....	9
2.2	Potencial econômico e cadeia produtiva da <i>Eremanthus erythropappus</i>	12
2.3	Manejo florestal da candeia no estado de Minas Gerais	14
2.3.1	Técnicas aplicadas para o manejo	14
2.3.2	Legislação relativa ao manejo de candeia	16
2.4	Potencial da candeia para estudos dos anéis de crescimento.....	21
2.4.1	Dendrocronologia e aplicação potencial para o manejo sustentável	21
2.4.2	Estudo de anéis de crescimento em <i>Eremanthus erythropappus</i>	22
3.	ESCOPO DO TRABALHO	24
3.1	Objetivo geral.....	24
3.2	Objetivos específicos.....	24
3.3	Hipóteses e premissas.....	24
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1	Área de estudo	25
4.2	Dados de campo	26
4.3	Coleta e preparo de amostras.....	27
4.4	Análise dos anéis de crescimento	28
4.5	Estudo do crescimento de <i>Eremanthus erythropappus</i>	28
5.	RESULTADOS	31
6.	DISCUSSÃO.....	37
7.	CONCLUSÃO.....	38
	REFERENCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A candeia é uma espécie importante para a produção de alfa-bisabolol, um óleo essencial que pode ser extraído de toda a árvore, com grande valor econômico na indústria cosmética na Europa, utilizado como fixador de perfumes (Mori *et al.*, 2010). Estudos recentes apontam para o melhor desenvolvimento de alfa-bisabolol em áreas de maior altitude e entre árvores jovens (Mori *et al.*, 2009). Além disso, esta espécie é conhecida por suas importantes propriedades antinociceptivas (ou seja, anulando a percepção da dor), anti-inflamatória e antiulcerogênica (Silverio *et al.*, 2008), sendo uma importante droga para a indústria. Também é utilizado na indústria naval para construção de barcos, lenha e postes de luz (Pérez, 2001).

A candeia é atualmente a única espécie arbórea nativa manejada e explorada legalmente no estado de Minas Gerais, onde ocorre em maior abundância. Desde o início dos anos 2000, esforços importantes têm sido feitos para viabilizar o manejo sustentável em áreas naturais (Scolforo *et al.*, 2008a) e para estabelecer plantações comerciais (Scolforo *et al.*, 2008b). Apesar da existência de uma lei brasileira protegendo o Bioma Mata Atlântica (Brasil, 2006), uma parte específica da legislação se refere ao manejo sustentável de fragmentos de floresta nativa quando há pelo menos 60% de predominância de uma espécie sobre o restante das existentes. Com base nisso, o estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil, regulamenta seus candeais por meio da aplicação de técnicas de manejo sustentável seguindo leis e normas específicas (MINAS GERAIS, 2013a, 2013b) baseadas nos estudos pioneiros realizados pelo Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal da Universidade Federal de Lavras (LEMAF/UFLA).

Considerando a alta importância econômica de *E. erythropappus*, estudos anteriores relataram tentativas de avaliar suas taxas de crescimento e a idade das árvores com base em parcelas permanentes e medições anuais. No entanto, informações sobre condições ecológicas específicas (competição e estrutura etária das populações) e também edafoclimáticas em ambientes nativos ainda são escassas, impedindo o conhecimento do correto diâmetro mínimo de corte (DMC).

A presença de anéis de crescimento distintos no lenho de candeia já é relatada (Mori *et al.*, 2010) possibilitando a aplicação de métodos dendrocronológicos para obtenção de informações de trajetórias de crescimento (Chagas; Tomazello Filho; Lisi, 2007). Estudar o crescimento da árvore relacionando o incremento do diâmetro com a idade pode fornecer informações mais precisas sobre o ciclo de corte de uma espécie e qual diâmetro é o melhor para uma árvore a ser cortada, contribuindo para a tomada de decisões administrativas.

Conforme proposto por Schöngart (2008), as estimativas baseadas apenas no diâmetro podem ser viesadas, uma vez que essas trajetórias de crescimento são baseadas em simplificações que podem superestimar a idade das árvores e as taxas de crescimento anual porque são feitas principalmente com base em suposições. Portanto, a avaliação dos anéis anuais de crescimento das árvores pode ajudar na estimativa de parâmetros mais precisos, que proporcionem melhoria do manejo florestal e os planos de desenvolvimento sustentável, sendo uma ferramenta precisa para recuperar informações de toda a vida útil das árvores, trajetórias de crescimento, bem como suas respostas climáticas. Combinar informações dos anéis de crescimento com ações de manejo florestal pode ainda contribuir com os ecólogos na conservação das florestas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o crescimento de *Eremanthus erythropappus* em povoamentos nativos de Minas Gerais a partir dos anéis de crescimento. Para isso, foram avaliadas a idade e a taxa de crescimento diamétrico da espécie em quatro locais distintos de ocorrência no estado. A modelagem do crescimento das árvores foi realizada a fim de subsidiar planos de manejo sustentável para o cultivo da espécie.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição geral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch)

A *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch é uma espécie arbórea da família Asteraceae, com nome popular de candeia, nome dado pelo fato da madeira queimar como uma vela. O gênero *Eremanthus* inclui 22 espécies endêmicas do cerrado e campos rupestres do Brasil central, exceto a *Eremanthus matogrossensis* e a *Eremanthus rondonienses* que também podem ser encontradas na Bolívia.

A candeia é uma árvore de baixa estatura (6 a 12 m), fuste irregular e curto e copa muito ampla, seu tronco possui uma casca castanha, grossa e cheia de fendas e, nos galhos mais novos, a casca torna-se menos rústica (Mori *et al.*, 2010; Pérez, 2001). Em termos ecológicos funcionais, a *Eremanthus erythropappus* é classificada como espécie pioneira de vida longa e secundária de estágio inicial, sendo precursora na savanização de campos (Araújo *et al.*, 2018; Carvalho, 1994). A *E. erythropappus* também foi classificada como espécie ectonal de transição de florestas semidecíduas e cerrado, bem como em florestas e campos de altitude (Scolforo *et*

al., 2004), desenvolve-se bem em solos rasos e com baixa fertilidade e terrenos de altitude entre 900 e 1.800 m (Pérez *et al.*, 2004).

A espécie é heliófila e se desenvolve rapidamente em campos abertos, formando povoamentos mais ou menos puros, sendo uma espécie precursora de campo, típica de encraves entre a mata e os campos abertos (cerrado, campos rupestres e campos de altitude). A candeia também ocorre dentro da floresta, como espécie remanescente de estágios iniciais ou quando ocorre alguma perturbação, momento em que se estabelece pela entrada de luz (Scolforo; Loeuille; Altoé, 2012). Em matas com estágio sucessional mais avançado, os indivíduos de candeia são raros, pela falta de luz em matas fechadas. Encontrar indivíduos mortos de candeia é comum e se deve ao estágio sucessional de cada lugar, pois à medida que a floresta secundária se desenvolve, os indivíduos de candeia têm sua luz reduzida, o que faz com que eles morram (Silva, 2001).

As plantas de candeia são conhecidas por suas características particulares de desenvolvimento em solos rasos, de baixa fertilidade e em áreas de alta altitude (Pérez *et al.*, 2004).

Segundo Scolforo; Loeuille e Altoé (2012), as árvores de cadeia florescem de julho a setembro (período seco e frio), a produção de frutos e dispersão das sementes ocorre de agosto a setembro com a chegada da primavera e aumento da temperatura até outubro e novembro com o início da estação das chuvas. As árvores conseguem se desenvolver em solos rasos, pouco férteis e em campos de altitude. A dispersão de suas sementes se dá pelo vento (anemocórica), com altas taxas de regeneração natural. Seu rápido desenvolvimento em locais com luz confere a formação de povoamentos quase puros, chamados de candeais. A formação dos candeais em áreas de altitude e com solo de baixa fertilidade (muitas vezes pedregosos e rasos) é uma característica ecológica bastante interessante do ponto de vista florestal e de aproveitamento da espécie para fins comerciais. Com comportamento semelhante às demais espécies das florestas tropicais, a candeia apresenta menor esforço reprodutivo à medida que a sucessão secundária alcança sua maturidade.

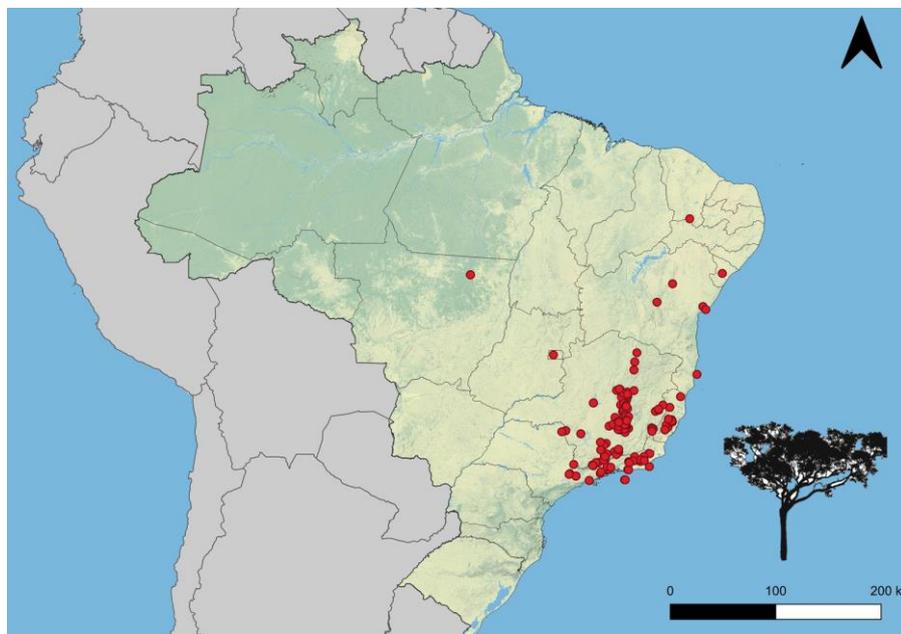
A distribuição geográfica da candeia, segundo Carvalho (1994), ocorre na América do Sul, sendo encontrada no nordeste da Argentina, norte e leste do Paraguai e no Brasil. Pedralli *et al.* (1997) indicam que se pode encontrar a candeia no Brasil, nos estados de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Carvalho (1994) e cita outros estados que a candeia ocorre, como Goiás, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e também no Distrito Federal. A *Eremanthus erythropappus* distribui-se em toda a parte sudeste do Planalto Central de 400 a 2.200 metros, sendo bastante comum em colônias no meio da floresta secundária da

faixa costeira e do cerrado e campos rupestres do planalto interior no centro-oeste e sudeste do Brasil. Nos campos de altitude da região sul de Minas Gerais, o material de origem é denominado BI, gnaisses, migmatitos, granitoides gnaisses e xistos grafitosos, ultramáficas e máficas, formações ferríferas, conditos e quartzitos. O solo é classificado como Cambissolo álico (Ca) e Cambissolo distrófico (Cd) (Scolforo; Loeuille; Altoé, 2012).

Em um estudo recente de modelagem de nicho, Carvalho *et al.* (2019) concluem que a distribuição geográfica da espécie *E. erythropappus* ocorre principalmente na porção centro-sul do estado de Minas Gerais, com destaque nos ambientes montanhosos das serras do Espinhaço, Mantiqueira e Canastra, considerados como áreas centrais para a espécie. As projeções sobre como as mudanças climáticas poderão afetar a distribuição geográfica futura da espécie trouxeram um alerta para a sustentabilidade de populações naturais da espécie no estado de Minas Gerais (Carvalho *et al.*, 2019).

Neste trabalho, todas as menções a Candeia são tratadas como sendo *Eremanthus erythropappus*.

