



**INFLUÊNCIA DO TIPO DE SUBSTRATO E SOLUÇÃO NUTRITIVA NO  
DESENVOLVIMENTO DE MUDAS CLONAIAS DE *EUCALYPTUS*  
*UROGRANDIS*<sup>1</sup>**

**INFLUENCE OF SUBSTRATE TYPE AND NUTRIENT SOLUTION ON  
THE DEVELOPMENT OF CLONAL SEEDLINGS OF *EUCALYPTUS*  
*UROGRANDIS***

**Carlos Daniel Alves de SOUSA**  
Afyá Centro Universitário UNITPAC  
E-mail: carllosdaniellalves@gmail.com  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-1763-8622>

**Luana de Araújo Carneiro DUTRA**  
Afyá Centro Universitário UNITPAC  
E-mail: luana\_araujo15@icloud.com  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-1155-0154>

**José ANDRÉ JÚNIOR**  
Afyá Centro Universitário UNITPAC  
E-mail: jose.andre@afya.com.br  
ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-1119-7685>

**RESUMO**

Objetivou-se avaliar a influência do tipo de substrato e solução nutritiva no desenvolvimento de mudas clonais de (*Eucalyptus urograndis*) em viveiro depende diretamente do substrato e da solução nutritiva utilizada na fertirrigação. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tipo de substrato e da solução nutritiva no crescimento da parte aérea e do sistema radicular de mudas clonais. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3×3 (três substratos × três soluções nutritivas), com quatro repetições e 50 mudas por parcela. Foram avaliadas altura, diâmetro do colo, número de folhas, massa seca da parte aérea, comprimento total de raízes, volume radicular, massa seca de raízes e relação raiz/parte aérea. Os dados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Os resultados indicaram que tanto o substrato quanto a solução nutritiva influenciaram significativamente o crescimento das mudas, havendo efeito de interação em variáveis-chave como altura, massa seca e comprimento radicular. A combinação de fibra de coco com solução nutritiva

---

<sup>1</sup> COMO CITAR: (ABNT): SOUSA, C. D. A.; DUTRA, L. A. C.; ANDRÉ JÚNIOR, J. Influência do Tipo de Substrato e Solução Nutritiva no Desenvolvimento de Mudas Clonais de *Eucalyptus urograndis*. **JNT Facit Business and Technology Journal**. Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Maio de 2026 - Ed. 74. VOL. 03. Págs. 256-268. Disponível: <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. Acesso em: \_\_/\_\_/\_\_.

enriquecida resulta em mudas mais vigorosas. Os resultados demonstram a importância de selecionar substrato e solução nutritiva adequados para maximizar a qualidade das mudas de *Eucalyptus* em viveiro.

**Palavras-chave:** Crescimento radicular. Eucalipto. Fibra de coco. Florestas. Híbridos. Minicepas.

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the efficacy of three different herbicides applied at different growth stages of *Sporobolus indicus* L. R. Br. (smutgrass) on agronomic variables related to vegetative performance. The experiment was conducted in a greenhouse at the experimental field of the Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC), using a completely randomized block design (CRBD) in a 3 x 3 factorial arrangement with four replications. The herbicides tested were H1 (mesotrione), H2 (atrazine), and H3 (a mixture composed of 50% mesotrione + 50% atrazine). Results showed a significant effect ( $P < 0.05$ ) of both herbicide type and plant age, as well as their interaction (herbicide  $\times$  age). Plant age influenced performance, with mean values of 99.25, 81.75, and 67.50 for ages 1, 2, and 3, respectively. Among the herbicides, mean values of 89.42, 86.00, and 73.08 were observed, with significant differences according to Tukey's test ( $P < 0.05$ ). Interaction analysis revealed that, at earlier growth stages, herbicide performance was similar, whereas in more developed plants, differences between treatments were more pronounced, indicating that the phenological stage modulates chemical control efficacy. The coefficient of variation was 1.91%, indicating high experimental precision. It is concluded that both herbicide type and plant age significantly influence *S. indicus* performance, with plant age being a critical factor in determining herbicide efficacy. These findings contribute to the optimization of chemical management strategies, aiming at higher efficiency, reduced costs, and minimized environmental impact in the control of this weed species.

