

UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO EXAURIDO DE COGUMELO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ARAUCÁRIA

Ana Luiza Boldrini Andreata¹, Conceição Aparecida Fernandes dos Santos², Ana Celia Soprani³, Paulo Vieira Ferrarini³, Tiago de Oliveira Godinho⁴, Sarah Ola Moreira².

¹Centro Universitário Faesa, Unidade Linhares, Avenida Rui Barbosa, 94, Centro – 29900-070 – Linhares-ES, Brasil, analuandreatea@gmail.com

²Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural / Centro de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação Norte, Rodovia BR 101 Norte, Km 151, Bebedouro - 29915-140 – Linhares-ES, conceicaofernandes0612@gmail.com; sarah.moreira@incaper.es.gov.br

³Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José de Caldas Brito, Rua Capitão José Maria s/n, Araçá – 29901-455 – Linhares-ES, Brasil acsoprani@gmail.com; paulo.vieira.ferrarini@gmail.com

⁴Vale S.A. / Reserva Natural Vale, Rodovia BR 101 Norte, Km 122 – 29900-970 – Linhares-ES, Brasil, tiago.godinho@vale.com

Resumo

Um subproduto da produção comercial de cogumelos comestíveis é o seu substrato exaurido (SEC). Devido às suas características físico-químicas e da grande quantidade de resíduos gerada, faz-se necessário buscar alternativas para o melhor aproveitamento do SEC. O objetivo deste trabalho é avaliar o SEC como substrato na produção de mudas de araucária (*Araucaria angustifolia*). Foram avaliados quatro tratamentos: substrato comercial (SC); substrato comercial + vermiculita expandida (SCV); SEC puro; SEC + vermiculita expandida (SECV). Foi avaliado a germinação e o desenvolvimento das mudas aos 65 e 160 dias após a semeadura. Os substratos avaliados não promoveram diferenças aos 65 dias, no entanto, aos 160 dias, as mudas sobre SCV tiveram maior altura e incremento em altura, quando comparado ao SEC, mas não diferindo de SECV. Conclui-se que o SEC pode ser utilizado para a produção de mudas de araucária se adicionado à vermiculita.

Palavras-chave: *Araucaria angustifolia*. Substrato orgânico. Crescimento de plantas. Viveiro.

Área do Conhecimento: Agronomia

Introdução

A produção de cogumelos utiliza como substrato um composto produzido a partir de diferentes materiais orgânicos, como gramíneas, bagaço de cana, palha de arroz, carapaça da semente de algodão, dentre outros. Após a colheita, este substrato exaurido de cogumelo (SEC) deve ser substituído, gerando um resíduo (Ludwig *et al.*, 2014; Hanafi *et al.*, 2018).

Em função da grande quantidade de SEC gerado, cerca de 5 kg de substrato para cada quilo de cogumelo fresco; e do aumento da produção de cogumelo nos últimos anos, superando 20 mil toneladas/ano no Brasil e mais de 5 milhões de toneladas na China; alternativas de reutilização deste material precisam ser avaliadas para evitar problemas ambientais. Atualmente, grande parte deste material é utilizado como fertilizante, lançado diretamente no solo, no entanto, devido as suas características físico-químicas, outros usos mais vantajosos podem ser identificados, necessitando de alguns testes prévios (Ludwig *et al.*, 2014; Hanafi *et al.*, 2018).

Dentre os usos possíveis, o SEC pode ser reutilizado como substrato para produção de mudas. Para produção de mudas de arroz, He *et al.* (2024) observaram que substratos que continham 20%, 50% e 80% de SEC tinham melhor qualidade física e química do solo, como maior porosidade e teor de carbono orgânico e nitrogênio total, e com isso, formou mudas de melhor qualidade, quando comparado ao substrato tradicional. Por outro lado, Maia (1998) constataram que o uso do SEC inibiu de forma acentuada a germinação de eucalipto, alpinista, alface e pepino, sugerindo que este substrato deva ser misturado a outros materiais para eliminar problemas de alcalinidade. Desta forma, o uso de

SEC como substrato de mudas deve ser avaliado para diferentes espécies, buscando identificar a melhor estratégia que permitirá seu uso em larga escala.