Figura 1 – Mapa de ocorrência de *Eremanthus erythropappus* McLeisch conforme base de dados disponível no site Species Link network. O mapa conta com 268 registros da espécie (pontos vermelhos) com coordenadas geográficas confiáveis.



Fonte: SpeciesLink network (www.specieslink.net/search). Acesso em: 11/06/2023.

A espécie *Eremanthus erytropappus*, é influenciada por fatores bióticos e abióticos em seu ambiente natural, conforme citado por Almeida (2013). Alguns exemplos desses fatores incluem:

Fatores abióticos: clima, solo e fogo. A candeia é encontrada principalmente em áreas de cerrado e campos rupestres, que são regiões com clima quente e seco (Scolforo *et al.*, 2012). A disponibilidade de água e as variações de temperatura ao longo do ano podem afetar o crescimento e a sobrevivência da espécie. O crescimento ocorre melhor em solos bem drenados e com baixa fertilidade. Solos excessivamente úmidos ou com alto teor de nutrientes podem afetar negativamente seu crescimento (Altoé, 2012). A espécie é adaptada a incêndios frequentes, que são comuns em áreas de cerrado. Os incêndios podem ajudar a controlar a competição com outras espécies e promover a regeneração natural da candeia.

Fatores bióticos: competição, herbivoria e mutualismo. Outras espécies de árvores, arbustos e gramíneas podem competir com a candeia por recursos como água e nutrientes. A competição pode afetar negativamente seu crescimento e sobrevivência. A candeia pode ser alvo de herbívoros, como insetos e animais, que se alimentam de suas folhas, flores e frutos. A herbivoria pode afetar a produção de sementes e a regeneração natural da espécie. A candeia pode estabelecer relações mutualísticas com outras espécies, como micorrizas, que ajudam na absorção de nutrientes do solo, e com polinizadores, como abelhas e borboletas, que ajudam na reprodução da espécie (Moura *et al.*, 2021).

2.2 Potencial econômico e cadeia produtiva da *Eremanthus erytropappus*

No estado de Minas Gerais, a candeia é uma espécie florestal nativa com grande potencial econômico, uma vez que fornece multiprodutos, como: moirão de cerca de elevada durabilidade natural, construção naval, lenha, extração de óleo essencial e o seu principal composto, o alfa-bisabolol (Araújo *et al.*, 2012; Mori; Mori; Mendes, 2010; Silva *et al.*, 2014). Os produtos da candeia têm elevada demanda e valor de mercado, uma vez que sua madeira apresenta alta durabilidade, resistência e poder energético. O óleo essencial de candeia é comercialmente extraído da madeira, podendo chegar a mais de 20% da sua constituição química, tendo alta demanda comercial no mercado internacional, principalmente Europa, e elevado valor de mercado (Mori; Mori; Mendes, 2010).

O alfa-bisabolol é o principal componente químico natural extraído do óleo essencial de candeia e usado como substituto ao azuleno em preparações cosméticas hipoalergênicas (Moro *et al.*, 2009). Este composto é usado na indústria alimentícia, farmacológica e de cosméticos na

forma de hidratantes, loções cicatrizantes, produtos de higiene e beleza, apresentando alto valor comercial devido às suas propriedades calmante, anti-irritante, cicatrizante, antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, desodorizante, dermatológicas e espasmódicas (Pérez *et al.*, 2001; Scolforo *et al.*, 2002).

Há uma diversidade de espécies que possuem alfa-bisabolol, mas a extração comercial é feita da candeia e da camomila (*Matricaria recutita*) (Altoé *et al.*, 2012). Apesar do composto também ser encontrado na camomila, a concentração e estabilidade química do óleo na candeia é expressivamente maior (Donadelli, 2012), conferindo grande importância econômica para esta árvore nativa brasileira. Todas as partes da planta possuem o alfa-bisabolol, mas no tronco se encontra o óleo em maior rendimento e pureza. Portanto, a extração do óleo se dá pelo abate das árvores e processamento da sua madeira.

Segundo Donadelli (2012), o considerável crescimento da demanda global pelo óleo essencial da candeia não foi acompanhado por mecanismos adequados ou suficientes de regulação e governança, fato comprovado pela exploração clandestina desta madeira que pode chegar a até 40% da exploração total. Apesar do crescente mercado global, uma particularidade da cadeia produtiva do alfa-bisabolol reside no fato da sua produção ser totalmente brasileira, em sua maior parte do estado de Minas Gerais (Donadelli, 2012).

Segundo Clark *et al.* (2011), os atores envolvidos na cadeia produtiva da candeia podem ser divididos em 5 grandes grupos: (1) fornecedores de matéria prima (proprietários de terra, cortadores de madeira); (2) os produtores do óleo bruto e/ou do alfa-bisabolol (atualmente apenas cinco empresas); (3) os distribuidores (quase exclusivamente por empresas multinacionais) e (4) as empresas farmacêuticas e cosméticas que utilizam o insumo em seus produtos. Donadelli (2012) inclui a categoria (5), o grupo dos consumidores finais em todo o mundo (ainda que não tenham ciência da presença do composto em seus produtos).

Em um estudo de cadeia de mercado da candeia para produção de óleo, Oliveira *et al.* (2009) determinaram a margem de lucros de cada categoria da cadeia produtiva, sendo que mais de 82% da margem de lucro fica com os produtores de óleo e alfa-bisabolol (39%) e distribuidores (43%), enquanto apenas 13% fica para os fornecedores de matéria prima.

Além do potencial econômico direto da madeira e do óleo essencial, a espécie *Eremanthus erythropappus* também pode gerar benefícios econômicos indiretos, como a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas naturais associados à espécie. A exploração sustentável da candeia pode contribuir como uma fonte alternativa para a geração de renda e emprego nas comunidades locais, bem como para a conservação dos recursos naturais da região.

2.3 Manejo florestal da candeia no estado de Minas Gerais

2.3.1 Técnicas aplicadas para o manejo

A partir dos anos 2000, a espécie *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch começou a ser mais estudada pois se tornaram frequentes as denúncias de cortes ilegais para uso do seu óleo e sua madeira. Fazia-se urgente os estudos da espécie *Eremanthus erythropappus* para garantir a exploração sustentável da madeira, preservar a diversidade biológica e o equilíbrio ambiental, bem como gerar benefícios socioeconômicos para as comunidades locais. Nesse sentido, o Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal da Universidade Federal de Lavras (LEMAF/UFLA) se destacou com a quantidade e qualidade de estudos desenvolvidos visando o manejo sustentável. Esses estudos pioneiros culminaram com a publicação “O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais” (Scolforo *et al.*, 2012) e mais tarde com um artigo de revisão que compilou os avanços mais recentes (Araújo *et al.*, 2018).

A madeira de *Eremanthus erythropappus* pode ser proveniente de povoamentos nativos ou plantios comerciais. Nesta seção será focado o manejo de povoamentos nativos, chamados candeias, consistindo em maciços florestais de ocorrência natural e com dominância de pelo menos 60% dos indivíduos arbóreos da espécie *Eremanthus erythropappus*.

Pérez (2004) foi o primeiro trabalho a propor um sistema de manejo por corte seletivo para *E. erythropappus* em povoamentos nativos. Esse sistema de manejo foi baseado no rendimento de óleo, taxas de crescimento, estrutura da vegetação e conceito de floresta balanceada. O estudo propõe a remoção de 50% da área basal total, sem comprometer a estrutura da floresta. Mais tarde, Scolforo *et al.* (2008) sugeriu outras alternativas ao corte seletivo proposto por Pérez (2004): (a) sistema de seleção em grupo, (b) sistema de faixa, e (c) sistema porta-sementes. Os sistemas propostos seguiram o conceito de manejo sustentável para *Eremanthus erythropappus*, onde a seleção do sistema deveria levar em consideração os critérios definidos pelo mapeamento das populações nativas, determinação do volume de madeira disponível, priorização da minimização dos impactos e ênfase no cuidado do remanescente de forma a permitir a regeneração natural (Scolforo *et al.*, 2012).

Todos os sistemas de manejo propostos para povoamentos nativos só poderiam ser conduzidos em candeais com dominância de no mínimo 70% de indivíduos de *E. erythropappus*, critério também explícito na primeira legislação de normatização do manejo da

candeia (Portaria nº 01, de 5 janeiro de 2007, MINAS GERAIS, 2007). A mesma legislação permitia a remoção de até 70% dos indivíduos de candeia inventariados no fragmento florestal.

A implantação de mais de 130 planos de manejo em povoamentos nativos foi monitorada por pesquisadores da UFLA em parceria com o Instituto Estadual de Florestas (IEF), compreendendo uma área de aproximadamente 1.108 ha distribuída em 35 municípios das regiões centro e sul de Minas Gerais (Araújo *et al.*, 2018). Para o atendimento à legislação vigente à época, as áreas deveriam ser cuidadas após a intervenção, o que incluía transplante de epífitas e relatórios anuais de monitoramento das áreas, contribuindo para a conservação da flora e fauna, bem como reduzindo a exploração ilegal da espécie.

Concluiu-se, portanto, que o manejo de candeia seguindo os sistemas propostos e legislação, tornavam a atividade atrativa para produtores rurais com candeais nativos em suas propriedades, principalmente pelo fato dos candeais naturalmente ocorrerem em solos de baixa fertilidade e altitudes mais elevadas. Deste modo, o manejo sustentável de *E. erythropapus* em povoamentos nativos localizados em solos inadequados para produção de cultivos agrícolas, surgiu como uma alternativa viável de renda para pequenos e médios produtores rurais, compondo ao mesmo tempo a conservação de áreas ecotonais que conectam florestas dos domínios da Mata Atlântica e Cerrado (Araújo *et al.*, 2018). Deste modo, o manejo adequado dos candeais nativos atenderia aos três pilares da sustentabilidade, contribuindo para a conservação e restauração de áreas naturais e promovendo o desenvolvimento socioeconômico pela geração de emprego e renda (Araújo *et al.*, 2012).

Além do manejo de povoamentos nativos, florestas plantadas de candeia se apresentam como uma alternativa para o suprimento da demanda do mercado global por alfa-bisabolol. Plantios experimentais têm se expandido e se mostram promissores, podendo ser implantados em áreas degradadas pela capacidade da *E. erythropapus* se desenvolver em solos de baixa fertilidade. Segundo Silva *et al.* (2014), o melhor retorno econômico de florestas plantadas de *E. erythropapus* ocorre aos 12 anos quando aplicado o espaçamento de 1,5 x 3,0 m. Quanto melhor a qualidade do solo, maior deverá ser o espaçamento entre os indivíduos plantados de candeia.

Esse dado vindo das florestas plantadas permitiu, pela primeira vez, uma compreensão maior sobre o tempo de rotação e ciclos de corte para candeia, uma vez que a idade das árvores é uma variável desconhecida nos povoamentos nativos, dificultando uma resposta acertiva quanto ao ciclo de corte. De acordo com Scolforo *et al.* (2012), nos candeais nativos, o diâmetro à altura do peito (DAP) e altura variam, respectivamente, de 7,6 cm e 6,5m (árvores de menor porte) a aproximadamente 32 cm e 11 m (árvores de maior porte), porém não existem dados

sobre estrutura etária dos povoamentos ou o tempo necessário para atingir as diferentes classes de diâmetro. Uma alternativa são os estudos de anéis de crescimento, que permitem determinar a idade das árvores e a taxa de crescimento da espécie em diferentes locais. Essas informações são importantes para o estabelecimento de critérios de corte seletivo, que visam retirar árvores mais maduras e garantir a regeneração natural da espécie. O potencial da dendrocronologia para estudos de manejo de florestas nativas será abordado em seção posterior.