**Keywords:** Root growth. Eucalyptus. Coconut fiber. Forests. Hybrids. Mini-stumps.

### INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro destaca-se mundialmente pela elevada produtividade das florestas plantadas de eucalipto, resultado dos avanços em melhoramento genético e tecnologias de produção de mudas clonais. Nesse contexto,

o híbrido *Eucalyptus urograndis* tornou-se amplamente utilizado devido ao rápido crescimento, elevada produção de biomassa e adaptação às condições edafoclimáticas brasileiras (Xavier e Silva, 2010).

A propagação clonal, especialmente por miniestaquia, representa uma das principais técnicas utilizadas na silvicultura moderna, pois possibilita maior uniformidade genética, produtividade e qualidade dos plantios florestais. O sucesso dessa técnica depende diretamente de fatores como manejo nutricional, irrigação, composição do substrato e uso adequado de soluções nutritivas (Wendling e Xavier, 2005).

Entre os componentes mais importantes na produção de mudas clonais destaca-se o substrato, responsável por fornecer suporte físico, retenção de água, aeração e disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento radicular. Tradicionalmente, utilizam-se materiais como casca de pinus, vermiculita e casca de arroz carbonizada. Entretanto, a busca por materiais alternativos e sustentáveis tem ampliado o uso da fibra de coco em viveiros florestais, devido à sua elevada capacidade de retenção hídrica, boa porosidade e estabilidade estrutural.

Silva *et al.* (2012) observaram que substratos contendo fibra de coco proporcionaram maior crescimento e melhor qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*. Da mesma forma, Simões *et al.* (2012) verificaram que a utilização parcial de fibra de coco pode reduzir custos sem comprometer o desempenho das mudas.

Além disso, Lo Monaco *et al.* (2020) demonstraram o potencial de resíduos agroindustriais associados à fibra de coco na produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*.

Outro fator fundamental refere-se ao manejo das soluções nutritivas utilizadas em viveiros clonais. O fornecimento adequado de nutrientes influencia diretamente o crescimento vegetativo, o desenvolvimento radicular e a produtividade das minicepas. Estudos indicam que o equilíbrio entre substrato e solução nutritiva é essencial para obtenção de mudas de elevada qualidade fisiológica e morfológica.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes tipos de substratos e diferentes soluções nutritivas sobre a produção e qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis*.

## REFERENCIAL TEÓRICO

O gênero *Eucalyptus* possui elevada importância para o setor florestal brasileiro devido à alta produtividade, rápida adaptação e múltiplos usos industriais

da madeira. Entre os materiais genéticos mais utilizados destaca-se o híbrido *Eucalyptus urograndis*, amplamente empregado na produção de celulose, carvão vegetal e biomassa energética. O sucesso silvicultural desse híbrido está diretamente relacionado aos avanços das técnicas de propagação vegetativa, principalmente a miniestaquia, que possibilita maior uniformidade genética e elevada produtividade dos povoamentos florestais (Xavier e Silva, 2013).

A miniestaquia tornou-se uma das principais técnicas de produção de mudas clonais em viveiros comerciais devido à elevada capacidade de enraizamento e à maior eficiência operacional quando comparada à estaquia convencional. Segundo Wendling e Xavier (2005), a juvenilidade fisiológica do material propagativo influencia diretamente o vigor radicular e a qualidade das mudas produzidas. Além disso, fatores ambientais, nutricionais e físicos do ambiente de cultivo exercem papel determinante no crescimento inicial das mudas clonais.

Estudos conduzidos por Rocha *et al.* (2015) avaliaram a produtividade de minijardins clonais e verificaram que o manejo nutricional influencia diretamente a produção de brotações e a qualidade das miniestacas. Os autores observaram que doses adequadas de nitrogênio aumentaram significativamente o vigor das mudas e a velocidade de enraizamento das miniestacas de híbridos de *Eucalyptus grandis*.

O substrato é um dos principais componentes envolvidos na produção de mudas florestais, sendo responsável pela sustentação física das plantas, retenção de água, aeração e disponibilidade de nutrientes. Suas propriedades físicas e químicas influenciam diretamente o crescimento radicular, a absorção de nutrientes e a qualidade morfológica das mudas.

Tradicionalmente, viveiros florestais utilizam substratos compostos por casca de pinus, vermiculita e casca de arroz carbonizada. Entretanto, a necessidade de redução de custos e utilização de materiais renováveis impulsionou pesquisas envolvendo resíduos agroindustriais e substratos alternativos.

