


ARTIGO ORIGINAL

Indução de brotações epicórmicas em *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.: influência do genótipo, época do ano e diâmetro do ramo

Epicormic Shoots Induction in *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.: Influence of Genotype, Season and Branch Diameter

Leandro Silva de Oliveira^{1*} , Gilvano Ebling Brondani^{2*} , Douglas Machado Leite² , Antônio Natal Gonçalves³ , Marcílio de Almeida⁴ 

¹Laboratório de Melhoramento Florestal, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Montes Claros, MG, Brasil

²Laboratório de Cultivo *in vitro* de Espécies Florestais, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG, Brasil

³Laboratório de Fisiologia das Árvores, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, SP, Brasil

⁴Laboratório de Morfogênese e Biologia Reprodutiva de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, SP, Brasil

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Fonte de financiamento: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Código de Financiamento 001), e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Rede Mineira de Biotecnologia em Multiplicação e Clonagem de Plantas.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

***Autores correspondentes:**

leandroengflor@gmail.com e

gilvano.brondani@ufla.br

Recebido: 10 setembro 2025.

Aceito: 26 março 2026.

Editor: Alexandre de Vicente Ferraz.

Como citar: Oliveira, L. S., Brondani, G. E., Leite, D. M., Gonçalves, A. N., & Almeida, M. (2026). Indução de brotações epicórmicas em *Eucalyptus cloeziana* F. Muell.: influência do genótipo, época do ano e diâmetro do ramo. *Scientia Forestalis*, 54, e4171. <https://doi.org/10.18671/scifor.v54.02>

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a indução de brotações epicórmicas em função da época do ano, do genótipo e do diâmetro de ramos coletados de matrizes adultas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. Para isso, foram coletados ramos pertencentes a cinco classes diamétricas, provenientes de cinco árvores matrizes adultas previamente selecionadas pelo vigor. As coletas foram realizadas em duas épocas do ano: Época 1 - estação seca (ES), com diâmetro médio dos ramos de 3,4 cm; e Época 2 - estação chuvosa (EC), com diâmetro médio de 5,1 cm. Ramos com 60 cm de comprimento foram acondicionados em vasos contendo areia lavada e mantidos em casa de vegetação climatizada. A estação chuvosa mostrou-se a mais adequada para a coleta de ramos de matrizes adultas de *E. cloeziana*. As matrizes 06 e 15 destacaram-se como os materiais genéticos mais promissores, apresentando maior número médio de gemas epicórmicas induzidas, com 33 e 25 brotos, respectivamente. Os ramos pertencentes às classes Cla2 e Cla3, coletados na EC, apresentaram maior indução e sobrevivência das brotações epicórmicas. A análise de componentes principais indicou que a matriz 15 apresentou forte correlação entre o número de gemas por ponto de formação e o comprimento médio das brotações.

Palavras-chave: Árvores adultas; Propagação clonal; Rejuvenescimento; Secionamento de ramos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the induction of epicormic shoots related to season, genotype, and branch diameter, collected from adult mother trees of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. For this purpose, branches belonging to five diameter classes were collected from five adult mother trees previously selected based on vigor. Collections were performed during two seasons: Season 1 – dry season (ES), with a mean branch diameter of 3.4 cm; and Season 2 – rainy season (EC), with a mean branch diameter of 5.1 cm. Branches measuring 60 cm in length were placed in pots containing washed sand and maintained in a climate-controlled greenhouse. The rainy season proved to be the most suitable period for collecting branches from adult *E. cloeziana* mother trees. Mother trees 06 and 15 were identified as the most promising genetic materials, showing the highest mean number of induced epicormic buds, with 33 and 25 shoots, respectively. Branches belonging to diameter classes Cla2 and Cla3, collected during the rainy season, exhibited greater induction and survival of epicormic shoots. Principal component analysis indicated that mother tree 15 showed a strong correlation between the number of buds per formation point and the mean shoot length.

Keywords: Adult trees; Clonal propagation; Rejuvenation; Branch sectioning.



1. INTRODUÇÃO

As plantas do gênero *Eucalyptus* correspondem às espécies florestais mais produtivas e plantadas nas regiões tropicais. O Brasil apresenta aproximadamente 7,8 milhões de hectares plantados com *Eucalyptus*, que corresponde a 76% da área total de plantios florestais, sendo estes plantios restritos a algumas espécies e seus híbridos (Indústria Brasileira de Árvores, 2024). O plantio de outras espécies de *Eucalyptus* tem sido recomendada para diversos fins, estimulando a implantação de florestas de uso múltiplo. Neste contexto, *Eucalyptus cloeziana* destaca-se principalmente pela elevada densidade básica, resistência mecânica e durabilidade natural da madeira, o que confere ampla aplicabilidade, especialmente para fins estruturais, serraria, produção de postes, mourões e geração de energia (Bonfatti Júnior et al., 2023).

Na silvicultura clonal a seleção dos genótipos de *Eucalyptus* realiza-se na idade adulta, fase essa em que é possível observar um acentuado decréscimo na capacidade de propagação dos materiais genéticos. A transição da fase juvenil para a adulta é acompanhada de várias modificações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas nas espécies florestais, refletindo diretamente sobre a capacidade de clonagem dos materiais genéticos selecionados (Wendling & Xavier, 2001; Esquivel et al., 2024). Dessa forma, a escolha de propágulos com características juvenis representa um dos principais pré-requisitos a serem considerados para obter sucesso na clonagem.

Os métodos tradicionais de resgate de brotações em árvores adultas de *Eucalyptus* são destrutivos e onerosos. Isso se deve às dificuldades de rebrota das matrizes, ou ainda, pela impossibilidade de corte em vista de serem preservadas em razão do grande valor genético, como no caso de exemplares raros, históricos, presentes em áreas de proteção, de produção e árvores porta sementes (Avelar et al., 2020; Souza et al., 2024; Oliveira et al., 2024). Neste contexto, a obtenção de brotos por meio da coleta de ramos (i.e., galhos podados da copa da árvore) apresenta-se como uma alternativa promissora, uma vez que mantém a integridade da árvore matriz.