2.3.2 Legislação relativa ao manejo de candeia

A exploração da candeia em Minas Gerais passa por um processo de regulamentação há muitos anos, sendo o principal produtor e único estado do país com normatização para esta espécie. Como apresentado na seção anterior, os estudos pioneiros desenvolvidos pelo Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal da Universidade Federal de Lavras (LEMAF/UFLA) apontaram a viabilidade técnica para o manejo sustentável da candeia, culminando na publicação pelo Instituto Estadual de Florestas da Portaria IEF nº 184 de 10/12/2004 (IEF, 2004) que trazia uma norma específica para o manejo sustentável das candeias no Estado de Minas Gerais. Desde então, ocorreram alterações na legislação, tanto a específica para o manejo da candeia, quanto de outras, federais e estaduais, que impactam no manejo da espécie (Quadro 1).

Em 2007 ocorreu a terceira atualização da norma para o manejo da candeia no estado de Minas Gerais com a publicação da Portaria IEF nº 1, de 05 de janeiro de 2007 (IEF, 2007), sendo a última norma que tratou unicamente do manejo da espécie e que vigorou por mais tempo, baseada no entendimento de que o manejo da candeia constitui em um aumento de renda para pequenos e médios proprietários rurais em regiões pouco férteis, podendo ser manejada com base em informações de estudos científicos desenvolvidos pela UFLA, como mencionado em sua redação:

“Considerando os estudos da Universidade Federal de Lavras – UFLA, pelos quais se conclui que, o manejo apropriado para a espécie promove a melhoria de renda aos pequenos e médios proprietários rurais, nas regiões pouco férteis na serra da Mantiqueira e Espinhaço, em Minas Gerais, bem como a conservação da espécie, a sustentabilidade da prática e a conservação de outros fragmentos nativos na propriedade rural, dentre outros benefícios;” (IEF, 2007)

Desta forma, a norma mencionada ia de encontro ao preconizado na Resolução do CONAMA nº 369 de 28 de março de 2006 e na “Lei da Mata Atlântica”, nas quais se explicita o interesse social nas atividades de manejo agroflorestal, ambientalmente sustentável, praticado na pequena propriedade ou posse rural familiar, que não descaracterize a cobertura vegetal nativa, ou impeça sua recuperação, e não prejudique a função ecológica da área (Brasil, 2006; CONAMA, 2006; Pavan, 2019). A “Lei da Mata Atlântica”, em seu artigo 28º estabelece o percentual de predominância da espécie florestal de interesse:

“O corte, a supressão e o manejo de espécies arbóreas pioneiras nativas em fragmentos florestais em estágio médio de regeneração, em que sua presença for superior a 60% (sessenta por cento) em relação às demais espécies, poderão ser autorizados pelo órgão estadual competente, observado o disposto na Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965”
(Brasil, 1965, 2006).

Quadro 1 - Resumo histórico das principais alterações na legislação, tanto a específica que trata do manejo da candeia, quanto de outras de âmbito nacional e estadual que impactam no manejo da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch). As linhas sombreadas de cinza são atos que foram revogados (Continua).

Legislação	Descrição
Portaria IEF nº 184, de 10 de dezembro de 2004	Dispõe sobre normas para elaboração e execução de Plano de Manejo para Produção Sustentada da Candeia <i>Eremanthus erythropappus</i> e <i>Eremanthus incanus</i> no estado de Minas Gerais.
Portaria IEF nº 234, de 02 de dezembro de 2005	Dispõe sobre normas para elaboração e execução de Plano de Manejo para Produção Sustentada da Candeia - <i>Eremanthus erythropappus</i> e <i>Eremanthus incanus</i> - no estado de Minas Gerais e revoga disposições anteriores, em especial a Portaria nº 184, de 10 de dezembro de 2004.
Resolução CONAMA nº 369 de 28 de março de 2006	Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP.

Quadro 1 - Resumo histórico das principais alterações na legislação, tanto a específica que trata do manejo da candeia, quanto de outras de âmbito nacional e estadual que impactam no manejo da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch). As linhas sombreadas de cinza são atos que foram revogados (Continua).

“Lei da Mata Atlântica” Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006	Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.
Portaria IEF nº 01, de 5 janeiro de 2007	Dispõe sobre normas para elaboração e execução do Plano de Manejo para Produção Sustentada da Candeia - <i>Eremanthus erythropappus</i> e <i>Eremanthus incanus</i> no estado de Minas Gerais e dá outras providências.
Deliberação Normativa COPAM nº 107, de 14 de fevereiro 2007	Adota o documento "Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais" como um instrumento norteador de políticas públicas, em especial para o ordenamento territorial, a conservação da biodiversidade e produção sustentável dos recursos ambientais.
Resolução CONAMA nº 392, de 25 de junho de 2007	Definição de vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais.
Portaria IEF nº 99 de 18 de julho de 2012	Revoga a Portaria IEF nº 01, de 05 de janeiro de 2007, que dispôs sobre normas para elaboração e execução do Plano de Manejo para Produção Sustentada da Candeia - <i>Eremanthus erythropappus</i> e <i>Eremanthus incanus</i> no estado de Minas Gerais.
“Novo Código Florestal Federal” Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.
Lei Estadual nº 20.922, de 16 de outubro de 2013	Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no estado.
Resolução conjunta SEMAD/IEF nº 1.905 de 12 de agosto de 2013	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do estado de Minas Gerais e dá outras providências.

Quadro 1 - Resumo histórico das principais alterações na legislação, tanto a específica que trata do manejo da candeia, quanto de outras de âmbito nacional e estadual que impactam no manejo da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch). As linhas sombreadas de cinza são atos que foram revogados (Conclusão).

“Novo Código Florestal Mineiro” Lei nº 20.922 de 16 de outubro de 2013	Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no estado.
Deliberação Normativa COPAM nº 217 de 06 de dezembro de 2017	Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no estado de Minas Gerais e dá outras providências.
Decreto Estadual nº 47.749, de 11 de novembro de 2019	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do estado de Minas Gerais e dá outras providências.
Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 3.102, de 26 de outubro de 2021	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do estado de Minas Gerais e dá outras providências.

Fonte: Do autor (2023)

O novo Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), estabelece algumas regras onde se enquadra o manejo da candeia. Em termos gerais, a lei prevê que a exploração de espécies nativas deve ser realizada de forma sustentável e em conformidade com as normas estabelecidas pelos órgãos competentes, além de estender a possibilidade de intervenção ambiental para manejo florestal em áreas de Reserva Legal. Vale ressaltar que o Código Florestal é uma lei federal, mas que a sua implementação e regulamentação podem variar entre os estados e municípios, de acordo com as particularidades regionais e as demandas locais.

Em 2012, a Portaria IEF nº 01 de 5 janeiro de 2007 foi revogada, sob a justificativa de que ainda não se dispunham de conhecimentos suficientes (Araújo *et al.*, 2018). Em 2013, a Resolução Conjunta SEMAD/IEF N° 1804 de 01 de janeiro de 2013, que trata da autorização

da intervenção ambiental, incluiu, em seu Capítulo V, o Manejo Florestal Sustentável da Vegetação Nativa (Minas Gerais, 2013). Em sequência, foi desenvolvido um Termo de Referência para Elaboração e Execução de Projetos de Plano de Manejo Florestal Sustentável da candeia.

O manejo sustentável da candeia está dispensado do Licenciamento Ambiental no estado de Minas Gerais, entretanto não exime o interessado de obter junto ao órgão ambiental os atos autorizativos para realizar a intervenção ambiental (Pavan, 2019). Desta forma, seguindo a Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017, a regularização ambiental dos planos de manejo de candeia se enquadram na categoria de Intervenção Ambiental:

“qualquer intervenção sobre a cobertura vegetal nativa ou sobre área protegida, ainda que neste caso não implique em supressão de vegetação, passível de autorização pelo órgão ambiental competente” (COPAM, 2017).

A partir de 2018, os planos de manejo para candeia, obrigatoriamente devem ser lançados no Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (SINAFLOR) para o controle das atividades florestais relacionadas aos processos de intervenção ambiental com supressão de vegetação nativa. O SINAFLOR integra o controle da origem da madeira, do carvão e de outros produtos ou subprodutos florestais, sob coordenação, fiscalização e regulamentação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Pavan, 2019).

Atualmente, os planos de manejo para exploração da candeia no estado de Minas Gerais, seguem o Termo de Referência para elaboração de Plano de Manejo Sustentável (Minas Gerais, 2022), conforme o enquadramento da atividade como intervenção ambiental definida no art. 3º do Decreto 47.749, de 11 de novembro de 2019, e documento previsto no §7º do art. 6º da Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 3.102 de 26 de outubro de 2021.

O Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais (IEF/MG), vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), é responsável pela análise dos planos de manejo e expedição de licenças de exploração da candeia. Outro agente de atuação estatal é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), responsável pela concessão de licenciamento para exploração em áreas

federais e concessão de autorização para o transporte da madeira (Donadelli, 2012; Pavan, 2019).

2.4 Potencial da candeia para estudos dos anéis de crescimento

2.4.1 Dendrocronologia e aplicação potencial para o manejo sustentável

A palavra dendrocronologia deriva do grego antigo *dendron* (δένδρον, que significa árvore), *khronos* (χρόνος, que significa tempo) e *-logia* (-λογία, que significa o estudo de). A dendrocronologia é uma técnica que pode ser resumida como o uso sistemático da datação cruzada de anéis de árvores para estabelecer o ano exato em que cada anel foi formado (Douglass, 1941). A datação por anéis de árvores é considerada o método de datação mais exato e preciso em geocronologia (Stahle; Fye; Therrell, 2003). Entre seus atributos, as cronologias de anéis de árvores apresentam resolução anual que pode ser precisamente posicionada no tempo e pode ser facilmente obtida medindo-se as larguras dos anéis para uma sequência contínua de anos.

Os anéis de crescimento de árvores podem fornecer um banco de dados de grande valor para as mais diversas aplicações das ciências ambientais: 1) a contagem dos anéis de crescimento anuais permite determinar a idade de cada árvore, permitindo compreender as estruturas etárias em florestas nativas; 2) a largura de cada anel anual pode ser determinada para compreender as trajetórias de crescimento, crescimento cumulativo do diâmetro ao longo da idade, possibilitando estudos ecológicos de liberação e supressão do crescimento e estudos de manejo florestal; 3) variação interanual do incremento diâmetro, permitindo a correlação do crescimento arbóreo de um povoamento arbóreo com variáveis ambientais como precipitação, temperaturas, temperatura superficial dos oceanos, entre outras; 4) análises físicas (densidade da madeira) e químicas (ex.: ^{13}C , poluentes, metais pesados) de anéis datados podem trazer informações sobre variações atmosféricas, isótopos estáveis, entre outros; 5) anomalias nos anéis de crescimento e cicatrizes podem ser usados para datar fenômenos (ex.: extremos climáticos, inundações, incêndios florestais, geadas, movimentos geológicos, variações solares conforme documento da Embrapa 2011 (De Mattos, 2011).

Quando as técnicas dendrocronológicas são aplicadas a um problema ou campo específico, é comum usar o prefixo dendro em conjunto com o nome da disciplina científica específica, como: dendroclimatologia (investigações dendrocronológicas dos climas passados e presentes), dendroecologia (aplicação da dendrocronologia ao estudo da ecologia de

comunidades bióticas do passado), dendrologia (reconstrução de fluxos de rios e histórias de inundações), dendrogeomorfologia (processos geomórficos), dendropirocronologia (reconstrução de incêndios florestais), entre muitos outros. A escolha do termo de identificação é arbitrária e muitos estudos dendrocronológicos podem se enquadrar em mais de um desses subcampos (Fritts, 1976).

