

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Gisele Vieira Biet

**APLICAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
EUCALIPTO**

São João Evangelista

2026

GISELE VIEIRA BIET

**APLICAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista para obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alisson José Eufrásio de Carvalho.

São João Evangelista

2026

B589a Biet, Gisele Vieira.
Aplicação de produtos biológicos na produção de mudas de eucalipto/ Gisele Vieira Biet– 2026.

34f.: il.

Orientador: Dr. Alisson José Eufrásio de Carvalho.
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2026.

1. Bioinsumos. 2. Microrganismos. 3. Sustentabilidade. 4. Viveiro florestal. I. Biet, Gisele Vieira. II. Instituto Federal de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 634.973

Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/4333

Gisele Vieira Biet

APLICAÇÃO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em 09/03/2026 pela banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
ALISSON JOSE EUFRASIO DE CARVALHO
Data: 09/03/2026 19:53:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alisson José Eufrásio de Carvalho – IFMG (Orientador)



Documento assinado digitalmente
LUIZ FELIPE DE OLIVEIRA
Data: 10/03/2026 18:42:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agrônomo Luiz Felipe de Oliveira – SENAR-MG



Documento assinado digitalmente
DANDIO MORENO ROCHA
Data: 10/03/2026 19:31:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Eng. Agrônomo Dandio Moreno Rocha

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre me guiou e me deu forças para chegar até aqui.

A minha mãe, Gislene Santana, por ter me apoiado e orado incansavelmente por mim durante todos esses anos.

Aos meus irmãos, José Geraldo (Gui) e Luiz Felipe, por terem me apoiado e nunca medido esforços para que esse sonho fosse realizado.

Aos meus avós Terezinha de Souza e José Santana (in memoriam), por todos os ensinamentos e ajuda durante toda a minha vida.

Aos meus tios, tias, primos e primas que sempre me incentivaram e me apoiaram durante a minha trajetória.

As minhas afilhadas Olívia e Lays, que foram luz e me motivaram a chegar até aqui.

Ao IFMG Campus São João Evangelista, pela oportunidade de formação em uma instituição de ensino tão renomada e com excelentes profissionais.

Ao professor e orientador Dr. Alisson José Eufrásio de Carvalho, por todos os ensinamentos, dedicação e paciência ao longo desses anos, sempre buscando passar todo conhecimento possível. Pela sua amizade, pelos conselhos, pelo companheirismo e por toda ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

A Analice, Caique, Ihago, Jefferson (Geléia), Pedro Henrique e Phablo, por terem se tornado família ao longo desses anos, compartilhando os melhores e piores momentos. Sem vocês tudo seria mais difícil, a vocês a minha eterna gratidão.

A todos colegas e clientes que me apoiaram e me ajudaram para que eu pudesse concluir mais essa etapa na minha vida.

As minhas amigas de longa data, Andressa, Chayeny, Mikelle e Mônica Loren, que independente da distância, nunca mediram esforços para que esse sonho fosse realizado.

A Aperam Bioenergia e a Fundação Aperam pela oportunidade do desenvolvimento do trabalho.

Ao Dândio Rocha e Rafael Fernandes, pelo apadrinhamento e apoio durante o meu estágio e execução do trabalho realizado e todos os funcionários que me deram todo suporte durante o trabalho.

A Ana Flavia, Vitoria Cabral, Luis Felipe, Renan e Maria Betânia por todo apoio, suporte e companheirismo durante todo o processo de execução do trabalho.

“Em tudo daí graças, porque esta é a vontade
de Deus em Cristo Jesus para convosco”

Tessalonicenses 5:18

RESUMO

O presente estudo avaliou o efeito da aplicação de microrganismos benéficos e do extrato pirolenhoso no desenvolvimento vegetativo e radicular de mudas clonais de eucalipto, produzidas em viveiro florestal. O experimento foi conduzido com base na metodologia PDCA, contemplando as etapas de estaqueamento, aclimatação e rustificação, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. Foram avaliadas as variáveis altura e diâmetro ao nível do solo, além das taxas de enraizamento e sobrevivência, estas últimas analisadas de forma descritiva. Os resultados indicaram efeitos significativos das interações entre clone, tratamento e período de avaliação para altura e diâmetro, evidenciando que a resposta aos insumos é condicionada ao material genético e à fase de desenvolvimento em viveiro. De modo geral, os maiores incrementos em altura e diâmetro foram observados na fase de rustificação. Os tratamentos com extrato pirolenhoso apresentaram desempenho superior nas fases finais do viveiro, sobretudo para clones de menor vigor inicial, enquanto clones de maior vigor mantiveram desempenho elevado independentemente do tratamento. Os dados de enraizamento e sobrevivência indicaram tendências favoráveis ao uso do extrato pirolenhoso, especialmente para clones mais sensíveis. Conclui-se que a utilização de bioinsumos em viveiros florestais deve ser direcionada conforme o clone e o período de produção, evitando generalizações e contribuindo para maior eficiência produtiva e sustentabilidade operacional.

Palavras-chave: Bioinsumos. Microrganismos. Sustentabilidade. Viveiro Florestal.

ABSTRACT

This study evaluated the effects of beneficial microorganisms and pyroligneous extract on the vegetative and root development of clonal eucalyptus seedlings produced in a forest nursery. The experiment followed the PDCA methodology, comprising the stages of cutting, acclimatization, and hardening, in a completely randomized design with four replicates per treatment. Plant height and stem diameter at ground level were assessed, and rooting and survival rates were analyzed descriptively. The results showed significant interactions among clone, treatment, and evaluation period for height and diameter, indicating that the response to inputs depends on genetic material and the nursery production stage. In general, the highest increments in height and diameter occurred during the hardening phase. Treatments with pyroligneous extract showed superior performance in the final nursery stages, particularly for clones with lower initial vigor, whereas high-vigor clones maintained good performance regardless of treatment. Rooting and survival data indicated favorable trends associated with pyroligneous extract, especially for more sensitive clones. These findings support targeted use of bioinputs in forest nurseries according to clone characteristics and production stage, contributing to improved efficiency and operational sustainability.

Keywords: Bioinputs. Microorganisms. Sustainability. Forest nursery.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos aplicados no experimento com microrganismos e extrato pirolenhoso no viveiro da Aperam BioEnergia.....	17
Tabela 2 - Desdobramento da interação CLONE × TRAT para a variável altura de mudas clonais de eucalipto.....	22
Tabela 3 - Desdobramento da interação CLONE × PER para a variável altura (ALT) de mudas clonais de eucalipto.....	22
Tabela 4 - Desdobramento da interação TRAT × PER para a variável altura (ALT) de mudas clonais de eucalipto.....	23
Tabela 5 - Desdobramento da interação CLONE × PER para a variável diâmetro ao nível do solo de mudas clonais de eucalipto.....	25
Tabela 6 - Desdobramento da interação TRAT x PER para a variável diâmetro ao nível do solo de mudas clonais de eucalipto.....	25

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	12
2.1	Melhoramento genético do eucalipto.....	12
2.2	Produção de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> e <i>Corymbia</i>	13
2.3	Influência do material genético no enraizamento e no vigor inicial.....	13
2.4	Microrganismos benéficos na produção de mudas florestais	14
3.	METODOLOGIA	16
3.1	Escolha dos clones	16
3.2	Dosagem.....	17
3.3	Delineamento experimental.....	17
3.4	Preparo do substrato - Estaqueamento	18
3.5	Casa de aclimatação (parâmetros de avaliação).....	19
3.6	Pátio de rustificação (parâmetros de avaliação).....	19
3.7	Análise estatística.....	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1	Análise de variância	21
4.1.2	Interação CLONE × TRAT para a variável altura (ALT).....	21
4.1.3	Interação CLONE x PER para a variável altura (ALT).....	22
4.1.4	Interação TRAT x PER para a variável altura (ALT).....	23
4.2	Diâmetro ao nível do solo.....	24
4.2.1	Interação CLONE x PER para a variável diâmetro ao nível do solo	24
4.2.2	Interação TRAT x PER para a variável diâmetro ao nível do solo	25
4.3	Enraizamento e sobrevivência das mudas.....	26
5.	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

As espécies florestais apresentam um ciclo maior quando comparadas a outras culturas agrícolas, estando expostas a diversos fatores edafoclimáticos (escassez de chuva, altas temperaturas e salinidade) que podem comprometer o seu crescimento, desenvolvimento e produção ao longo do ciclo. Dentre as espécies florestais, os eucaliptos se destacam por apresentarem um ciclo menor em comparação com as espécies nativas do Brasil, sendo por isso o grupo de espécies mais cultivadas comercialmente no país (MEDEIROS, 2022).

