



Pó de rochas metamórficas de mineração em substrato na produção de mudas de eucalipto citriodora

Marcos Antonio Lima Nobrega^{1*}, Diércules Rodrigues dos Santos¹

RESUMO: O cultivo de *C. citriodora* no Brasil já é uma realidade, com base nisso o presente estudo teve como objetivo o estudo da aplicação do pó de rocha como substrato alternativo na produção de mudas de *C. citriodora*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação telada, localizado no semiárido paraibano, com seis tratamentos, contendo cinco concentrações de pó de rocha (0, 10, 20, 30, 40 e 50%) e o com fertilizante, combinados com solo e esterco bovino. As mudas foram avaliadas por parâmetros morfológicos (altura, diâmetro do coleto, número de folhas), massas secas (aérea e raiz) e IQD. Os resultados indicaram que a concentração de 10% de pó de rocha promoveu os melhores índices de crescimento em altura e diâmetro, superando estatisticamente o substrato enriquecido com fertilizante. Os demais tratamentos apresentaram desempenho semelhante ao convencional. A adição do pó de rocha ao substrato mostrou ser uma alternativa viável, do ponto de vista técnico, ambiental e econômico, para a produção de mudas de qualidade, podendo reduzir o uso de fertilizantes.

Palavras-chave: *Corymbia citriodora*, insumo, resíduo, componente alternativo.

Metamorphic rock powder from mining as substrate in the production of eucalyptus citriodora seedlings

ABSTRACT: The cultivation of *C. citriodora* in Brazil is already a reality. Based on this, the present study aimed to investigate the application of rock powder as an alternative substrate in the production of *C. citriodora* seedlings. The experiment was conducted in a screened greenhouse located in the semi-arid region of Paraíba, with six treatments containing five different concentrations of rock powder (10, 20, 30, 40 and 50%) and one with fertilizer, combined with bovine manure soil. The seedlings were evaluated by morphological parameters (height, collar diameter, number of leaves), dry masses (aerial and root), and DQI. The results indicated that the 10% rock powder concentration promoted the best growth rates in height and diameter, statistically surpassing the substrate enriched with fertilizer. The other treatments performed similarly to the conventional treatment. Given this knowledge, the use of rock powder added to the substrate proved to be a viable alternative, from a technical, environmental, and economic standpoint, for the production quality seedlings, potentially reducing the use of fertilizers.

Keywords: *Corymbia citriodora*, input, waste, alternative component.

INTRODUÇÃO

As plantas de eucalipto (*Eucalyptus* e *Corymbia*) são originárias da Oceania, com destaque para a região da Austrália. Dentre as espécies menos tradicionais, destaca-se *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson, Myrtaceae, popularmente conhecida por eucalipto citriodora. No Brasil o cultivo de *C. citriodora* já é realidade, impulsionada por sua significativa importância silvicultural e, sobretudo, pela ampla capacidade de adaptação às diversas condições climáticas do país, especialmente em regiões de clima tropical (Luz *et al.*, 2018; Santarosa *et al.*, 2014). Essa adaptabilidade aliada ao potencial da madeira para diferentes usos comerciais, torna a espécie uma opção atrativa para diversos segmentos do setor florestal.

Para o sucesso do seu cultivo, é fundamental investir na produção de mudas de alta qualidade. Esse fator inicial influencia diretamente o desempenho das

plantas ao longo do seu ciclo produtivo. Nesse contexto, a escolha e preparo do substrato merecem atenção especial, visto que ele deve oferecer propriedades físicas e químicas adequadas para o bom desenvolvimento das mudas.

Com base nesse princípio, Moura, Guimarães (2003) recomendaram a aplicação de 5 kg de fertilizante (4-14-8) por metro cúbico de solo. Em situações em que há urgência na formação das mudas essa dose pode ser dobrada. Essa orientação se justifica pela exigência nutricional das espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia*, variando de média a alta, em especial a *C. citriodora*, a qual apresenta alta exigência nutricional nos estágios iniciais de crescimento.

Vale destacar que os fertilizantes representam uma das maiores despesas nos custos de implantação e manutenção das florestas plantadas. Isso se agrava

pelo fato de mais de 85% dos fertilizantes utilizados no Brasil serem importados (BBC News Brasil, 2022), o que torna o planejamento nutricional ainda mais estratégico para a viabilidade econômica da produção.