Estudos dendrocronológicos sobre dinâmica da vegetação e padrões sucessionais de povoamentos florestais nativos de regiões tropicais ainda são escassos, mas alguns esforços têm demonstrado o valor de tais pesquisas. O estudo dos anéis de crescimento para determinar o crescimento e dinâmica de florestas nativas pode ter grande impacto na conservação e manejo ecologicamente sustentável de florestas tropicais. Alguns exemplos na África (Ligot *et al.*, 2019; Ridder *et al.*, 2013; Stahle, 1999), Amazônia brasileira (Fonseca Junior; Piedade; Schöngart, 2009; Leoni *et al.*, 2011; Schöngart, 2008), Amazônia boliviana (Brienen; Zuidema, 2006; López; Villalba, 2016) e Amazônia Peruana (Inga; Valle, 2017).

No Brasil, com exceção dos estudos na região da Amazônia, o uso dos anéis de crescimento para fins de manejo sustentável de espécies nativas ainda é considerado incipiente. Análises de anéis de árvores foram usadas para estudar o crescimento radial e a periodicidade na Mata Atlântica (Callado *et al.*, 2001), formação de anéis anuais em florestas semidecíduas do sudeste (Lisi *et al.*, 2008; Tomazello Filho *et al.*, 2004) e floresta mista da região sul (Oliveira *et al.*, 2009; Seitz; Kanninen, 1989).

Conforme Schöngart (2008), as estimativas para ciclos de corte baseadas apenas nas classes diamétricas medidas em parcelas podem ser viesadas. Isso ocorre porque as taxas de crescimento anual são feitas principalmente com base em um intervalo fixo de remedição dos mesmos indivíduos, não levando em consideração que essas taxas são variáveis ao longo da idade da planta. Portanto, o uso de anéis anuais de árvores pode promover melhoria da precisão de parâmetros estimados, contribuindo com o manejo florestal e os planos de desenvolvimento sustentável. Além disso, torna-se uma ferramenta precisa na recuperação de informações de toda a vida útil das árvores, trajetórias de crescimento, bem como suas respostas climáticas. Combinar informações dos anéis de crescimento com ações de manejo florestal pode ajudar os ecólogos a na conservação das florestas no Brasil.

2.4.2 Estudo de anéis de crescimento em *Eremanthus erythropappus*

A descrição anatômica macro e microscópica da madeira pode ser encontrada na literatura (Chagas; Tomazello Filho; Lisi, 2007; Mori *et al.*, 2010). Segundo esses autores, a

transição entre alburno e cerne é pouco distinta; o cheiro da madeira é bastante característico, considerado desagradável e decorrente dos compostos químicos dos extrativos; a madeira é dura ao corte e apresenta densidade moderada; os vasos são numerosos, de pequeno diâmetro, distribuição difusa e com deposição de óleo na região do cerne; parênquima axial do tipo paratraqueal escasso (Mori; Mori; Mendes, 2010). Os anéis de crescimento são distintos, caracterizados pela alternância de lenhos inicial e tardio, demarcados por zonas fibrosas e fina linha de parênquima marginal; o lenho inicial (faixa de lenho mais clara) é formado por fibras de parede mais delgada, menor frequência e maior diâmetro dos vasos; o lenho tardio (faixa de lenho mais escura) é formado por fibras de parede mais espessa, maior frequência e menor diâmetro dos vasos (Chagas; Tomazello Filho; Lisi, 2007).

Os anéis de crescimento de candeia apresentam estrutura anatômica favorável ao desenvolvimento de estudos dendrocronológicos. A alternância de lenhos inicial e tardio ocorre pela sazonalidade da atividade cambial em resposta às variações de clima (Chagas; Tomazello Filho; Lisi, 2007). Além disso, a ocorrência da espécie em áreas de clima estacional, com período de seca e de chuvas bem demarcadas, sua preferência por solos rasos e de altitude, sugerem que a espécie produza anéis de crescimento anuais e sensíveis à precipitação (Frits, 1976).

Pérez (2001) realizou o primeiro estudo que se conhece de aplicação de anéis de crescimento de *Eremanthus erythropappus* para obtenção de incremento médio anual (ICA). Por meio da análise de tronco, foi constatada uma taxa média de crescimento em diâmetro de 0,73 cm/ano, determinando o diâmetro mínimo de corte (DMC) de 5 cm para uso da madeira para produção de óleo e DMC de 7cm para uso do tronco para moirões de cerca (Pérez, 2001; Pérez *et al.*, 2004).

Mori *et al.* (2009) realizou a contagem dos anéis de crescimento observados em discos de *E. erythropappus* para estimar a idade das árvores e correlacionar com o rendimento e qualidade do óleo essencial. Segundo os autores, o teor de óleo essencial tem relação positiva com a idade, enquanto a concentração de alfa-bisabolol tem correlação negativa com a idade da árvore a partir de um certo estágio de senescência, possivelmente devido à fisiologia da árvore.

Os anéis de crescimento de candeia, portanto, podem ser usados para a determinação da idade, taxa de crescimento e para estudar padrões de crescimento das árvores de candeia em povoamentos nativos de diferentes locais: informações básicas para aplicação de técnicas de manejo florestal sustentável das populações naturais da espécie (Chagas; Tomazello Filho; Lisi,

2007). Apesar do potencial dendrocronológico da espécie, não se tem conhecimento de estudos que utilizaram as abordagens clássicas da dendrocronologia.

Além das informações de idade e taxa de crescimento ano a ano, a dendrocronologia pode trazer informações adicionais pela datação dos anéis de crescimento. Essa datação culmina na construção de cronologias de crescimento e permitem o estudo das relações de crescimento-clima, que podem fornecer informações valiosas sobre como a espécie responde a mudanças climáticas e ambientais e como pode ser afetada no futuro. Esses dados podem ser aplicados em programas de manejo e conservação da espécie, bem como no estabelecimento de áreas de proteção e na identificação de locais com maior potencial para a exploração sustentável da madeira de candeia.

3. ESCOPO DO TRABALHO

3.1 Objetivo geral

Estudar o crescimento de *Eremanthus erythropappus* em povoamentos nativos de Minas Gerais por meio dos anéis de crescimento.

3.2 Objetivos específicos

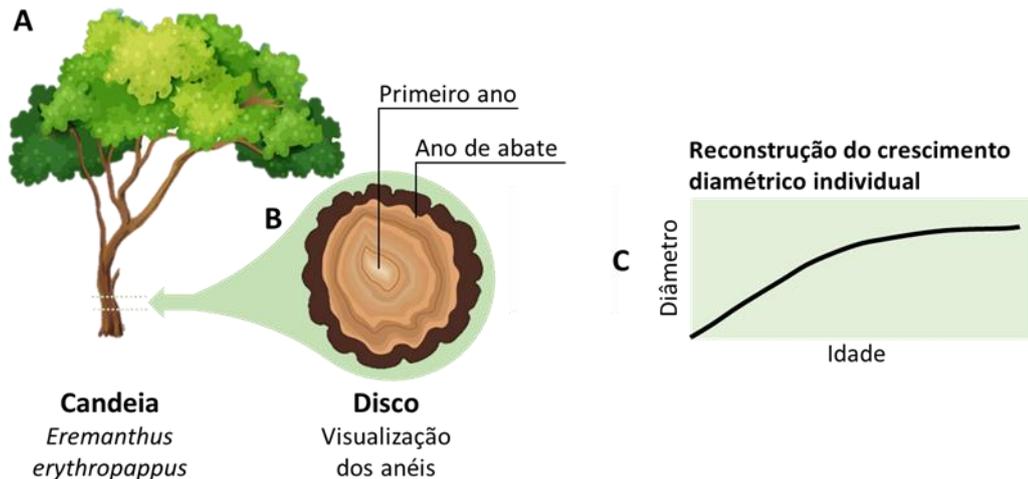
- 1) Determinar idade e taxa de crescimento diamétrico de *Eremanthus erythropappus* em quatro localidades (Baependi, Lambari, Maria da Fé e Pedralva – MG);
- 2) Fazer a modelagem de crescimento da candeia nas diferentes localidades para determinar potenciais ciclos de corte.

3.3 Hipóteses e premissas

- 1) Os anéis de crescimento de *Eremanthus erythropappus* fornecem a base de dados necessária para a reconstrução da estrutura etária e taxas de incremento em povoamentos nativos, podendo ser úteis para propor métodos de manejo sustentáveis (Chagas; Tomazello Filho; Lisi, 2007; Pérez, 2001; Pérez *et al.*, 2004). Será testado pelas modelagens que unem dados tradicionalmente obtidos em campo durante o plano de manejo com informações provenientes dos anéis de crescimento (Fig. 2C);

- 2) A candeia apresenta grande variabilidade das taxas de crescimento dentro e entre seus povoamentos nativos, sendo necessária determinação de parâmetros específicos por sítio (Schöngart, 2008).

Figura 2 – Esquema mostrando as aplicações dos estudos de anéis de crescimento da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.)) propostas no presente estudo.



Legenda: (A) Obtenção de amostras de discos de árvores abatidas em operações de intervenção ambiental do tipo manejo florestal; (B) uso de discos completos para visualização, contagem e medição dos anéis; (C) dados de idade x largura do anel para modelagem de crescimento em diâmetro.

Fonte: Do autor (2023).

4. MATERIAL E MÉTODOS

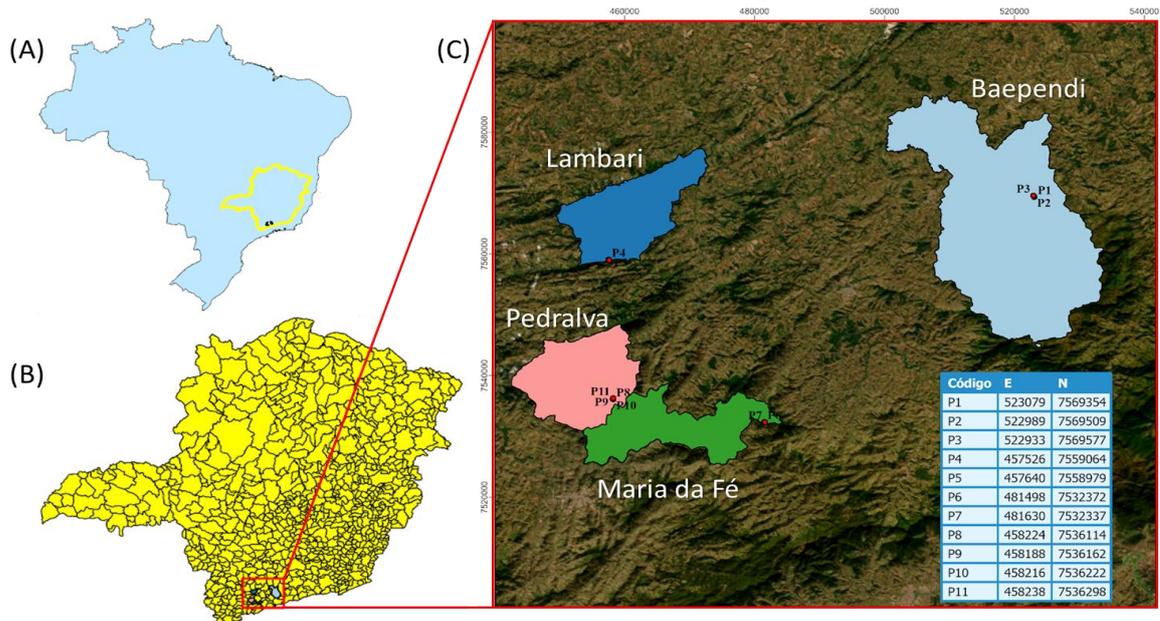
4.1 Área de estudo

Foram selecionados quatro sítios sob manejo sustentável de candeia situados no sul do estado de Minas Gerais (Fig. 3). Tratam-se de propriedades privadas, cuja extração de lenha de candeia foi negociada com a empresa *Citróleo Indústria e Comércio de Óleos Essenciais* e obtida através de plano de manejo autorizado pelo IEF – Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, para produção de alpha-bisabolol natural.