Silva *et al.* (2012) estudaram diferentes composições de substratos na produção de mudas híbridas de *Eucalyptus grandis* e verificaram que substratos contendo fibra de coco apresentaram desempenho satisfatório quanto à qualidade morfológica e ao desenvolvimento das plantas. Os autores destacaram que a fibra de coco apresentou boa retenção hídrica e adequada porosidade, favorecendo o crescimento radicular.

Além disso, esses autores supracitados observaram que formulações contendo fibra de coco associada à vermiculita e casca de arroz carbonizada promoveram maior

crescimento em altura, maior diâmetro do coleto e maior acúmulo de biomassa em mudas clonais de eucalipto.

A qualidade química do substrato também exerce influência significativa sobre o desenvolvimento das mudas. Toledo *et al.*(2014) pesquisaram substratos obtidos a partir de resíduos orgânicos da indústria de celulose e observaram alterações nos teores nutricionais foliares das mudas de *Eucalyptus urograndis*. Segundo os autores, o equilíbrio químico do substrato interfere diretamente na disponibilidade de nutrientes e no crescimento das plantas.

A fibra de coco vem sendo amplamente utilizada na produção de mudas florestais devido às suas características físicas favoráveis, como elevada retenção de água, alta porosidade e resistência à decomposição. Além disso, trata-se de um material renovável e de baixo impacto ambiental.

Caldeira *et al.* (2014) avaliaram substratos contendo lodo de esgoto, fibra de coco e palha de café na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. Os autores verificaram que a combinação entre resíduos orgânicos e fibra de coco promoveu crescimento satisfatório das mudas e melhor desenvolvimento morfológico quando comparado ao substrato comercial convencional. De maneira semelhante, Silva *et al.* (2018) investigaram o uso de resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. Os autores concluíram que os substratos alternativos apresentaram desempenho igual ou superior ao substrato comercial, especialmente quando associados à adubação mineral adequada. Rocha *et al.*(2013) também verificaram viabilidade do uso de composto de lodo de esgoto associado à casca de arroz carbonizada na produção de mudas clonais de eucalipto. Segundo os autores, a utilização desses materiais promove melhoria nas características físicas do substrato e pode reduzir os custos de produção em viveiros florestais.

Mais recentemente, Cunha *et al.* (2022) analisaram a utilização de palha de café carbonizada em substratos renováveis para produção de mudas florestais. Os autores destacaram o potencial de resíduos agrícolas como alternativa sustentável para substituição parcial de componentes comerciais tradicionalmente utilizados em viveiros.

Barros *et al.* (2019) investigaram o uso de carvão vegetal ativado associado a substratos comerciais na produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. Os resultados indicaram aumento significativo na altura das plantas, diâmetro do coleto e Índice de Qualidade de Dickson, demonstrando o potencial do biocarvão como componente alternativo de substratos florestais.

O manejo nutricional constitui um dos principais fatores relacionados à qualidade de mudas clonais de eucalipto. O fornecimento adequado de nutrientes influencia diretamente a produtividade das minicepas, o crescimento vegetativo e o desenvolvimento radicular das miniestacas.

Segundo Higashi *et al.* (2002), sistemas semi-hidropônicos associados ao uso de soluções nutritivas balanceadas aumentam significativamente a produtividade dos minijardins clonais de eucalipto. Os autores destacam que nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio exercem papel fundamental no desenvolvimento das mudas e no processo de enraizamento adventício.

Rocha *et al.* (2015) observaram que diferentes doses de nitrogênio influenciam diretamente a produtividade do minijardim clonal e a qualidade das miniestacas produzidas. O nitrogênio atua na síntese de proteínas e compostos fotossintéticos, favorecendo o crescimento vegetativo das minicepas.

Outro aspecto importante refere-se à interação entre substrato e solução nutritiva. Substratos à base de fibra de coco apresentam elevada retenção hídrica e dinâmica diferenciada de disponibilidade de nutrientes, exigindo manejo específico da fertirrigação. Segundo Lopes *et al.* (2005) o manejo hídrico inadequado em substratos contendo fibra de coco pode comprometer significativamente o crescimento das mudas clonais de eucalipto.

Silva *et al.* (2014) destacaram que o uso de fertilizantes de liberação controlada associados a diferentes substratos influencia diretamente a qualidade das mudas clonais de eucalipto. Os autores observaram que a resposta das plantas varia conforme as propriedades físicas e químicas do substrato utilizado.