O uso do pó de rocha ou rochagem surge como alternativa às fontes convencionais de nutrientes, visto que adicionam ao sistema macro e micronutrientes essenciais e benéficos às plantas, e são subprodutos da atividade mineradora, ou seja, tem-se a redução dos custos de produção, sendo uma alternativa para diminuição da dependência do mercado externo, além de dar destino sustentável ao resíduo de mineração, que apresenta elevado impacto ambiental.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Lei 12.890, de 10 de dezembro de 2013, e a Instrução Normativa n° 5, de 10 de março de 2016, regulamentou a produção, registro e comércio de pó de rocha na agricultura, os quais são chamados de “Remineralizadores”. A técnica de rochagem e aplicação do pó de rocha na agricultura não são recentes, é amplamente estudada na horticultura, no entanto, estudos de rochagem em plantas dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia* são poucos, (Ehlers, Arruda., 2014; Neves *et al.*, 2018), particularmente nas condições do semiárido da Paraíba. Com base nisso, o trabalho tem como objetivo estudar a aplicação de pó de rochas metamórficas de mineração na produção de mudas de *C. citriodora*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Viveiro Florestal da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (UAEF), do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos, Paraíba. O Viveiro Florestal (UAEF/CSTR/UFCG) está

localizado nas coordenadas geográficas de 07°03'34.76''S e 37°16'27.29''W.

De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta clima tipo Bsh, classificado como quente e seco com duas estações definidas, uma chuvosa, correspondente geralmente aos primeiros meses do ano e denominada de “inverno”, e outra de estiagem, caracterizada por pouca ou nenhuma precipitação e que se estende por 8 ou mais meses do ano. Possui precipitação anual média de 600 mm, temperatura média de 30 °C e umidade relativa do ar por volta dos 55% (Alvares *et al.*, 2014).

A pesquisa teve início em setembro de 2023 e foi conduzida até agosto de 2024. As sementes doadas foram provenientes de árvores matrizes de Piracicaba, São Paulo, Brasil.

As sementes germinaram e as plantas se desenvolveram inicialmente (60 dias) em substrato comercial Tropstrato®, composto por casca de *pinus*, vermiculita, fertilizantes PG mix, nitrato de potássio, superfosfato simples e turfa, acondicionado em tubetes com capacidade de 50 cm³. Após esse período, foram repicadas para sacos de polipropileno contendo 1800 cm³ dos substratos referentes aos tratamentos experimentais (Tabela 2), permanecendo nestas condições por 120 dias.

O estudo foi conduzido em casa de vegetação telada com sombrite 50% de luminosidade. O substrato foi composto por solo utilizado no Viveiro Florestal (Tabela 3) (UAEF/CSTR/UFCG), esterco proveniente da Fazenda do núcleo de pesquisa do semiárido (Nupeárido) (CSTR/UFCG) e pó de rocha comercial doado pela Associação de Produtores de Caulim e Minérios de Equador, Rio Grande do Norte (APCE), Brasil (Tabela 1).

O esterco e o solo utilizados na composição do substrato foram peneirados, obtendo partículas entre 2 e 4 milímetros.

Tabela 1. Composição química do pó de rocha utilizado nos tratamentos. Resultados fornecidos pela APCE. Patos, PB, Brasil, 2024.

Elemento	%	Elemento	%
K	3,28	Fe	6
Ca	4,07	Mn	0,09
Mg	7,77	Zn	0,01
P	0,06	Ni	0,01
S	0,04	Si	52,92
Cl	0,26	Co	0,01

* K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; P: Fósforo; S: Enxofre; Cl: Cloro; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco; Ni: Níquel; Si: Silício; Co: Cobalto.

Tabela 2. Composição dos substratos confeccionados com as diferentes concentrações de pó de rocha, esterco bovino e solo, aplicadas nos tratamentos.

Tratamentos	Pó de rocha (cm ³ ; %)	Esterco bovino (cm ³ ; %)	Solo (cm ³ ; %)
T1	0	180; 10	1620 + NPK (4-14-8); 90
T2	180; 10	180; 10	1440; 80
T3	360; 20	180; 10	1260; 70
T4	540; 30	180; 10	1080; 60

T5	720; 40	180; 10	900; 50
T6	900; 50	180; 10	720; 40

Tabela 3. Análise química do solo utilizado nos tratamentos. Resultados fornecidos pelo Viveiro Florestal (UAEF/CSTR/UFCG). Patos, PB, Brasil, 2024.

Análise química do solo utilizado no Viveiro florestal da UAEF/CSTR/UFCG								
pH	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V
CaCl ₂ 0,01M				cmolc dm ⁻³				%
6,1	59,1	5,2	2,4	0,12	0,5	1,5	9,70	84,60

*H: Hidrogênio; Al: Alumínio; T: Capacidade de troca de cátions; V: Saturação por bases.