Os sítios estudados estão localizados em quatro municípios que pertencem à Bacia do Rio Grande e estão localizados na Serra da Mantiqueira (Fig. 3): Lambari, com altitude média de 950 metros, Maria da Fé (1424 metros), Pedralva (1013 metros) e Baependi (883 metros). A região está localizada no domínio da Mata Atlântica, com ocorrência de florestas sazonais semidecíduais e florestas montanas ombrófilas mistas e campos de altitude.

O clima da região é definido como subtropical de altitude (CWB), segundo a classificação Koppen-Geiger (Alvares *et al.*, 2013), caracterizado por verões amenos e invernos frios e secos (70% ou mais da precipitação média anual recebida nos seis meses mais quentes). A temperatura média anual é de 19,5°C e precipitação média anual de 1.474 mm, com 22 mm durante o mês mais seco (julho) e 266 mm no mês mais úmido (dezembro).

Figura 3 – Mapas dos sítios estudados.



Legenda: (A) Mapa do Brasil mostrando a localização do estado de Minas Gerais; (B) Estado de Minas Gerais mostrando a localização dos municípios; (C) Localização dos sítios (P1 a P11) em que foram extraídas as amostras de *Eremanthus erythropappus*, conforme os municípios de Lambari, Pedralva, Maria da Fé e Baependi.

Fonte: Do autor (2023).

4.2 Dados de campo

Os dados utilizados nesse estudo são provenientes de fragmentos florestais, com predominância igual ou superior a 70% de candeia, submetidos a regime de manejo sustentável e norteado por normas para intervenção ambiental e técnicas silviculturais fundamentadas especialmente nos estudos de Scolforo *et al.* (2012).

Para a elaboração do Plano de Manejo Florestal foi necessário estimar o volume total de cada povoamento e o volume a ser explorado. Para isso, foi realizado o inventário florestal, utilizando o método do censo, em que foram mensurados todos os indivíduos arbóreos com

diâmetro igual ou superior a 5 cm à altura do peito (DAP). Foram mensurados também os indivíduos mortos.

Para o presente estudo foram lançadas aleatoriamente e inventariadas onze parcelas retangulares de 1.000 m², com dimensão de 25 x 40 m, totalizando 1,10 ha, distribuídas nos povoados localizados nos municípios de Pedralva (4) em novembro de 2017; Maria da Fé (2) em maio de 2018; Lambari (2) em maio de 2019; e Baependi (3) também em maio de 2019 para coleta de amostras de árvores de candeia (Fig 3). Os discos foram retirados de forma aleatória. Alguns sítios contêm 2 fragmentos.

Todos os indivíduos arbóreos com DAP \geq 5 cm existentes dentro de cada parcela foram identificados com etiqueta numérica termoresistente e mensurados. Utilizou-se uma vara telescópica com graduação de 5 cm para medir a altura total com copa e uma fita métrica com graduação de 1 mm para medir a circunferência à altura do peito (CAP), sendo que para as árvores bifurcadas foram mensurados todos os fustes e posteriormente calculado o diâmetro equivalente.

4.3 Coleta e preparo de amostras

Conforme legislação, aproximadamente 50% dos indivíduos de candeia existentes em cada parcela e com DAP mínimo de 5cm foram abatidos e desses foram extraídas amostras de um dos fustes à 1,30 m de altura do solo e fixada etiqueta de identificação correspondente a numeração atribuída no inventário florestal (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados da amostragem de estudo.

Município	Parcela	Coordenadas geográficas	Área total de manejo (ha)	Indivíduos de candeia	Data abate	Discos (n)
Maria da Fé	1	E: 481498; N: 7532372	0,546	58	mai/2018	13
	2	E: 481630; N: 7532337	0,2483	27		
Lambari	3	E: 457526; N: 7559064	3,6158	66	mai/2019	23
	4	E: 457640; N: 7558979	3,6158	116		
Baependi	5	E: 523079; N: 7569354	2,1347	38	mai/2019	19
	6	E: 522989; N: 7569509	2,1347	45		
	7	E: 522933; N: 7569577	2,1347	51		
Pedralva	8	E: 458224; N: 7536114	1,5897	37	nov/2017	15
	9	E: 458188; N: 7536162	1,5897	59		
	10	E: 458216; N: 7536222	1,5897	56		
	11	E: 458238; N: 7536298	1,5897	59		

Fonte: Do autor (2023).

As amostras em forma de discos obtidas em cada parcela, foram encaminhadas para o Laboratório de Dendrocronologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA) onde foram secas ao ar livre e depois polidas em uma das seções transversais seguindo as etapas: 1) primeira etapa com lixadeira de cinta manual seguindo uma sequência de lixas (granulometria 80 até 400), e 2) segunda etapa com lixadeira manual roto orbital (granulometria de 320 a 600). Por meio do processo de lixamento em duas etapas, a qualidade do polimento permite uma melhor visibilidade dos anéis.

Para verificar diferenças do DAP das amostras utilizadas entre as localidades, foi realizado o teste de comparação de médias. Primeiramente, os dados foram analisados quanto a normalidade e homogeneidade das variâncias, de acordo com os testes de Shapiro–Wilk e Levene, respectivamente. O teste de Tukey foi aplicado e uma probabilidade de 5% de significância foi utilizada para rejeitar a hipótese nula. As análises estatísticas foram feitas utilizando-se o programa SPSS Statistics for Windows, Versão 29.0.1 (Armonk, NY, USA).

4.4 Análise dos anéis de crescimento

Cada disco polido foi analisado sob lupa estereomicroscópica, tendo seus anéis identificados e marcados no sentido medula-casca. Dois a três raios foram avaliados em cada disco para garantir a detecção e marcação de todos os anéis de crescimento e para auxiliar nas etapas subsequentes de modelagem de crescimento, uma vez que a medula da espécie geralmente se encontra excêntrica. Após encontrar o mesmo número de anéis em todos os raios as larguras dos anéis da série datada foram medidas usando o sistema de medição digital LINTAB-6 (Rinntech, Heidelberg, Alemanha), com uma precisão de 0,001 mm. Em seguida à análise dos anéis de crescimento, obteve-se uma base de dados do crescimento radial a cada ano de vida da árvore, desde que o indivíduo atingiu 1,30 m de altura até o momento do abate. Os dados radiais foram transformados em diâmetro e obtida uma média para cada ano com os dados dos diferentes raios medidos. Foi usado um fator de correção para reconstrução do DAP (com casca) medido em campo e o DAP médio reconstruído com os anéis de crescimento.

4.5 Estudo do crescimento de *Eremanthus erythropappus*

Para o estudo dos padrões de crescimento, os incrementos diamétricos anuais medidos da medula à casca foram usados para formar curvas de crescimento individuais (Brienen;

Zuidema, 2006) para cada sítio. O incremento do diâmetro ano a ano permite determinar a variação nas taxas de crescimento diamétrico e realizar as curvas de crescimento cumulativas.

A partir dos dados de reconstrução do crescimento diamétrico anual obtidos pela análise dos anéis de crescimento e com os dados medidos em campo, foram realizados os ajustes de modelos nas seguintes etapas (Schöngart, 2008): 1) ajuste do diâmetro à altura do peito (DAP_i) em função da idade (ID); 2) uso de equação hipsométrica para o ajuste da altura (H) em função do DAP, ambos medidos em campo; 3) aplicação da equação hipsométrica ajustada para estimar a altura para cada ano (H_i) em função do DAP_i; 4) aplicação de equação de volume para estimar o crescimento em volume nos diferentes sítios.

A modelagem da altura e do diâmetro foi realizada usando o método LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator). O LASSO é um método de estimativa que utiliza modelos lineares com aprendizado de máquina e penaliza os coeficientes para promover a seleção das variáveis preditoras (Altoé, 2017). O objetivo é minimizar a soma dos quadrados dos erros, desde que a soma absoluta dos coeficientes seja inferior ao parâmetro de penalização.

As variáveis disponíveis para a seleção pelo método LASSO no modelo da relação hipsométrica foram: DAP, DAP², 1/DAP, LnDAP e a introdução de variáveis binárias para cada sítio em cada um dos parâmetros. Para o ajuste de diâmetro em função da idade as variáveis disponíveis para seleção foram: ID, ID², 1/ID, LnID e a introdução de variáveis binárias para cada sítio em cada um dos parâmetros. Os modelos completos da relação hipsométrica e do crescimento em diâmetro propostos foram, respectivamente:

$$HT = \left(\beta_0 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{0i} * S_i) \right) + \left(\beta_1 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{1i} * S_i) \right) * DAP + \left(\beta_2 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{2i} * S_i) \right) DAP^2 \\ + \left(\beta_3 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{3i} * S_i) \right) 1/DAP + \left(\beta_4 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{4i} * S_i) \right) LnDAP \pm \varepsilon$$

$$DAP = \left(\beta_0 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{0i} * S_i) \right) + \left(\beta_1 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{1i} * S_i) \right) * ID + \left(\beta_2 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{2i} * S_i) \right) ID^2 \\ + \left(\beta_3 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{3i} * S_i) \right) 1/ID + \left(\beta_4 + \sum_{i=1}^4 (\beta'_{4i} * S_i) \right) LnID \pm \varepsilon$$

Em que:

β_0 a β_4 : são os parâmetros da equação

β'_{0i} a β'_{4i} : são as adições ou subtrações aos parâmetros do modelo de acordo com a diferenciação de cada sítio, quando esta existir, isso para o parâmetro β_0 e β_1 , respectivamente.

S_i : é a variável binária para cada sítio i , podendo assumir o valor de 1 quando há diferenciação do sítio em questão ou 0 quando não há diferenciação. Ele pode representar os seguintes sítios: Baependi (BAE), Pedralva (PED), Maria da Fé (MAF) e Lambari (LAM)

ε : é o erro associado ao modelo.

Os modelos selecionados para estimar a taxa de crescimento em cada árvore foram avaliados utilizando várias estatísticas, incluindo o erro médio (ME), o erro médio absoluto (MAE), a raiz do erro quadrático (RMSE) e o coeficiente de determinação (R^2). Além disso, um gráfico de dispersão foi gerado para comparar os valores estimados com a linha de referência 1:1.

O erro médio (ME) indica se o modelo tende a subestimar (valor positivo) ou superestimar (valor negativo) a variável de interesse. O erro médio absoluto (MAE) fornece uma medida da magnitude do erro, refletindo a capacidade do modelo em fazer estimativas próximas aos valores reais, com valores mais próximos de zero sendo desejáveis. A raiz do erro quadrático (RMSE) representa a precisão dos resultados, indicando o desvio padrão do erro de predição. Por fim, o coeficiente de determinação (R^2) expressa, em porcentagem, a capacidade do modelo em explicar os dados observados.

O volume foi calculado com casca (CC) de acordo com as equações do livro Inventário Florestal de Minas Gerais (Soares *et al.*, 2011), sendo que para Maria da Fé e Pedralva foi considerada a equação de Delfim Moreira e para Lambari e Baependi foi considerada a equação de Aiuruoca, segundo Scolforo *et al.* (2008, Tabela 2, p.173) (Tabela 2).

Tabela 2 – Equações para determinação do volume.

Região	Equação	R^2 ajustado	Syx (m ³)	Syx (%)
Delfim Moreira	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -10,0428800 + 1,004040 * \text{Ln}(\text{DAP}^2 * \text{H})$	98,44	0,03513	20,46
Aiuruoca	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -10,069537 + 1,010656 * \text{Ln}(\text{DAP}^2 * \text{H})$	98,18	0,04888	21,93

Fonte: Do autor (2023).