A produção florestal no Brasil, especialmente com o cultivo de eucalipto, possui grande relevância econômica, sendo amplamente utilizada para a fabricação de papel, celulose e geração de energia. Contudo, práticas intensivas de cultivo e o uso de fertilizantes convencionais podem ocasionar a degradação do solo e a emissão de gases de efeito estufa (VALVERDE, 2022; DA SILVA *et al.*, 2025).

A maior parte das florestas plantadas (77%) é representada pelo eucalipto, com cerca de 6,97 milhões de hectares. A produção de mudas florestais de qualidade depende de diversos fatores, sendo o substrato um dos mais importantes. Este fator tem uma relação direta com o desenvolvimento e a arquitetura do sistema radicular das plantas, impactando de maneira significativa a sobrevivência e o crescimento das mudas em condições de campo (FORTAN *et al.*, 2020).

Um grupo diverso de microrganismos vem se destacando, principalmente no meio da agricultura, pelo impacto que estão causando no aumento da produtividade em larga escala de vegetais de interesse industrial, sendo essas bactérias chamadas de promotoras de crescimento vegetal (ARAÚJO, 2021).

Esses organismos atuam na fixação biológica de nitrogênio, solubilização de nutrientes como fósforo e zinco, produção de fitormônios e mitigação de estresses abióticos, como déficit hídrico e salinidade. Além disso, possuem a capacidade de colonizar o sistema radicular das plantas, aprimorando os mecanismos de resistência a fitopatógenos (BASHAN e DE-BASHAN, 2010).

A Aperam Bioenergia tem a inovação como parte fundamental de sua identidade, buscando continuamente desenvolver tecnologias sustentáveis e econômicas. A busca por atender às demandas de produção de mudas de excelência, visando à permanência no mercado competitivo, torna o investimento em pesquisa florestal um fator essencial para a sobrevivência e a sustentabilidade econômica dessa atividade. Nesse contexto, as pesquisas voltadas à eucaliptocultura devem ser planejadas e desenvolvidas de forma multidisciplinar,

contemplando aspectos ecológicos, econômicos e sociais, sem desconsiderar a melhoria da eficiência e da competitividade dos empreendimentos florestais.

A Aperam BioEnergia utiliza clones de alta qualidade para expedição e plantio; contudo, alguns materiais genéticos, como o clone AEC 2475 e espécies de *Corymbia*, apresentam dificuldades no desenvolvimento radicular e da parte aérea, além de maior suscetibilidade a patógenos.

Diante dessa problemática, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o uso dos microrganismos *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Trichoderma harzianum*, no desenvolvimento vegetativo e radicular de clones de *Eucalyptus* e *Corymbia*, em diferentes dosagens, no viveiro da Aperam Bioenergia, localizado em Itamarandiba- MG, de modo que, a aplicação dos produtos biológicos proporcione ganhos expressivos no desenvolvimento das mudas, refletindo-se em maior uniformidade, vigor e produtividade dos clones florestais.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Melhoramento genético do eucalipto

Em 2019, as florestas plantadas totalizaram 9,0 milhões de hectares, um aumento de 2,4% em relação a 2018 (SANTOS *et al.*, 2023). Os plantios de espécies, clones e híbridos desse gênero são a principal fonte de insumo na indústria de base florestal para a produção de celulose e papel, carvão vegetal, painéis de madeira reconstituída e usinas de tratamento de madeira (SOUZA *et al.*, 2017). O melhoramento genético florestal convencional enfrenta hoje um desafio crescente para a recomendação de clones considerando as flutuações ambientais cada vez mais frequentes e imprevisíveis (GRATTAPAGLIA, 2021).

Espécies de eucalipto, em geral, encontram-se em avançado estágio de melhoramento em comparação à maioria das culturas agrícolas. Existe ainda ampla flexibilidade sobre quais materiais genéticos incluir nas populações de melhoramento que, em regra geral, são constituídas por dezenas ou centenas de árvores geneticamente não- relacionadas, selecionadas diretamente de populações naturais, testes de procedência/progênie ou mesmo clones elite utilizados comercialmente (GRATTAPAGLIA, 2021).

O melhoramento genético visando aspectos climáticos e ambientais possui como finalidade disponibilizar germoplasmas com cultivares para as diversas regiões do país (BANDARA e ARNOLD, 2017). De tal forma, que apresenta variabilidade genética atendendo toda a demanda de madeira para os diversos usos existentes na indústria florestal brasileira (PALUDZYSZYN FILHO e SANTOS, 2012). Os programas de melhoramento de eucaliptos têm se concentrado na seleção de genótipos por meio da variabilidade dentro e entre as espécies para garantir o melhor germoplasma para o estabelecimento da plantação (MIRANDA *et al.*, 2013; BANDARA e ARNOLD, 2017).

Assim, nos trabalhos de melhoramento das últimas décadas, têm sido realizados esforços para incluir genótipos superiores que combinem as melhores características relacionadas à produtividade, com características como tolerância à seca, frio, salinidade ou determinadas pragas e doenças que afetam as plantações de eucalipto (SÁ e TAMBARUSSI, 2023).

Também devem ser levadas em consideração as análises de adaptabilidade e estabilidade genotípica, que por sua vez tornam possível a identificação de genótipos com comportamento previsível e que sejam responsivos às variações do ambiente em condições específicas ou amplas (CRUZ *et al.*, 2014; HARDNER *et al.*, 2010).

2.2 Produção de mudas clonais de *Eucalyptus* e *Corymbia*

A clonagem e o melhoramento genético em muito contribuem para o sucesso do setor florestal, porém com as constantes mudanças ambientais e o aparecimento de novas pragas e doenças, o aumento e manutenção da produtividade tem sido um desafio (ASSIS, 2014). Além disso, a expansão dos plantios para novas áreas com menor potencial produtivo e caracterizadas por condições climáticas desfavoráveis estimula a busca por genótipos melhores adaptados a esse tipo de situação (REIS *et al.*, 2014; SCOLFORO *et al.*, 2019; JORDAN *et al.*, 2020; BELTRAME *et al.*, 2023).

No Brasil, espécies do gênero *Eucalyptus* são amplamente utilizadas em plantios homogêneos devido ao seu rápido crescimento, alta produtividade e adaptação edafoclimática. Com o avanço da silvicultura clonal e das técnicas de manejo, a eucaliptocultura tem alcançado elevados níveis de rendimento, mesmo em condições adversas de solo e clima (IBÁ, 2023; GONÇALVES *et al.*, 2020).

Paralelamente, nas últimas décadas, espécies e híbridos do gênero *Corymbia*, também tem sido incorporados aos avanços tecnológicos e aos programas de melhoramento genético da silvicultura, sendo o Brasil uma referência mundial nessa área (LONGUE JUNIOR; COLODETTE, 2013; VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018). No entanto, a eficiência da produção de mudas clonais depende de diversos fatores, dentre os quais se destacam o potencial genético do clone, o manejo do viveiro, o substrato utilizado e as condições ambientais durante o enraizamento e crescimento inicial (DE ASSIS *et al.*, 2007).

Entre os principais fatores associados ao sucesso da produção de mudas clonais destacam-se o manejo do viveiro, a qualidade do substrato, o regime hídrico, a nutrição mineral e as condições microclimáticas durante as fases iniciais de desenvolvimento (WENDLING *et al.*, 2021). Viveiros florestais tecnificados utilizam substratos formulados para garantir adequada retenção de água, aeração e disponibilidade de nutrientes, criando um ambiente favorável ao enraizamento e ao crescimento das mudas (FRANCO, 2015). Contudo, mesmo sob condições ideais de manejo, a resposta das mudas pode variar significativamente em função do clone utilizado, evidenciando a importância do componente genético (FONTAN *et al.*, 2020).