O regime de irrigação foi diário com água de abastecimento local visando a manutenção da capacidade de campo em 80%, calculada conforme a metodologia proposta por Andrade *et al.* (2012).

As avaliações de crescimento foram realizadas quinzenalmente: diâmetro (mm) do coleto (DC), coletado com auxílio de paquímetro digital (mm) logo abaixo da inserção cotiledonar; altura (cm) das plantas (AP), obtida com régua graduada a partir do coleto até o meristema apical; número de folhas (NF), determinado por contagem de folhas verdadeiras (unidades/planta). Ao final do experimento, as plantas foram seccionadas na região do coleto, separando a parte aérea da raiz. Após a liberação cuidadosa das raízes do substrato, ambas partes foram lavadas em água corrente e em água destilada, acondicionadas em sacos de papel identificados, secas em estufa de ar forçado a 65 °C até que se atingisse peso constante. Posteriormente, cada amostra foi pesada em balança de precisão e determinados a massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR), tendo como unidade de medida gramas (g). Estes valores foram utilizados para estimar o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Dickson *et al.*, 1960), ele auxilia para avaliar a qualidade geral das mudas, utilizando os principais parâmetros morfológicos coletados, conforme a figura abaixo.

Figura 1. Fórmula do IQD. MST: massa seca total; H; altura; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; DC: diâmetro do coleto.

$$IQD = \frac{MST_{(g)}}{\frac{H_{(cm)}}{DC_{(mm)}} + \frac{MSPA_{(g)}}{MSR_{(g)}}}$$

Tabela 4. Médias das alturas das plantas (AP), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), massa seca das partes aéreas (MSPA), massa seca das raízes (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das plantas de *C. citriodora*, em função de diferentes concentrações de resíduo (pó de rocha) ao substrato (médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade).

Pó de rocha	AP	DC	NF	MSPA	MSR	IQD
%	cm	mm		G	g	
0	51,70 b	4,70 ab	33,0 a	12,19 a	2,07 a	0,83 a
10	73,23 a	5,37 a	31,7 a	16,65 a	2,64 a	0,97 a
20	65,03 ab	4,43 ab	28,0 a	13,01 a	1,27 a	0,57 a

30	69,03 ab	4,40 ab	33,7 a	13,42 a	1,82 a	0,64 a
40	61,23 ab	4,13 b	29,7 a	12,62 a	1,65 a	0,62 a
50	61,03 ab	5,07 ab	27,4 a	14,68 a	2,08 a	0,87 a
CV%	8,45	8,53	24,27	24,79	28,71	24,19

mudas, em termos de acúmulo de biomassa, comparável ao obtido com o substrato enriquecido com esterco e fertilizante NPK (4-14-8).

Os valores obtidos para o IQD também foram satisfatórios, reforçando o potencial do substrato alternativo como indicador eficiente de qualidade de mudas. Isso demonstra que, mesmo sem a utilização de fertilizantes químicos, é possível alcançar um padrão de qualidade para a produção de mudas florestais.

Os estudos que abordam o uso de rejeitos de mineração em adição em substratos para a produção de mudas de *C. citriodora* são exíguos. Contudo, os resultados obtidos no presente estudo demonstram valores favoráveis ao desenvolvimento da espécie quando comparados aos dados presentes na literatura. Ramos (2023) verificou, submeteu a espécie, num período de 90 dias e utilizando tubetes com capacidade de 53 cm³, em substrato alternativo e obteve valores do diâmetro do coleto variando entre 0,468 mm e 1,550 mm e de altura das plantas entre 2,00 cm e 10,36 cm. Tais resultados quando comparados sugerem que a combinação entre a maior capacidade do recipiente e o tempo prolongado da permanência das mudas no substrato pode resultar em dados quantitativamente maiores para a espécie.

Quanto ao IQD, MSPA, MSR, Anjoleta (2023), utilizando substratos alternativos, verificou resultados inferiores aos observados no presente estudo. Tal comportamento pode estar associado à variabilidade das repetições experimentais, refletida em coeficientes de variação superiores a 20%. Ainda assim, os resultados indicam que a incorporação do rejeito de mineração ao substrato contribui positivamente para o acúmulo de biomassa nas mudas de *C. citriodora*, proporcionando maior vigor e qualidade no desenvolvimento das plantas.