A indução de brotações epicórmicas em árvores de *Eucalyptus* ocorre mediante estímulos externos. Essencialmente é uma resposta a agentes estressores que induzem a formação de brotações epicórmicas, tais como ataque de insetos (Piene & Eveleigh, 1996), fogo (Bégin & Filion, 1999), vento (Cooper-Ellis et al., 1999) doenças (Lanner & Bryan, 1981). Além disso, outros fatores como a seca (Burrows, 2002), competição (Nicolini et al., 2001), baixa qualidade de sítio (Mujuri & Demchik, 2009), orientação do fuste (Della-Bianca, 1972; Deal et al., 2003), embolia nos sistema vascular (Nicolini et al., 2001), o vigor da árvore matriz (Miller & Stringer, 2004; Colin et al., 2008) e a luminosidade (Gordon et al., 2006) também são fatores que podem promover a indução de brotações epicórmicas. Em síntese, do ponto de vista fisiológico, esse processo está associado à quebra da dominância apical, caracterizada pela redução dos níveis locais de auxinas e pelo aumento relativo de citocininas, o que promove a reativação de gemas epicórmicas latentes localizadas próximas ao câmbio vascular, resultando na emissão de novas brotações (Burrows, 2002; Waters et al., 2010; Crisp et al., 2011; Burrows, 2008).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da época do ano de coleta de ramos, do genótipo e do diâmetro na indução de brotações epicórmicas em plantas adultas de *E. cloeziana*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Cinco árvores com idade de 26 anos foram selecionadas em uma população base de *Eucalyptus cloeziana*, originária de sementes de polinização aberta. As progênes foram procedentes da CSIRO (Lote 14425), coletadas na região de Gympie, estado de Queensland, Austrália

(Lat. 26°18', Long. 152°18', Alt. 600 m). A população base foi instalada em março de 1983 na Estação Experimental de Ciências Florestais do departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), localizada no município de Anhembi – SP (22° 47' S de latitude; 48° 09' W de longitude e altitude de 500 m).

As árvores dominantes do plantio foram escolhidas de acordo com a mensuração do DAP e altura (Tabela 1). Além disso, o critério visual foi utilizado, selecionando árvores de fuste mais retilíneo e livre de defeitos, com a copa com menor número de ramos, alto vigor e sanidade, isento de ataque de pragas e doenças.

Após a seleção das matrizes de *E. cloeziana* no campo foi realizado pela retirada de ramos situados na posição mais baixa da copa, com o intuito de minimizar os efeitos da idade ontogenética.

Ramos com de diferentes diâmetros foram retirados das diferentes árvores matrizes, indicadas na Tabela 1, em duas épocas de coleta: Época 1, na estação seca (ES), em maio e; Época 2, na estação chuvosa (EC) em dezembro de 2011. No mês de maio coletaram-se ramos com menores diâmetros, média de 3,4 cm, enquanto no mês de dezembro os ramos coletados possuíam média de diâmetro de 5,1 cm.

O delineamento experimental utilizado foi um fatorial 5 x 5, com 25 tratamentos: cinco árvores matrizes (03; 05; 06; 13 e 15) combinados com cinco classes de diâmetro de ramos em cada época de coleta (ES e EC), descritos a seguir. Cada unidade experimental foi composta de três ramos e repetidos três vezes e cada época de coleta foi analisada separadamente.

Para a determinação das classes de diâmetro utilizou-se o cálculo da amplitude total de diâmetro (máximo e mínimo) e estabeleceu-se o intervalo de classe para a distribuição em 5 classes e que se diferenciou em cada época de coleta. Época 1 - ES: Cla1 = Classe 1 (0,05 a 1,06 cm), Cla2 = Classe 2 (1,07 a 2,13 cm), Cla3 = Classe 3 (2,14 a 3,21 cm), Cla4 = Classe 4 (3,22 a 4,28 cm) e Cla5 = Classe 5 (4,29 a 5,36 cm). Época 2 - EC: Cla1 = Classe 1 (0,5 a 2,22 cm), Cla2 = Classe 2 (2,23 a 3,65 cm), Cla3 = Classe 3 (3,66 a 5,08 cm), Cla4 = Classe 4 (5,09 a 6,52 cm) e Cla5 = Classe 5 (6,53 a 7,96 cm).

Os ramos foram seccionados com um tamanho de 0,60 m de comprimento. Estas foram acondicionadas em condições de casa de vegetação climatizada (umidade relativa do ar > 80%, temperatura entre 26 e 30 °C, sombrite de 50%). Os ramos foram dispostos na posição vertical dentro de vasos de polipropileno (3 L) preenchidos com areia lavada.

Avaliou-se a capacidade de emissão de brotações epicórmicas nos ramos nas duas diferentes épocas do ano e nas diferentes classes de diâmetro dos ramos. Os dados obtidos foram coletados após 60 dias de permanência dos ramos na casa de vegetação.

Na segunda coleta de ramos avaliaram-se a sobrevivência, o comprimento das brotações epicórmicas, o total de brotações emitidas, o número de regiões meristemáticas induzidas nos ramos e o número de gemas por região meristemática, após 60 dias de permanência na casa de vegetação.

Tabela 1. Valores de diâmetro à altura do peito (DAP) e de altura das 5 árvores matrizes de *Eucalyptus cloeziana*, com 26 anos de idade, selecionadas para a coleta de ramos para indução de brotações epicórmicas.

Árvore matriz	DAP (cm)	Altura (m)
3	59,21	27,2
5	48,06	31,2
6	51,25	26,8
13	54,75	26,6
15	44,56	27,0

Os dados foram submetidos ao teste de Hartley ($P < 0,05$) e Lilliefors ($P < 0,05$) para verificar a normalidade e a homogeneidade de variância dos dados. Em seguida, foi realizada a análise de variância (ANOVA) ($P < 0,05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), utilizando o software STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa – OK, USA). A análise de componentes principais (PCA) foi realizada por meio do software R (R Core Team, 2022), pacote “factoextra” R (version 1.0.7) (Kassambara & Mundt, 2020).

3. RESULTADOS

3.1. Emissão de brotos epicórmicos em diferentes épocas do ano, genótipos e classes de diâmetros

A maior indução de brotações epicórmicas foi observada em ramos coletados na época 2 (estação chuvosa - EC), independentemente, da matriz da qual foi realizada a coleta de ramos (Tabela 2). Todavia, o número de brotações epicórmicas induzidas nos ramos coletados na época 2 (EC) variou entre as árvores matrizes e a matriz 15 apresentou maior produção (323 brotos), quando comparado com as demais matrizes utilizadas (Tabela 2) e em relação à época 1 ES (26 brotos).

Considerando o número de brotações epicórmicas induzidas foi constatada uma correlação entre a classe de diâmetro dos ramos a

época de coleta (Figuras 1A, B). Para a época 1, coleta na ES, as melhores médias foram observadas para ramos com diâmetros nas classes Cla2 (21 brotos) e na Cla3 (32 brotos) (Figura 1A). No entanto, na época 2 com a coleta na EC, os maiores valores foram verificados nas classes Cla1 (192 brotos) e Cla2 (194 brotos) (Figura 1B). Observou-se também que, a coleta de ramos na EC, época 2, proporcionou maior número médio de brotações epicórmicas (100 brotos) comparativamente aos ramos coletados à época 1 (16 brotos).