2.3 Influência do material genético no enraizamento e no vigor inicial

O potencial de formação de raízes adventícias está ligado ao caráter genético da planta

e estudos demonstram alto controle genético sobre o enraizamento, evidenciando a recalitrância ao enraizamento no caso de híbridos do gênero *Corymbia* (RESENDE e DUARTE, 2007; REIS *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Respostas distintas de produtividade das minicepas e de enraizamento das miniestacas poderão ocorrer, principalmente, devido à variação entre os materiais. Para a produção massal de mudas são almejados materiais genéticos que apresentam altas taxas de multiplicação ao longo do ano, associadas a elevadas porcentagens de enraizamento adventício genótipos (BORGES *et al.*, 2011).

Além disso, alguns isolados apresentam comprovada capacidade de produção de ácido indolacético (AIA) (GRAVEL *et al.*, 2007), citocinina, giberelina e enzimas solubilizadoras de fosfato (RESENDE *et al.*, 2014; CHAGAS *et al.*, 2016).

Em termos operacionais, o enraizamento depende de inúmeros fatores, variando de acordo com as condições de manejo, sendo que os protocolos de clonagem devem ser ajustados de acordo com as condições de cultivo para favorecer os índices de enraizamento de acordo com as características de cada material genético de interesse. Cada clone, devido às suas particularidades fisiológicas, deve ter um manejo específico no sistema de produção de mudas, visando otimizar seu desempenho (ALFENAS *et al.*, 2004; ASSIS; MAFIA, 2007; HARTMANN *et al.*, 2011).

O enraizamento adventício também pode ser influenciado pelo estado nutricional dos propágulos vegetativos a serem regenerados em novas plantas, uma vez que o status nutricional determina a quantidade de carboidratos, auxinas e outros compostos necessários para a iniciação e desenvolvimento da rizogênese (CUNHA *et al.*, 2009). Outro fator que pode afetar o processo rizogênico é o uso de fitorreguladores, sendo o ácido indolbutírico (AIB) uma auxina comumente utilizada na propagação vegetativa com a finalidade de estimular a formação do sistema radicial (BRONDANI *et al.*, 2012).

2.4 Microrganismos benéficos na produção de mudas florestais

O uso de microrganismos benéficos aparece como uma das inovações tecnológicas que visam contribuir para a melhoria da qualidade, proteção e promoção de crescimento de mudas florestais. Dentre os grupos de microrganismos mais estudados para esta finalidade, o gênero fúngico *Trichoderma* apresenta destaque, podendo promover incrementos no crescimento vegetal além de proteção à incidência de doenças (MOTLAGH., SAMIMI, 2013; WAGHUNDE *et al.*, 2016; GARCÉS-FIALLOS *et al.*, 2017).

O elevado potencial de algumas espécies de *Trichoderma* em disponibilizar nutrientes pode reduzir a necessidade de adubação em algumas culturas, configurando assim o seu potencial na promoção do crescimento vegetal. Embora diversos trabalhos demonstrem benefícios do uso de *Trichoderma sp.* sobre a produção de culturas agrícolas, a sua aplicação em espécies florestais nativas ainda é restrita (DONOSO *et al.*, 2008).

Bactérias promotoras de crescimento que produzem citocinas e giberelinas, como *Azospirillum brasilense* também é reconhecida por sua capacidade de associar-se ao sistema radicular das plantas e outros reguladores de crescimento apresentando resultados positivos na aquisição de ferro, além de outros nutrientes necessários para o processo de desenvolvimento (HAYAT e SHEIRDIL, 2012).

Bactérias do gênero *Bacillus*, como *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens*, apresentam características de interesse para a produção de inoculantes, pois produzem endósporos, o que facilita o manuseio e aplicação (KONDO, 2019). Além disso, produtos à base de *Bacillus* são amplamente utilizados comercialmente, em parte porque a capacidade de formar esporos contribui para maior viabilidade em formulações comerciais (ABUHENA *et al.*, 2022). Além disso, destaca-se a importância desse gênero na produção de antibióticos (FREITAS; PIZZINATTO, 1991). As bactérias pertencentes a esse gênero também podem produzir níveis de giberelinas altíssimos, sendo este um fitohormônio que induz efeitos benéficos no crescimento de galhos e caules de diversas culturas (GRAY; SMITH, 2005).

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no viveiro florestal da Aperam BioEnergia, localizado no município de Itamarandiba, Minas Gerais, e compreendeu três fases operacionais do processo produtivo de mudas clonais: estaqueamento, aclimatação e rustificação.

3.1 Escolha dos clones

A Aperam BioEnergia emprega clones de elevada qualidade genética na expedição e no plantio de suas florestas comerciais. Contudo, determinados materiais genéticos apresentam limitações no desenvolvimento radicular e da parte aérea, além de maior suscetibilidade a patógenos, fatores que podem comprometer o desempenho fisiológico e produtivo das mudas no campo.

Visando mitigar essas limitações, e em parceria com as equipes do viveiro e da silvicultura, foram selecionados quatro clones para avaliação experimental, sendo dois pertencentes ao gênero *Eucalyptus* e dois ao gênero *Corymbia*.

Os clones C4 e C3 (ambos do gênero *Eucalyptus*) apresentam bom desempenho quanto à sobrevivência e ao crescimento em campo, ambos atingindo taxa de sobrevivência de 74% nos registros operacionais do viveiro da Aperam BioEnergia (dados institucionais não publicados). O clone C3 demonstra maior suscetibilidade a patógenos e maior dificuldade de enraizamento na fase inicial de propagação vegetativa, conforme histórico técnico do viveiro (Aperam BioEnergia, dados institucionais). O clone C4 foi incluído como referência para fins comparativos e de aprimoramento técnico, uma vez que apresenta enraizamento vigoroso e alta taxa de sobrevivência nos registros internos da empresa.

Já os clones C2 e C1, do gênero *Corymbia*, caracterizam-se por dificuldades acentuadas no processo de enraizamento inicial e apresentam baixas taxas de sobrevivência (30% e 12%, respectivamente) nos registros do viveiro (Aperam BioEnergia, dados institucionais não publicados), demandando o desenvolvimento de estratégias específicas de manejo e estímulo radicular para otimização de sua propagação. Tais dificuldades são coerentes com relatos da literatura de que materiais do gênero *Corymbia* apresentam maior recalitrância ao enraizamento quando comparados a clones de *Eucalyptus* (XAVIER *et al.*, 2013; ALFENAS *et al.*, 2009).

Os clones foram identificados neste trabalho como C1, C2, C3 e C4, a fim de preservar a confidencialidade do material genético avaliado.

3.2 Dosagem

As dosagens (Tabela 1) adotadas para os produtos biológicos foram estabelecidas com base nas recomendações técnicas fornecidas pelos fabricantes, considerando as especificações de bula e o volume de calda aplicado por bandeja. Para o extrato pirolenhoso, entretanto, não existem recomendações técnicas consolidadas para seu uso em viveiro.

Dessa forma, as concentrações testadas foram definidas a partir de consultas a trabalhos acadêmicos e estudos exploratórios disponíveis em literatura, que indicaram resultados promissores do uso do extrato pirolenhoso em diferentes espécies vegetais. Com base nessas informações, foram selecionadas duas concentrações experimentais, 0,5% e 1%, a fim de avaliar comparativamente o desempenho das mudas sob diferentes níveis de aplicação do subproduto.

