

CAPÍTULO 7

SUBSTRATOS E BIOCHAR NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE BRACATINGA: QUALIDADE E SUSTENTABILIDADE



<https://doi.org/10.22533/at.ed.231142514047>

Data de aceite: 27/05/2025

Betel Cavalcante Lopes

Universidade do Estado de Santa Catarina

Caroline Aparecida Matias Pierzan

Universidade do Estado de Santa Catarina

Daniely Neckel Rosini

Universidade do Estado de Santa Catarina

Kelly Tamires Urbano Daboit

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Beatriz Rodrigues Bagnolin Muniz

Universidade do Estado de Santa Catarina

Débora Cristina Correia Cardoso

Universidade do Estado de Santa Catarina

RESUMO: Este capítulo explora a relevância dos substratos na produção de mudas de alta qualidade da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), uma espécie nativa do sul do Brasil, amplamente utilizada em restauração florestal e sistemas agroflorestais. A utilização de resíduos orgânicos e industriais como substratos reduz custos e impactos ambientais, alinhando-se à sustentabilidade. O biochar, obtido por pirólise de biomassa, destaca-

se por melhorar a fertilidade, retenção hídrica e sequestro de carbono, sendo uma alternativa econômica e ecológica. Testes ecotoxicológicos com organismos como colêmbolos, enquitrídeos e fungos micorrízicos asseguram a segurança ambiental de novos materiais. A bracatinga, com crescimento rápido, alta sobrevivência e capacidade de rebrota, é essencial para recuperação de áreas degradadas e geração de renda (lenha, móveis), sendo potencializada por substratos enriquecidos com biochar.

INTRODUÇÃO

A produção de mudas de qualidade é um pilar essencial para o sucesso de projetos de restauração florestal e sistemas agroflorestais, especialmente quando se trata de espécies como a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), uma árvore nativa do sul do Brasil com grande potencial econômico e ecológico. Este capítulo explora a importância dos substratos, o papel do biochar como componente inovador e sustentável, e os métodos de avaliação da qualidade das mudas, com ênfase em sua aplicação à bracatinga. Além disso, aborda a relevância da ecotoxicologia para garantir a segurança ambiental no uso de novos materiais em substratos.

A IMPORTÂNCIA DO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE MUDAS

O substrato desempenha um papel crucial no desenvolvimento de mudas em viveiros, garantindo condições ideais para germinação, iniciação radicular e enraizamento. Segundo Cunha et al. (2006) e Caldeira et al. (2008), o substrato deve promover o desenvolvimento de plantas de qualidade em um curto período e com baixo custo. A composição do substrato influencia diretamente suas propriedades químicas, físicas e biológicas, que são determinantes para o sucesso do cultivo (Caldeira et al., 2000).

Os substratos podem ser compostos por diversos materiais, sendo os resíduos orgânicos amplamente utilizados devido à importância da matéria orgânica para a fertilidade e estrutura do meio (Padovani, 2006). No entanto, o custo de substratos comerciais pode ser proibitivo em projetos de larga escala, como a recuperação de áreas degradadas. Nesse contexto, a reutilização de resíduos industriais e orgânicos surge como uma alternativa viável, reduzindo custos e o impacto ambiental causado pelo acúmulo de resíduos (Trazzi et al., 2012; Caldeira et al., 2013).

Na escolha do substrato, é essencial considerar suas características físicas, como densidade, porosidade, espaço de aeração e capacidade de retenção de água, além de propriedades químicas, como pH e condutividade elétrica (CE) (Fonseca, 2001; Silveira et al., 2002). A densidade volumétrica, por exemplo, é um parâmetro crítico para o manejo da irrigação, sendo misturas leves mais adequadas para bandejas e as de alta densidade para recipientes maiores (Kämpf, 2000). A porosidade, por sua vez, garante trocas gasosas eficientes, essenciais para a respiração radicular e a atividade microbiana (Kämpf, 2005).

O pH do substrato deve estar na faixa ideal — entre 5,0 e 5,8 para substratos orgânicos e 6,0 a 6,5 para os à base de solo mineral — para evitar desequilíbrios nutricionais e fisiológicos (Kämpf, 2000; Carneiro, 1995). A condutividade elétrica, que reflete a concentração de sais, também é crítica, pois níveis elevados podem prejudicar a germinação e o desenvolvimento das mudas devido ao efeito osmótico, que dificulta a absorção de água (Tomé Júnior, 1997).