A qualidade das mudas florestais é um dos principais fatores relacionados ao sucesso do estabelecimento dos povoamentos em campo. Parâmetros como altura da planta, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca radicular e Índice de Qualidade de Dickson são amplamente utilizados para avaliar o vigor das mudas produzidas em viveiro.

Raabe *et al.* (2016) examinaram a qualidade de mudas clonais de diferentes clones de *Eucalyptus* spp. produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos e verificaram influência significativa dos substratos sobre os parâmetros biométricos das mudas. Os autores destacaram que a qualidade física do substrato interfere diretamente no desenvolvimento radicular e na estabilidade das plantas.

Nesse contexto, o uso de substratos alternativos associados ao manejo adequado das soluções nutritivas representa uma estratégia promissora para

umentar a qualidade das mudas clonais, reduzir custos de produção e promover maior sustentabilidade ambiental nos viveiros florestais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em viveiro experimental localizado na cidade de Carolina-MA, no período de fevereiro a abril de 2026. O ambiente contou com sombreamento de 50% e controle de irrigação por fertirrigação. Foram utilizadas mudas clonais de *Eucalyptus urograndis*, provenientes de miniestacas padronizadas quanto ao comprimento (8–10 cm) e número de folhas (duas folhas parcialmente reduzidas).

O delineamento foi blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 3×3 e foram usados três substratos sendo o primeiro composto de fibra de coco pura (S1), o segundo composto de casca de pinus + vermiculita (2:1) (S2) e o terceiro composto de solo argiloso + composto orgânico + areia (2:1:1) (S3). Para as soluções nutritivas foi utilizado 25% da solução padrão (CE  $\approx 0,8 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) para solução (N1), 100% da solução padrão (CE  $\approx 1,8 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) para solução (N2) e 150% da solução padrão (CE  $\approx 2,7 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) para solução (N3). O esquema experimental era composto por 4 repetições, com 50 mudas por parcela, totalizando 1.800 mudas.

Após estaqueamento, as mudas foram submetidas a nebulização intermitente por 15 dias para enraizamento, seguidas de fertirrigação diária. O manejo fitossanitário foi uniforme entre os tratamentos. Não foi utilizado regulador de crescimento visando avaliar exclusivamente os efeitos dos substratos e soluções nutritivas sobre o desenvolvimento das mudas. Foram avaliadas a altura (cm), diâmetro do colo (mm), número de folhas, massa seca da parte aérea (g), comprimento total de raízes (cm), volume radicular ( $\text{cm}^3$ ), massa seca de raízes (g), relação raiz/parte aérea, um índice muito usado em fisiologia vegetal, produção de mudas e ecofisiologia, que expressa a proporção de biomassa acumulada nas raízes em relação à biomassa acumulada na parte aérea (caule + folhas). Na análise estatística os dados foram submetidos à ANOVA sob arranjo fatorial 3×3 com 4 repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Observou-se que o substrato S1 em associação com a solução N3 proporcionaram as mudas mais altas, enquanto o substrato S3 conjuntamente com a solução N1 resultou em menores alturas, bem como Diâmetro do colo, maior número

de folhas e maior massa seca da parte aérea. A interação substrato × solução não foi significativa ( $p > 0,05$ ).

Substrato S1 (fibra de coco): promoveu melhor desenvolvimento aéreo e radicular, em função devido à melhor aeração, drenagem e retenção de água. Solução nutritiva N3 (150%): aumentou massa seca e altura, evidenciando a relevância de fornecimento nutricional adequado. Nesse estudo não houve interação significativa indicando que o efeito da solução não depende do substrato, reforçando que a simples escolha do substrato ou da solução isoladamente pode ser suficiente (Tabela 1).

Estes resultados corroboram estudos anteriores que indicam a fibra de coco como substrato eficiente e a fertirrigação equilibrada como crucial para mudas de eucalipto em viveiro (Carrijo *et al*, 2002).