Tabela 1 - Tratamentos aplicados no experimento com microrganismos e extrato pirolenhoso no viveiro da Aperam BioEnergia

Tratamento	Produto comercial	Composição	Dose do produto comercial (mL ha ⁻¹)	Dosagem usada nas 16 bandejas (mL)	Classe
T1	Meli-X Turbo	<i>Bacillus velezensis</i> UFV 3918 (<i>subtilis</i>)	1000	0,36	Inoculante
T2	No-nema	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> BV03	5000	1,78	Nematicida e fungicida microbiológico
T3	Biomax Azum	<i>Azospirillum brasilense</i> (AbV5)	300	0,11	Inoculante
T4	Trichodermil	<i>Trichoderma harzianum</i> ESALQ 1306	2000	0,71	Biofungicida e bionematicida
T5	Testemunha	Tratamento padrão da Aperam	-	-	-
T6	Bio Extrato Aperam	Extrato pirolenhoso Aperam (0,5%)	-	50	Bioestimulante
T7	Bio Extrato Aperam	Extrato pirolenhoso Aperam (1%)	-	100	Bioestimulante

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

3.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em

arranjo fatorial triplo ($4 \times 7 \times 3$), composto por três fatores: fator 1 clones (C1, C2, C3 e C4); fator 2, tratamentos (testemunha, inoculantes comerciais A, B, C e D, aplicados na dose recomendada pelo fabricante, e extrato pirolenhoso em baixa concentração (~0,5%) e concentração intermediária (~1,0%)); e fator 3 – períodos de avaliação (estaqueamento, aclimação e rustificação), com quatro repetições por combinação fatorial. Foram avaliados sete tratamentos, com quatro repetições cada, totalizando 28 parcelas experimentais. Cada parcela correspondeu a uma bandeja contendo 176 mudas, sendo as avaliações realizadas em diferentes fases do desenvolvimento (estaqueamento, aclimação e rustificação), conforme os parâmetros previamente estabelecidos.

3.4 Preparo do substrato – Estaqueamento

A primeira etapa do experimento foi conduzida no galpão de estaqueamento do viveiro, onde foram separadas 112 bandejas totais, 16 por tratamento, conforme o delineamento proposto. Cada tratamento foi composto por quatro repetições, devidamente identificadas com plaquinhas contendo o número do tratamento, da repetição e do clone.

Após o preparo das caldas correspondentes, os produtos foram aplicados via drench (molhamento do substrato), garantindo a uniformidade da aplicação em todas as bandejas. O substrato utilizado seguiu o padrão operacional da empresa, composto predominantemente por uma mistura homogênea de fibra de coco, casca de arroz carbonizada, vermiculita, osmocote e MAP. Durante o estaqueamento o hormônio AIB (Ácido indolbutírico) em uma concentração de 1.000 ppm é aplicado na base de miniestacas, esse conjunto apresenta boa drenagem e aeração, adequadas ao enraizamento de miniestacas (Figura 1).

Após a aplicação dos tratamentos, procedeu-se ao estaqueamento pelas equipes do viveiro, seguindo os procedimentos internos de rotina da Aperam BioEnergia. As miniestacas foram dispostas em bandejas de 176 células, mantidas sob irrigação e nebulização automatizadas, em ambiente protegido, com controle de umidade.

Figura 1 - Preparo do substrato para recebimento das estacas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

3.5 Casa de aclimação (parâmetros de avaliação)

Após o estaqueamento, as bandejas foram transferidas para a estufa 7, onde permaneceram sob condições de sombreamento e controle de umidade. Essa etapa teve como objetivo promover a adaptação gradual das mudas às condições externas, reduzindo o estresse e favorecendo o desenvolvimento radicular e foliar.

Durante esse período, foram realizadas irrigações regulares e monitoramentos visuais para observação de sintomas de estresse, fitotoxicidade ou variações de vigor entre os tratamentos. Os parâmetros avaliados foram a altura das mudas (cm); diâmetro do coleto (mm) e o percentual de sobrevivência (%).

3.6 Pátio de rustificação (parâmetros de avaliação)

Concluída a fase de aclimação, as mudas foram encaminhadas para o pátio de rustificação, onde foram expostas gradualmente às condições de luminosidade e ventilação naturais, representando a última etapa antes da expedição para o plantio. Nessa etapa, buscou-se observar os efeitos residuais dos tratamentos sobre o vigor e a uniformidade das mudas, além da resistência a estresses como variação térmica e déficit hídrico. Os parâmetros avaliados nessa etapa foram: altura das mudas (cm); diâmetro do coleto (mm); percentual de sobrevivência (%) e; percentual de enraizamento (%).

Figura 2 - Parâmetros de avaliação ao longo das fases de aclimatação e rustificação.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias, quando significativas, comparadas segundo o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas no software SISVAR (Ferreira, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância

A análise de variância apresentada na Tabela 2 demonstrou que a altura das mudas foi influenciada significativamente pelos fatores clone, tratamento e período de avaliação ($p < 0,05$). As interações entre os clones e os inoculantes, os clones e os períodos, e inoculantes e os períodos também influenciaram significativamente a altura das mudas ($p < 0,05$), evidenciando que o crescimento em altura das mudas não depende de um único fator isolado, mas da combinação entre material genético, manejo adotado e tempo de desenvolvimento em viveiro. A ausência de significância da interação tripla (clone \times tratamento \times período) indica que os efeitos observados podem ser adequadamente explicados pelas interações duplas, sem a necessidade de considerar um efeito conjunto mais complexo.

As variáveis enraizamento (%) e sobrevivência (%) foram avaliadas de forma descritiva, a partir das médias obtidas na última avaliação. Por se tratar de dados percentuais, derivados de contagem e não necessariamente atendendo aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, optou-se por apresentar esses resultados por meio de gráficos comparativos, que permitem visualizar com clareza o comportamento dos diferentes clones e tratamentos.

4.1.2 Interação CLONE \times TRAT para a variável altura (ALT)

Os resultados evidenciam que a resposta aos tratamentos foi dependente do material genético. O Clone C4 apresentou as maiores médias de altura em diferentes tratamentos, com destaque para o extrato pirolenhoso em concentração intermediária (~1,0%) e, em seguida, para a baixa concentração (~0,5%) (Tabela 2). Em contraste, C1 e C2 exibiram médias inferiores em todos os tratamentos, indicando menor vigor inicial. Assim, não indicando um tratamento, a magnitude da resposta variou conforme o clone.

De acordo com Brondani *et al* (2012) a resposta de mudas florestais a diferentes insumos pode variar conforme o clone e o estágio de desenvolvimento.

No estudo de Nascimento *et al* (2021) com inoculação de rizobactérias em *Eucalyptus urophylla*, os autores observaram que os resultados variaram de acordo com o clone, parâmetros avaliados e método de inoculação, o que reforça que o efeito de inoculantes pode depender do material genético e das condições experimentais (KONDO, 2019).

Tabela 2 - Desdobramento da interação CLONE × TRAT para a variável altura (cm) de mudas clonais de eucalipto em função dos inoculantes

Clones	Testemunha	Meli-X Turbo	No-nema	Biomax Azum	Trichodermil	Bio Extrato Aperam 0,5%	Bio Extrato Aperam 1%
C1	9,066 dA	9,723 dA	9,495 dA	9,849 cA	10,418 cA	11,246 cA	9,829 cA
C2	13,082 cA	13,657 cA	14,348 cA	13,126 bA	12,717 bA	11,601 cA	15,970 bA
C3	17,285 bA	15,482 bA	16,936 bA	16,929 aA	15,637 aA	16,225 bA	17,256 bA
C4	19,287 aA	18,363 aA	19,925 aA	17,828 aA	17,307 aA	20,709 aA	20,902 aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. C1: clone 0043; C2: clone 0062; C3: clone 2475; C4: clone 1528.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

4.1.3 Interação CLONE x PER para a variável altura (ALT)

Conforme apresentado na Tabela 3 a seguir, o crescimento em altura foi progressivo ao longo das fases do viveiro, com incremento mais acentuado na rustificação para todos os clones.

Tabela 3 - Desdobramento da interação CLONE × PER para a variável altura (cm) de mudas clonais de eucalipto por períodos

Clones	P1	P2	P3
C1	8,001 cC	9,103 dB	12,735 dA
C2	9,190 bC	12,728 cB	18,582 cA
C3	9,926 bC	14,722 bB	24,959 bA
C4	12,030 aC	17,004 aB	28,532 aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. P1: 43 dias após o transplântio; P2: 70 dias após o transplântio; P3: 90 dias após o transplântio. C1: clone 0043; C2: clone 0062; C3: clone 1528; C4: clone 2475.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

O clone C4 manteve os maiores valores ao longo das fases. Esses resultados indicam que o ritmo de crescimento ao longo do tempo é dependente do clone, sendo necessário considerar o material genético ao interpretar o efeito do período. Resultados semelhantes foram observados por Santos *et al* (2021) que relataram que, em *Eucalyptus urophylla*, a inoculação de isolados nativos se traduziu em incrementos de 15,2 % em altura e 39,52 % em massa seca de raiz, evidenciando que o crescimento pode ser fortemente influenciado por tratamento e genótipo em fases iniciais de desenvolvimento.

