

DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO DO CHORUME ORIUNDO DE COMPOSTAGEM E O SEU POTENCIAL COMO BIOFERTILIZANTE

MICROBIOLOGICAL DIAGNOSIS OF LEACHATE FROM COMPOSTING AND ITS POTENTIAL AS A BIOFERTILIZER

Diogo Bastos Elias¹
Carolina Modesto Barreto²
Evelyn Vitória Campos Alves³
Pedro Moreira de Sousa Junior⁴
Orivan Marques Teixeira⁵
Simone de Fátima Pinheiro Pereira⁶
Kelson do Carmo Faial⁷

Área Temática I: AGROECOLOGIA, AGRICULTURA FAMILIAR CAMPONESA E SOBERANIA ALIMENTAR

Modalidade: Artigo Científico

Resumo

O crescimento populacional tem gerado grandes impactos ambientais e sociais, tendo como consequência a geração e descarte inadequado de resíduos sólidos e orgânicos, os materiais sem destinação adequada acarretam em problemas ambientais e sanitários, tendo em vista a preocupação com a reciclagem e a saúde da população o presente trabalho apresenta soluções para a reciclagem correta de resíduos orgânicos provenientes da produção agrícola e alimentícia, transformando materiais em adubos orgânicos e biofertilizantes. A presente pesquisa aborda a compostagem como solução sustentável para o descarte adequado de resíduos orgânicos, e sua utilização como bioinsumo no ramo da agricultura, o material utilizado foi a casca da Mandioca (*Manihot esculenta*), resíduo encontrado em grande quantidade na região Norte do país, utilizando o método de compostagem de baldes para coleta do adubo orgânico e chorume, este último quando bem manejado pode atuar como fertilizante rico em nutrientes e microrganismos benéficos para o solo e para as plantas. A pesquisa analisa as características microbiológicas do chorume coletado na compostagem da casca da Mandioca (*Manihot esculenta*), a metodologia inclui diluição seriada, cultivo em ágar nutriente e coloração de Gram, tendo como resultados finais bactérias positivas de morfologia cocoide, com potenciais benéficos para o crescimento vegetal de plantas, fornecimento de nutrientes para o solo e auxílio na recuperação de áreas degradadas. As análises microbiológicas enfatizam o potencial benéfico do biofertilizante, porém com cuidados a serem tomados em relação ao monitoramento e manejo adequado do processo de compostagem, para obter produtos que tenham a capacidade de contribuir com a fertilidade do solo, a sustentabilidade da

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus de Capanema; diogobastos.dbb@gmail.com

² Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus de Capanema; carolfolha23@gmail.com

³ Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus de Capanema; evelyn.alves@discente.ufra.edu.br

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus de Capanema; pedro.junior@ufra.edu.br

⁵ Embrapa Amazônia Oriental; orivan.teixeira@embrapa.br

⁶ Universidade Federal do Pará – Campus Belém; simonefpp@gmail.com

⁷ Instituto Evandro Chagas; kelsonfaial@iec.gov.br

cadeia produtiva de resíduos orgânicos, a utilização adequada de bioinsumos e garantir a segurança da população.

Palavras-Chave: Compostagem, Casca de Mandioca (*Manihot esculenta*), Biofertilizante, Microrganismos, Sustentabilidade.

Abstract

Population growth has led to significant environmental and social impacts, particularly in the generation and improper disposal of solid and organic waste. Materials discarded without proper treatment cause environmental and health problems. In light of growing concerns about recycling and public health, this study presents sustainable alternatives for the correct recycling of organic waste from agricultural and food production, transforming it into organic compost and biofertilizers. This research explores composting as a sustainable solution for proper organic waste disposal and its use as a bioinput in agriculture. The material used was Cassava (*Manihot esculenta*) peel, a residue commonly found in large quantities in the Northern region of Brazil. The composting method involved a bucket system to collect both organic compost and leachate (liquid biofertilizer), the latter being a nutrient-rich product that, when properly managed, can benefit soil and plant health. The study analyzes the microbiological characteristics of the leachate obtained from Cassava (*Manihot esculenta*) peel composting. The methodology included serial dilution, cultivation in nutrient agar, and Gram staining. The final results revealed the presence of Gram-positive coccoid bacteria with potential benefits for plant growth, soil nutrient enrichment, and support in the recovery of degraded areas. The microbiological analysis highlights the biofertilizer's beneficial potential while emphasizing the importance of continuous monitoring and proper management of the composting process. These practices ensure the production of safe and effective inputs that contribute to soil fertility, the sustainability of organic waste chains, the appropriate use of bioinputs, and public health safety.