**Tabela 1:** Crescimento da parte aérea de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis* em função do tipo de substrato e solução nutritiva.

| Substrato      | Solução nutritiva | Altura (cm)  | Diâmetro do colo (mm) | Número de folhas | Massa seca da parte aérea (g) |
|----------------|-------------------|--------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|
| S <sub>1</sub> | N <sub>1</sub>    | 25,3 ± 1,2 a | 4,1 ± 0,3 a           | 18 ± 1 a         | 8,2 ± 0,5 a                   |
| S <sub>1</sub> | N <sub>2</sub>    | 27,8 ± 1,3 b | 4,5 ± 0,3 b           | 20 ± 1 b         | 9,5 ± 0,6 b                   |
| S <sub>1</sub> | N <sub>3</sub>    | 30,1 ± 1,4 c | 5,0 ± 0,3 c           | 22 ± 1 c         | 11,2 ± 0,7 c                  |
| S <sub>2</sub> | N <sub>1</sub>    | 23,5 ± 1,1 a | 3,9 ± 0,3 a           | 17 ± 1 a         | 7,8 ± 0,5 a                   |
| S <sub>2</sub> | N <sub>2</sub>    | 26,0 ± 1,2 b | 4,3 ± 0,3 b           | 19 ± 1 b         | 9,0 ± 0,6 b                   |
| S <sub>2</sub> | N <sub>3</sub>    | 28,3 ± 1,3 c | 4,7 ± 0,3 c           | 21 ± 1 c         | 10,5 ± 0,7 c                  |
| S <sub>3</sub> | N <sub>1</sub>    | 21,0 ± 1,0 a | 3,5 ± 0,3 a           | 15 ± 1 a         | 6,5 ± 0,4 a                   |
| S <sub>3</sub> | N <sub>2</sub>    | 23,2 ± 1,1 b | 3,8 ± 0,3 b           | 17 ± 1 b         | 7,8 ± 0,5 b                   |
| S <sub>3</sub> | N <sub>3</sub>    | 25,5 ± 1,2 c | 4,2 ± 0,3 c           | 19 ± 1 c         | 9,0 ± 0,6 c                   |

Letras minúsculas: comparação entre substratos x soluções nutritivas dentro de cada (colunas) pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Fonte:** Autoria própria, 2026.

Os resultados obtidos no presente estudo evidenciam que tanto o tipo de substrato quanto a solução nutritiva exerceram influência significativa sobre o desenvolvimento das mudas clonais de *Eucalyptus urograndis*, o que é consistente com achados previamente relatados na literatura. Em particular, a combinação entre substrato de fibras de coco e solução nutritiva enriquecida (S<sub>1</sub> × N<sub>3</sub>) revelou-se a mais eficaz para promover altura, massa seca da parte aérea e comprimento total das raízes, destacando a relevância do manejo sinérgico entre substrato e nutrição.

A utilização de substratos alternativos que privilegiem boa estrutura física como por exemplo a fibra de coco já havia sido apontada como promissora em estudos com espécies afins. Por exemplo, Ferreira *et al.* (2020) demonstraram que substratos contendo fibra de coco e vermicomposto para mudas de *Corymbia citriodora* apresentaram boa qualidade, com melhorias tanto físicas quanto químicas no substrato. Nesse estudo, o desempenho superior de S<sub>1</sub> pode estar associado a

melhor aeração, retenção de água e disponibilidade de nutrientes, o que corrobora as evidências desses autores.

O comprimento radicular foi maior em S1 x N3 e menor em S3 x N1. Os resultados evidenciam a importância da combinação substrato-solução para promover enraizamento vigoroso. A análise dos resultados indica que tanto o tipo de substrato quanto a concentração da solução nutritiva influenciam significativamente o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus urograndis* (Tabela 2).

**Tabela 2:** Desenvolvimento do sistema radicular de mudas clonais de *Eucalyptus urograndis* em função do tipo de substrato e solução nutritiva.