Para produção de mudas de araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) o substrato deve ter boa textura e estrutura, para permitir boa drenagem, arejamento e retenção de água, favorecendo o crescimento das raízes. Atualmente diferentes substratos comerciais são utilizados com sucesso, mas outros materiais renováveis deveriam ser avaliados, ampliando a disponibilidade de substratos alternativos (Wendling *et al.*, 2017).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de araucária com utilização de substrato exaurido de cogumelo.

Metodologia

As sementes de araucária (*Araucaria angustifolia*) foram obtidas em mercados agrícolas do município de Linhares, ES, lavadas, desinfestadas com imersão em hipoclorito de sódio (2,5% de princípio ativo) por 5 minutos, novamente lavadas em água corrente e secas à sombra por 24 horas. Para avaliação do desenvolvimento das mudas foram testados quatro substratos: substrato comercial (SC); substrato comercial + vermiculita expandida (1:1; v/v) (SCV); substrato exaurido de cogumelo (SEC); substrato exaurido de cogumelo + vermiculita expandida (1:1; v/v) (SECV). Como substrato comercial foi utilizado o Carolina Soil®. O substrato exaurido de cogumelo Paris (*Agaricus bisporus*) foi obtido no município de Marechal Floriano, ES, após a sua colheita, compostado por 30 dias sob lona plástica e peneirados. Após esse preparo, foram montados os tratamentos conforme proporções descritas acima e retirada uma amostra para avaliação química e física em laboratório credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição química e física dos substratos utilizados para produção de mudas de araucária.

Parâmetro analisado	Und	SC*	SCV	SEC	SECV
Umidade (60-65°C)	%	24,67	19,31	39,64	32,24
pH CaCl ₂		5,20	5,20	7,50	7,40
Condutividade Elétrica	ms/cm	3,53	1,70	7,85	3,08
Densidade úmida	kg/m ³	377,96	314,04	719,71	632,51
Densidade seca	kg/m ³	284,72	253,40	434,42	428,59
Capacidade de troca catiônica	mmol/kg	680,00	480,00	340,00	280,00
Matéria orgânica total	%	50,39	38,36	35,67	26,18
Matéria orgânica compostável	%	41,71	24,59	23,53	16,04
Carbono orgânico	%	23,17	13,66	13,07	8,91
Relação C/N		32	29	14	15
Relação CTC/C		29	35	26	31
Nitrogênio total	%m/m	0,73	0,48	0,92	0,60
Fósforo total (P ₂ O ₅)	%m/m	0,87	0,64	0,66	0,59
Potássio total	%m/m	0,32	0,19	0,42	0,20
Cálcio	%m/m	0,93	0,68	4,11	2,90
Magnésio	%m/m	0,89	1,48	0,66	1,42
Enxofre total	%m/m	0,30	0,23	0,78	0,65
Ferro	%m/m	1,81	4,05	1,70	4,73
Zinco	mg/kg	48,75	70,00	73,75	117,50
Cobre	mg/kg	41,25	35,00	25,00	12,50
Manganês	mg/kg	288,75	463,75	121,25	303,75
Boro	mg/kg	14,60	59,10	13,46	77,36

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

Sódio total	%m/m	0,09	0,09	0,09	0,08
Cloreto	%m/m	0,21	0,07	0,07	0,07
Peneira 4.80 mm	%	93,91	97,53	79,46	95,92
Peneira 2.80 mm	%	91,31	92,57	70,92	84,68
Peneira 840 µm	%	63,46	48,3	37,40	45,54

*SC: substrato comercial; SCV: substrato comercial + vermiculita expandida; SEC: substrato exaurido de cogumelo; SECV: substrato exaurido de cogumelo + vermiculita expandida.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Os substratos foram depositados em tubetes de 290 cm³, mantidas sobre bancada suspensa em viveiro coberto com sombrite de 50% e irrigação automatizada. O viveiro está localizado no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Norte, do Incaper, localizado em Linhares, ES. O clima do município é classificado como Aw (tropical com inverno seco), com altitude de 45 m, temperatura média mensal do ar variando de 20,4 °C (julho) a 26,1°C (fevereiro) e precipitação anual de 1.291 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

Foi avaliado o percentual de germinação (PG, %), a altura de plântulas (H, cm), diâmetro de coleto (DC, mm) e relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC) aos 65 e 160 dias após a semeadura. Neste segundo período também foi avaliado o incremento mensal em altura (IH, cm/mês) e em diâmetro do coleto (IDC, mm/mês). O experimento foi montado em blocos ao acaso, com três repetições e 18 plantas por parcela, todas úteis. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. A análise dos dados foi realizada com o programa Genes (Cruz, 2016).