4.1.4 Interação TRAT x PER para a variável altura (ALT)

A interação entre os fatores tratamentos e períodos de avaliação evidenciam que o efeito dos tratamentos variou conforme o período de avaliação (Tabela 4). De modo geral, as maiores médias de altura foram observadas na rustificação (P3) para todos os tratamentos. Nas fases iniciais, as diferenças entre tratamentos foram menores, indicando que o efeito dos insumos se intensifica nas fases finais do ciclo, contribuindo de forma decisiva para a expressão do crescimento em altura.

Tabela 4 - Desdobramento da interação TRAT × PER para a variável altura (cm) de mudas clonais de eucalipto por períodos

Tratamento	P1	P2	P3
Testemunha	11,052 aC	13,923 aB	19,065 bA
Meli X Turbo	10,979 aC	13,695 aB	18,244 bA
No-nema Azul	11,592 aC	14,969 aB	18,967 bA
Biomax	10,998 aC	13,896 aB	18,406 bA
Trichodermil	10,616 aC	13,601 aB	17,844 bA
Bio Extrato 0,5%	11,179 aC	15,058 aB	18,599 bA
Bio Extrato 1%	11,223 aC	15,363 aB	21,381 aA
Média	11,364	14,302	18,712

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. P1: 43 dias após o transplante; P2: 70 dias após o transplante; P3: 90 dias após o transplante.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Entre os tratamentos, o Bio Extrato (~1%) apresentou as maiores médias na fase de rustificação, seguido do Bio Extrato (~0,5%), sugerindo maior efeito bioestimulante desses tratamentos nas fases finais do viveiro. Nas fases iniciais (P1 e P2), as diferenças entre tratamentos foram menores, indicando que o efeito dos bioinsumos se torna mais evidente

com o avanço do ciclo de produção em viveiro.

Esse comportamento reflete a dinâmica natural de crescimento das mudas ao longo do tempo, na qual o acúmulo de biomassa aérea ocorre de forma contínua à medida que as plantas avançam pelas fases de estaqueamento, aclimatação e rustificação. O aumento significativo da altura nas fases mais avançadas indica que as mudas apresentaram crescimento consistente e resposta adequada às condições de manejo adotadas no viveiro (WENDLING; DUTRA, 2010).

Segundo Rocha (2022) a rustificação é uma fase importante no cultivo das mudas de eucalipto, influenciando na adaptação das plantas ao campo. Durante este período, as mudas são preparadas para enfrentar estresses hídricos e nutricionais que podem ocorrer após o plantio. Isso é feito para assegurar que as mudas tenham reservas nutricionais para um crescimento satisfatório e estejam mais resistentes ao processo de transplante e às condições adversas que encontrarão no campo.

No estudo sobre inoculação bacteriana em eucalipto, Oliveira (2022) verificou que a inoculação com bactérias no eucalipto foi significativa, contribuindo para um melhor crescimento da planta, o que está em conformidade com a resposta ao tratamento ser mais evidente quando as plantas se desenvolvem mais (nas fases finais).

4.2 Diâmetro ao nível do solo

4.2.1 Interação CLONE x PER para a variável diâmetro ao nível do solo

O desdobramento da interação clones e períodos evidencia que o diâmetro ao nível do solo apresentou incremento progressivo ao longo das fases do viveiro, com valores mais elevados na rustificação (P3) para todos os clones (Tabela 5). Esse comportamento indica a consolidação estrutural das mudas nas fases finais do ciclo de produção.

O diâmetro apresentou incremento progressivo ao longo das fases, com maiores valores na rustificação. O Clone C4 manteve os maiores valores em todos os períodos, enquanto C1 e C2 exibiram menores médias, sobretudo nas fases iniciais. A dinâmica temporal do diâmetro ao nível do solo foi dependente do material genético.

Estudos com inoculação de microrganismos em clones de *Eucalyptus* demonstraram que os efeitos sobre diâmetro variam com o manejo, sendo que algumas pesquisas relatam incremento expressivo nessas variáveis em estágios mais avançados de desenvolvimento. Oliveira (2022) observou em seu estudo que bactérias promovem elevação significativa em

diâmetro, relatando aumento de 23% no diâmetro de mudas inoculadas, reforçando a influência de microrganismos.

Tabela 5 - Desdobramento da interação CLONE × PER para a variável diâmetro (cm) ao nível do solo de mudas clonais de eucalipto

Clone	P1	P2	P3
C1	1,268 dC	1,564 dB	2,114 dA
C2	1,470 cC	1,750 cB	2,273 cA
C3	1,346 cC	1,748 cB	2,351 bA
C4	1,861 aC	2,207 aB	2,847 aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade C1: clone 0043; C2: clone 0062; C3: clone 1528; C4: clone 2475. P1: 43 dias após o transplântio; P2: 70 dias após o transplântio; P3: 90 dias após o transplântio.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

4.2.2 Interação TRAT x PER para a variável diâmetro ao nível do solo

A interação dos tratamentos e períodos indica que o efeito dos tratamentos sobre o diâmetro variou conforme o período de avaliação (Tabela 6). Observa-se que, de modo geral, os maiores valores de diâmetro foram registrados na rustificação (P3) para todos os tratamentos, reforçando a importância dessa fase para o espessamento do caule.

Tabela 6 - Desdobramento da interação TRAT x PER para a variável diâmetro (cm) ao nível do solo de mudas clonais de eucalipto

Tratamento	P1	P2	P3
Testemunha	1,415 bC	1,787 Bb	2,262 bA
Meli X Turbo	1,416 bC	1,789 Bb	2,411 bA
No-nema Azul	1,458 bC	1,711 Bb	2,453 bA
Biomax (T4)	1,429 bC	1,836 Bb	2,436 bA
Trichodermil	1,417 bC	1,867 Bb	2,395 bA
Bio Extrato 0,5%	1,654 aC	2,013 aB	2,348 bA
Bio Extrato 1%	1,613 aC	1,718 Bb	2,467 aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. P1: 43 dias após o transplântio; P2: 70 dias após o transplântio; P3: 90 dias após o transplântio.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

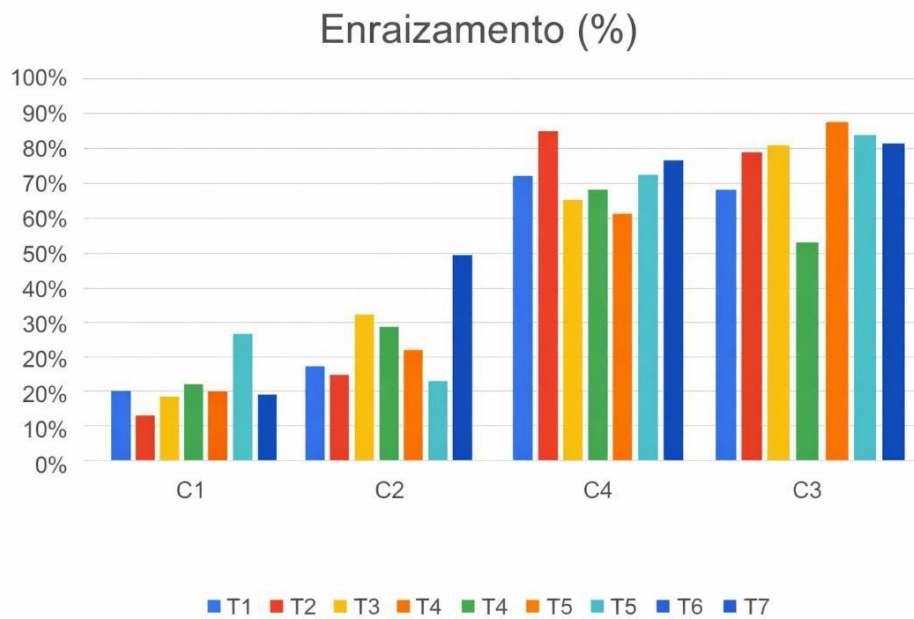
Entre os tratamentos, os que envolvem extrato pirolenhoso apresentaram médias superiores na fase de rustificação em comparação à testemunha e a alguns inoculantes, sugerindo maior efeito bioestimulante sobre o crescimento estrutural das mudas nas fases

finais do viveiro. Nas fases iniciais P1 e P2, as diferenças entre tratamentos foram mais discretas, indicando que o efeito dos insumos sobre o diâmetro se torna mais evidente à medida que as mudas avançam no ciclo de produção.