O método utilizado para estimar o volume de árvores nas regiões de Delfim Moreira e Aiuruoca foram baseados em equações selecionadas do modelo logarítmico chamado de variável combinada. Essas equações são utilizadas para estimar o volume da árvore com casca até 3 cm de diâmetro e o volume da árvore sem casca.

5. RESULTADOS

O teste Tukey para comparação de médias, demonstrou que as amostras de Maria da Fé utilizadas no presente estudo (dados do inventário de campo) apresentaram maior DAP em relação aos outros sítios ($p < 0,05$). O DAP das amostras de Baependi, Lambari e Pedralva não diferiram significativamente entre si ($p > 0,005$) (Tabela 3).

Tabela 3 – Diâmetro a altura do peito (DAP) de *E. erythropappus* nas diferentes localidades de estudo.

Sítio	DAP
Baependi	13,13 ± 6,6 b
Lambari	14,01 ± 5,0 b
Maria da Fé	33,79 ± 8,85 a
Pedralva	14,51 ± 4,58 b

Legenda: Os valores (média ± DP) na mesma coluna com diferentes letras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os grupos de cada localidade.

Fonte: Do autor (2023).

E. erythropappus tem anéis de crescimento distintos delimitados por fibras de paredes espessas e radialmente achatadas no lenho tardio, ao contrário das fibras de paredes finas do lenho inicial (Figura 4). A visibilidade dos anéis de crescimento em *E. erythropappus* variou conforme a amostra da figura a seguir.

Figura 4 – Seção transversal *E. erythopappus* para demonstrar característica dos anéis de crescimento anuais da espécie.

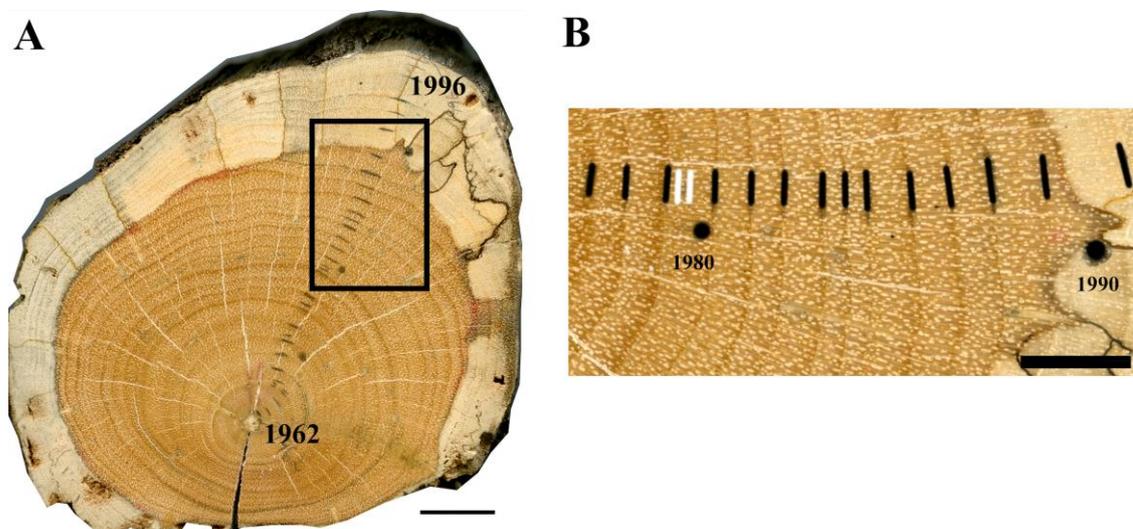


Fonte: Do autor (2023).

A excentricidade da medula na madeira foi bastante frequente nas amostras, muitas vezes impedindo a detecção de todos os anéis em mais de um raio por árvore (Figura 4). Também foram diagnosticadas algumas amostras com brocas próximas a medula, impossibilitando a contagem dos primeiros anos das árvores.

Como o diâmetro mínimo de corte da candeia é de 5cm no DAP, não foi possível analisar árvores jovens, deixando aqui registrado como parte da metodologia.

Figura 5 - A. Seção transversal de um disco de candeia obtido a 1,30 do solo (barra de escala: 1 cm); B. Estrutura macroscópica da madeira e os anéis de crescimento bem delimitados e visíveis pela variação de densidade (linhas pretas) e anéis menos visíveis e de difícil detecção (linhas brancas) (barra de escala: 5mm).



Fonte: Do autor (2023).

Tabela 4 – Descrição dos dados de crescimento de *E. erythropappus* obtidos pela mensuração dos anéis de crescimento.

	Lambari	Maria da Fé	Pedralva	Baependi
Amostras (n)	23	13	15	19
Idade média no DMC	12	8	17	16
(Min-Max)	(8 - 21)	(4 - 20)	(9-33)	(7-27)
Diâmetro médio obtido pelos anéis (cm)	12,63	25,75	11,57	18,84
(Min - Max)	(5,69 - 24,66)	(15,66 - 37,68)	(6,74 - 17,21)	(7,23 - 18,46)
Taxa média de crescimento anual (cm*ano⁻¹ ± DP)	0,46 ± 0,23	0,74 ± 0,42	0,36 ± 0,25	0,38 ± 0,24

Legenda: DMC – diâmetro mínimo de corte (5cm); DP – desvio padrão.

Fonte: Do autor (2023).

A média de idade dos indivíduos analisados no sítio de Lambari para atingir o DMC foi de 12 anos a uma taxa de crescimento anual de 0,46 cm*ano⁻¹. Em Maria da Fé o diâmetro médio das amostras foi de 25,75cm, sendo que as amostras desse sítio atingem o DMC com a idade média de 8 anos a uma taxa média de crescimento anual de 0,74 cm*ano⁻¹. No sítio de Pedralva, a média de idade para atingir o DMC foi de 17 anos, variando entre 9 e 33 anos, e um diâmetro médio das amostras de 11,57 cm. Enquanto em Baependi observou-se que árvores têm um diâmetro médio de 18,84 cm, a taxa de crescimento anual foi de 0,38 cm*ano⁻¹ atingindo o DMC com 16 anos em média (Tabela 4).

O ajuste dos modelos permite inferir sobre o crescimento em altura e em diâmetro da candeia. Os modelos de crescimento ajustados são apresentados a seguir:

$$HT = (5,11400339 - (3,3008477 * BAE) + (0,27223736 * LAM)) + (0,07379132 + (0,23401054 * BAE) + (0,12318259 * LAM)) * DAP$$

$$DAP = (0,34471153 + (2,33866879 * MAF)) + (0,41072986 + (0,019613 * LAM) + (0,04718604 * MAF) - (0,0800757 * PED)) * ID$$

Em que:

HT: altura total da árvore, em metros;

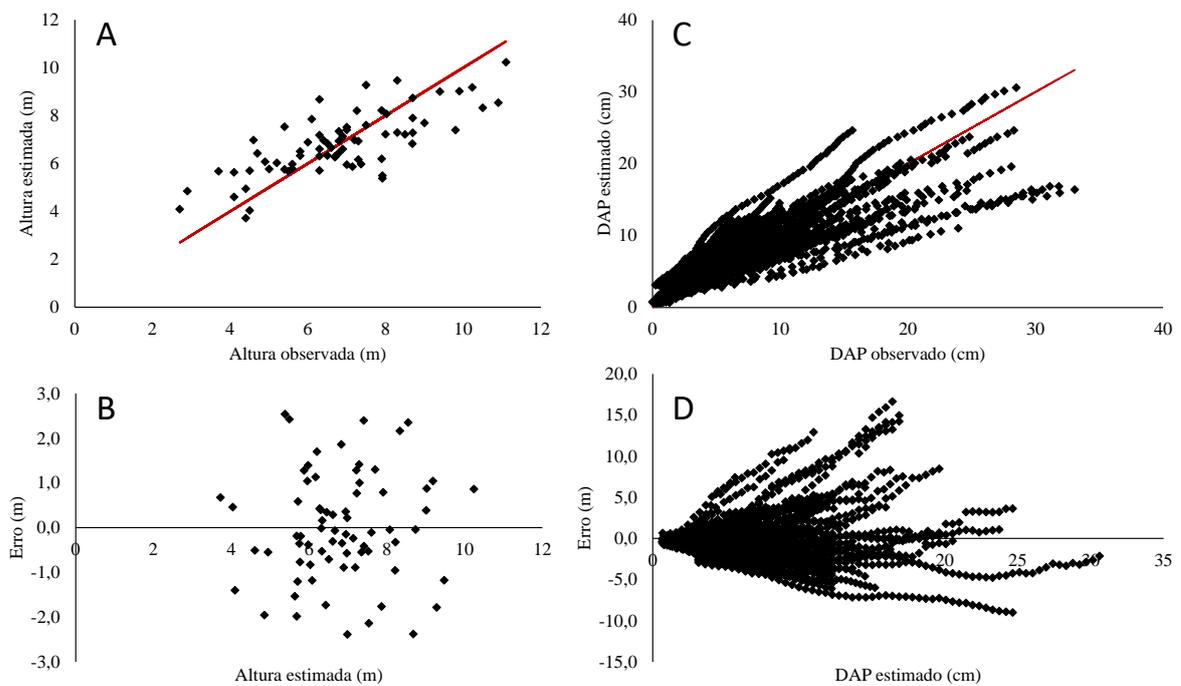
DAP: diâmetro medido a 1,3 metros de altura do solo, em centímetros;

ID: Idade da árvore, em anos;

BAE: variável binária acionada quando os dados são do município de Baependi - MG;
 MAF: variável binária acionada quando os dados são do município de Maria da Fé - MG;
 LAM: variável binária acionada quando os dados são do município de Lambari – MG;
 PED: variável binária acionada quando os dados são do município de Pedralva – MG.

As estatísticas de ajuste do modelo de relação hipsômetrica foram: ME = 0,00, RMSE = 1,19, MAE = 15,51, $R^2 = 56,67$. E para o crescimento em diâmetro foram: ME = 0,00, RMSE = 3,23, MAE = 62,67, $R^2 = 71,65$. Considerando que o estudo foi realizado em florestas nativas onde as fontes de variação são diversas, as estatísticas de ajustes foram adequadas (Figura 6).

Figura 6 –Variáveis reais versus estimadas para altura (A) e DAP (C) e gráfico de distribuição de resíduos para os modelos ajustados de altura (B) e DAP (D).



Fonte: Do autor (2023).

Os modelos descritos acima, para a relação hipsômetrica e para o crescimento em diâmetro, também podem ser escritos conforme Tabela 5, desmembrados para cada um dos sítios estudados.