Resultados

Na primeira avaliação, realizada aos 65 dias após o plantio, 60,18% das sementes haviam germinado e as plântulas estavam com altura média de 8,76 cm e 3,61 mm de diâmetro do coleto, resultando em relação H/DC de 2,43. Nesta fase não houve diferença estatística entre os tratamentos utilizados. Os coeficientes de variação foram baixos para PG e DC e mediano para H e H/DC (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para percentual de germinação (PG, %), altura de plântulas (H, cm), diâmetro de coleto (DC, mm) e relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC) obtidas em mudas de araucária aos 65 dias após o plantio, sob diferentes substratos.

Fonte de variação	GL	65 dias após o plantio			
		PG	H	DC	H/DC
Blocos	2	187,79	0,16	0,19	0,03
Tratamentos	3	65,18 ^{ns}	2,5 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo	6	26,57	1,53	0,06	0,10
Média		60,18	8,76	3,61	2,43
Coefficiente de variação (%)		8,56	14,14	6,91	13,25

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

No entanto, para as avaliações realizadas aos 165 dias após o plantio foram observadas diferenças entre os tratamentos para as variáveis altura de plântula, diâmetro do coleto e incremento mensal em altura. Em média, as mudas estavam com 21,86 cm, o que resulta em incremento mensal de 2,48 cm/mês. O diâmetro do coleto foi de 4,09 mm, ou incremento médio de 0,21 mm/mês. A germinação se manteve em torno de 60%. Os coeficientes de variação foram baixos para todas as variáveis analisadas, ficando entre 6,12% para DC e 9,30% para IDC (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para percentual de germinação (PG, %), altura de plântulas (H, cm), diâmetro de coleto (DC, mm), relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC), incremento mensal em altura (IH, cm/mês) e em diâmetro do coleto (IDC, mm/mês) obtidas em mudas de araucária aos 160 dias após o plantio, sob diferentes substratos.

Fonte de variação	GL	160 dias após o plantio					
		PG	H	DC	H/DC	IH	IDC
Blocos	2	100,27	2,87	0,00	0,13	0,12	0,67
Tratamentos	3	50,56 ^{ns}	15,48*	0,41*	0,91 ^{ns}	0,34*	0,03 ^{ns}
Resíduo	6	24,83	2,31	0,06	0,15	0,04	0,40
Média		62,50	21,86	4,09	5,34	2,48	0,21
Coeficiente de variação (%)		7,97	6,96	6,12	7,26	8,45	9,30

* significativo da 5% de probabilidade pelo teste F; ns – não significativo

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

As variáveis analisadas no período inicial do experimento (65 dias após o plantio) não tiveram diferenças significativas entre os tratamentos, mesmo apresentando percentual de germinação variando de 53,70% (SC) e 64,82% (SECV). Para altura de plântula a diferença observada entre os tratamentos foi inferior a 2 cm e para DC, de 0,66 mm.

Tabela 4 – Comparação entre médias para altura de plântulas (H, cm), diâmetro de coleto (DC, mm), percentual de germinação (PG, %) e relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC) obtidas em mudas de araucária aos 65 dias após o plantio, sob diferentes substratos.