Key words: Composting, Cassava peel (*Manihot esculenta*), Biofertilizer, Microorganisms, Sustainability.

1. Introdução

O crescimento demográfico e a intensificação da produção de alimentos resultam em um aumento expressivo na geração de resíduos orgânicos, provenientes de fontes domésticas, agrícolas e urbanas. Quando descartados de forma inadequada, esses resíduos podem causar sérios impactos ambientais e sanitários, como a poluição de corpos hídricos e a proliferação de vetores de doenças. Com isso, a compostagem surge como uma alternativa sustentável de tratamento, permitindo a transformação dos resíduos orgânicos em fertilizantes. Um dos subprodutos desse processo, o chorume, tem despertado interesse por seu potencial de uso como biofertilizante, contribuindo para o reaproveitamento de nutrientes e a redução de impactos ambientais (Cruz et al., 2019; Gimenez et al., 2024).

O descarte descontrolado do chorume em locais inadequados pode desencadear diversos impactos negativos, como a poluição do solo, da água subterrânea, a liberação de odores e gases, além de favorecer a disseminação de doenças. Por outro lado, quando os resíduos

orgânicos são corretamente separados desde a origem, torna-se viável a sua transformação em fertilizantes naturais por meio de diferentes técnicas e escalas de compostagem (Brasil, 2018 apud Cruz et al., 2019).

Em diferentes realidades agrícolas, desde pequenas até grandes propriedades, há uma crescente atenção aos efeitos das práticas convencionais sobre a utilização dos recursos naturais, especialmente solo e água. Como alternativa, estudos vêm explorando métodos sustentáveis de adubação, destacando o uso de fertilizantes orgânicos. O chorume oriundo da compostagem, quando devidamente manejado, surge como uma solução eficiente para complementar a nutrição vegetal e minimizar perdas de nutrientes, promovendo o bom desenvolvimento de diversas culturas como grãos, hortaliças e leguminosas (Edmeades, 2003; Velasques et al., 2015; Barbosa et al., 2023).

Um dos principais aspectos que conferem valor ao chorume de compostagem é sua diversidade microbiológica. Segundo Heidemann (2006) apud Soares et al. (2021), os microrganismos presentes nesse subproduto exercem funções essenciais nos ecossistemas do solo, como a decomposição da matéria orgânica, a mineralização de nutrientes, a fixação biológica de nitrogênio e a supressão de organismos patogênicos. Por isso, a análise e identificação dessas comunidades microbianas são importantes para avaliar o potencial do chorume como biofertilizante e seus efeitos na qualidade do solo.

A utilização de resíduos orgânicos na fabricação de compostos orgânicos e fertilizantes para a agricultura pode, com o passar do tempo, reduzir a demanda por insumos industriais, auxiliando na conservação dos recursos naturais e fomentando um ambiente mais equilibrado. Restos de comida, esterco animal, cascas de frutas e verduras são alguns dos materiais orgânicos que podem ser utilizados para esse fim. Entre essas alternativas, este estudo enfatiza a casca de Mandioca (*Manihot esculenta*), um resíduo frequente no meio rural, porém pouco aproveitado na agricultura como fonte de nutrientes. Frequentemente, esse resíduo é descartado no solo ou usado apenas como suplemento na alimentação animal, sem que seu valor como matéria orgânica seja devidamente aproveitado (Santos et al, 2008; Silva et al., 2009).