3.2. Emissão de brotos epicórmicos em diferentes genótipos e classes de diâmetros

A indução de brotações epicórmicas nos ramos variou de acordo com a classe de diâmetro e entre as diferentes árvores matrizes de *E. cloeziana* utilizadas (Tabela 3). A Cla2 avaliada na EC, apresentou a formação de gemas epicórmicas em todos os tratamentos, resultando na classe de diâmetro com maior número médio (10,36 brotos) de gemas epicórmicas induzidas (Tabela 3). Enquanto, ramos da classe de diâmetro de Cla3 apresentaram a indução de gemas epicórmicas em quatro das cinco árvores matrizes avaliadas (03, 05, 06 e 15), e da Cla4 a indução das gemas epicórmicas foi observada apenas para as árvores matrizes 05, 06 e 15 (Tabela 3).

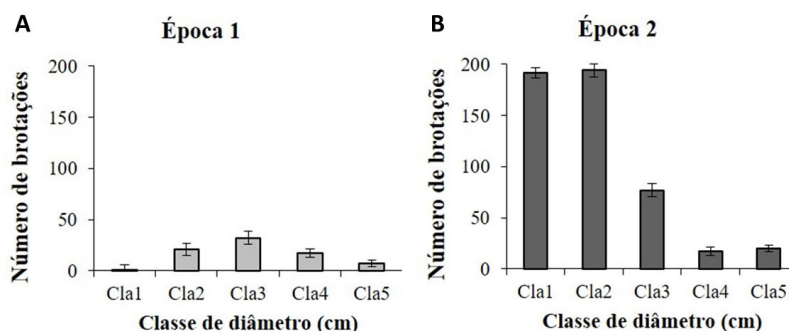


Figura 1. Número total de brotações epicórmicas induzidas em diferentes classes de diâmetro de ramos de cinco árvores matrizes de *E. cloeziana*, coletados em duas épocas do ano, após 60 dias em ambiente de casa de vegetação: A) Época 1: ES = estação seca; B) Época 2: EC = estação chuvosa. Época 1 Cla1 = Classe 1 (0,05 a 1,06 cm), Cla2 = Classe 2 (1,07 a 2,13 cm), Cla3 = Classe 3 (2,14 a 3,21 cm), Cla4 = Classe 4 (3,22 a 4,28 cm) e Cla5 = Classe 5 (4,29 a 5,36 cm). Época 2: Cla1 = Classe 1 (0,5 a 2,22 cm), Cla2 = Classe 2 (2,23 a 3,65 cm), Cla3 = Classe 3 (3,66 a 5,08 cm), Cla4 = Classe 4 (5,09 a 6,52 cm) e Cla5 = Classe 5 (6,53 a 7,96 cm).

Tabela 2. Número total de gemas epicórmicas induzidas em ramos de cinco árvores matrizes de *Eucalyptus cloeziana* coletados em duas diferentes épocas do ano, aos 60 dias.

Época do ano	Árvore matriz				
	03	05	06	13	15
ES	20	25	21	24	26
EC	183	247	205	184	323

ES = estação seca, EC = estação chuvosa.

Tabela 3. Número médio de regiões meristemáticas induzidas em ramos de cinco diferentes classes de diâmetros de cinco árvores matrizes de *E. cloeziana*, coletados na estação chuvosa, época 2, após 60 dias de permanência em casa de vegetação.

Árvore matriz	Classe de diâmetro de ramos (cm)					Média geral
	Cla1	Cla2	Cla3	Cla4	Cla5	
3	0,00 Bb	11,54 Aa	3,00 Aab	0,00 Bb	0,00 Bb	2,91
5	0,00 Bb	7,00 Aab	8,08 Aa	9,93 Ba	0,00 Bb	5,00
6	33,02 Aa	8,80 Aa	4,61 Aa	6,00 Ba	0,00 Ba	10,49
13	0,00 Ba	12,97 Aa	0,00 Aa	0,00 Ba	0,00 Ba	2,59
15	0,00 Ba	11,47 Aa	12,97 Aa	25,00 Aa	18,51 Aa	13,59
Média geral	6,60	10,36	5,73	8,19	3,70	6,92

Média de três repetições? Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, classe de diâmetro e, letras minúsculas, na linha, árvores matrizes, indicam valores que diferem para o teste Tukey (5%). Cla1 = Classe 1 (0,5 a 2,22 cm), Cla2 = Classe 2 (2,23 a 3,65 cm), Cla3 = Classe 3 (3,66 a 5,08 cm), Cla4 = Classe 4 (5,09 a 6,52 cm) e Cla5 = Classe 5 (6,53 a 7,96 cm).

Os ramos das árvores matrizes 06 e 15 corresponderam aos materiais genéticos com o maior número de gemas epicórmicas induzidas, 33,02 (Cla1) e 25,00 brotos (Cla4) respectivamente. A indução de gemas epicórmicas ocorreu em quatro das cinco classes de diâmetro dos ramos destas matrizes (Tabela 3). O maior número de gemas epicórmicas por matriz foi induzido dentro de um intervalo de diâmetro dos ramos, compreendido entre Cla2 e Cla4.

A indução de brotações epicórmicas nos ramos das árvores matrizes de *E. cloeziana* ocorreu ao longo de toda a superfície, independentemente da posição apresentada na árvore no campo (mais próximo ou distante do tronco, Figuras 2A, B). Os ramos apresentaram a indução de mais de uma brotação epicórmica nos locais onde ocorreu a sua formação. Inicialmente, nos primeiros 15 dias observou-se intumescimento da casca em diversos pontos

na superfície dos ramos, sendo um indicativo dos locais de formação das brotações epicórmicas (Figuras 2C, D, E).

Os resultados encontrados para o número médio de brotações epicórmicas induzidas por pontos nos quais ocorreu a formação destas brotações, foram iguais aos encontrados para a avaliação do número de brotações. O maior número médio de brotações epicórmicas (14,00 brotos) foi observado com a árvore matriz 15, quanto utilizou-se ramos de diâmetro da classe Cla5 (Tabela 4). Enquanto, na mesma matriz 15 e ramos da Cla4 resultou em média 9,00 brotos, porém, não se diferenciou das árvores matrizes 05 (7,00 brotos) e 06 (4,00 brotos), quando comparado. No entanto, as demais matrizes não induziram nenhuma brotação na classe Cla5. Além disso, os ramos das árvores matrizes 06 e 15 foram as que apresentaram maior número de brotações epicórmicas e com formação destas e em maior número de classes de diâmetro (Tabela 4).

