UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

EFICIÊNCIA DO BIOSSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PLANTAS ORNAMENTAIS NO BRASIL: UMA REVISÃO

PEDRO HENRIQUE LOSQUE DA SILVEIRA

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Co-orientadores: Dr. Antonio Maricélio Borges de Souza
Dr. Thiago Souza Campos

JABOTICABAL – SP

2025

PEDRO HENRIQUE LOSQUE DA SILVEIRA

EFICIÊNCIA DO BIOSSÓLIDO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PLANTAS ORNAMENTAIS NO BRASIL: uma revisão

Orientadora: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Co-orientadores: Dr. Antonio Maricélio Borges de Souza
Dr. Thiago Souza Campos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do grau de Engenharia Agronômica.

JABOTICABAL – SP

2025

S587e

Silveira, Pedro Henrique Losque

Eficiência do biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais no Brasil: Uma revisão / Pedro Henrique Losque Silveira. -- Jaboticabal, 2025

21 p. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Kathia Fernandes Lopes Pivetta

Coorientador: Antonio Maricélio Borges Souza

1. Lodo de esgoto. 2. Substrato. 3. Sustentabilidade. 4. Plantas ornamentais. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: PRODUÇÃO VEGETAL

CERTIFICADO

TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: Eficiência do biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais no Brasil: uma revisão

ACADÊMICO: Pedro Henrique Losque da Silveira

CURSO: Engenharia Agronômica

ORIENTADORA: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

COORIENTADORES: Dr. Antonio Maricélio Borges de Souza
Dr. Thiago Souza Campos

PERÍODO **Mês/Ano** Janeiro/2024 **a** **Mês/Ano:** Junho/2025

APROVADO

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO. ☐ **Sim** ☒ **Não**

BANCA EXAMINADORA:

Presidente: Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta

gov.br Documento assinado digitalmente
KATHIA FERNANDES LOPES PIVETTA
Data: 26/06/2025 09:27:36-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Membro: Dra. Carla Rafaele Xavier Costa

gov.br Documento assinado digitalmente
CARLA RAFAELE XAVIER COSTA
Data: 26/06/2025 08:24:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Membro: Me. Gabriel Longuinhos Queiroz

gov.br Documento assinado digitalmente
GABRIEL LONGUINHOS QUEIROZ
Data: 26/06/2025 09:21:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Jaboticabal, 17/06/25

Aprovado "ad referendum" do Conselho do Departamento em:

gov.br Documento assinado digitalmente
CIBELE CHALITA MARTINS
Data: 26/06/2025 12:32:46-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Chefe do Departamento

Resumo
……..……. 3

Abstract …….....…… 4

1 INTRODUÇÃO ……..…. 5

2 DESENVOLVIMENTO …… 6

2.1 O biossólido ……..…… 6

2.2 Eficiência do biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais ……. 9

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS …… 11

REFERÊNCIAS …… 13

ANEXOS

Tabela 1 - Nome científico e popular de espécies arbóreas ornamentais e indicação de uso de biossólido…… 19

Tabela 2 - Espécies de arbustos e palmeiras e indicação de uso de biossólido …….. 21

RESUMO: O biossólido, resíduo orgânico gerado durante o tratamento de esgotos sanitários e industriais, tem emergido como uma alternativa sustentável e economicamente viável para o uso agrícola. Rico em nutrientes e matéria orgânica, o seu uso na composição de substratos para produção de mudas ou como fertilizante vem sendo estudado para várias espécies vegetais; também aumenta a capacidade de retenção hídrica e estimula a atividade microbiana benéfica. Diante do exposto, buscou-se com este estudo bibliográfico sintetizar os principais resultados obtidos em experimentos científicos sobre o uso do biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais no Brasil, publicados em revistas científicas nos últimos dez anos. Este trabalho realiza uma análise abrangente sobre a eficiência agronômica do biossólido na composição do substrato ou como complemento nutricional. A revisão sistemática da literatura mostra que o biossólido promove melhorias significativas no crescimento vegetal e na qualidade das mudas de várias espécies vegetais ornamentais, sendo o grupo das arbóreas o mais estudado**.** Conclui-se que o biossólido representa uma estratégia promissora para a produção de mudas de plantas ornamentais, desde que submetido a tratamento adequado e aplicação em conformidade com diretrizes técnicas.

Palavras-chave: fertilização orgânica, lodo de esgoto, substrato, sustentabilidade.