O consumo da Mandioca (*Manihot esculenta*) é elevado na região amazônica, por ser um alimento básico da população. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a produção de Mandioca (*Manihot esculenta*) na Região Norte atingiu 3.769.677 toneladas, no estado do Pará no ano de 2023, com o principal produtor o município

do Acará. O grande volume de produção de raízes dirigidas ao consumo humano ocasiona na produção de grandes quantidades de resíduos, especialmente no beneficiamento da Mandioca (*Manihot esculenta*) para a produção de farinha artesanal, realizada pela agricultura familiar e pequenas agroindústrias. Os principais subprodutos deste processo são a casca da Mandioca (*Manihot esculenta*) e a manípueira que normalmente são descartados de maneira inadequada. Entretanto, existem soluções sustentáveis para a utilização destes resíduos, como a produção de adubo orgânico e biofertilizante (Bezzerra et al., 2017). O reaproveitamento dos resíduos orgânicos é uma alternativa de baixo custo para o descarte inadequado dos mesmos, para um desenvolvimento sustentável, e regeneração de áreas degradadas, podendo ser os métodos de fácil aplicação por agricultores e pela agricultura familiar, e conseqüentemente na agricultura de larga escala.

Diante desse contexto, a pesquisa tem como objetivo realizar uma análise qualitativa dos principais agentes microbiológicos presentes no chorume proveniente da compostagem de casca de Mandioca (*Manihot esculenta*), com intuito de avaliar o seu potencial como biofertilizante em prol de práticas agrícolas sustentáveis.

2. Metodologia

Esta pesquisa tem caráter experimental qualitativo, com intuito da investigação da(s) colônia (s) de bactéria(s) presente(s) no chorume oriundo do processo de compostagem apartir da casca de Mandioca (*Manihot esculenta*), utilizando como ferramenta analítica técnicas de isolamento em meio de cultura e observação microscópica.

2.1 Método de Compostagem

O método de compostagem utilizado na presente pesquisa foi a compostagem em recipiente, que consiste na decomposição dos resíduos orgânicos em recipientes fechados, ideal para pequenos espaços, alternativa para descarte adequado dos resíduos orgânicos produzidos em residências, escolas e condomínios, facilitando também a sua utilização por crianças, jovens e adultos.

Este modelo foi baseado no Manual de Compostagem do Instituto de Química de São Carlos da USP (Valim et al., 2022). A construção da composteira se dá através de três baldes empilhados (Figura 1), os recipientes utilizados tinham capacidade de 15kg, lavados e higienizados. Nas laterais dos baldes 1 e 2, são realizados furos para troca de oxigênio, e na tampa do balde 2 são feitas aberturas para troca de material da compostagem entre os recipientes

1 e 2. No vasilhame 3, são produzidos furos para a deposição do chorume que é liberado dos baldes 1 e 2. Após um mês de atividade da composteira, o chorume é liberado aos poucos no último compartimento, o qual foi coletado em recipiente de Polietileno Tereftalato (PET) e encaminhado para análise laboratorial na Universidade Federal Rural da Amazônia, campus Capanema.

Figura 1 - Modelo de composteira em recipiente.



Fonte: Acervo fotográfico dos autores (2025).

Segundo Siqueira (2016), a decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio sob determinadas condições de temperatura e umidade ocorre com a ação de milhares de microrganismos que atuam quebrando moléculas, liberando calor, gás carbônico e água, até resultar em um produto estável e rico em matéria orgânica, processo esse que ocorre dentro dos baldes, gerando os subprodutos que são o composto orgânico e o chorume, biofertilizante líquido.

2.2 Procedimentos Analíticos

Para a avaliação qualitativa, o chorume coletado proveniente da composteira, após o reabastecimento com os insumos (folhas secas, serragem e casca de Mandioca (*Manihot esculenta*)). Houve o preparo do Cultivo em Estado Sólido (CES) com o ágar nutriente, na proporção 8g - 286ml, para organismos que não necessitam de complementos nutricionais (Sandle, 2019). Posteriormente a solução passa por um processo de autoclavagem por 15 minutos a 121° C, em seguida é preparada as placas para inoculação, seguindo o protocolo proposto por Andrade et al., (2024) com adaptações para o contexto da pesquisa.

O procedimento de análise do chorume foi desenvolvido a partir da diluição seriada. No total, foram utilizados 5 tubos de ensaio, sendo que no primeiro continham 10ml do produto e nos outros continham 9 ml de água destilada. Pipetou-se 1ml do frasco com amostra, transferindo para os demais tubos contendo água destilada, conforme descrito por Fujimoto et al., (2014).