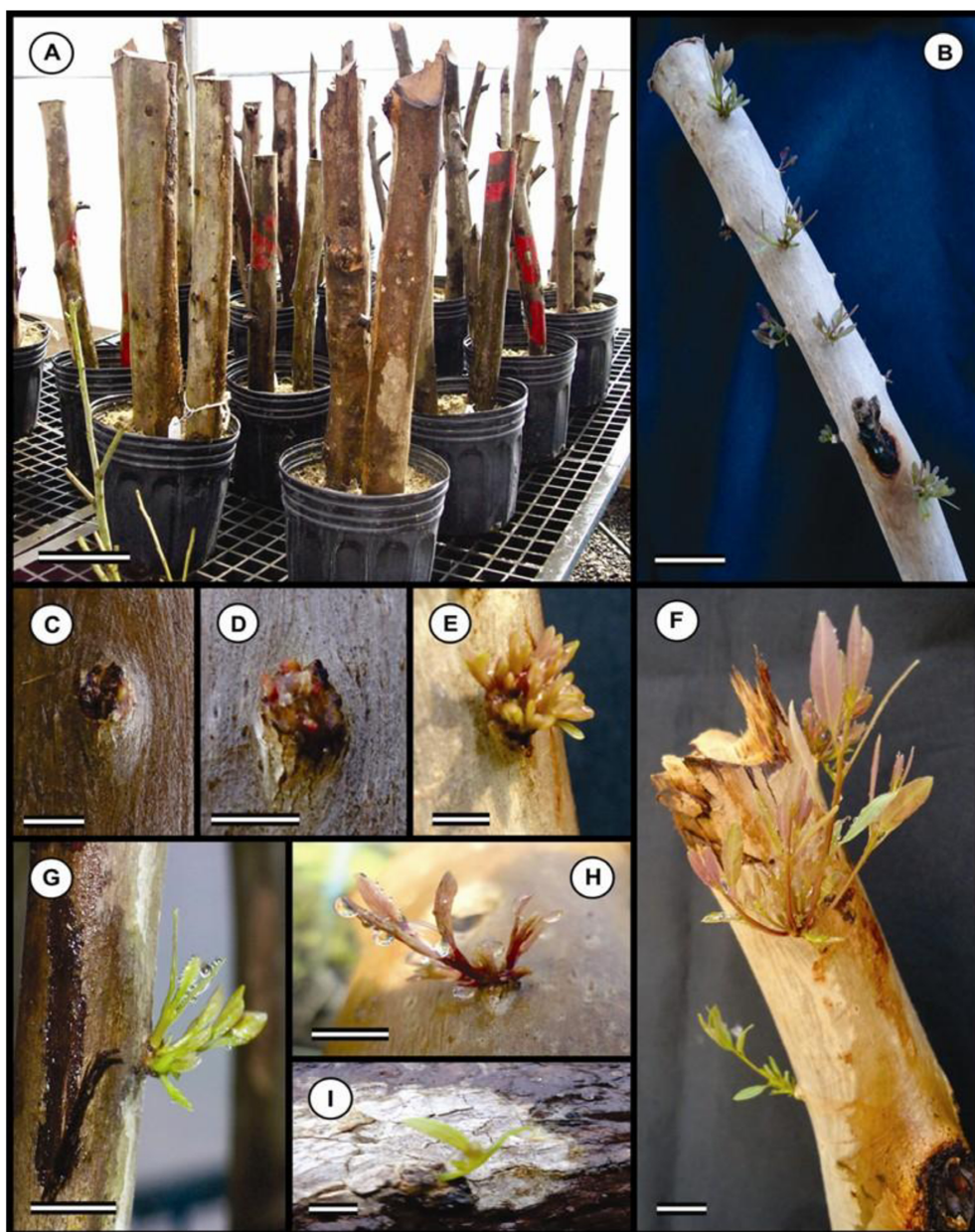


Figura 2. Indução de brotos epicórmicos a partir de ramos matrizes adultas de *Eucalyptus cloeziana*: A - Ramos acondicionados em vasos e mantidos em casa de vegetação; B - Brotações epicórmicas induzidas em ramos coletada na época 2; C-E - Detalhes da região meristemática na superfície do ramo: C - visualiza-se pontuação intumescida; D - Indução inicial e; E - Desenvolvimento de múltiplas brotações epicórmicas; F - Brotações epicórmicas induzidas em ramos da árvore da matriz 06; G - Brotações epicórmicas induzidas em ramos com diâmetro médio de 2,0 cm; H = Brotações epicórmicas induzidas em ramos de casca de menor espessura; I = Brotações epicórmicas induzidas em ramos de casca de maior espessura. Barra: A = 10 cm; B; E = 4 cm; C, D, I = 0,5 cm; F = 2,0 cm e G, H = 1,0 cm.

Tabela 4. Número médio de brotações epicórmicas induzidas por região meristemática, em cinco diferentes classes de diâmetros de ramos de cinco árvores matrizes de *E. cloeziana* e coletadas na época 2, após 60 dias de permanência em casa de vegetação.

Árvore matriz	Classe de diâmetro de ramos (cm)					Média geral
	Cla1	Cla2	Cla3	Cla4	Cla5	
3	0,00 Ba	4,67 Aa	3,00 Aa	0,00 Ba	0,00 Ba	1,53
5	0,00 Ba	5,00 Aab	3,67 Aab	7,00 Aa	0,00 Ba	3,13
6	7,00 Aa	4,50 Aa	4,43 Aa	4,00 Aa	0,00 Ba	3,99
13	0,00 Bb	7,00 Aa	0,00 Ab	0,00 Bb	0,00 Bb	1,40
15	0,00 Ba	3,50 Aa	5,00 Aa	9,00 Aa	14,00 Aa	6,30
Média geral	1,40	4,93	3,22	4,00	2,80	3,27

Letras maiúsculas iguais na mesma coluna, dentro de uma classe de diâmetro entre as árvores matrizes e letras minúsculas iguais na mesma linha, para uma mesma árvore matriz entre as classes de diâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Cla1 = Classe 1 (0,5 a 2,22 cm), Cla2 = Classe 2 (2,23 a 3,65 cm), Cla3 = Classe 3 (3,66 a 5,08 cm), Cla4 = Classe 4 (5,09 a 6,52 cm) e Cla5 = Classe 5 (6,53 a 7,96 cm).