4.3 Enraizamento e sobrevivência das mudas

As variáveis enraizamento (%) e sobrevivência (%) foram avaliadas de forma descritiva, com base nas médias obtidas na última avaliação, conforme apresentado nas Figuras 3 e 4. Para a apresentação dos dados, optou-se pela análise gráfica, permitindo a visualização clara das tendências de resposta dos diferentes clones aos tratamentos aplicados.

Figura 3 - Taxas de enraizamento por clones nos diferentes tratamentos utilizados



C1: clone 0043; C2: clone 0062; C3: clone 1528; C4: clone 2475. T1: Meli-X; T2 No-nema; T3: Biomax Azum; T4: Trichodernil; T5: Testemunha T6: Bio extrato Aperam (0,5%); T7: Bio extrato Aperam (0,5%).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

O clone C1 apresentou, de modo geral, baixas taxas de enraizamento, confirmando seu comportamento característico de menor vigor inicial. Entretanto, observou-se influência diferenciada dos tratamentos sobre esse parâmetro, com destaque para o tratamento com extrato pirolenhoso a 0,5%, que promoveu maior formação de raízes quando comparado aos demais tratamentos, especialmente à testemunha.

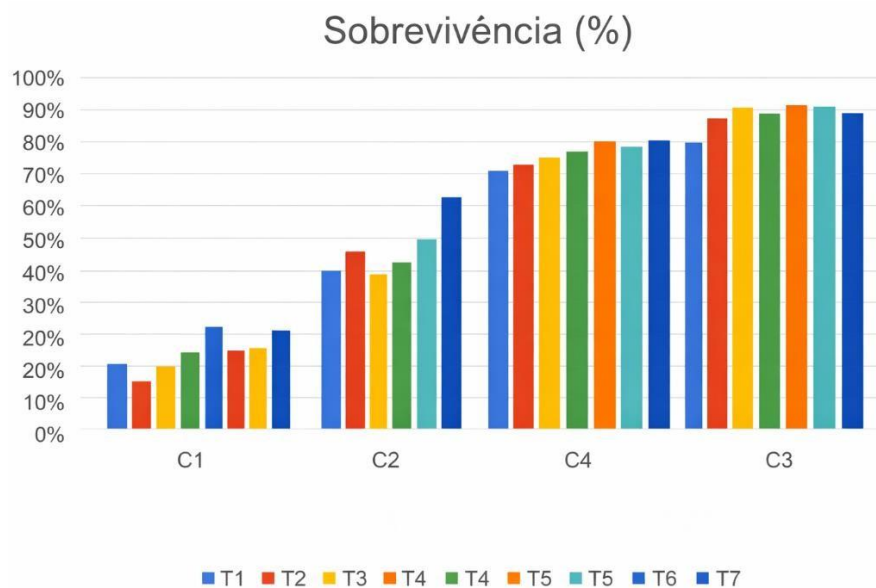
De forma semelhante, o clone C2 apresentou índices reduzidos de enraizamento,

caracterizando-se como um material de baixa capacidade rizogênica. Para esse clone, o tratamento com extrato pirolenhoso a ~1% apresentou a maior média de enraizamento, indicando que podem responder positivamente a doses mais elevadas de bioestimulantes, que potencializam os processos fisiológicos associados à formação de raízes adventícias.

O clone C4 apresentou altas taxas de enraizamento em todos os tratamentos, evidenciando seu elevado vigor intrínseco. As diferenças observadas entre os tratamentos foram pouco expressivas, indicando que, em clones com alta capacidade fisiológica, o uso adicional de bioinsumos pode não resultar em ganhos significativos no enraizamento. Resultado semelhante foi observado para o clone C3, que também apresentou comportamento estável e altas taxas de enraizamento, independentemente do tratamento aplicado.

No que se refere à sobrevivência das mudas, observou-se comportamento distinto entre os clones e tratamentos, evidenciando que a manutenção da vitalidade após o enraizamento também foi influenciada pelo material genético e pelo manejo adotado.

Figura 4 - Taxas de sobrevivência por clones nos diferentes tratamentos utilizados



C1: clone 0043; C2: clone 0062; C3: clone 1528; C4: clone 2475. T1: Meli-X; T2 No-nema; T3: Biomax Azum; T4: Trichodernil; T5: Testemunha T6: Bio extrato Aperam (0,5%); T7: Bio extrato Aperam (0,5%).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2026.

Para o clone C1, o tratamento com extrato pirolenhoso a 1% apresentou os melhores resultados de sobrevivência, indicando que a maior concentração do produto contribuiu para maior tolerância das mudas às condições pós-enraizamento. Esse efeito pode estar relacionado à ação bioestimulante e antimicrobiana do extrato pirolenhoso, favorecendo a manutenção da

vitalidade das mudas durante a fase de aclimação.

O clone C2 apresentou tendência semelhante, com maiores percentuais de sobrevivência no tratamento com extrato pirolenhoso a 1%, reforçando que clones de menor vigor podem se beneficiar de doses mais elevadas de bioestimulantes, especialmente após a formação das raízes.

Por outro lado, os clones C4 e C3 apresentaram altas taxas de sobrevivência em todos os tratamentos, com variações pouco expressivas entre eles. Em alguns casos, a testemunha apresentou valores semelhantes ou ligeiramente superiores aos tratamentos, indicando que, para clones com elevado vigor fisiológico, os produtos avaliados não promoveram ganhos significativos adicionais na sobrevivência das mudas.

Os resultados obtidos evidenciaram que, antes da aplicação do extrato pirolenhoso, as mudas apresentavam baixas taxas de sobrevivência, variando entre 12% e 30% nas condições avaliadas. Com a utilização do extrato pirolenhoso, observou-se aumento expressivo na sobrevivência das mudas, alcançando aproximadamente 44%. Além disso, verificou-se incremento de 33,3% no enraizamento em comparação às condições sem a aplicação do extrato pirolenhoso. Esses resultados indicam que o uso do extrato pirolenhoso contribuiu significativamente para o estabelecimento e para o desenvolvimento inicial das mudas nas condições do estudo.

No estudo de Xavier *et al* (2013) os autores destacaram que os híbridos de *Corymbia* apresentam maior dificuldade de enraizamento quando comparados a clones de *Eucalyptus*, o que está alinhado ao padrão de resposta observado no trabalho, reforçando que taxas de enraizamento menores podem estar associadas às características fisiológicas dos genótipos.

4. CONCLUSÃO

A altura e diâmetro ao nível do solo foram influenciados pelos materiais clonais, tratamentos e períodos de avaliação.

Para a variável altura, o clone C4 apresentou os maiores valores médios ao longo do experimento, com destaque para o tratamento com extrato pirolenhoso a ~1,0%, especialmente na fase de rustificação (P3).

O clone C3 apresentou desempenho intermediário, enquanto C1 e C2 apresentaram menores valores de crescimento em altura.

Para o diâmetro ao nível do solo, o comportamento foi semelhante, com o clone C4 apresentando os maiores valores médios, principalmente na fase de rustificação, sob aplicação de extrato pirolenhoso (~1,0%) e (~0,5%), indicando maior consolidação estrutural nessa etapa final do viveiro.