Para inoculação nas placas, retirou-se uma alíquota de 1ml dos tubos para cada placa (1^oA, 2^oA, 3^oA e 4^oA), executando o espalhamento do conteúdo com a alça de drigalski. Todas foram lacradas com papel filme e submetidas a aquecimento em estufa bacteriológica a 32°C por 24h, para formação das colônias, conforme indicado pelo protocolo de Clark (1965).

Para a coloração das bactérias, foi utilizado o método da coloração de Gram. Sendo os corantes: Cristal Violeta (60 segundos), Lugol (60 segundos), Descolorante (30 segundos) Fucsina fenicada (30 segundos) respectivamente. Após a montagem levou-se a lâmina para a visualização no microscópio do modelo (Motic BA310E) na objetiva de 100x conforme sugerido por Costa, Nogueira, Esteves, (2024).

2.3 Análise e Interpretação dos dados

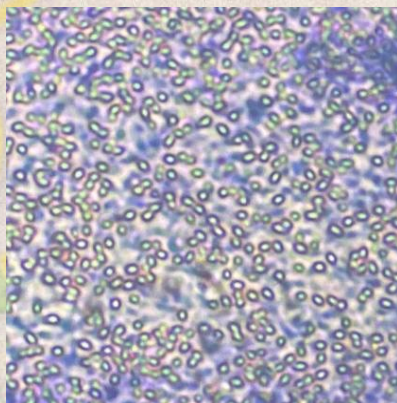
O chorume foi submetido à análise microbiológica, caracterizada pela avaliação de colônias crescentes no meio de cultura ágar em relação à coloração, formato e morfologia das células. Além disso, as lâminas coradas pelo método de Gram foram visualizadas por microscopia óptica para análise das características celulares predominantes. Os dados foram interpretados a partir de referenciais científicos sobre os efeitos agrônômicos das bactérias presentes no biofertilizante. A discussão apoiada em resultados laboratoriais e revisão da literatura possibilitou extrapolá-los para discutir implicações do uso desse biofertilizante para a agricultura (Francis et al., 2009).

3. Resultados e Discussões

A análise microscópica do chorume oriundo da compostagem de casca de Mandioca (*Manihot esculenta*) permitiu observar características morfológicas relevantes das bactérias presentes. A coloração obtida por meio da coloração de Gram revelou tonalidade violeta nas células bacterianas, indicando que se tratam predominantemente de bactérias Gram-positivas. Além disso, a avaliação da morfologia celular mostrou que essas bactérias apresentavam formato esférico, sendo classificadas como cocos. Esses microrganismos foram visualizados

principalmente em agrupamentos simples ou em pares, o que pode fornecer indícios sobre possíveis gêneros bacterianos presentes e sua dinâmica no ambiente do chorume.

Figura 2 – Visualização da 1ª placa (placa 1ªA) com os cocos Gram-positivos presentes no chorume, corados pelo método de Gram. Observação realizada em microscópio óptico Motic BA310E.



Fonte: Acervo fotográfico dos autores (2025).

Francis et al. (2009) destacam que, embora o impacto das bactérias Gram-positivas nas plantas seja menos explorado na literatura científica, sua relevância não deve ser desconsiderada. Essas bactérias se distinguem das Gram-negativas principalmente pela estrutura da parede celular, composta por uma espessa camada de peptidoglicano que envolve a membrana plasmática. Muitas espécies Gram-positivas apresentam pigmentação, são capazes de formar esporos, produzem diversos metabólitos secundários com atividade biológica e frequentemente adotam modos de vida especializados, características que podem ser bastante promissoras para aplicações no setor agrícola (Soni e Keharia, 2021).

Diante da identificação de bactérias Gram-positivas do tipo cocos no chorume, é importante discutir suas possíveis vantagens e desvantagens na agricultura, a fim de compreender melhor seu potencial e limitações como biofertilizante.