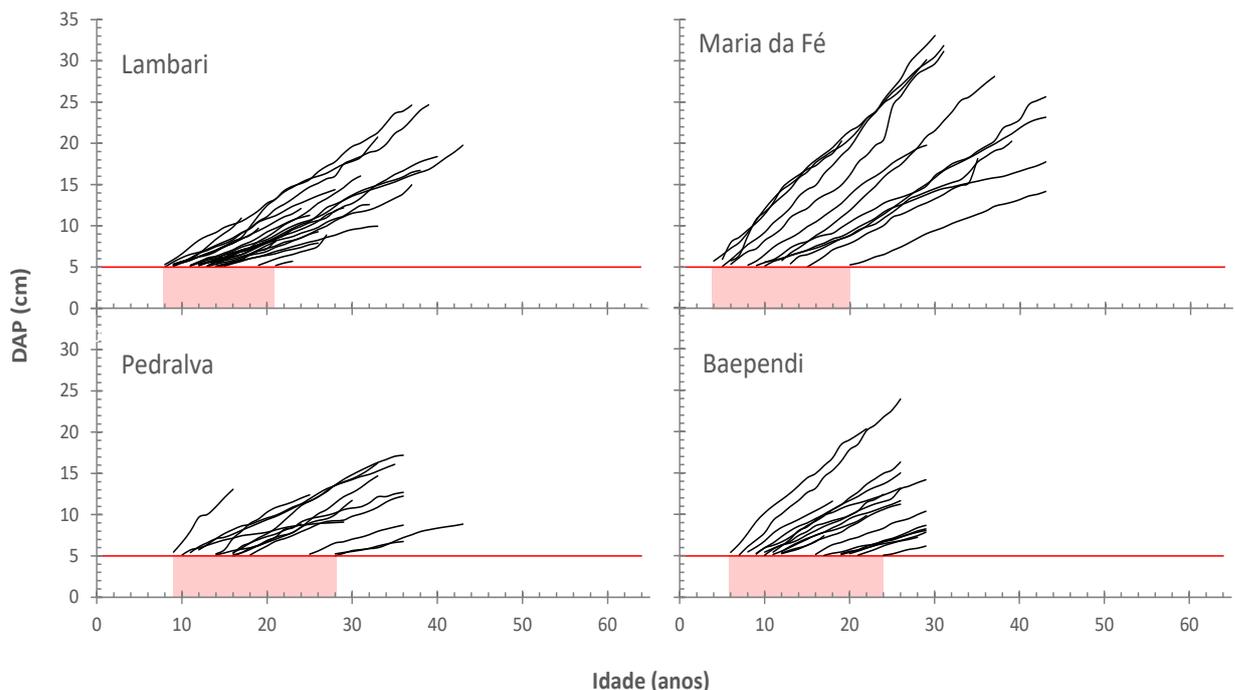
Tabela 5 – Equações ajustadas por sítio para o crescimento diamétrico em função da idade e para as relações hipsométricas.

	Crescimento em diâmetro	Relação hipsométrica
Lambari	$DAP = (0,34) + (0,41 + 0,02) * ID$	$H = (5,11+0,27) + (0,07 + 0,12) * DAP$
Maria da Fé	$DAP = (0,34 + 2,34) + (0,41 + 0,05) * ID$	$H = (5,11) + (0,07) * DAP$
Pedralva	$DAP = (0,34) + (0,41 - 0,08) * ID$	$H = (5,11) + (0,07) * DAP$
Baependi	$DAP = (0,34) + (0,41) * ID$	$H = (5,11-3,30) + (0,07+0,23) * DAP$

Fonte: Do autor (2023).

De acordo com o crescimento cumulativo do DAP demonstrado na Figura 7, pode-se observar no sítio de Lambari o intervalo para atingir o DMC foi mais curto, variando entre 8 e 21 anos. Dessa forma, o manejo pode ser facilitado, bem como a confiabilidade para a realização dos planos de corte do sítio. Enquanto em Maria da Fé observa-se que é o sítio com a maior taxa de crescimento, logo, maior rendimento de madeira. No sítio de Pedralva há maior desuniformidade até as árvores atingirem DAP de 5cm (variando entre 9 e 28 anos), além de ser o sítio mais tardio. No sítio de Baependi apesar de as amostras serem mais jovens elas atingem alguns dos maiores DAP's (25cm).

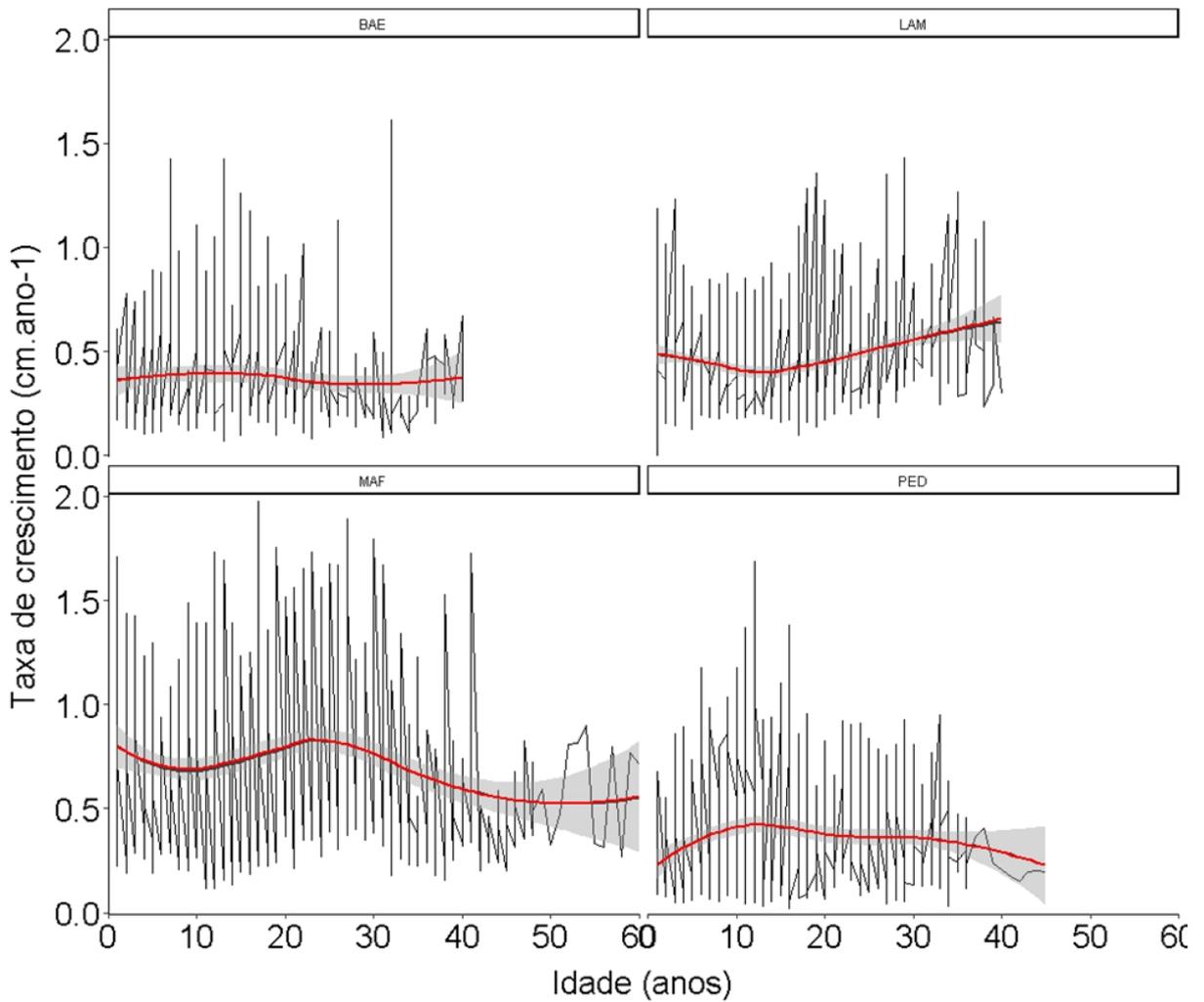
Figura 7 – Crescimento cumulativo do DAP dos indivíduos amostrados em cada sítio (Lambari, Maria da Fé, Pedralva e Baependi) a partir do diâmetro mínimo de corte (DMC).



Fonte: Do autor (2023).

De acordo com a análise da taxa de crescimento anual (Figura 8), as amostras dos sítios de Lambari e Baependi apresentam uma curva de tendência em ascensão, demonstrando que o estágio de senescência ainda não foi atingido. Em Maria da Fé as amostras apresentam um primeiro estágio de senescência, no entanto, há uma tendência a aumentar a taxa de crescimento em seguida.

Figura 8 – Taxa de crescimento diamétrico por ano em cada sítio (Lambari, Maria da Fé, Pedralva e Baependi).



Fonte: Do autor (2023).

6. DISCUSSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi demonstrar uma primeira tentativa de indicar o estudo dos anéis de crescimento para produzir dados científicos importantes para a discussão do manejo da candeia. A candeia atualmente recebe cortes em todas as classes de diâmetro acima de 5 cm e, conforme os resultados obtidos neste trabalho, o diâmetro poderia alterar de acordo com as condições locais de cada região manejada, de modo a favorecer a regeneração natural e o manejo sustentável dos povoamentos nativos.

Conforme relatado em estudos anteriores (Chagas; Tomazello Filho; Lisi, 2007; Scolforo *et al.*, 2012), os anéis de crescimento de *E. erythopappus* são de fato visíveis, principalmente pelo parênquima marginal com coloração mais clara delimitando cada anel, o que facilita a marcação dos mesmos. Essa condição foi verificada em todos os sítios, exceto no de Baependi, o qual apresentou o parênquima menos pronunciado, dificultando, assim, sua visualização.

As candeias são consideradas pioneiras na sucessão ecológica, invadindo campos e formando populações quase puras. Geralmente se desenvolvem em solos rasos, com algum déficit nutricional e em altitudes elevadas (Scolforo *et al.* 2008). As mudanças das condições entre as localidades podem afetar as características biológicas das árvores, como tamanho e formato do fuste, altura e área da copa (Lopes *et al.*, 2007), influenciando no incremento anual do DAP das árvores, tamanho e desenvolvimento da madeira.

De acordo com as avaliações de crescimento do presente estudo, os indivíduos de Maria da Fé são mais precoces ao atingir o DMC (8 anos). A partir da avaliação da taxa de crescimento diamétrico, verificou-se que nesse sítio as amostras apresentam um primeiro estágio de senescência e, no entanto, houve uma tendência a aumentar a taxa de crescimento em seguida. Essa característica pode estar relacionada aos fatores climáticos da região, dado aos campos de altitude mais elevados (1424 m) dentre os sítios estudados e, conseqüentemente, ao frio extremo que a região geográfica apresenta.

Desta forma, os resultados estão de acordo com o relatado para a espécie, que apresenta melhor desenvolvimento em condições adversas, pois tende a se sobressair a outras espécies em concorrência (Scolforo *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2007). Isso implica diretamente nos planos de manejo de candeais, deduzindo que em regiões com essas características o abate pode ocorrer mais precocemente.

Um protocolo de manejo que estime melhor as taxas de crescimento e os teores de óleo essencial pode fornecer uma abordagem correta de uso múltiplo para candeais extraídos.

Segundo Mori *et al.* (2009), o rendimento do óleo essencial tem correlação positiva com a idade, ou seja, quanto maior a idade das árvores de candeia, maior o rendimento de óleo essencial. Os resultados encontrados por esses autores também demonstraram correlação positiva da altitude na concentração de alfa-bisabolol, o que influencia, portanto, no teor e qualidade do óleo essencial (Galdino *et al.*, 2006).

Nesse sentido, a partir da avaliação do diâmetro médio demonstrou-se que no sítio de Maria da Fé as árvores de candeia têm maior taxa de crescimento e, segundo Mori *et al.* (2009), potencialmente apresentarão maior rendimento de óleo essencial.

A legislação atual não considera a variação do tamanho e incremento das árvores devido às propriedades do solo, diferenças de crescimento e natureza anual das espécies, tornando as regulamentações nacionais baseadas em suposições (Rosa *et al.*, 2017). Portanto, em algumas localidades, o limite do diâmetro de corte pode ser inadequado para o crescimento sustentável dos povoamentos de *E. erythropappus*. O corte de todas as árvores com DMC superior a 5 cm pode levar à supressão dos povoamentos nativos de candeia em algumas localidades, enquanto em outras, essa medida pode ser o melhor para iniciar o ciclo de corte.