Efficiency of biosolids in the production of ornamental plant seedlings in Brazil: a review

ABSTRACT: Biosolids, an organic waste generated during the treatment of sewage and industrial wastewater, have emerged as a sustainable and economically viable alternative for agricultural use. Rich in nutrients and organic matter, their use in the composition of substrates for seedling production or as fertilizer has been studied for several plant species; they also increase water retention capacity and stimulate beneficial microbial activity. In view of the above, this bibliographic study sought to summarize the main results obtained in scientific experiments on the use of biosolids in the production of ornamental plant seedlings in Brazil, published in scientific journals over the last ten years. This work carries out a comprehensive analysis of the agronomic efficiency of biosolids in the composition of the substrate or as a nutritional supplement. The systematic review of the literature shows that biosolids promote significant improvements in plant growth and seedling quality of several ornamental plant species, with the tree group being the most studied. It is concluded that biosolids represent a promising strategy for the production of ornamental plant seedlings, provided that they are subjected to adequate treatment and applied in accordance with technical guidelines.

Key words: organic fertilization, sewage sludge, substrate, sustainability.

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos provenientes do tratamento de esgoto tem aumentado vertiginosamente, justificada por imposições legais que estabelecem o emprego de estações de tratamento de esgoto (ETEs) para adequação dos efluentes lançados nos corpos hídricos (ALBARELO & ARAÚJO, 2024).

O resíduo do tratamento do esgoto é um material denominado lodo de esgoto rico em matéria orgânica e nutrientes, mas que sem o devido tratamento pode ser prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente. Esse material devidamente tratado e estabilizado é denominado biossólido e pode ser utilizado para o crescimento das plantas (ABREU, 2014).

Grande parte do biossólido gerado nos grandes centros urbanos tem como destino final os aterros sanitários que se encontram sobrecarregados. Diante disso, dentre as alternativas para disposição final do biossólido, aquela com fins agrícola e florestal apresenta-se como uma das mais convenientes (BETTIOL & CAMARGO, 2006; SILVA et al., 2020b; ALBARELO & ARAÚJO, 2024).

Estudos sobre o potencial de utilização do biossólido na agricultura remontam à década de 80. Desde então, tem sido estudada sua aplicação com a intenção de obter melhorias no solo e ganhos no desenvolvimento de espécies agronômicas e florestais (BETTIOL & CARVALHO, 1982; SILVA et al., 2020b) e, ainda, como componente de substrato para produção de mudas.

O biossólido contém altos teores de macronutrientes (N, P, Ca e Mg) e matéria orgânica (ABREU et al., 2017a; SILVA et al., 2020b). Desta forma, sua utilização na composição de substratos para produção de mudas passa a representar não apenas um benefício ambiental, mas também uma ótima escolha do ponto de vista técnico e econômico (ABREU et al., 2017a), podendo ser utilizado puro ou em mistura com outros componentes do substrato e, ainda, ser previamente compostado.

O sucesso do desenvolvimento de qualquer planta é dependente de mudas sadias e vigorosas (CAMPOS et al., 2023) e o uso de biossólido é uma alternativa sustentável para a produção de mudas de alta qualidade pois interferem positivamente no desenvolvimento das plantas.

Sendo assim, a hipótese central deste estudo é analisar se o biossólido, quando aplicado em dosagens adequadas e em combinação com substratos inertes, pode substituir parcial ou totalmente os fertilizantes minerais na produção de mudas de plantas ornamentais, promovendo crescimento satisfatório sem comprometer a qualidade do substrato ou a segurança ambiental.

Diante do exposto, buscou-se realizar um estudo bibliográfico de forma a sintetizar os principais resultados obtidos em experimentos científicos sobre o uso do biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais no Brasil, publicados em revistas científicas.

A metodologia adotada integra uma revisão sistemática da literatura brasileira com ênfase nos últimos dez anos. Os resultados obtidos poderão orientar produtores, técnicos agrícolas e formuladores de políticas públicas na tomada de decisões sobre o uso deste resíduo como insumo agrícola.

A relevância desta pesquisa se justifica por indicar caminhos sustentáveis para o destino final de resíduos urbanos, reduzir custos de produção de mudas de plantas ornamentais, contribuir para o desenvolvimento de protocolos técnicos seguros e fomentar a economia circular no setor agrícola.

DESENVOLVIMENTO

O biossólido

O lodo de esgoto doméstico é um resíduo semissólido, sendo um dos produtos finais do tratamento de esgoto (YADA et al., 2020). O lodo de esgoto passa por processos de redução de sólidos biodegradáveis e odores, estabilização da matéria orgânica, redução de volume e combate a presença de vetores, recebendo a denominação de biossólido, após esses tratamentos, passando a ser permitido a sua utilização na agricultura (CHRISTOFOLETTI et al., 2016; SILVA et al., 2020b).

Para a agricultura, o que torna o biossólido uma opção potencialmente viável e atrativa é o fato do material ser rico em nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) e matéria orgânica e, portanto, pode atuar como condicionador do solo (FREDDI, 2019). Estudos recentes demonstram que o biossólido apresenta teores significativos de macro e micronutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal. SOUZA et al. (2023) identificaram concentrações médias de 3,7% de nitrogênio, 3,4% de fósforo (expresso como P_2O_5) e 0,12% de potássio (K_2O), além de micronutrientes como ferro, zinco e manganês em formas biodisponíveis. Essa composição nutricional equilibrada explica seu potencial como alternativa aos fertilizantes minerais convencionais.