Em relação à sobrevivência, os maiores percentuais foram observados nos clones C3 e C4, sendo que os tratamentos com extrato pirolenhoso, sobretudo na fase final de produção, apresentaram tendência de maior manutenção das mudas, enquanto os clones C1 e C2 apresentaram menores taxas de sobrevivência independentemente do tratamento.

Os resultados obtidos indicam que o uso do extrato pirolenhoso exerceu influência positiva sobre o desempenho das mudas avaliadas. Antes das aplicações do extrato pirolenhoso, as mudas apresentavam taxa de sobrevivência variando entre 12% e 30%. No entanto, com a aplicação do extrato pirolenhoso, observou-se um aumento de aproximadamente 44% na sobrevivência das mudas, evidenciando melhora significativa no estabelecimento inicial das plantas.

Além do aumento na sobrevivência, também foi observado efeito positivo no enraizamento das mudas tratadas com extrato pirolenhoso. O percentual de enraizamento apresentou incremento de cerca de 33,3% em comparação às condições sem a aplicação do produto. Esses resultados sugerem que o uso do extrato pirolenhoso pode favorecer tanto a sobrevivência quanto o desenvolvimento do sistema radicular das mudas nas condições estudadas.

Conclui-se que o desempenho das mudas foi dependente do material genético e do período de avaliação, sendo a fase de rustificação determinante para a consolidação do crescimento em altura e diâmetro, e que o extrato pirolenhoso nas concentrações avaliadas apresentou melhor desempenho nas fases finais do viveiro, especialmente para clones de menor vigor inicial.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442 p. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/6473969f68b4c299a3fb5c2a>. Acesso em: 21 dez. 2025.
- ARBEX, Marcos Abdo et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, p. 158-175, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/VNXXmdyPSjxJDCStkYrZSZz/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 23 dez. 2025.
- DE ASSIS, Teotônio Francisco; MAFIA, Reginaldo Gonçalves. Hibridação e clonagem. **Biociência florestal. Suprema, Viçosa**, p. 93-121, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Teotonio-Assis/publication/281209969_Hibridacao_e_clonagem/links/55db9cda08aeb38e8a8b8bdc/Hibridacao-e-clonagem.pdf. Acesso em: 21 dez. 2025.
- BASHAN, Yoav; DE-BASHAN, Luz E. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. **Advances in agronomy**, v. 108, p. 77-136, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/bookseries/abs/pii/S0065211310080028>. Acesso em: 23 dez. 2025.
- BELTRAME, Rafael et al. Selection of eucalyptus hybrid clones planted in Brazil for growth and wood quality. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, v. 20, n. 2, p. 191-196, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13196-023-00318-x>. Acesso em: 16 dez. 2025.
- BORGES, Silvano Rodrigues et al. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, p. 425-434, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/dQkGTCXF538XG9cNr3H3jtc/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 21 dez. 2025.
- BRONDANI, Gilvano Ebling et al. Dynamics of adventitious rooting in mini-cuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 2, p. 169-178, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/WpVjtLkXvRjr6w9B3CZ8c8b/?lang=en>. Acesso em: 16 dez. 2025.
- CHAGAS, Lillian França Borges et al. Efficiency of *Trichoderma* spp. as a growth promoter of cowpea (*Vigna unguiculata*) and analysis of phosphate solubilization and indole acetic acid synthesis. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 2, p. 437-445, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40415-015-0247-6>. Acesso em: 21 dez. 2025.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3a ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. v. 2, 668 p. Disponível em: Acesso em: https://www.researchgate.net/publication/292797696_Modelos_biometricos_aplicados_ao_m

elhoramento_genetico. Acesso em: 16 dez. 2025.

CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Relação do estado nutricional de minicepas com o enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 591-599, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/4pRRkcfL3CDYWzj8LCBnhfk/?lang=pt>. Acesso em: 11 jan. 2026.

DE ASSIS, Teotônio Francisco; MAFIA, Reginaldo Gonçalves. Hibridação e clonagem. **Biociência florestal. Suprema, Viçosa**, p. 93-121, 2007. Dissertação de Mestrado em Ciência dos Materiais pela universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Teotonio-Assis/publication/281209969_Hibridacao_e_clonagem/links/55db9cda08aeb38e8a8b88bdc/Hibridacao-e-clonagem.pdf. Acesso em: 11 jan. 2026.

DONOSO, Eduardo; LOBOS, Gustavo A.; ROJAS, Nadia. Efecto de *Trichoderma harzianum* y compost sobre el crecimiento de plántulas de *Pinus radiata* en vivero. **Bosque (Valdivia)**, v. 29, n. 1, p. 52-57, 2008. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002008000100006&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 21 dez. 2025.

DUARTE, Camila Fernandes Domingues et al. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa Ruziziensis*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e630985978-e630985978, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5978>. Acesso em: 11 jan. 2026.

FONTAN, Ivan da Costa Ilhéu et al. Uso de casca de eucalipto e moinha de carvão na composição de substratos de mudas de *Eucalyptus urophylla*. Cap5. ed. São João Evangelista-MG: **Atena Editora**, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341693659_USO_DE_CASCA_DE_EUCALIPTO_E_MOINHA_DE_CARVAO_NA_COMPOSICAO_DE_SUBSTRATOS_DE_MUDAS_DE_Eucalyptus_urophylla. Acesso em: 22 dez. 2025.

FRANCO, Mariana Martins. **O efeito dos substratos para o desenvolvimento, a qualidade e o custo de produção de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla***, 2015. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Agronegócio) - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, 2015. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/16696>. Acesso em: 12 jan. 2025.

FREITAS, S.S.; PIZZINATTO, M.A. Interações de *Pseudomonas* sp. e *Fusarium oxysporum* sp. *Lycopersici* na rizosfera de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). **Summa Phytopathol**, [S.l.], v. 17, p. 105-112, ago. 1991. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122605/records/64775739f2e6fe92b3658296>. Acesso em: 21 dez. 2025.

VIEIRA, Gláucia Gama et al. **O processo de pirólise como alternativa para o aproveitamento do potencial energético de lodo de esgoto—uma revisão**. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/fc6fa559-c436-49ab-b608-4b0bc162818e/content>. Acesso em: 21 dez. 2025.

GARCÉS-FIALLOS, F. R.; SABANDO-ÁVILA, F.; MOLINA-ATIENCIA, L. *M.Trichoderma harzianum* en pre-siembra aumenta el potencial agronómico del cultivo de piña. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** (Agrária), v. 12, n. 4, p. 410-414, 2017. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v12i4a5468>. Acesso em: 16 dez. 2025.

GEORGES, Fernando. **Caracterização da palha da cana de açúcar do Rio Grande do Sul e de seus produtos de pirolise**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/30864>. Acesso em: 12 jan. 2026.

GONÇALVES, J. L. de M. et al. **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. 2. ed. Piracicaba: IPEF, 2020. 412 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303818410_Silvicultura_do_Eucalipto_no_Brasil#:~:text=eucalipto%2C%20o%20melhoramento%20gen%C3%A9tico%2C%20as%20implica%C3%A7%C3%B5es%20nutricionais,Elzimar%20de%20Oliveira%20Gon%C3%A7alves%2C%20Ivar%20Wendling%2C%20Rosana. Acesso em: 21 dez. 2025.

GRATTAPAGLIA, Dario. Genômica aplicada à genética e melhoramento de *Eucalyptus* na Embrapa: 25 anos de avanços e as perspectivas para o futuro. **O eucalipto ea Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília. Embrapa, p. 203-267, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131956/genomica-aplicada-a-genetica-e-melhoramento-de-eucalyptus-na-embrapa-25-anos-de-avancos-e-as-perspectivas-para-o-futuro>. Acesso em: 16 dez. 2025.

GRAVEL, V. et al. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride* possible role of indole acetic acid (IAA). **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, p. 1968-1977, 2007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071707000909?casa_token=rjkGMLzstM8AAAAA:jlB6RTTM70UqIGL_ymy_Qw5Wys2mwUe9eD-G8V4f12zAWW3e2n8egAG8qrSTK1KN-GphgqFKeQ. Acesso em: 12 jan. 2026.