Tratamentos	65 dias após a germinação			
	PG	H	DC	H/DC
Substrato comercial	53,70a	9,27a	3,70a	2,50a
Substrato comercial + vermiculita	61,11a	9,81a	3,97a	2,49a
Substrato exaurido de cogumelo	61,11a	7,92a	3,31a	2,39a
Substrato exaurido de cogumelo + vermiculita	64,82a	8,05a	3,45a	2,35a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, são estatisticamente iguais, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Aos 160 dias após o plantio, foi observado que as variáveis altura de plântula (H), diâmetro do coleto (DC) e incremento mensal em altura (IH) tiveram melhores médias no tratamento substrato comercial + vermiculita (SCV) quando comparado ao substrato de cogumelo (SEC), sem, no entanto, se diferenciarem do substrato exaurido de cogumelo + vermiculita (SECV) (Tabela 5).

Tabela 5 – Comparação entre médias para percentual de germinação (PG, %), altura de plântulas (H, cm), diâmetro de coleto (DC, mm), relação entre altura e diâmetro do coleto (H/DC), incremento mensal em altura (IH, cm/mês) e em diâmetro do coleto (IDC, mm/mês) obtidas em mudas de araucária aos 160 dias após o plantio, sob diferentes substratos.

Tratamentos	160 dias após a germinação					
	PG	H	DC	H/DC	IH	IDC
Substrato comercial	59,26a	21,77ab	4,23ab	5,15a	2,37ab	0,22a
Substrato comercial + vermiculita	61,11a	24,12a	4,53a	5,31a	2,71a	0,22a
Substrato exaurido de cogumelo	61,11a	18,77b	3,68b	5,10a	2,06b	0,21a
Substrato exaurido de cogumelo + vermiculita	68,52a	22,78ab	3,93ab	5,81a	2,80a	0,22a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, são estatisticamente iguais a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

O substrato exaurido de cogumelo é rico em cálcio, o que pode ser favorável ao crescimento das plantas, uma vez que este elemento está ligado a composição estrutural da parede celular e com a organização e estabilidade de macromoléculas (Fernandes *et al.*, 2018). No entanto, ele tem

característica alcalina (pH 7,50 para SEC e 7,40 para SECV) e alta condutividade elétrica (7,85 ms/cm para SEC), que pode prejudicar o desenvolvimento das plantas. Apesar de não haver faixa de valores considerados ótimos para estes parâmetros em substratos, uma vez que as plantas possuem graus de sensibilidades diferentes (Araújo *et al.*, 2018), Fernandes *et al.* (2018) indicaram que pH entre 5,5 a 6,5 são mais favoráveis para o desenvolvimento de plantas. Já Ludwig *et al.* (2014) observaram que valores inferiores a 5,0 reduziram a fitomassa da parte aérea; e superiores a 7,0, promoveram o amarelecimento de folhas.

A despeito das características químicas, os substratos utilizados não interferiram na germinação de araucária, que foi de 60,18% aos 65 dias após o plantio e 62,50% aos 160 dias após o plantio. Em condições controladas de temperatura e umidade, Garcia *et al.* (2014) observaram germinação de 80% aos 56 dias após o plantio, e em condições de campo, Maran *et al.* (2016), observaram germinação de apenas 10% até o quarto mês após o plantio. Carvalho (2003), observaram que esta espécie tem germinação muito variável, variando de 20 a 110 dias após a semeadura e atingindo 90% de germinação com pinhões recém-colhidos. Desta forma, em função da não ocorrência de diferença significativa entre os tratamentos, este percentual de germinação se deu em função da qualidade do lote de sementes e das condições ambientais, e não dos tratamentos utilizados.

A altura de plântula não teve diferença entre os tratamentos quando avaliado aos 65 dias após a semeadura, no entanto, aos 160 dias, o substrato comercial + vermiculita resultou em maior altura, quando comparado ao substrato exaurido de cogumelo. Desta forma, as características físico-químicas do SC, em especial a menor condutividade elétrica, podem ter proporcionado melhor condições de crescimento em altura para esta espécie.

Para o incremento mensal em altura (IH), os substratos que continham vermiculita tiveram melhores resultados, quando comparado aos tratamentos sem vermiculita. A vermiculita é um material rico em magnésio, e este elemento na planta tem função de formação de clorofila, absorção de nutrientes, síntese de proteína e transporte de açúcares. Desta forma, as concentrações mais elevadas de magnésio nos substratos com vermiculita (1,48% em SCV e 1,42% em SECV, contra 0,89% em SC e 0,66% em SEC) (Tabela 1) podem ter contribuído para promover o incremento em altura na araucária.