| Substrato      | Solução nutritiva | Comprimento total de raízes (cm) | Volume radicular (cm <sup>3</sup> ) | Massa seca de raízes (g) | Relação raiz/parte aérea |
|----------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| S <sub>1</sub> | N <sub>1</sub>    | 32,5 ± 2,1 a                     | 12,3 ± 0,9 a                        | 4,1 ± 0,3 a              | 0,50 ± 0,04 a            |
| S <sub>1</sub> | N <sub>2</sub>    | 35,8 ± 2,3 b                     | 13,7 ± 1,0 b                        | 4,8 ± 0,4 b              | 0,51 ± 0,05 a            |
| S <sub>1</sub> | N <sub>3</sub>    | 39,6 ± 2,5 c                     | 15,1 ± 1,1 c                        | 5,6 ± 0,4 c              | 0,50 ± 0,04 a            |
| S <sub>2</sub> | N <sub>1</sub>    | 29,2 ± 2,0 a                     | 11,0 ± 0,8 a                        | 3,8 ± 0,3 a              | 0,49 ± 0,03 a            |
| S <sub>2</sub> | N <sub>2</sub>    | 32,0 ± 2,2 b                     | 12,5 ± 0,9 b                        | 4,3 ± 0,3 b              | 0,48 ± 0,04 a            |
| S <sub>2</sub> | N <sub>3</sub>    | 36,5 ± 2,4 c                     | 13,9 ± 1,0 c                        | 5,1 ± 0,4 c              | 0,49 ± 0,04 a            |
| S <sub>3</sub> | N <sub>1</sub>    | 25,0 ± 1,9 a                     | 10,2 ± 0,8 a                        | 3,2 ± 0,3 a              | 0,49 ± 0,03 a            |
| S <sub>3</sub> | N <sub>2</sub>    | 28,0 ± 2,1 b                     | 11,4 ± 0,9 b                        | 3,7 ± 0,3 b              | 0,48 ± 0,03 a            |
| S <sub>3</sub> | N <sub>3</sub>    | 31,5 ± 2,3 c                     | 12,8 ± 1,0 c                        | 4,4 ± 0,4 c              | 0,49 ± 0,04 a            |

Letras minúsculas: comparação entre substratos x soluções nutritivas dentro de cada (colunas) pelo teste de Tukey (P < 0,05).

**Fonte:** Autoria própria, 2026.

Quanto à solução nutritiva, o desempenho crescente observado da N<sub>1</sub> → N<sub>2</sub> → N<sub>3</sub> sugere que a dose ou concentração de nutrientes utilizada favoreceu o crescimento das mudas. Isso é compatível com o estudo de Gomes *et al.* (2020) que avaliou fertilizantes em mudas de *Eucalyptus urograndis* e observou incremento na massa seca e vigor conforme melhor nutrição. Assim, nossos dados confirmam que o regime de nutrição é fator crítico no viveiro de eucalipto.

Além disso, a interação não significativa entre substrato e solução nutritiva observada em variáveis radiculares reforça o entendimento de que os efeitos não são aditivos. Estudos como o de Lopes *et al.* (2007) em mudas de *Eucalyptus grandis* já demonstraram interações entre substrato físico/químico e manejo hídrico-nutricional. Nesse estudo essa evidência para o arranjo substrato × solução, o que confere maior robustez ao delineamento experimental.

Em relação a substratos com menor desempenho no nosso caso, S<sub>3</sub> (solo + composto orgânico + areia) apresentou valores inferiores em várias variáveis isso encontra apoio em estudos que observaram que substratos menos “otimizados” requerem adubações mais intensas ou ajustes de fertilização para alcançar padrão

comparável. Por exemplo, o estudo de Silva *et al.* (2018) sobre lodo de esgoto e resíduos agroindustriais em mudas de *Eucalyptus urograndis* indicou viabilidade com adubação adequada, mas com desempenho dependente do manejo nutricional. Esse paralelo reforça a interpretação de que em viveiro, substrato e nutrição devem ser tratados de forma integrada.

No estudo de Silva *et al.* (2012) com estaquia de *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*, substratos com maior porosidade total favoreceram melhor sistema radicular e maior massa seca de raiz e parte aérea, o que se alinha ao desempenho observado de S<sub>1</sub> em nosso experimento. Essa consistência aponta que substrato com boa porosidade facilita o desenvolvimento radicular, contribuindo para maior absorção e crescimento da parte aérea.

Um aspecto prático importante refere-se à transição viveiro para o campo. O estudo de Stuepp *et al.* (2020) sobre a sobrevivência e o crescimento inicial em campo de mudas produzidas em diferentes substratos revela que a qualidade do viveiro (substrato + nutrição) impacta o desempenho no plantio. Assim, nossos resultados indicam que a combinação otimizada (S<sub>1</sub> × N<sub>3</sub>) pode promover mudas com maior potencial de estabelecimento em campo, o que representa implicações diretas para programas de viveiro florestal.

Contudo, cabe destacar que embora níveis mais elevados de solução nutritiva (como N<sub>3</sub>) tenham proporcionado melhores resultados, alguns estudos alertam para efeitos de excesso ou desequilíbrio nutricional. Por exemplo, a aplicação de ácidos húmicos em solução nutritiva para mudas de *Eucalyptus urograndis* mostrou que níveis elevados podem reduzir altura e diâmetro (Pinheiro *et al.*, 2010). Essa evidência sugere a necessidade de cautela na elevação de doses nutritivas e a importância de balancear o regime com características do substrato e do genótipo.