As bactérias promotoras do crescimento vegetal contribuem significativamente para o desenvolvimento das plantas por meio de diversos mecanismos, como a maior disponibilidade e absorção de nutrientes, redução da toxicidade do solo, liberação e regulação de fitohormônios, além de fornecerem nitrogênio e fósforo por meio de interações simbióticas. Embora sejam mais comuns na rizosfera e no rizoplane, também podem ser encontradas em outras partes da

planta, como a filosfera e os tecidos internos (Welbaum et al., 2004; Podile; Kishore, 2006; Kishore et al., 2005 apud Francis et al., 2009). Além de melhorar o rendimento agrícola, Bashan e Holguin (2002) afirmam que bactérias também desempenham um papel importante na recuperação de áreas degradadas, auxiliando na revegetação e no reflorestamento de solos empobrecidos ou contaminados.

Em muitos tipos de solo, os nutrientes minerais essenciais permanecem indisponíveis para as plantas, pois estão ligados a formas insolúveis. Os microrganismos podem aumentar a disponibilidade desses nutrientes ao liberar enzimas ou substâncias quelantes específicas. Por exemplo, o fósforo orgânico no solo costuma estar armazenado em compostos insolúveis, como o fitato de mio-inositol. Diversas bactérias Gram-positivas da rizosfera têm a capacidade de solubilizar esse fósforo por meio da produção de fitases ativas, facilitando assim a absorção desse nutriente pelas plantas (Jorquera et al., 2008 apud Francis et al., 2009).

Além disso, plantas podem estimular o crescimento de bactérias específicas degradadoras de poluentes em sua rizosfera por meio de exsudatos radiculares ricos em nutrientes, além de potencializar a capacidade microbiana de biodegradação ao secretar surfactantes fosfolipídicos que aumentam a disponibilidade dos poluentes orgânicos ou ao liberar metabólitos secundários que induzem a expressão de genes degradativos, processo conhecido como rizodegradação ou fitoestimulação (Pilon, 2005 apud Francis et al., 2009).

As plantas possuem mecanismos de defesa que podem ser ativados sistemicamente para reduzir doenças, como a resistência sistêmica adquirida e a resistência sistêmica induzida. Esta última pode ser estimulada por bactérias promotoras de crescimento vegetal. Entre essas, as Gram-positivas se destacam por sua capacidade de induzir resistência sistêmica, além de oferecerem outros benefícios agrônômicos, sendo promissoras para uso como bioinoculantes na agricultura (Francis et al., 2009).

4. Considerações Finais

A análise microbiológica do chorume evidencia que a comunidade da bactéria presente era predominantemente de bactérias Gram-positivas com morfologia cocóide, sugerindo um potencial funcional mais diversificado dessa comunidade. Como as bactérias Gram-positivas estão frequentemente associadas ao crescimento vegetal, à solubilização de nutrientes e à indução à resistência sistêmica, este resultado reforça o potencial de uso agrônômico do chorume, sendo necessário que o composto seja feito da forma correta e com o tempo ideal para

ser retirado da composteira. Caso contrário, o produto pode ter alguns riscos patológicos associados. Isso ressalta a importância de análises microbiológicas cuidadosas deste biofertilizante antes da aplicação, permitindo que os benefícios agrônômicos sejam emparelhados com formas seguras de manuseio, prezando pelo uso de boas práticas na compostagem.

5. Referências Bibliográficas

ANDRADE, Maria Gabriela Monteiro de Carvalho; AMORIM, Claudjane Batista; COSTA, Ester da Silva; FERRO, Luan Henrique da Silva; SILVA, Marcus Vinícius Santos; MELO, Pedro Henrique Mesquita. "Comparação entre meios de cultura para crescimento micelial do gênero *Fusarium*". **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 22, p. 1-5, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.28998/rca.22.18322>. Acesso em 16 maio. 2025.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. Gestão de Resíduos Orgânicos. Brasília: MMA, 2018.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Plant growth-promoting bacteria: a potential tool for arid mangrove reforestation. *Trees*, v. 16, p. 159–166, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-001-0152-4>. Acesso em: 9 maio. 2025

BARBOSA, N. M.; ROCHA, E. N. da. Effect of manure originating from the composting process on *Phaseolus vulgaris* culture. **Brazilian Journal of Science**, [S. l.], v. 2, n. 11, p. 51–59, 2023. DOI: 10.14295/bjs.v2i11.429. Disponível em: <https://periodicos.cerradopub.com.br/bjs/article/view/429>. Acesso em: 19 maio. 2025.