Além dos nutrientes, a aplicação de biossólido no solo ou em substratos traz diversos benefícios em razão da sua alta concentração de matéria orgânica, que pode também atuar como condicionador e corretivo de solo, elevando o pH e a capacidade de troca de cátions (BORTOLINI et al., 2017; DJANDJA et al., 2020), agir na melhoria da estruturação das partículas do solo, favorecendo a infiltração, a capacidade de retenção de água e o desenvolvimento do sistema radicular, como também no desenvolvimento de microrganismos benéficos (DORES-SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2020b).

Do ponto de vista microbiológico, o biossólido, pelo seu caráter nutricional e teor de matéria orgânica, pode ser utilizado na recuperação de solos erodidos e de áreas degradadas, como fertilizante orgânico para culturas e compondo substrato para produção de mudas (BITTENCOURT et al., 2017).

Além dos benefícios nutricionais, o uso biossólido como fertilizante em atividades agrícolas e de recuperação de áreas degradadas permite que a destinação final desse resíduo gerado em estações de tratamento de esgoto (ETEs) seja a melhor possível do ponto de vista ambiental, com redução de custos com destinação final e insumos agrícolas (PAES et al., 2023).

Por outro lado, a utilização de biossólidos na agricultura apresenta riscos associados. Por ser produto do tratamento de esgotos sanitários, lodos de esgoto podem conter metais pesados e microrganismos patogênicos (AMORIM JUNIOR et al., 2021). Para contornar esses riscos e tornar segura a aplicação agrícola de biossólidos, são necessárias diretrizes que indiquem processos de tratamento de lodo que garantam redução dos níveis de contaminantes a uma faixa aceitável, bem como restrições de uso e aplicação (MAGALHÃES, 2012).

A legislação brasileira estabelece parâmetros rigorosos para seu uso agrícola. Conforme a Resolução CONAMA nº 498/2020 (CONAMA, 2020), o biossólido a ser destinado para uso, em solos, será classificado em Classe A ou B, de acordo com um limite máximo de 10^3 (Classe A) e 10^6 (Classe B) de *Escherichia coli* por grama de sólidos totais (g^{-1} de ST) e ser proveniente de algum processo de redução de patógenos. Determinam, também, a classificação em Classe 1 ou Classe 2, de acordo com os valores máximos permitidos de metais pesados.

Um dos principais riscos ambientais do uso de biossólido está relacionado à bioacumulação de metais pesados nos solos e plantas. Além disso, o excesso de nutrientes como nitrogênio e fósforo pode favorecer o escoamento superficial e a eutrofização de corpos d'água, principalmente em sistemas de viveiros mal drenados ou sem contenção adequada (ABREU et al., 2019).

Ainda, o uso incorreto do biossólido pode ocasionar em aumento excessivo da condutividade elétrica, contaminar os solos, as águas superficiais e subterrâneas com nitratos, fosfatos e metais pesados, com alto percentual de distribuição em plantas (BOEIRA & SOUZA, 2007).

Neste contexto, o uso do biossólido em plantas ornamentais se torna mais interessante, pois não são utilizadas na alimentação, diminuindo o risco quanto à entrada de possíveis contaminantes na cadeia alimentar (FARIA, 2007).

Assim, o uso de biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais tem ganhado destaque como alternativa sustentável na agricultura moderna. Estudos recentes demonstram que este subproduto do tratamento de esgoto, quando adequadamente processado, apresenta características físico-químicas ideais para a produção de mudas de diversas espécies ornamentais (SOUZA et al., 2022b).

O biossólido pode ser utilizado, também, na forma compostada. A compostagem surge como uma solução ambientalmente adequada, pois permite a reciclagem de resíduos orgânicos, melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e diminuindo a necessidade de extração de novas matérias-primas para fertilizantes orgânicos. Esse processo biológico, que envolve a decomposição de materiais orgânicos por microrganismos, transforma restos orgânicos em um composto rico em nutrientes, favorecendo o desenvolvimento das plantas, melhoria na qualidade do solo e na produção agrícola. Além disso, a compostagem oferece um sistema eficiente de gestão de resíduos, contribuindo para a sustentabilidade e a qualidade de vida. A combinação de diferentes resíduos orgânicos pode otimizar as propriedades físicas e químicas do substrato, melhorando a retenção de água, porosidade e disponibilidade de nutrientes essenciais ao sistema solo-planta (AMARAL et al., 2024)

Eficiência do biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais

Estudos, realizados nos últimos dez anos, verificado pelos autores citados nas tabelas 1 e 2, demonstram que a incorporação de biossólido na composição de substratos utilizados na produção de mudas de plantas ornamentais pode promover ganhos expressivos em termos de crescimento, vigor e qualidade.