Quanto ao número de folhas, alguns trabalhos relatam que a concentração de silício favorece a produção de folhas em algumas espécies florestais, o resíduo de mineração utilizado apresentou uma concentração de 52,92%, o que sugere que o resíduo favoreceu a produção de folhas nas mudas de *C. citriodora*, o que resultou na maior atividade fotossintética e consequentemente maior produção de biomassa (Oszako *et al.*, 2023).

Ademais, diversos estudos têm avaliado o uso de substratos alternativos comparados com o substrato comercial na produção de mudas florestais, com foco na sustentabilidade e viabilidade econômica. Ferreira (2020a), por exemplo, investigou a utilização de vermicomposto e fibra de coco como substrato

alternativo na produção de mudas de *Corymbia citriodora*. Os resultados indicaram que o substrato alternativo proporcionou crescimento em altura semelhante ao do substrato comercial, embora o uso de adubação tenha promovido ganhos estatisticamente superiores no diâmetro do coleto.

Incrementando essa linha de pesquisa, Ferreira (2023b) avaliou o desenvolvimento de mudas de *C. citriodora* e *Eucalyptus urograndis* em diferentes proporções de fibra de coco e vermicomposto, com e sem suplementação mineral, em comparação ao substrato comercial. Nesse caso, o substrato comercial apresentou melhores índices morfológicos, mas o substrato alternativo mostrou-se semelhante quanto à biomassa produzida pelas mudas.

Os resultados desses trabalhos, entre outros, apontam para a viabilidade do uso de substratos alternativos na produção de mudas florestais especialmente aliados ao substrato adequado. No contexto do presente estudo, os dados evidenciam que a aplicação do pó de rochas metamórficas ao substrato pode promover o desenvolvimento adequado de mudas de *C. citriodora*. Do ponto de vista prático, isso demonstra a possibilidade de reduzir o uso de fertilizantes comerciais, mantendo, ainda assim, a qualidade das mudas e contribuindo para uma produção mais sustentável e economicamente acessível.

Conclusões

A adição de 10% de pó de rocha (resíduo de mineração de rochas metamórficas) ao substrato, aumentou significativamente a altura e o diâmetro do coleto de mudas de *C. citriodora*, tendeu a aumentar a biomassa acumulada e o IQD.

A adição do pó de rocha mostrou ser uma alternativa promissora, pois proporcionou mudas de *C. citriodora* com características morfológicas, acúmulo de biomassa e IQD compatíveis com as relatadas na literatura.

Referências

- ANDRADE, L. O.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, E. C. S. Qualidade de flores de girassóis ornamentais irrigados com águas residuária e de abastecimento. *Idesia (Arica)* v. 30, n. 2, p. 19-27, agosto, 2012.
- ANJOLETE, G. P. **Crescimento de *Corymbia citriodora* em função da combinação de substratos orgânico e mineral**. 2023. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Faculdade de

Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Dracena, 2023.

BBC NEWS BRASIL. **Guerra na Ucrânia: Por que o Brasil depende tanto dos fertilizantes da Rússia?** Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-60596334>. Acesso em: 31 julho 2025.

DICKSON, A. *et al.* Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.

EHLERS, T; ARRUDA, G. O. S. F. Utilização do pó de basalto em substratos para mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**. v. 21, n. 1, p. 37-44, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistics analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 35, n.6, p. 1039-1042. Portuguese, 2011.

FERREIRA, P. H. F. *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. 70262-70274, 2020.

FERREIRA, P. H. F. **Qualidade de mudas de eucalipto utilizando substratos alternativos e suplementação mineral**. 2023. 36 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Ilha Solteira, 2023.

LUZ, O. D. S. L.; HONÓRIO, A. B. M.; FIDELIS, R. R.; NASCIMENTO, I. R. D.; MORAES, C. B. D.; LEAL, T. C. A. D. B. Characteristics for the selection of parents of *Corymbia citriodora* aiming to the production of wood and essential oil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 1, 2018.

NEVES, T. V.; BARBOSA, M. C.; SENA, K. N.; MALTONI, K. L. Rochagem no desenvolvimento inicial de eucalipto em solo arenoso. In: **III Encontro Paulista de Ciência do Solo**, 2018.

OSZAKO, T. *et al.* Feasibility of Using a Silicon Preparation to Promote Growth of Forest Seedlings: Application to Pine (*Pinus sylvestris*) and Oak (*Quercus robur*). **Forests**, Basel, v. 14, n. 3, p. 577, 2023. DOI: 10.3390/f14030577.

RAMOS, A. C. G. **Qualidade de mudas de *Corymbia citriodora* em substratos à base de compostos de tabaco de cigarro contrabandeado e exaurido de cogumelo comestível tratado**. 2023. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Dracena, 2023.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. 1.ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2014.