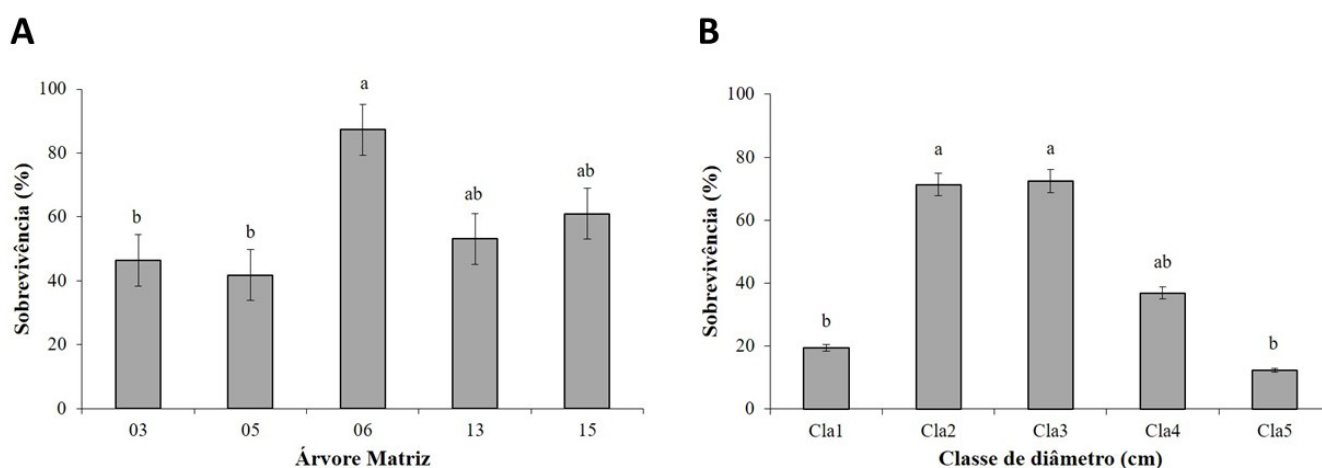


Figura 3. Percentual de sobrevivência das brotações epicórmicas de (A) ramos de cinco árvores matrizes e (B) diferentes classes de diâmetro de ramos, de árvores de *E. cloeziana*, coletados na época 2, após 60 dias de permanência em casa de vegetação. Médias seguidas de letras diferentes indicam valores que diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Barras indicam o desvio padrão da média. Época 2: Cla1 = Classe 1 (0,5 a 2,22 cm), Cla2 = Classe 2 (2,23 a 3,65 cm), Cla3 = Classe 3 (3,66 a 5,08 cm), Cla4 = Classe 4 (5,09 a 6,52 cm) e Cla5 = Classe 5 (6,53 a 7,96 cm).

A maior sobrevivência (87,2%) das brotações epicórmicas foi observada para os ramos da árvore matriz 06 (Figura 3A, Figura 2F), diferindo significativamente quando comparada com as árvores matrizes 03 e 05.

Os maiores percentuais de sobrevivência das brotações epicórmicas nas diferentes classes de diâmetro dos ramos foram encontrados para aquelas brotações induzidas nas classes Cla2 e Cla3 (Figura 3B). A sobrevivência das brotações epicórmicas induzidas nos ramos com o menor (Cla1, 19,4%) e o maior (Cla5, 12,3%) diâmetro revelaram valores inferiores a 20% (Figura 3B).

O comprimento médio das brotações epicórmicas induzidas nos ramos da árvore matriz 15 apresentaram valores (2,07 cm) com diferença significativa quando comparado com os valores (0,64 cm) da matriz 13 (Figura 4). O comprimento médio dos brotos obtidos apresentou ser viáveis na obtenção de gemas ativas para serem utilizadas visando a clonagem das matrizes (Figura 4 e Figura 2H).

De acordo com a análise de componentes principais (PCA, Figura 5A), as variáveis relacionadas ao desenvolvimento de brotações epicórmicas no sistema biplot explicam 75,1% da variação total observada. A sobreposição parcial das elipses entre matrizes indica variação intra e intergenótipos, com destaque para a matriz 15, que apresentou maior dispersão e forte correlação com as variáveis comprimento médio das brotações (COM) e número de gemas por região meristemática (NGRM). Esse resultado evidencia a influência do fator genotípico no sucesso da emissão de brotações epicórmicas. O gráfico de barras

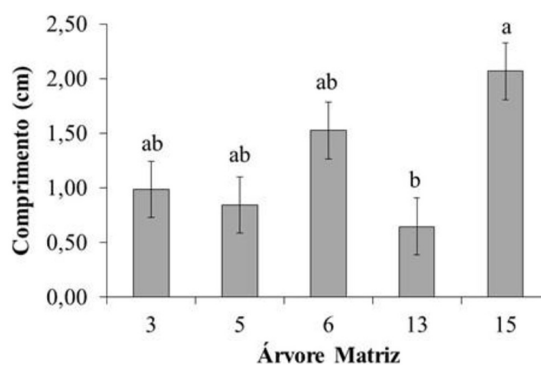


Figura 4. Comprimento médio das brotações epicórmicas induzidas em ramos coletados na época 2, de cinco diferentes árvores matrizes de *E. cloeziana*, aos 60 dias de permanência em casa de vegetação. Médias seguidas de letras diferentes indicam valores que diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Barras indicam o desvio padrão da média.

apresentado à direita (Figura 5B) indicou a contribuição percentual das variáveis no eixo Dim1 da PCA. A variável NGRM apresentou a maior contribuição relativa (>30%), seguida por NGE e COM, evidenciando sua importância na diferenciação das matrizes. A linha tracejada em vermelho representa o valor esperado de contribuição média, servindo como referência para destacar as variáveis mais relevantes.