No Brasil, os métodos para análise de substratos são regulamentados pelas Instruções Normativas nº 17 (2007) e nº 31 (2008), que estabelecem procedimentos para avaliar atributos como umidade, densidade e capacidade de retenção de água (BRASIL, 2007; 2008). Essas normativas garantem padronização, mas desafios persistem, como a variabilidade de métodos entre laboratórios, que pode dificultar a interpretação de resultados (Fonteno, 1996; Baumgarten, 2002).

QUALIDADE DE MUDAS: PARÂMETROS E AVALIAÇÃO

A produção de mudas de qualidade é fundamental para maximizar a sobrevivência após o plantio, reduzir a necessidade de replantios e minimizar os custos de manutenção (Carneiro, 1995). Para avaliar a qualidade, são utilizados atributos morfológicos (altura,

diâmetro do colete, peso da matéria seca) e fisiológicos (estado nutricional e hídrico), que fornecem informações sobre o desempenho das mudas no viveiro (Grossnickle e MacDonald, 2018).

Entre os parâmetros quantitativos, destacam-se o diâmetro do colete (DC), a altura (H), os pesos da matéria seca da parte aérea (MSPA) e radicular (MSR), a relação altura/diâmetro (H/DC), a relação MSPA/MSR e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Dickson, 1960; Pezzutti et al., 2011). O IQD é particularmente útil, pois integra múltiplos parâmetros morfológicos, fornecendo uma avaliação abrangente da robustez das mudas (Eloy et al., 2013).

No caso da bracatinga, uma espécie perenifólia com rápido crescimento e alta taxa de sobrevivência, a qualidade das mudas é ainda mais relevante devido ao seu uso em projetos de restauração florestal e sistemas agroflorestais (Gerber et al., 2021). A capacidade de rebrota e adaptação a condições adversas faz da bracatinga uma escolha estratégica, mas exige mudas bem desenvolvidas para maximizar esses benefícios.

BIOCHAR: UM COMPONENTE SUSTENTÁVEL PARA SUBSTRATOS

O biochar, um material carbonáceo produzido pela pirólise de biomassa em condições de baixo oxigênio, tem se destacado como uma alternativa promissora para substratos (European Biochar Certification, 2023). Inspirado nas propriedades da “Terra Preta de Índio”, um solo antropogênico amazônico rico em nutrientes e matéria orgânica, o biochar oferece benefícios como alta capacidade de troca de cátions, retenção de água e nutrientes, e melhoria das propriedades físicas e químicas do solo (Glaser et al., 2001; Novotny et al., 2009).

A qualidade do biochar depende da matéria-prima (resíduos agrícolas, estercos, materiais lenhosos) e das condições de pirólise, especialmente a temperatura. Biochars produzidos em temperaturas mais baixas (350–600°C) são ideais como fertilizantes, pois liberam nutrientes rapidamente, enquanto os produzidos em temperaturas mais altas (acima de 600°C) são mais recalcitrantes, sendo adequados para o sequestro de carbono (Agrafioti et al., 2013; Zhang et al., 2015). Além disso, o biochar contribui para a mitigação das mudanças climáticas ao fixar carbono no solo, devido à sua resistência à degradação (Novotny et al., 2015).

Na produção de mudas de bracatinga, o biochar pode melhorar a porosidade e a retenção de água do substrato, promovendo o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes. Sua aplicação também reduz a dependência de substratos comerciais, alinhando-se aos objetivos de baixo custo e sustentabilidade (Cunha et al., 2006).

ECOTOXICOLOGIA: GARANTINDO A SEGURANÇA AMBIENTAL

O uso de resíduos e biochar em substratos exige avaliações ecotoxicológicas para garantir que não haja impactos negativos nos ecossistemas. A ecotoxicologia estuda os efeitos de substâncias tóxicas, como pesticidas, metais pesados e poluentes domésticos, utilizando bioensaios com organismos como colêmbolos (*Folsomia candida*), enquitréideos (*Enchytraeus crypticus*) e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) (ISO, 2001; Terekhova, 2011).

Os colêmbolos, sensíveis à qualidade do solo, são usados para avaliar perturbações ambientais, enquanto os enquitréideos, importantes na decomposição da matéria orgânica, são testados conforme as normas ISO 16387 e OECD 220 (Hopkin, 1997; Römbke, 2003). Os FMAs, que formam simbioses com 80% das plantas vasculares, são indicadores de alterações no solo, especialmente na fase pré-simbiótica (ISO, 2009; Mallmann et al., 2018).