Em síntese, os achados nesse experimento corroboram, em parte, com os resultados dos autores supracitados sobre viveiro de eucalipto no sentido de que substrato de qualidade aliada a regime nutricional adequado resulta em mudas de maior vigor. Ademais, a não interação entre fatores demonstra que estratégias isoladas (somente substrato ou somente nutrição) são suficientes para otimização completa da produção. Essa evidência reforça a necessidade de abordagem integrada no manejo de viveiros de *Eucalyptus*.

## CONCLUSÃO

O tipo de substrato e a solução nutritiva influenciam o crescimento das mudas clonais de *Eucalyptus urograndis*.

A ausência de interação entre substrato e solução nutritiva indica que esses fatores podem ser considerados separadamente para otimizar o crescimento em viveiro.

## REFERÊNCIAS

BARROS, D. L. *et al.* Produção de mudas de *Eucalyptus urograndis* cultivadas com carvão vegetal ativado. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5649>. Acesso em: 24 abr. 2026.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando lodo de esgoto, fibra de coco e palha de café *in natura*. **Floresta**, v. 44, n. 2, p. 203-214, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/14604>. Acesso em: 20 abr. 2026.

CARRIJO, Osmar Alves; LIZ, Ronaldo Setti de; MAKISHIMA, Nozomu. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400003>. Acesso em: 20 abr. 2026.

CUNHA, F. L. *et al.* Palha de café carbonizada em substratos renováveis para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509837069>. Acesso em: 20 abr. 2026.

FERREIRA, Paulo Henrique Frata *et al.* Vermicomposto e fibra de coco como substratos sustentáveis na produção de mudas de *Corymbia citriodora*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 70274-70286, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-469>. Acesso em: 20 maio 2026.

GOMES, José Mauro *et al.* Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização NPK. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200001>. Acesso em: 18 mar. 2026.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **IPEF**, n. 56, p. 13-19, 2002. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr194.pdf>. Acesso em: 18 maio 2026.

LO MONACO, P. A. V. *et al.* Reuse of residues as substrate for production of *Eucalyptus urograndis* seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 3, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.014018>. Acesso em: 1 abr. 2026.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Efeitos de lâminas de irrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substrato de fibra de coco. **Irriga**, v. 10, n. 2, p. 123-134, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.15809/irriga.2005v10n2p123-134>. Acesso em: 22 maio 2026.

LOPES, Jane Luísa Wadas *et al.* Mineral nutrition of eucalypt seedlings grown under different irrigation levels and substrates. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.

31, p. 713-722, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400012>. Acesso em: 26 out. 2025.

PINHEIRO, Gabriela Lúcia; SILVA, Carlos Alberto; FURTINI NETO, Antônio Eduardo. Crescimento e nutrição de clone de eucalipto em resposta à aplicação de concentrações de C-ácido húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1217-1229, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400021>. Acesso em: 26 abr. 2026.

RAABE, J. *et al.* Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. propagadas em diferentes substratos. **Nativa**, v. 4, n. 3, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nativa.v4i3.3428>. Acesso em: 26 abr. 2026.

ROCHA, J. H. T. *et al.* Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.331>. Acesso em: 18 abr. 2026.

ROCHA, J. H. T. *et al.* Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 273-279, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509818411>. Acesso em: 12 abr. 2026.

SILVA, F. A. M. *et al.* Resíduo agroindustrial e lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1218-1232, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050983210>. Acesso em: 20 maio 2026.

SILVA, R. B. G. *et al.* Substrates and controlled-release fertilizations on the quality of eucalyptus cuttings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1124-1129, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1124-1129>. Acesso em: 18 maio 2026.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000300010>. Acesso em: 27 abr. 2026.

STUEPP, Carlos Andre *et al.* Survival and initial growth in the field of eucalyptus seedlings produced in different substrates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. e01587, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01587>. Acesso em: 26 out. 2025.

TOLEDO, F. H. S. F. *et al.* Influence of the substrate chemical quality on nutrient content in seedling leaves of eucalyptus. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 2, n. 2, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13086/2316-980x.v01n02a05>. Acesso em: 14 maio 2026.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência da miniestaquia seriada no vigor radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 681-689, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000500003>. Acesso em: 29 maio 2026.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de eucalipto no Brasil. **Agronomia Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010. Disponível em:

[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242010000100009](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100009). Acesso em: 29 maio 2026.