No entanto, de modo geral, há poucas pesquisas sobre a eficiência de biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais, para os diferentes grupos, sejam nativas ou exóticas, diante da grande quantidade de espécies existentes.

A maioria dos estudos realizados no Brasil, nos últimos dez anos, que analisaram a eficiência do biossólido como componente do substrato para produção de mudas de plantas ornamentais, foi com espécies arbóreas que mostraram, com poucas exceções, resultados satisfatórios (Tabela 1).

Muitos autores associam esses resultados satisfatórios obtidos à composição nutricional do biossólido. MEIRELLES et al. (2017) comentam, também, que altos teores de matéria orgânica, que é o caso do biossólido, favorecem a formação de raízes laterais nas plantas, promovendo o aumento da atividade radicular, tornando-as mais eficientes no transporte de nutrientes.

PEREIRA et al. (2020) não verificaram eficiência do uso de biossólido na produção de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae*) e esclareceram que pode ser devido à aplicação de cal virgem ao biossólido antes da instalação do experimento pois, na caracterização, o biossólido utilizado não se enquadrou na legislação com relação aos ovos de helmintos e coliformes, sendo necessária a higienização com cal virgem a 30% durante 60 dias. Os autores chegaram à conclusão que a higienização do biossólido com cal virgem a 30% prejudicou o crescimento das mudas, de forma que o tratamento controle (sem adição de biossólido higienizado) apresentou os melhores resultados de produtividade.

Embora a literatura demonstre que biossólido tem sido eficiente na produção de mudas para a maioria das espécies arbóreas, a indicação de proporções de biossólido na composição final do substrato são bem variáveis, algumas vezes até para a mesma espécie (Tabela 1). Essa variação pode estar relacionada à origem do biossólido como demonstrado por ABREU et al. (2017b) na produção de mudas de dedaleiro (*Lafoensia pacari*).

Outro aspecto que chama atenção é que, embora o número de estudos sobre a eficiência do biossólido na produção de mudas de plantas ornamentais no Brasil seja ainda incipiente e, dentre esses, a maioria seja com espécies arbóreas, há vários estudos com a mesma espécie, tendo sido encontrado, por exemplo, quatro artigos com *Schinus terebinthifolius* (Tabela 1).

ZABOTTO et al. (2022b) realizaram um estudo bibliográfico visando sintetizar os principais resultados obtidos em experimentos científicos sobre o uso de biossólido na produção de mudas de espécies arbóreas nativas, publicados a partir do ano de 2009, envolvendo a utilização do lodo de esgoto na composição de substratos para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas brasileiras. Os principais resultados observados na literatura especializada mostram que o uso do resíduo na formulação e composição dos substratos pode acarretar melhorias nos aspectos físicos e químicos, nos parâmetros qualitativos das espécies, com impactos positivos no crescimento e desenvolvimento das plantas. Em relação a sustentabilidade ambiental, há a redução do descarte no aterro colaborando com a reciclagem ambientalmente correta do resíduo.

Foram encontrados somente três artigos sobre o uso de biossólido na produção de mudas de arbustos ornamentais no Brasil nos últimos dez anos e em todos, os autores verificaram que o biossólido foi eficiente na produção de mudas dessas espécies (Tabela 2).

Outro grupo que vem sendo pesquisado é o das palmeiras, que pertencem à família botânica Arecaceae. Foram encontrados três artigos nos últimos dez anos, com as espécies

Archontophoenix cunninghamiana, *Euterpe edulis* e *Syagrus romanzoffiana*; sendo também foi verificada a eficiência do biossólido na produção de mudas (Tabela 2).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica realizada abordou de forma abrangente os benefícios e desafios associados à utilização de biossólidos na agricultura. Dentre os principais estudos, destaca-se o potencial dos biossólidos como fonte de nutrientes essenciais para as plantas, promovendo melhorias na fertilidade do solo e contribuindo para o ciclo sustentável de nutrientes. As pesquisas indicam que o uso de biossólidos podem aumentar a produtividade agrícola, além de contribuir para a recuperação de solos degradados.

A eficácia dos biossólidos está diretamente relacionada à sua composição, que varia conforme a origem e o tratamento a que foram submetidos. A qualidade do biossólido influencia diretamente na sua segurança e na quantidade de nutrientes que pode oferecer ao solo. Além disso, o manejo adequado e a aplicação controlada são essenciais para evitar a contaminação do solo e da água por metais pesados ou patógenos.

No entanto, há desafios significativos para a implementação da utilização de biossólidos na produção de mudas. Entre os principais desafios, estão a aceitação pública e a desconfiança em relação à segurança do uso de biossólidos, além das regulamentações rigorosas que limitam sua aplicação. Outro desafio relevante é a necessidade de infraestrutura adequada para o tratamento e manejo dos biossólidos, que ainda é limitada em diversas regiões.