GRAY, E.J.; SMITH, D.L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.], v. 37, p. 395-412, mar. 2005. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071704003608?casa_token=qOLPDCICMKAAAAA:wWmAGqMlg9n8cm8hxjNyV4Yu8xI7rHs-yHx5MM_jRWyj2ToZMUvHOzSYzLst4git2HE3V7io4w. Acesso em: 16 dez. 2025.

HARDNER, C.M. et al. Patterns of genotype-by-environment interaction in diameter at breast height at age 3 for eucalypt hybrid clones grown for reforestation of lands affected by salinity. **Tree Genetics and Genomes**, v. 6, n. 6, p. 833-851, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11295-010-0295-9>. Acesso em: 16 jan. 2026.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed, Prentice-Hall, 2011. 915 p. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2220455>. Acesso em: 21 dez. 2025.

HAYAT, R., AHMED, I. E SHEIRDIL, R. A. (2012). An Overview of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Sustainable Agriculture. **Crop Production for Agricultural Improvement**, 557–579. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-4116-4_22. Acesso em: 16 dez. 2025.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual 2023**. Brasília, DF: IBÁ, 2023. Disponível em: <https://iba.org>. Acesso em: 21 dez. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal e silvicultura**. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41404-valor-de-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-cresce-11-2-e-so-ma-r-37-9-bilhoes>. Acesso em: 23 dez. 2026.

JORDAN, Rebecca et al. Combined Analyses of Phenotype, Genotype and Climate Implicate Local Adaptation as a Driver of Diversity in *Eucalyptus microcarpa* (Grey Box). **Forests**, v. 11, n. 5, p. 495, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/5/495>. Acesso em: 21 dez. 2025.

KONDO, Yanka Rocha. **Efeitos da inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus amyloliquefaciens* e diferentes gerações de sementes no crescimento de mudas de *Pinus taeda* L.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, Curitibanos, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/202300>. Acesso em: 11 jan. 2026.

LONGUE, D. J.; COLODETTE, J. L. Importância e versatilidade da madeira de eucalipto para a indústria de base florestal. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 33, n. 76, p. 429-438, 2013. Disponível em: <https://pfb.sede.embrapa.br/pfb/article/view/528>. Acesso em: 11 jan. 2026.

MEDEIROS, Robson Luis Silva de. **Estresses abióticos na germinação de sementes e no desenvolvimento de mudas florestais**. [S.l.]: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 16 fev. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/bf928e0b-e1a5-4445-ae97-c89bd87d434d>. Acesso em: 11 jan. 2026.

MOTLAGH, M. R. S.; SAMIMI, Z. Evaluation of *Trichoderma* spp., as biological agents in some of plant pathogens. **Annals of Biological Research**, v. 4, n. 3, p.173-179, 2013. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133128744>. Acesso em: 16 jan. 2026.

OLIVEIRA, A. Inoculação de *Eucalyptus grandis* para a promoção de crescimento em campo. In: 9º **Congresso Florestal Brasileiro**, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.softaliza.com.br/congressoflorestalbrasileiro/article/view/2506>. Acesso em: 11 jan. 2026.

OLIVEIRA, Leandro Silva; DIAS, Poliana Coqueiro; DE ALMEIDA, Marcílio. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015. Disponível em: <https://pfb.sede.embrapa.br/pfb/article/view/890>. Acesso em: 19 dez. 2025.

PALUDZYSZYN FILHO, E., & SANTOS, E.T. (2012). Programa de melhoramento genético do eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas. **Colombo: Embrapa Florestas**. Disponível em: academia.edu/download/39192949/Doc214.pdf. Acesso em: 22 dez. 2025.

RAHMAT, B.; PANGESTI, D.; NATAWIJAYA, D.; SUFYADI, D. Generation of woodresidue vinegar and its effectiveness as a plant growth regulator and pest repellent. **Biorecursos**, v. 9, p. 6350–6360, 2014. Disponível em: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aacd%3A8%3A12410968/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aacd%3A117103019&crl=c&link_origin=scholar.google.com. Acesso em: 21 dez. 2025.

REIS, Cristiane Aparecida Fioravante et al. *Corymbia maculata*: estado da arte de pesquisas no Brasil. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Cristiane-Fioravante-Reis/publication/280097955_Corymbia_maculata_estado_da_arte_de_pesquisas_no_Brasil/links/55a8f9f008ae481aa7f818b2/Corymbia-maculata-estado-da-arte-de-pesquisas-no-Brasil.pdf. Acesso em: 16 dez. 2025.

RESENDE, M. P. et al. Phosphate solubilization and phytohormone production by endophytic and rhizosphere *Trichoderma* isolates of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess). **African Journal of Microbiology Research**, v. 8, n. 27, p. 2616-2623, 2014. DOI: 10.1007/s40415-015-0247-6. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20143265743>. Acesso em: 11 jan. 2026.

RESENDE, Marcos Deon Vilela; DUARTE, João Batista. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/1867>. Acesso em: 16 dez. 2025.

ROCHA, Maria Eunice Lima. **Respostas morfofisiológicas e bioquímicas em mudas de *Eucalyptus urograndis* e *Hymenaea courbaril* L. após a rustificação**. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2022. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/5908>. Acesso em: 21 dez. 2025.

SANTOS, Rayka Kristian Alves; FERREIRA, Joilson Silva; SANTOS, Joelma da Silva; RODRIGUES, Vinicius Alves; BALDANI, Vera Lucia Divan. Bactérias associativas como promotoras de crescimento em *Eucalyptus urophylla*. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 1–10, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/10704>. Acesso em: 11 jan. 2026.

SCOLFORO HF, MCTAGUE JP, BURKHART H, ROISE J., CAMPOE, O, STAPE, JL (2019). Eucalyptus growth and yield system: Linking individual-tree and stand-level growth models in clonal Eucalypt plantations in Brazil. **Forest Ecology and Management** 432:1-16. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.08.045. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112718312647?casa_token=AYpXtdvZRBgAAAAA:hqJ68WpUdvnL0b8hwX4I_tEG33WU78BmGiFis7NFMR6qtcqgsFgGp8L4IIbJryl2hAl66cVRA. Acesso em: 23 dez. 2025.

SOUZA, F. M. L., PUPO, C. H., SEREGHETTI, G. C. SANSÍGOLO, C. A., FERREIRA, J., P. Silva, R. B., & GARCIA, D.P. (2017). Características de crescimento, densidade básica e composição química da madeira de Pesquisas agrárias e ambientais: Volume XII|104 *Eucalyptus* spp. na região de Ribas do Rio Pardo - MS. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, 11,350-359. Disponível em:

<https://seer.cloud.prodb.com.br/BIOENG/article/view/577>. Acesso em: 21 dez. 2025.

VALVERDE, Sebastião Renato et al. Cultura e aspectos socioeconômicos do eucalipto. **Eucalipto do plantio à colheita, São Paulo, SP: Oficina de Textos**, p. 19-36, 2022.

Disponível em:

https://konektacommerce.nyc3.cdn.digitaloceanspaces.com/TEXT_SAMPLE_CONTENT/eucalipto-261897-1.pdf. Acesso em: 16 dez. 2025.

VECHI, A. de; MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. de O. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, v. 3, n. 1, p. 495-507, 2018. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/101>. Acesso em: 11 jan. 2026.

WAGHUNDE, R. R.; SHELAKE, R. M.; SABALPARA, A. N. Trichoderma: A significant fungus for agriculture and environment. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 22, p. 1952-1965, 2016. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text/01E890258810/1000>. Acesso em: 21 dez. 2025.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. 1. ed. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2010. 184 p. Disponível em:

<http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00085650.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2025.

OLIVEIRA, EB de; PINTO JUNIOR, JE (Ed.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 22., 2021. Disponível em: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-alice-doc-1131510/Description>. Acesso em: 16 dez. 2025.

XAVIER, Aloisio; DA SILVA, Rogério Luiz. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010. Disponível em:

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100009.

Acesso em: 11 jan. 2026. Acesso em: 12 jan. 2026.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 279 p. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2013. Disponível em:

<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=289819&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22SILVA,%20%20R.%20L.%20da.%22&qFacets=autoria:%22SILVA,%20%20R.%20L.%20da.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 16 dez. 2025.