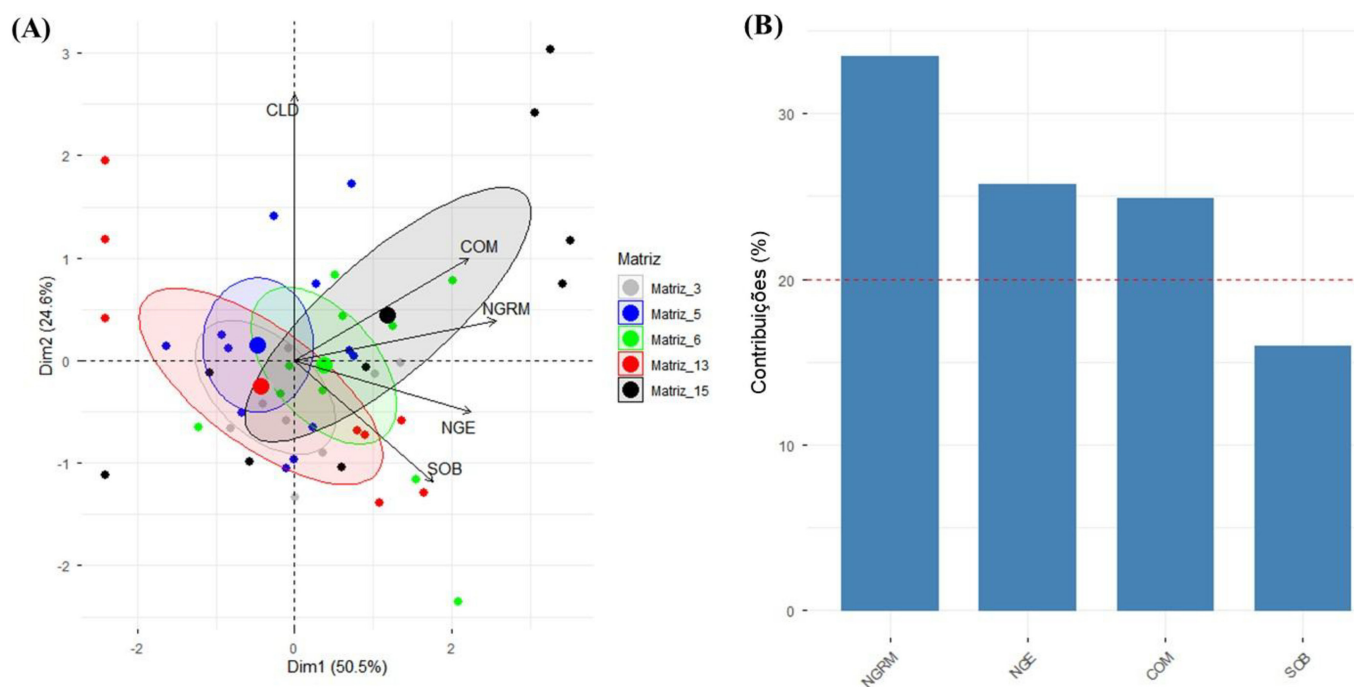


Figura 5. Características de brotações epicórmicas de plantas matrizes de *Eucalyptus cloeziana* (Matriz_3, Matriz_5, Matriz_6, Matriz_13 e Matriz_15) avaliadas aos 60 dias. (A) Representação gráfica da Análise de Componentes Principais (ACP), onde: Dim1 = componente principal 1 (CP1), Dim2 = componente principal 2 (CP2), CLD = classe de diâmetro, COM = comprimento de broto, NGRM = número de gemas por região meristemática, NGE = número total de gemas, e SOB = sobrevivência. (B) Contribuições das variáveis para a ACP (CP1 e CP2).

4. DISCUSSÃO

O presente trabalho demonstrou que a indução de brotações epicórmicas em ramos coletadas de matrizes adultas de *E. cloeziana* está associada aos materiais genéticos, a classe de diâmetro dos ramos e, principalmente, à época do ano em que foram realizadas as coletas os propágulos. Em estudo realizado por Almeida et al. (2007) foi observada a viabilidade da indução de brotações epicórmicas em ramos de clones *E. cloeziana*, denotando forte efeito em relação à matriz doadora. De forma semelhante, Avelar et al. (2020) também evidenciaram a eficácia da técnica para espécies do gênero *Corymbia*, relatando variações significativas entre matrizes e um aumento progressivo nas características morfológicas das brotações ao longo do tempo de coleta. Os resultados apresentados nesse estudo reforçam as observações, priorizando no primeiro estudo uma abordagem a respeito do efeito da estação chuvosa e seca e de acordo com os genótipos e diâmetro dos ramos sobre a indução e desenvolvimento de brotações epicórmicas.

A propagação via brotações epicórmicas em *E. microcorys* pode se sobressair em relação a outras técnicas, como estaquia, alporquia e enxertia, atingindo uma produção até três vezes superior às demais metodologias (Faria et al., 2023). Conforme os resultados do presente trabalho diferença acentuada no número de brotações epicórmicas induzidas nos ramos coletados nas duas diferentes épocas do ano demonstrou forte efeito da sazonalidade sobre as plantas. Os melhores resultados obtidos na época 2 (EC = estação chuvosa) pode ser explicado pela mobilização de substâncias de reservas para a parte aérea, por se tratar de uma estação de crescimento e elevada atividade metabólica.

Neste contexto, resultados semelhantes foram encontrados para *E. globulus* Labill. ssp. *maidenii* (Sotelo & Monza, 2007). Por outro lado, a época 1 correspondente ao outono compreende o período do ano em que há redução do crescimento, havendo o acúmulo nas raízes de carboidratos como substâncias de reserva (Sakai & Sakai, 1998).

No entanto, a resposta a sazonalidade varia conforme a espécie segundo Gonçalves et al. (2022) para *Cordia trichotoma* a técnica é viável para produção de brotos independente da estação outono ou primavera

Dessa forma, conforme observado no presente trabalho, a disponibilidade de substâncias de reservas nos ramos coletados na época 2 pode ser superior às da época 1, uma vez que estas geraram mais brotações, sendo determinante para garantir o maior desenvolvimento e vigor das brotações epicórmicas. Fator que corrobora com esta evidência, observou-se também que, ramos coletados na época 1, o início da emissão das brotações ocorreu somente após 20 dias, enquanto, para a época 2 foi após 10 dias, a de condicionamento na casa de vegetação. Além disso, as possíveis diferenças nos teores de substâncias de reserva, provavelmente, correspondem ao principal fator envolvido nas diferenças observadas quanto à indução de brotações epicórmicas nas 5 árvores matrizes de *E. cloeziana*.

As brotações epicórmicas em *Eucalyptus* surgem a partir de células meristemáticas na casca das árvores, próximos ao câmbio vascular (Burrows, 2000, 2002; Burrows et al., 2010; Waters et al., 2010). A indução das brotações epicórmicas nos ramos ocorreu pela quebra do balanço hormonal pelo seccionamento dos ramos que, quando presente nas plantas encontravam em estado latente (Hartmann et al., 2011). Neste processo, na época 2, EC, por apresentar condições de ambiente e climáticas favoráveis ao desenvolvimento das plantas, incluindo as árvores matrizes utilizadas no presente estudo, podem ter exercido um efeito determinante para a indução e obtenção de brotações vigorosas.