Para futuras pesquisas, é recomendável investigar mais detalhadamente o impacto de longo prazo da aplicação de biossólidos na produção de mudas, bem como explorar novas tecnologias de tratamento que possam melhorar a qualidade dos biossólidos, minimizando os

riscos ambientais. Também seria benéfico estudar estratégias de sensibilização e educação do público para aumentar a aceitação dessa prática sustentável.

Sendo assim, respondendo a pergunta "Biossólido é eficiente na produção sustentável de mudas?", a utilização de biossólidos na agricultura apresenta-se como uma prática promissora para o manejo sustentável dos resíduos urbanos e para o aumento da produtividade agrícola. No entanto, para que essa prática se consolide, será necessário superar os desafios técnicos, regulatórios e sociais pontuados no decorrer deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABREU, A.H.M. **Biossólido na produção de mudas florestais**. 2014. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ABREU, A.H.M. et al. Biossólido e substrato comercial na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.38, e201501066, p.1-10, 2018. doi: 10.4336/2018.pfb.38e201501066

ABREU, A.H.M. et al. Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.24, n.3, p.591-599, 2019. doi: https://doi.org/10.1590/S1413-41522019108265.

ABREU, A.H.M. et al. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v.27, p.1179, 2017a.

ABREU, A.H.M. et al. Urban solid waste in the production of *Lafoensia pacari* seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 83-87, 2017b.

ALBARELO, L.A.; ARAÚJO, J.A. Uso de lodo de ETE como reuso em adubagem para cultivos agrícolas. **Cadernos UniFOA**, v.19, n.54, 2024. doi: https://doi.org/10.47385/cadunifoa.v19.n54.4892

ALONSO, J. M. et al. Biosolids as substrate for the production of *Ceiba speciosa* seedlings. **Cerne**, v.24, n.4, p.420-429, 2018.

ALMEIDA, R.S. et al. É possível utilizar o biossólido na produção de mudas de progênies de candeia? **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.16, n.1, e9768, 2023. doi:10.17765/2176-9168.2023v16n1e9768

AMARAL, B.C. et al. Gestão de resíduos sólidos orgânicos na agricultura e silvicultura sustentável: a compostagem como solução. **Revista Caderno Pedagógico**, v.21, n.13, p.01-17, 2024. doi: 10.54033/cadpedv21n13-168

AMORIM JUNIOR, S.S. et al. Agronomic potential of biosolids for a sustainable sanitation management in Brazil: nutrient recycling, pathogens and micropollutants. **Journal of Cleaner Production**, v.289, 125708, 2021. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125708

ARRUDA, S.B. et al. Biossólido em substratos para produção de mudas de *Handroanthus chrysotrichus*. **Revista do Instituto Florestal**, v.29 n.2, p.211-225, 2017. doi: https://doi.org/10.24278/2178-5031.201729206

BARONE, E.P. et al. Aproveitamento do lodo de esgoto e da casca de palmito na produção de mudas de *Lantana camara*, **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.12, n.2, p.132-143, 2018.

BATISTA, J.E.S. et al. Produção sustentável de mudas de amendoim-do-campo para uso na arborização urbana. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.4, p.27821–27835, 2022. doi: https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-331

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. **Lodo de esgoto**: impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T. Utilização de lodo de esgoto primário e fertilizante organo mineral IPT na cultura do milho. **Fertilizantes,** v.4, n.1, p.14-15, 1982.

BITTENCOURT, S. et al. Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.6, p.1129-1139, 2017.

BOEIRA, R.C.; SOUZA, M.D. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio, pH e densidade de um latossolo após três aplicações de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.581-590, 2007.

BORTOLINI, J. et al. Lodo de esgoto e cama de aviário como componente de substratos para a produção de mudas de *Cedrela fissilis* e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth). Brenan. **Scientia Agraria**, v.18, p.121-128, 2017.

CABREIRA, G.V. et al. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta,** v.47, n.2, p.165-176, 2017.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Sewage sludge assessment on growth of *Acacia mangium* seedlings by principal components analysis and orthogonal contrasts. **Journal of Plant Nutrition**, v.1, p.1-9, 2018a.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Solid urban waste in the production of *Aegiphila sellowiana* Cham. seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.12, p.831-836, 2018b.

CAMPOS, T.S. et al. Rhizobacteria in growth and quality of açaí seedlings. **Ornamental Horticulture**, v.29, p.208-215, 2023.

CHRISTOFOLETTI, C.A. et al. Diplopods as soil bioindicators of toxicity after application of residues from sewage treatment plants and ethanol industry. **Microscopy and Microanalysis**, v.22, p.1098 1110, 2016.

CONAMA; Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Resolução do CONAMA N° 498/2020**. 2020. Disponível em

<conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797>. Acesso em 04 de maio de 2025.

DJANDJA, O.S. et al. Pyrolysis of municipal sewage sludge for biofuel production: a review. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v.59, p.16939-16956, 2020.

DORES-SILVA, P.R. et al. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, v.34, p.956-961, 201.