CLARK, D. S.. METHOD OF ESTIMATING THE BACTERIAL POPULATION ON SURFACES. **Canadian Journal Of Microbiology**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 407-413, 1 jun. 1965. Canadian Science Publishing. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1139/m65-054>. Acesso em: 16 maio. 2025.

COSTA, Renata Garcia; ESTEVES, Wagner Thadeu Cardoso; NOGUEIRA, Joseli Maria da Rocha. Principais métodos clássicos de coloração em bacteriologia: aplicações, técnicas, fundamentos e limitações. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, [S.L.], v. 56, n. 3, p. 183-

196, 2024. Revista Brasileira de Análises Clínicas. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.21877/2448-3877.202400198.pt>. Acesso em: 10 maio. 2025

CRUZ, R. F.; GERUDE NETO, O. J. A.; FREITAS, S. J. N.; RODRIGUES, J. B.; SILVA, D. L. L.. A aplicabilidade do chorume oriundo do processo de compostagem biofertilizante orgânico para agricultura sustentável. **Nature and Conservation**, v.12, n.3, p.37-48, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2019.003.0005>. Acesso em: 16 maio. 2025.

EDMEADES, D. C. (2003).The longterm effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. **Nutrient Cyclinc in Agroecosystems**,66, 165-180. <https://doi.org/10.1023/A:1023999816690>. Acesso em 23 maio. 2025.

EMBRAPA. Isolamento e Seleção De Bactérias Ácido-Láticas com Potencial Probiótico para Pirarucu.Aracaju,SE: Embrapa, 2014. (Embrapa. Comunicado Técnico, 148).
BEZERRA, Márcio GS et al. Cassava wastewater as organic fertilizer in ‘Marandu’grass pasture. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 404-409, 2017.

FRANCIS, I.; HOLSTERS, M.; VEREECKE, D. The Gram-positive side of plant-microbe interactions. **Environmental Microbiology**, v. 12, n. 1, p. 1–12, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2009.01989.x>. Acesso em: 17 maio. 2025.

GIMENEZ, V. U. .; GRAÇA, J. L. da .; COSTA, M. A. L. da .; MENNA JUNIOR, D.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. M. de .; HANAI-YOSHIDA, V. M. Compostagem em escala piloto para resíduos sólidos orgânicos gerando biofertilizantes sólidos e líquidos e material de forração. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. e1113345195, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i3.45195. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/45195>. Acesso em: 19 maio. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Produção agropecuária: mandioca – Pará*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mandioca/pa>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SANDLE, Tim. Selection and Application of Culture Media. Biocontamination Control For Pharmaceuticals And Healthcare, [S.L.], p. 103-123, 2019. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-814911-9.00007-9>. Acesso em: 23 maio. 2025.

SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: **ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 636 p.

SÃO PAULO. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. **Compostagem com Ciência**. São Paulo: USP, 2023. Disponível em: <https://sau.usp.br/wp-content/uploads/sites/646/2023/06/E-bookCompostagemComCiencia2.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SIQUEIRA, T.M.O.; ABREU, M.J. Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana. **Ciência e Cultura**, v.68, n. 4, p. 38-43, 2016.

SOARES, Vinícius Barão. SILVA, José Augusto Ferreira da. Resíduos orgânicos no Brasil: métodos de compostagem para pequenas comunidades rurais. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 06, Ed. 06, Vol. 01, pp. 156-195. Junho de 2021. ISSN:2448-0959. DOI :10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/metodos-de-compostagem. Acesso em: 24 maio 2025.

SUQUISAQUI, Ana Beatriz Valim et al. Manual de compostagem. Universidade de São Paulo. **Instituto de Química de São Carlos**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786587156095>. Acesso em 02 jun. 2025.

VELASQUES, F., BISPO, E. R., JÚNIOR, M. M. M., SANTOS, J. P. P., CONCEIÇÃO, J. C., & PIRES, M. R. (2015). Usinas de triagem, compostagem e tratamento de chorume: uma opção econômica e sustentável. **Revsiaata Augustus**, 65-75. <http://dx.doi.org/10.15202/10.15202/19811896.2015v20n39p65>. Acesso em: 15 maio 2025.