O diâmetro dos ramos influenciou diretamente a indução e o desenvolvimento das brotações epicórmicas, indicando uma restrita faixa de diâmetro dos ramos para ser adotado no resgate de matrizes adultas de *E. cloeziana*. De maneira geral, a maior indução de brotações epicórmicas ocorreu no intervalo de diâmetro dos ramos da Cla2 e Cla3 (Figura 2). O *E. cloeziana* por apresentar uma casca bastante espessa, pode ter interferido neste resultado, uma vez que a casca constituiu um impedimento físico para o desenvolvimento das brotações

epicórmicas nos ramos de maiores diâmetros (Burrows, 2002), mesmo ocorrendo estímulo indutor (Figuras 2H e I). Além disso, pode ter ocorrido abscisão dos centros meristemáticos que dariam origem às brotações epicórmicas durante a formação da casca (Colin et al., 2010). No caso dos ramos com diâmetros inferiores a 2,0 cm, as substâncias de reserva não foram capazes de suprir a demanda nutricional das brotações induzidas, constatado pelo baixo vigor fisiológico e reduzido crescimento. Diante disso, ao realizar o resgate de ramos na época 2, optou-se pela coleta delas com diâmetros superiores a 2,0 cm.

A sobrevivência das brotações epicórmicas indica uma correlação entre o estado fisiológico do ramo coletado da árvore matriz e sua capacidade de promover o desenvolvimento dessas estruturas. Segundo Baccarin et al. (2015), a porcentagem de estabelecimento de matrizes em bom estado fisiológico pode ultrapassar 79% em algumas espécies de *Eucalyptus*, o que reforça a importância da condição do material vegetal na fase inicial do processo. Por sua vez, a indução de brotações epicórmicas nos ramos não garante que essas estruturas se desenvolverão plenamente ou que poderão ser utilizadas como propágulos viáveis na clonagem dos materiais genéticos.

O maior crescimento das brotações, em comprimento (cm), indica maior probabilidade de sucesso ao utilizá-las como propágulos na clonagem. Além disto, apresentam maior facilidade de manipulação e foram fisiologicamente mais resistentes aos fatores que afetam os processos de propagação clonal *in vitro* ou *ex vitro* (Hartmann et al., 2011). Provavelmente, um dos principais fatores que contribuiu para as diferenças no comprimento das brotações corresponde às substâncias de reserva dos ramos que foi responsável pelo suprimento da sua demanda metabólica, garantindo sua sobrevivência e consequentemente o seu crescimento.

O presente estudo demonstrou a indução de múltiplas brotações epicórmicas a partir de um mesmo ponto no ramo, revelando a alta capacidade organogênica do *E. cloeziana* quanto à formação destas brotações. No entanto, uma investigação mais aprofundada sobre o processo de formação destas brotações, do ponto de vista morfogênico contribuiria para sua melhor compreensão. Além disso, os resultados obtidos contribuem para a definição das melhores épocas do ano e dimensões dos ramos, quando pretende-se resgatar matrizes adultas de *E. cloeziana*. Desta forma, novas perspectivas para a clonagem de genótipos adultos de outras espécies de *Eucalyptus* de interesse comercial. Bem como, comprovou-se a viabilidade, como técnica de resgate, a partir de propágulos vegetativos de árvores adultas e que necessitam da manutenção da sua integridade.

5. CONCLUSÕES

A indução de brotações epicórmicas em *Eucalyptus cloeziana* foi favorecida pela coleta de ramos durante a estação chuvosa, em condições de maior temperatura, demonstrando forte influência da sazonalidade.

O desempenho variou entre genótipos, confirmando a importância da variabilidade genética na resposta à técnica.

Ramos com diâmetro intermediário (2,2 a 5,0 cm) apresentaram maior potencial de brotação, indicando uma faixa ideal para o resgate de propágulos em árvores adultas.

O uso de ramos da matriz 15 revelou, através da análise de PCA, forte correlação entre as variáveis número de gemas por região meristemática e o comprimento médio das brotações induzidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F. D., Xavier, A., & Dias, J. M. (2007). Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. *Revista Árvore*, 31(3), 445-453. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000300010>.
- Avelar, M. L. M., Souza, D. M. S. C., Macedo, E. H., Molinari, L. V., & Brondani, G. E. (2020). Estabelecimento *in vitro* de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* por meio de brotações epicórmicas. *Revista Árvore*, 44(1), e4427. <https://doi.org/10.1590/1806-908820200000027>.
- Baccarin, F. J. B., Brondani, G. E., de Almeida, L. V., Vieira, I. G., de Oliveira, L. S., & de Almeida, M. (2015). Vegetative rescue and cloning of *Eucalyptus benthamii* selected adult trees. *New Forests*, 46(4), 465-483. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9472-x>.
- Bégin, C., & Fillion, L. (1999). Black spruce (*Picea mariana*) architecture. *Canadian Journal of Botany*, 77(5), 664-672. <https://doi.org/10.1139/b99-022>.
- Bonfatti Júnior, E. A., Lengowski, E. C., Cabral, B. M., Oliveira, T. W. G., Barros, J. M. R., Oliveira, R. S., Andrade, A. S., Klock, U., & Silva, D. A. (2023). Basic wood density, fiber dimensions, and wood chemical composition of four *Eucalyptus* species planted in southern Brazil. *Revista Árvore*, 47, e4704. <https://doi.org/10.1590/1806-908820230000004>.
- Burrows, G. E. (2000). An anatomical study of epicormic bud strand structure in *Eucalyptus cladocalyx* (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*, 48(2), 233-245. <https://doi.org/10.1071/BT98075>.
- Burrows, G. E. (2002). Epicormic strand structure in *Angophora*, *Eucalyptus* and *Lophostemon* (Myrtaceae): implications for fire resistance and recovery. *The New Phytologist*, 153(1), 111-131. <https://doi.org/10.1046/j.0028-646X.2001.00299.x>.
- Burrows, G. E. (2008). *Syncarpia* and *Tristaniopsis* (Myrtaceae) possess specialised fire-resistant epicormic structures. *Australian Journal of Botany*, 56(3), 254-264. <https://doi.org/10.1071/BT07164>.
- Burrows, G. E., Hornby, S. K., Waters, D. A., Bellairs, S. M., Prior, L. D., & Bowman, M. J. S. (2010). A wide diversity of epicormic structures is present in Myrtaceae species in the northern Australian savanna biome: implications for adaptation to fire. *Australian Journal of Botany*, 58(6), 493-507. <https://doi.org/10.1071/BT10107>.
- Colin, F., Mothe, F., Freyburger, C., Morisset, J. B., Leban, J. M., & Fontaine, F. (2010). Tracking rameal traces in sessile oak trunks with X-ray computer tomography: biological bases, preliminary results and perspectives. *Trees*, 24(5), 953-967. <https://doi.org/10.1007/s00468-010-0466-1>.
- Colin, F., Robert, N., Druelle, J. L., & Fontaine, F. (2008). Initial spacing has little influence on transient epicormic shoots in a 20-year-old sessile oak plantation. *Annals of Forest Science*, 65(5), 508. <https://doi.org/10.1051/forest:2008032>.
- Cooper-Ellis, S., Foster, D. R., Carlton, G., & Lezberg, A. (1999). Forest response to catastrophic wind: results from an experimental hurricane. *Ecology*, 80(8), 2683-2696. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1999\)080\[2683:FRTCWR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080[2683:FRTCWR]2.0.CO;2).
- Crisp, M. D., Burrows, G. E., Cook, L. G., Thornhill, T. H., & Bowman, D. M. J. S. (2011). Flammable biomes dominated by eucalypts originated at the Cretaceous-Palaeogene boundary. *Nature Communications*, 2(1), 193. PMID:21326225. <https://doi.org/10.1038/ncomms1191>.
- Deal, R. L., Barbour, R. J., McClellan, M. H., & Parry, D. L. (2003). Development of epicormic sprouts in Sitka spruce following thinning and pruning in south-east Alaska. *Forestry*, 76(4), 401-412. <https://doi.org/10.1093/forestry/76.4.401>.
- Della-Bianca, L. (1972). Notes: screening some stand variables for post-thinning effect on epicormic sprouting in even-aged yellow-poplar. *Forest Science*, 18(2), 155-158. <https://doi.org/10.1093/forestsience/18.2.155>.
- Esquivel, F., Castillo, A., Bentancor, M., Ceppa, M., Rogel, L., Bonilla, M. B., Balmelli, G., & Dalla-Rizza, M. (2024). Potential of metatopoline in the *in vitro* multiplication and rooting of *Eucalyptus globulus* Labill. clones. *Cerne*, 30, e-103413. <https://doi.org/10.1590/0104-7760202330013413>.