FARIA, L.C. **Uso do lodo de esgoto (biossólido) como fertilizante em eucaliptos: demanda potencial, produção e crescimento das árvores e viabilidade econômica**. 2007. 105f. Tese (Doutorado em Recursos florestais), Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FARIA, J.C.T. et al. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquiniastrum polymorphum*. **Floresta**, v.47, p.523-532, 2017.

FERREIRA, K.B. et al. Biossólido na produção de mudas de palmeira real australiana. **Acta Iguazu**, v.10, n.2, p.58–66, 2021. doi: 10.48075/actaiguaz.v10i2.27048.

FREDDI, L.A. Riscos associados à aplicação do lodo de esgoto na agricultura. **Revista Científica ANAP Brasil**, v.12, n.24, p.50-60, 2019. doi: https://doi.org/10.17271/19843240122420191982

KRATZ, D. et al. Substratos renováveis para produção de mudas de *Mimosa scabrella*, **Floresta**, v.45, n.2, p.393 - 408, 2015. doi: 10.5380/rf.v45i2.31249

LANZETI, N.G.A.A. et al. Lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de irrigações no desenvolvimento de *Acacia polyphylla*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.9, n.2, p.201-211, 2021. doi: https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n2.lanzeti

LOPES, L.N. et al. Biossólido como adubação de plantio para *Guarea guidonia* e seus efeitos na química do solo. **Revista Caderno Pedagógico**, v.22, n.6, p.01-21, 2025. doi: 10.54033/cadpedv22n6-100

LOPES, M.C. et al. Sewage sludge compost as a substrate for croton seedlings production. **Ornamental Horticulture**, v.24, n.4, p.380-386, 2018. doi: https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1234

MAGALHÃES, T.D.B. **Uso agrícola de biossólidos: análise crítica da Resolução CONAMA 375/2006 na perspectiva da metodologia de avaliação quantitativa de risco microbiológico**. 2012. 202f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa.

MEIRELLES, A.F.M. et al. Produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas, em condições de campo. **Revista Ceres**, v.64, n.5, p.553-556, 2017.

MELO, H.S. et al. Uso de lodo de esgoto na produção e na qualidade de mudas e teores de nutrientes em *Hovenia dulcis* (Rhamnaceae). **Iheringia**, v.76, 2021.

MENDONÇA, A.M.C. et al. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Scientia Plena**, v.15, 081201, 2019. doi: 10.14808/sci.plena.2019.081201

MORGADO, B. et al. Growth of *Cecropia hololeuca* in water blades and substrates formulated with sewage sludge. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian**, v.63, p.1-10, 2020.

OLHER, I. et al. Uso de lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de água para a produção de mudas de *Erythrina speciosa* Andrews. Rev. Inst. Flor. v.33 n.2, p.164-171, 2021. doi: https://doi.org/10.24278/2178-5031.202133205

OLIVEIRA, L.S. et al. Crescimento de mudas de *Lafoensia glyptocarpa* utilizando lodo de esgoto compostado e diferentes lâminas de água. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.40, e201901948, p.1-6, 2020. doi: https://doi.org/10.4336/2020.pfb.40e201901948

PAES, L.J.S. Utilização agrícola de biossólidos: análise crítica da Resolução CONAMA N° 498/2020. **Revista Aidis**, v.16, n.2, p.439-455, 2023. doi: http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2023.16.2.82819

PAN, M. et al. Nutrient accumulation and environmental risks of biosolids and different fertilizers on horticultural plants. **Water Air Soil Pollut**, v.232, n.480, 2021. doi: https://doi.org/10.1007/s11270-021-05424-5

PEREIRA, G.P.P.A. et al. Utilização de lodo anaeróbio de estação de tratamento de esgoto na produção de mudas de ipê roxo (*Tabebuia avellanedae*). **Revista AIDIS**, v.13, n.1, p.188-201, 2020.

QUEIRÓZ, E.P.P. et al. Eficiência de substratos alternativos na emergência e crescimento de mudas de *Cedrela odorata*. **Revista Caderno Pedagógico**, v.23, n.3, p.01-23, 2025. doi: 10.55905/oelv23n3-122

RIBEIRO, J.G. et al. Biossólido na composição de substratos para produção de mudas de duas espécies florestais utilizadas na arborização urbana. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, v.13, p.01-12, 2018.

SANTOS, R. P. et al. Efeito do lodo de esgoto na produção e nutrição de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Ecologia e Nutrição Florestal**, v.7, 2019.

SILVA, J.A. et al. Biossólido como alternativa sustentável na floricultura: estudo com *Rosa* spp. **Scientia Agricola**, v.78, n.3, e20200245, 2021. doi: 10.1590/1678-992X-2020-0245.