Testes com plantas, como a alface (*Lactuca sativa*), também são amplamente utilizados, conforme a norma ISO 11269 (2012), para avaliar a emergência e o crescimento em solos contaminados. Esses ensaios são essenciais para validar a segurança do biochar e de outros resíduos usados em substratos, garantindo que não comprometam o desenvolvimento das mudas de bracatinga ou a saúde do ecossistema.

A BRACATINGA E SUA RELEVÂNCIA ECOLÓGICA E ECONÔMICA

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) é uma espécie arbórea de ampla distribuição no sul do Brasil, com altura de 4 a 18 m (podendo atingir 29 m) e diâmetro na altura do peito (DAP) de 20 a 50 cm (Carpanezzi e Laurent, 1988; Carvalho, 2003). Sua dispersão por autocoria e formação de banco de sementes no solo a tornam ideal para projetos de restauração (Siminski e Mazuchowski, 2014).

Além disso, a bracatinga é economicamente relevante, sendo usada para lenha, produção de móveis e em sistemas agroflorestais, contribuindo para a renda de comunidades, como nos assentamentos do planalto catarinense, onde representa 49,1% da renda familiar (Steenbock, 2009).

Ecologicamente, a bracatinga destaca-se pelo rápido crescimento, alta taxa de sobrevivência e capacidade de rebrota, sendo eficaz para o sequestro de carbono e a recuperação de áreas degradadas (Gerber et al., 2021; Mello et al., 2012). A integração de biochar em substratos para mudas de bracatinga pode potencializar esses benefícios, promovendo maior vigor e resiliência.

CONCLUSÃO

A produção de mudas de bracatinga de alta qualidade depende de substratos bem formulados, com propriedades físicas e químicas adequadas. O biochar surge como uma solução sustentável, reduzindo custos e impactos ambientais ao mesmo tempo em que melhora as condições do substrato. Avaliações ecotoxicológicas garantem a segurança ambiental, enquanto parâmetros como o índice de qualidade de Dickson asseguram a robustez das mudas. Juntas, essas práticas fortalecem o papel da bracatinga em projetos de restauração e sistemas agroflorestais, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e econômica.

REFERÊNCIAS

- Agraftioti, E., Bouras, G., Kalderis, D., & Diamadopoulos, E. (2013). Biochar production by sewage sludge pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 101, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.jaat.2013.02.010>
- Andrighetti, M. S., Nachtigall, G. R., Queiroz, S. C. N., Ferracini, V. L., & Ayub, M. A. Z. (2014). Biodegradação de glifosato pela microbiota de solos cultivados com macieira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 1643–1653. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500026>
- Baumgarten, A. (2002). Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. In A. M. C. Furlani (Ed.), *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas* (pp. 122). Instituto Agronômico. (Documentos IAC, 70).
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. (2007). Instrução Normativa SDA nº 17 de 21 de maio de 2007. Métodos analíticos oficiais para análise de substratos e condicionadores de solos. Diário Oficial da União.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. (2008). Instrução Normativa nº 31 de 23 de outubro de 2008. Diário Oficial da União, Seção 1, p. 20.
- Buch, A. C., Brown, G. G., Correia, M. E. F., Lourençato, L. F., & Silva-Filho, E. V. (2017). Ecotoxicology of mercury in tropical forest soils: Impact on earthworms. *Science of the Total Environment*, 589, 222–231. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.214>
- Caldeira, M. V. W., Rosa, G. N., Fenilli, T. A. B., & Harbs, R. M. P. (2008). Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. *Scientia Agraria*, 9(1), 27–33.
- Caldeira, M. V. W., Schumacher, M. V., Barichello, L. R., Vogel, H. L. M., & Oliveira, L. S. (2000). Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. *Revista Floresta*, 28(1-2), 19–30.
- Caldeira, M. V. W., Delarmelina, W. M., Faria, J. C. T., & Juvanhol, R. S. (2013). Alternative substrates in the production of seedlings of *Chamaecrista desvauxii*. *Revista Árvore*, 37(1), 31–39.
- Carneiro, J. G. A. (1995). Produção e controle de qualidade de mudas florestais. FUPEP/UFPR.
- Carvalho, P. E. R. (2003). Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa Florestas.

Carpanezzi, A. A., & Laurent, J. M. E. (Eds.). (1988). Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) (Doc. 20). EMBRAPA.