- Faria, J. C. T., Ribeiro-Kumara, C., Delarmelina, W. M., Namorato, F. A., Momolli, D. R., José, A. C., Konzen, E. R., Carvalho, D., & Brondani, G. E. (2023). Evaluation of total protein, peroxidase, and nutrients measured by pXRF for the determination of tissue rejuvenation/reinvigoration of *Eucalyptus microcorys*. *Journal of Forestry Research*, 34(5), 1563-1576. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01585-z>.
- Gonçalves, D. S., Teixeira, G. C., Souza, D. M. S. C., Faria, J. C. T., Molinari, L. V., & Brondani, G. E. (2022). Emission of epicormic shoots and in vitro establishment of *Cordia trichotoma* selected adult trees. *Bosque*, 43(2), 169-177. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002022000200169>.
- Gordon, D., Rosati, A., Damiano, C., & DeJong, T. M. (2006). Seasonal effects of light exposure, temperature, trunk growth and plant carbohydrate status on the initiation and growth of epicormic shoots in *Prunus persica*. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 81(3), 421-428. <https://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512083>.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies Junior, F. T., & Geneve, R. L. (2011). *Plant propagation: principles and practices* (8th ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Indústria Brasileira de Árvores – IBA. (2024). *Relatório anual*. Recuperado em 10 de setembro de 2025, de <https://iba.org/relatorio2024.pdf>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). *Package "factoextra". Version 1.0.7*. Recuperado em 10 de setembro de 2025, de <https://cloud.r-project.org/web/packages/factoextra/>
- Lanner, R. M., & Bryan, J. A. (1981). Association of *Rhabdocline* needle blight and epicormic branching in Douglas-fir. *The Great Basin Naturalist*, 41(4), 16.
- Miller, G. W., & Stringer, J. W. (2004). Effect of crown release on tree grade and DBH growth of white oak sawtimber in eastern Kentucky. In *Proceedings of the 14th Central Hardwood Forest Conference* (pp. 37-44). Washington: USDA.
- Mujuri, E., & Demchik, M. C. (2009). Viability of northern pin and white oak reserve trees in Wisconsin scrub oak sites. *Northern Journal of Applied Forestry*, 26(3), 111-117. <https://doi.org/10.1093/njaf/26.3.111>.
- Nicolini, E., Chanson, B., & Bonne, F. (2001). Stem growth and epicormic branch formation in understory beech trees (*Fagus sylvatica* L.). *Annals of Botany*, 87(6), 737-750. <https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1398>.
- Oliveira, L. S., Leite, D. M., Mendes, F. M., Molinari, L. V., Brondani, G. E., & Gonçalves, A. N. (2024). Micropropagation and in vitro rejuvenation of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. *3 Biotech*, 14(12), 292. PMID:39525366. <https://doi.org/10.1007/s13205-024-04131-2>.
- Piene, H., & Eveleigh, E. S. (1996). Spruce budworm defoliation in young balsam fir: the "green" tree phenomenon. *Canadian Entomologist*, 128(6), 1101-1107. <https://doi.org/10.4039/Ent1281101-6>.
- R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Recuperado em 10 de setembro de 2025, de <https://www.r-project.org/>
- Sakai, A., & Sakai, T. (1998). A test for the resource remobilization hypothesis: tree sprouting using carbohydrates from above-ground parts. *Annals of Botany*, 82(2), 213-216. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0672>.
- Sotelo, M., & Monza, J. (2007). Micropropagation of *Eucalyptus maidenii* elite trees. *Agrociencia*, 11(1), 81-89. <https://doi.org/10.31285/AGRO.11.915>.
- Souza, P. F., Navroski, M. C., Pereira, M. O., Nicoletti, M. F., & de Andrade, R. S. (2024). Growth, vegetative rescue and vegetative propagation in *Eucalyptus* species and hybrids. *Southern Forests*, 86(1), 65-73. <https://doi.org/10.2989/20702620.2023.2284753>.
- Waters, D. A., Burrows, G. E., & Harper, J. D. I. (2010). *Eucalyptus regnans* (Myrtaceae): a fire-sensitive eucalypt with a resprouter epicormic structure. *American Journal of Botany*, 97(4), 545-556. PMID:21622417. <https://doi.org/10.3732/ajb.0900158>.
- Wendling, I., & Xavier, A. (2001). Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. *Floresta e Ambiente*, 8, 187-194.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

LSO: conceituação, metodologia, curadoria de dados, análise formal, validação, escrita - primeira redação, escrita - revisão e edição; GEB, DML: análise formal, curadoria de dados, validação, escrita - primeira redação, escrita - revisão e edição; ANG, MA: supervisão. Todos os autores revisaram o manuscrito e aprovaram a versão final.