SILVA, L.O.C. et al. Sewage sludge compost associated to frequency of irrigation for *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert seedlings production. **Floresta**, v.50, n.2, p.1389 - 1398, 2020a. doi: 10.5380/rf.v50 i2. 64158

SILVA, M.V. et al. Uso de biossólido em plantios de espécies da Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, v.48, n.126, e2728, 2020b.

SIQUEIRA, D.P. et al. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. **Floresta**, v.48, n.2, p.277-284, 2018.

SIQUEIRA, D.P. et al. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciência Florestal**, v.29, n.2, 01039954, 2019.

SOUZA, A.M.B. et al. Crescimento inicial e qualidade de mudas de palmeira juçara cultivadas em substratos à base de biossólido. **Agronomy Science and Biotechnology**, v.9, p.1-12, 2023. doi: https://doi.org/10.33158/ASB.r195.v9.2023.

SOUZA, A.M.B. et al. Initial growth of *Syagrus romanzoffiana* seedlings in biosolid-based substrate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.52, e70577, 2022a. doi: https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5270577

SOUZA, A.M.B. et al. Initial growth of zinnia seedlings in substrate with different proportions of biosolid. **Ornamental Horticulture**, v.28, n.2, p.220-229, 2022b.

YADA, M.M. et al. Elementos-traço no solo, na planta e no grão de plantas de milho cultivadas em latossolos tratados com lodo de esgoto por 16 anos. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.25, p.371-379, 2020.

ZABOTTO, A.R. et al. Sewage sludge as fertilizer in the production of *Cariniana estrellensis* seedlings for forest restoration. **Energia na Agricultura**, v.37, n.3, p.12-22, 2022a. doi: http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2022v37n3p12-22

ZABOTTO, A.R. et al. Uso do lodo de esgoto na composição de substrato para produção de mudas de espécies arbóreas brasileiras. **Revista UNG – Geociências**, v.21, n.1, 2022b. doi: 10.33947/1981-741X-v21n1-4804

Tabela 1 - Nome científico e popular de espécies arbóreas ornamentais e indicação mais eficiente de uso de biossólido (BS) na composição do substrato para produção de mudas.

Nome científico (Popular)	Proporções mais eficientes (% ou g L^{-1})	Autores
Acacia mangium **(Acácia)**	40:60 (BIO:VER)	CALDEIRA et al. (2018a)
Acacia polyphylla **(Monjoleiro)**	100:0, 75:25, 50:50 (BIO[1]:SC[2])	LANZETI et al. (2021)
Aegiphila sellowiana **(Tamanqueira)**	20:80, 40:60 (BIO:outros componentes[3])	CALDEIRA et al. (2018b)
Anadenanthera macrocarpa **(Angico) e outra**	25:75 (BIO:SC[4])	BORTOLINI et al. (2017)
Cariniana estrellensis **(Jequitibá-branco)**	30 g L^{-1} BIO em tubetes (53 cm^3) contendo SC[5]	ZABOTTO et al. (2022a)
Cecropia hololeuca **(Embaúba)**	25:75, 75:25 (BIO:SC[2])	MORGADO et al. (2020)
Cedrela fissilis **(Cedro) e outra**	25:75 (BIO:SC[4])	BORTOLINI et al. (2017)
Cedrela odorata **(Cedro-cheiroso)**	40:60 (BIO:CP)	QUEIRÓZ et al. (2025)
Ceiba speciosa **(Paineira)**	50:50; 75:25, 100:0 (BS:FC)	ALONSO et al. (2018)
Ceiba speciosa **(Paineira) e outras**	80:10:10; 20:70:10; 40:50:10 (BIO:Terra:Areia)	CABREIRA et al. (2017)
Eremanthus erythropappus **(Candeia)**	BIO não recomendado	ALMEIDA et al. (2023)
Erythrina speciosa **(Mulungu)**	75:25 (BIO[1]:SC[2])	OLHER et al. (2021)
Guarea guidonia **(Carrapeta)**	33:67 (BIO:Terra)	LOPES et al. (2025)
Handroanthus chrysotrichus **(ipê-amarelo)**	40:60 (BIO[6]:terra)	ARRUDA et al. (2017)
Handroanthus heptaphyllus **(Ipê-roxo) e outra**	50:50 (BIO:SC[7])	ABREU et al. (2017a)
Handroanthus impetiginosus **(Ipê-roxo)**	20:80, 40:60, 80:20 (BIO:Terra)	RIBEIRO et al. (2018)
Hovenia dulcis **(Uva-do-japão)**	60:40 (BIO:CO)	MELO et al. (2021)
Lafoensia glyptocarpa **(Mirindiba-rosa)**	25:75; 50:50; 75:25; 100:0 (BIO:SC[8])	SIQUEIRA et al. (2018)
Lafoensia glyptocarpa **(Mirindiba-rosa)**	15:75, 50:50, 100:0 (BIO[1]:SC[2])	OLIVEIRA et al. (2020)
Lafoensia pacari **(Dedaleiro)**	80:20 (BIO:FC)	ABREU et al. (2017b)
Lafoensia pacari **(Dedaleiro) e outras**	80:10:10 (BIO:Terra:Areia)	CABREIRA et al. (2017)

Tabela 1. Continuação....