Aos 240 dias após o plantio, Araújo *et al.* (2018), observaram que as mudas de araucária tinham altura de 34,55 cm e diâmetro do coleto de 5,05 mm, resultando em crescimento lento a intermediário (IH entre 1,86 e 4,76 cm/mês; IDC entre 0,42 e 0,85 mm/mês), corroborando com o IH aqui apresentado. Com relação da IDC, os valores deste estudo foram menores, no entanto, considerando a fisiologia do crescimento das plantas, onde primeiro há o crescimento em altura (crescimento primário) para depois ocorrer o crescimento do diâmetro (crescimento secundário), este IDC tende a aumentar com os dias após a semeadura.

Conclusão

As características dos substratos testados não afetam a germinação de araucária, no entanto, a altura das plântulas foi maior com o substrato comercial misturado à vermiculita quando comparado ao substrato exaurido de cogumelo.

O substrato exaurido de cogumelo na produção de mudas de araucária pode ser utilizado com adição de vermiculita para reduzir a sua condutividade elétrica e aumentar o teor de magnésio.

Referências

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GOLÇALVES, J.L.M.; SPAVOREK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: 10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em 08 ago. 2023.

ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN. **Produção de sementes e mudas** – um enfoque a silvicultura. Santa Maria : Ed. UFSM, 2018. 448 p.

CARVALHO, P. E. R. Pinheiro-do-Paraná - *Araucaria angustifolia*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 799-812.

CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. Agromony, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/sLvDYF5MYv9kWR5MKgxb6sL/?lang=en>. Acesso em 04 ago. 2023

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição mineral de plantas**. 2 ed. Viçosa, MG : SBCS, 2018. 670 p.

GARCIA, C.; COELHO, C. M. M.; MARASCHIN, M.; OLIVEIRA, L. M. Conservação da viabilidade e vigor de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze durante o armazenamento. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 857-867, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/fWPNLTnXZRbBK9k9GJy37G/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 ago 2025.

HANAFI, F. H. M.; REZANIA, S.; TAIB, S. M.; DIN, M. F. M.; YAMAUCHI, M.; SAKAMOTO, M.; HARA, H.; PARK, J.; EBRAHIMI, S. S. Environmentally sustainable applications of agro-based spent mushroom substrate (SMS): an overview. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, p. 1383-1396, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0739-0>. Acesso em: 20 ago 2025.

HE, J.; ZENG, G.; LIU, Z.; GUO, Z.; ZHANG, W.; LI, Y.; ZHOU, Y.; XU, H. Replacing traditional nursery soil with spent mushroom substrate improves rice seedling quality and soil substrate properties. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, p. 39625-39636, 2024. Disponível em: doi.org/10.1007/s11356-024-33723-x. Acesso em: 17 ago 2025.

LUDWIG, F.; FERNANDES, D. M.; GUERRERO, A. C.; VILLAS BÔAS, R. L. Características dos substratos na absorção de nutrientes e na produção de gerbera de vaso. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 184-189, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/4DmypbclGtKDC4tJMnRHydH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 ago 2025.

MAIA, C. M. B. F. Efeito do resíduo exaurido do cultivo de cogumelos sobre a germinação de sementes de *Eucalyptus dunni*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 36, p.81-87, 1998. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/282189/1/maia.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2025.

MARAN, J. C.; ROSOT, M. A. D.; RADOMSKI, M. I.; KELLERMANN, B. Análise de sobrevivência e germinação em plantios de *Araucaria angustifolia* derivado de mudas e sementes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1349-1360, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/35SRR7dQzcSkBhwCFPzSGRJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso: 18 ago 2025.

WENDLING, I.; STUEPP, C. A.; ZANETTE, F. Produção de mudas de araucária por semente. In: WENDLING, I.; ZANETTE, F. (Ed.). **Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios**. Brasília, DF : Embrapa, 2017.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) pelo apoio financeiro ao projeto e pela concessão de bolsas aos autores (TO n° 212/2025). Aos bolsistas de Iniciação Científica Júnior da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José de Caldas Brito, Linhares, ES.