Ceschin, S., Bellini, A., & Scalici, M. (2020). Aquatic plants and ecotoxicological assessment in freshwater ecosystems: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 4975–4988. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10860-y>

Conti, E. (2017). Ecotoxicological evaluation of *Parallelomorphus laevigatus* (Coleoptera, Carabidae) as a useful bioindicator of soil metal pollution. *Advanced Techniques in Biology & Medicine*, 5(3). <https://doi.org/10.4172/2379-1764.1000222>

Cui, R., Nam, S., & An, Y. (2020). *Salvinia natans*: A potential test species for ecotoxicity testing. *Environmental Pollution*, 267, 115650. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115650>

Dagher, D. J., De La Providencia, I. E., Pitre, F. E., St-Arnaud, M., & Hijri, M. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungal assemblages significantly shifted upon bacterial inoculation in non-contaminated and petroleum-contaminated environments. *Microorganisms*, 8(602). <https://doi.org/10.3390/microorganisms8040602>

Dickson, A., Leaf, A. L., & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, 36, 10–13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

Didden, W. A. M. (1993). Ecology of terrestrial Enchytraeidae. *Pedobiologia*, 37, 2–29.

Domene, X., Chelinho, S., Campana, P., Natal-da-Luz, T., Alcañiz, J. M., Andrés, P., Römbke, J., & Sousa, J. P. (2011). Influence of soil properties on the performance of *Folsomia candida*: Implications for its use in soil ecotoxicology testing. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30, 1497–1505. <https://doi.org/10.1002/etc.524>

Duryea, M. L. (1984). Nursery cultural practices: Impacts on seedling quality. In M. L. Duryea & T. D. Landis (Eds.), *Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings* (pp. 143–164). Martinus Nijhoff.

Dutra, R. I. J. P., Nascimento, S. M., & Numazawa, S. (2005). Resíduos de indústria madeireira: caracterização, consequências sobre o meio ambiente e opções de uso. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 5.

Dutra, V. F., & Morim, M. P. (2023). Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB100978>

EBC – European Biochar Certificate. (2023). Guidelines for a sustainable production of biochar (Versão 10.3E). Carbon Standards International. <http://european-biochar.org>

Eloy, E., Caron, B. O., Schmidt, D., Behling, A., Schwers, L., & Elli, E. F. (2013). Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. *Floresta*, 43(3), 373–384.

Fermino, M. H., & Kämpf, A. N. (2012). Densidade de substratos dependendo dos métodos de análise e níveis de umidade. *Horticultura Brasileira*, 30, 75–79.

Fonseca, T. G. (2001). Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação (Dissertação de mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Fonteno, W. C. (1996). Growing media types and physical/chemical properties. In D. W. Regd (Ed.), A grower's guide to water, media and nutrition greenhouse crops (pp. 93–122). Ball Publishing.

Fountain, M. T., & Hopkin, S. P. (2005). *Folsomia candida* (Collembola): A “standard” soil arthropod. Annual Review of Entomology, 50, 201–222. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.50.071803.130331>

Folli-Pereira, M. S., Meira-Haddad, L. S., Bazzolli, D. M. S., & Kasuya, M. C. M. (2012). Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36, 1663–1679. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500001>

Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). O fenômeno ‘Terra Preta’: um modelo de agricultura sustentável nos trópicos úmidos. Naturwissenschaften, 88, 37–41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>

Ganchev, D. H., Marinov, M. N., & Stoyanov, N. M. (2016). Toxicity research of some spirohydantoin derivatives towards *Lumbricus terrestris*. Journal of Scientific and Applied Research, 10, 30–38.

Gerber, D., Topanotti, L., Stolarski, O., Trentin, B., Nicoletti, M., & Bechara, F. (2021). *Mimosa scabrella* Benth. plantada para restauração florestal no sul do Brasil. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, 10. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19416>

Godoy, A. A., Kummrow, F., & Pamplin, P. A. Z. (2015). Ecotoxicological evaluation of propranolol hydrochloride and losartan potassium to *Lemna minor* L. individually and in binary mixtures. Ecotoxicology, 24(5), 1112–1123. <https://doi.org/10.1007/s10646-015-1451-1>

Gutiérrez-Ginés, M. J., Pastor, J., & Hernandez, A. J. (2015). Heavy metals in native Mediterranean grassland species growing at abandoned mine sites: Ecotoxicological assessment and phytoremediation of polluted soils. In Heavy Metal Contamination of Soils (Vol. 44, pp. 159–178). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14526-6_7