Nome científico (Popular)	Proporções mais eficientes (% ou g L^{-1})	Autores
Libidibia ferrea **(Pau-ferro)**	20:80, 40:60, 80:20 (BIO:Terra)	RIBEIRO et al. (2018)
Mimosa scabrella **(Bragatinga)**	10:20:70; 10:30:60; 20:40:40; 30:20:50 (BIO:FC:CAC)	KRATZ et al. (2015)
Moquiniastrum polymorphum **(Cambará)**	20:60:20; 40:40:20; 60:20:20 (BIO:EB:FC)	FARIA et al. (2017)
Parapiptadenia rigida **(Angico-vermelho)**	40:60, 60:40 (BIO:CO[9])	SANTOS et al. (2019)
Peltophorobium dubium **(Canafístula)**	50:50 (BIO:CE)*	SILVA et al. (2020a)
Peltophorobium dubium **(Canafístula) e outras**	80:10:10 (BIO:Terra:Areia)	CABREIRA et al. (2017)
Plathymenia reticulata **(Vinhático)**	20:80 (BIO:SC[8])	SIQUEIRA et al. (2019)
Platypodium elegans **(Amendoim-do campo)**	100:0 (BIO:terra)	BATISTA et al. (2022)
Schinus terebinthifolius **(Aroeira-pimenteira) e outra**	50:50; 100:0 (BIO:SC[7])	ABREU et al. (2017a)
Schinus terebinthifolius **(Aroeira-pimenteira)**	100 (BIO)	ABREU et al. (2018)
Schinus terebinthifolius **(Aroeira-pimenteira)**	50:50; 100:0 (BIO:SC)	ABREU et al. (2019)
Schinus terebinthifolius **(Aroeira-pimenteira)**	20:80, 60:40 (BIO:SA)	MENDONÇA et al. (2019)
Tabebuia avellanedae **(Ipê-roxo)**	BIO não recomendado	PEREIRA et al. (2020)

BIO – Biossólido; CAC – Casca de Arroz Carbonizada; CE – Casca de Eucalipto; CO – Composto Orgânico; CP – Casca de Pinus; EB - Esterco Bovino; FC - Fibra de Coco; SA – Sedimento Arenoso; SC – Substrato Comercial; VER – Vermiculita

[1]Biossólido comercial compostado Terafértil®

[2]SC - Carolina Soil®

[3]outros componentes: vermiculita; resíduos de fibra de coco, palha de café *in natura*; composto orgânico (esterco bovino não curtido e palha de café *in natura*); casca de arroz carbonizada e casca de arroz *in natura*)

[4]SC: Substrato comercial não informado

[5]SC: 70% de turfa de esfagno, 20% de CAC e 10% de perlita

[6]compostagem de lodo de esgoto e cascas de pupunha, 1:1

[7]SC: substrato comercial à base de casca de pinus bioestabilizada

[8]SC: Basaplant Florestal®

[9]composto orgânico à base de cama de equino

* mistura compostada

Tabela 2 - Nome científico e popular de espécies de diferentes grupos ornamentais (Gr) e indicação mais eficiente de uso de biossólido na produção de mudas de espécies arbustivas (AB) e de palmeiras (P)

Gr	Nome científico (Popular)	Indicação	Referencia
AB	*Codiaeum variegatum* (Croton)	50:50 (SC[3]:BIO + BC)*; 50:50 (SC[3]:BIO + CE)*	LOPES et al. (2018)
AB	*Hibiscus rosa sinensis* (Hibisco) e outras	10:90 (BIO + terra)	PAN et al. (2021)
AB	*Ixora chinensis* (Ixora) e outras	10:90 (BIO + terra)	PAN et al. (2021)
AB	*Lantana camara* (Lantana)	100% (BIO + casca de pupunha triturada – 1:2)*	BARONE et al. (2018)
AB	*Schefflera heptaphylla* (Cheflera) e outras	10:90 (BIO + terra)	PAN et al. (2021)
P	*Archontophoenix cunninghamiana* (Palmeira Seafortia)	60:40 (BIO: SC[4])	FERREIRA et al. (2021)
P	*Euterpe edulis* (Palmeira Juçara)	20:80; 40:60 (BIO: terra)	SOUZA et al. (2023)
P	*Syagrus romanzoffiana* (Palmeira Jerivá)	40:60; 60:40 (BIO: terra)	SOUZA et al. (2022a)

BIO – Biossólido; SC – Substrato Comercial; BC – Bagaço de cana; CE - Casca de eucalipto
[1]Composto à base de resíduos de podas de árvores
[2]Fertilizante granulado (N-P-K: 15-9-12) de liberação lenta
[3]SC - composição não informada
[4]SC - Carolina Soil®
* mistura compostada