Desta forma, é altamente recomendável que mais estudos utilizando os anéis anuais de *E. erythropappus* combinados com informações sobre suas localidades sejam realizados para acessar informações sobre as melhores formas de abordar um ciclo mínimo de corte, de forma que o produtor tenha um maior retorno do investimento e a espécie tenha maiores possibilidades de retornar ao tamanho original dos povoamentos.

7. CONCLUSÃO

A análise dos resultados permite concluir que através do estudo dos anéis é possível modelar o crescimento da candeia. O estudo demonstrou que a taxa de crescimento da espécie varia conforme o local de ocorrência. Assim, sugerimos que mais estudos sobre planos e protocolos de manejo de *E. erythropappus* levem em conta variações específicas de sítio a sítio e informações dos anéis de crescimento para estimar o diâmetro mínimo de corte.

Os resultados deste estudo demonstraram diferenças em estrutura etária e taxas de crescimento nos diferentes sítios: em Lambari o intervalo da idade para atingir o DMC foi mais curto (8 e 21 anos); em Maria da Fé verificou-se a maior taxa de crescimento das árvores; no sítio de Pedralva a idade para atingir o DAP variou entre 9 e 28 anos, sendo o mais tardio; em

Baependi apesar de as árvores serem mais jovens elas atingem alguns dos maiores DAP`s (25cm).

REFERENCIAS

ALMEIDA, M.F.B de. **Interações ecológicas entre insetos galhadores e outros artrópodes em *Eremanthus erythropappus* (Asteraceae)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

ALTOÉ, T.F. *et al.* Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) na produção e qualidade de óleo essencial. *In: SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D.; DAVIDE, A.C., Editores. O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais*. Lavras: UFLA; 2012. p. 117-144.

ALTOÉ, T.F. **Modelagem e espacialização do estoque de carbono em fragmentos nativos de Minas Gerais em função de fatores edafoclimáticos**. Tese (Tese em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, 2017, 130p.

ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, E.J.G. *et al.* Relação hipsométrica para candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes espaçamentos de plantio em Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.71, p.257-268, 2012.

ARAÚJO, E.J.G *et al.* Sustainable management of *Eremanthus erythropappus* in Minas Gerais, Brazil: a review. **Floresta e Ambiente**, v.25, n.3, 2018.

BENITES, V.M. *et al.* Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 1, p. 76-85, 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: [<https://www.in.gov.br/inicio>]. Acesso em: 23 de out. 2022.

BRIENEN, R.J.W.; ZUIDEMA, P.A. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management**, v.226, n.1-3, p.256-267, 2006.

CALLADO, C. *et al.* Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees**, v. 15, p. 492-497, 2001.

CARVALHO, M.C.; GOMIDE, L.R.; ACERBI JÚNIOR, F.W.; TNG, D. Potential and future geographical distribution of *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish: a tree threatened by climate change. **Floresta e Ambiente**, v.26, n.3, p.e20180455, 2019.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1994, 639p.

CHAGAS, M.P.; TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C.S. Caracterização macro e microscópica da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*, Asteraceae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 156-158, 2007.

CLARK A. *et al.* **Promoting sustainability in the value chain of natural bisabolol, a Brazilian Rainforest product**. New York: Columbia University, 2011, 116p.

DONADELLI, F. Motivações e resultados da certificação florestal: um estudo de caso cadeia de valor da candeia. **Ambiente & Sociedade**, v.15, n.3, p.97-121, 2012.

DOUGLASS, A.E., 1941. Crossdating in dendrochronology. **Journal of Forestry**, v. 39, n.10 825–831.

FONSECA JUNIOR, S.F.; PIEDADE, M.T.F.; SCHÖNGART, J. Wood growth of *Tabebuia barbata* (E. Mey.) Sandwith (Bignoniaceae) and *Vatairea guianensis* Aubl. (Fabaceae) in Central Amazonian black-water (igapó) and white-water (várzea) floodplain forests. **Trees**, v.23, p.127–134, 2009.

FRITS, H.C. **Tree Rings and Climate**. London: Academic Press, 1976, 567 p.

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

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). (2023). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP. Recuperado em 27 de março de 2023, de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

LONGHI, P.R. *et al.* Estudo de caso do processo de extração do óleo essencial da madeira de candeia no sul de Minas Gerais. **Floresta**, v. 39, n. 3, 2009.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Portaria nº 184 de 10 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre normas para elaboração e execução de Plano de Manejo para Produção Sustentada da candeia *eremanthus erythropappus* e *eremanthus incanus* no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Portaria nº 234, de 02 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre normas para elaboração e execução de Plano de Manejo para Produção Sustentada da candeia - *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus* - no Estado de Minas Gerais e revoga disposições anteriores, em especial a Portaria nº 184, de 10 de dezembro de 2004.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Portaria nº 01, de 5 janeiro de 2007**. Dispõe sobre normas para elaboração e execução do Plano de Manejo para Produção Sustentada da candeia - *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus* no Estado de Minas Gerais e dá outras providências.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Portaria IEF nº 99 de 18 de julho de 2012**. Revoga a Portaria IEF nº 01, de 05 de janeiro de 2007, que dispôs sobre normas para

elaboração pavae execução do Plano de Manejo para Produção Sustentada da candeia - *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus* no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

INGA, J.G.; VALLE, J.I.D. Log-relative growth: A new dendrochronological approach to study diameter growth in *Cedrela odorata* and *Juglans neotropica*, Central Forest, Peru. **Dendrochronologia**, v.44, p.117-129, 2017.

LEONI, J.M.; FONSECA JUNIOR, S.F.; SCHÖNGART, J. Growth and population structure of the tree species *Malouetia tamaquarina* (Aubl.) (Apocynaceae) in the central Amazonian floodplain forests and their implication for management. **Forest Ecology and Management**, v.261, n.1, p.62-67, 2011.

LIGOT, G. *et al.* Growth determinants of timber species *Triplochiton scleroxylon* and implications for forest management in central Africa. **Forest ecology and management**, v. 437, p. 211-221, 2019.

LISI, Claudio S. *et al.* Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **Iawa Journal**, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LÓPEZ, L.; VILLALBA, R. Reliable estimantes of radial growth for eight tropical species based on wood anatomical patterns. **Journal of Tropical Forest Science**, v.28, n.2, p.139-152, 2016.

MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; HESS, A. F.; SALIS, S. M. A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2011. 37 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 218).

MINAS GERAIS. **Portaria N° 184, de 10 de dezembro de 2004**. Disponível em: <ftp://ftp.ufv.br/def/disciplinas/ENF344/LEIS-MANEJO/Portaria%20184%20CANDEIA.doc>. Acesso em: 13/10/2023.

MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta SEMAD/IEF N° 1804, de 11 de janeiro de 2013**. Disponível em: <http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=250995> . Acesso em: 31/01/2023.

MINAS GERAIS. **Termo de Referência para elaboração de Plano de Manejo Sustentável, de 27 de abril de 2022**. Disponível em: <http://www.ief.mg.gov.br/autorizacao-para-intervencao-ambiental/termosdereferencia>. Acesso em 01/05/2023.

MORI, C.L.S.O. *et al.* Influência da altitude, idade e diâmetro de árvores de candeia (*Eremanthus erythropappus*) sobre o rendimento e teor de alfa-bisabolol. **Cerne**, v.15, n.3, p.339-345, 2009.

MORI, C.L.S.O.; MORI, F.A., MENDES, L.M. Caracterização anatômica, química e física da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus* (D.C.) Macleish). **Cerne**, v.16, n.4, p.451-456, 2010.

MOURA, Cássia Crisélem Lobo *et al.* Conservação da biodiversidade: levantamento da fauna em uma área de cerrado no município de João Pinheiro-MG, como ferramenta de ensino para Educação Ambiental. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 2, n. 4, p. e24275-e24275, 2021.

OLIVEIRA, A.D. Market chain analysis of candeia timber (*Eremanthus erythropappus*). **Cerne**, v.15, n.3, p.257-264, 2009.

OLIVEIRA, G.M.V. Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus*. **Cerne**, v.17, n.3, p.327-338, 2011.

PAVAN, A.J. **Talhadia de *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish**: fator crítico de sucesso para o manejo sustentável. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais) - Universidade Federal de Lavras, 2019. 93p.

PAVAN, A.J. *et al.* Technical feasibility of *Eremanthus erythropappus* (dc.) macleish coppice: critical factor for sustainable management. **Cerne**, v.27, p.e-102954, 2021.

PEDRALLI, G. Estrutura diamétrica, vertical e análise do crescimento da candeia. (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip) na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto. MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 2, p. 301-306, 1997.

PÉREZ, J.F.M. **Sistema de manejo para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001. 71p.

PÉREZ, J.F.M. Sistema de manejo para a candeia - *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish - a opção ao sistema de corte seletivo. **Cerne**, v. 10, n.2, p.257-273, 2004.

RIDDER, M.D. Tree-ring analysis of an African long-lived pioneer species as a tool for sustainable forest management. **Forest Ecology and Management**, v.304, p.417-426, 2013.

ROSA, S.A. Growth models based on tree-ring data for the Neotropical tree species *Calophyllum brasiliense* across different Brazilian wetlands: implications for conservation and management. **Trees**, v.31, p.729-742, 2017.

SCOLFORO, J.R.S. **Manejo sustentado das candeias *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mc Leisch e *Eremanthus incanus* (Less.) Less**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2002. 214p.

SCOLFORO J.R.S. Estimativa de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Cerne**, v.10, n.1, p. 87-102, 2004.

SCOLFORO, J. R. **Inventário florestal de Minas Gerais: (A e B) equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa**. Lavras: UFLA, 2008. 216p.

SCOLFORO, J.R.S. Management strategies of *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish under different initial spacing. **Ciência e Agrotecnologia**, v.40, n.3, p.298-304, 2016.

SCOLFORO, J.R.S.; LOEUILLE, B.F.P.; ALTOÉ, T.F. Caracterização da candeia. *In*: SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D.; DAVIDE, A.C., Editores. **O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2012. p. 117-144.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

- SILVA, E.F. **Caracterização edáfica e fitossociológica em áreas de ocorrência natural de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip.)**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, 2001. 129 p.
- SILVA, M.A. *et al.* Análise da distribuição espacial da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) sujeita ao sistema de manejo porta-sementes. **Cerne**, v.14, n.4, p.311-316, 2008.
- SILVA, C.S.J. *et al.* Viabilidade econômica e rotação florestal de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*), em condições de risco. **Cerne**, v.20, n.1, p.113-122, 2014.
- SILVÉRIO, M.S. *et al.* Propriedades farmacológicas do extrato etanólico de *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish (Asteraceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.3, p.430-435, 2008.
- SOARES, C. P. B.; NETO, F. DE P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: Viçosa, 2011, 272p.
- SOUSA, O.V. *et al.* Antinociceptive and anti-inflammatory effects of the essential oil from *Eremanthus erythropappus* leaves. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.60, p.771-777, 2008.
- SOUZA, A.L. *et al.* Caracterização fitossociológica em áreas de ocorrência natural de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Revista Árvore**, v.31, n.4, p.667-677, 2007.
- STAHLÉ, D. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, v.124, p.217-229, 1999.
- STAHLÉ, D. W.; FYE, F. K.; THERRELL, M. D. Interannual to decadal climate and streamflow variability estimated from tree rings. **Developments in quaternary sciences**, v.1, p. 491-504, 2003.
- STOKES, M. A.; SMILEY, T.L. **An introduction to tree-ring dating**. Tucson: University of Arizona Press, 1996, 73p.
- SCHÖNGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): a new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, v.256, p.46-58, 2008.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P.A.; MACEDO, R.L.G.; NOGUEIRA, F.D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, v.35, n.2, p.211-219, 2005.