



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

MAYELLE MÁRCIA DA SILVA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE UMA EMPRESA DE
TERESINA PI**

TERESINA

2025

MAYELLE MÁRCIA DA SILVA SANTOS

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE UMA EMPRESA DE
TERESINA PI

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental
do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Teresina Central.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Anna Kelly Moreira da Silva.

TERESINA

2025

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE UMA EMPRESA DE TERESINA PI

Mayelle Márcia da Silva Santos Autor(a)¹
Anna Kelly Moreira (a) Orientador(a)²

RESUMO

Os resíduos orgânicos representam a maior parte dos resíduos gerados no Brasil, sendo produzidos em larga escala. Apesar do seu potencial de decomposição por organismos e bactérias através da compostagem, que transforma estes resíduos em composto orgânico rico em nutrientes, o desperdício deste material é um problema significativo. Quando descartados de forma inadequada, esses resíduos não retornam ao meio ambiente como fertilizante natural, essencial para melhorar a estrutura e a fertilidade do solo, além de aumentar o vigor e a produtividade das culturas. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar os critérios de processamento de compostagem adotados por uma empresa de Teresina, Piauí, verificando o seu atendimento à legislação ambiental vigente, e propondo alternativas sustentáveis para minimizar o desperdício e otimizar o processo. Os resultados demonstraram que a empresa não adota práticas ambientais e legalmente adequadas, evidenciando desperdício no potencial do composto devido a problemas como excesso de nitrogênio, temperatura inadequada, umidade excessiva, falta de ventilação e oxigenação, além da presença de larvas e alto volume de chorume, que geram maus cheiros e comprometem a qualidade do produto, tornando-o possivelmente contaminado ou ineficaz. Não há análise do composto produzido. Para resolver este problema, têm sido propostas soluções sustentáveis, como a utilização de aceleradores biológicos para acelerar a degradação e reutilização de resíduos líquidos, visando reduzir o desperdício e garantir um processo eficiente e amigo do ambiente.

Palavras-chave: resíduo sólido; composto orgânico; sustentabilidade.

ABSTRACT

Organic waste represents the majority of waste generated in Brazil, being produced on a large scale. Despite its potential for decomposition by organisms and bacteria through composting, which transforms this waste into nutrient-rich organic compost, the waste of this material is a significant problem. When discarded inappropriately, these residues do not return to the environment as natural fertilizer, essential for improving soil structure and fertility, in addition to increasing crop vigor and productivity. In this context, this work aimed to analyze the composting processing criteria adopted by a company in Teresina, Piauí, verifying its compliance with current environmental legislation, and proposing sustainable alternatives to minimize waste and optimize the process. The results demonstrated that the company does not

¹ Graduanda do Curso de Gestão Ambiental. IFPI Teresina Central. mayellemarcia@gmail.com

¹ Professora do Curso de Gestão Ambiental. IFPI Teresina Central. annakelly@ifpi.edu.br

adopt environmentally and legally appropriate practices, showing waste in the compost's potential due to problems such as excess nitrogen, inadequate temperature, excessive humidity, lack of ventilation and oxygenation, in addition to the presence of larvae and a high volume of leachate, which generate bad smells and compromise the quality of the product, making it possibly contaminated or ineffective. There is no analysis of the compound produced. To address this problem, sustainable solutions have been proposed, such as the use of biological accelerators to accelerate the degradation and reuse of liquid waste, aiming to reduce waste and ensure an efficient and environmentally friendly process.

Keywords: solid waste; organic compound; sustainability

Data de aprovação: 03/02/2025

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas têm exercido um impacto negativo crescente no meio ambiente, tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento, através do consumo excessivo e da expansão descontrolada das áreas urbanas que têm ocasionado uma variedade de problemas ambientais incluindo o aumento da má gestão de resíduos sólidos urbanos. (Marchi, 2020)

O Censo Demográfico de 2022 (IBGE, 2022), revelou que a população do Brasil ultrapassa os 203 milhões de habitantes, o que está diretamente ligado à necessidade de produzir alimentos e itens de consumo em larga escala. Consequentemente, isso resulta em uma significativa geração de resíduos sólidos urbanos.

A gestão inadequada desses resíduos sólidos urbanos pode gerar impactos negativos como a poluição do ar, da água e do solo, trazendo consequências prejudiciais tanto para o meio ambiente quanto para a qualidade de vida da população. (Reis, 2021)

O desperdício de alimentos é um dos fatores que mais contribui para a geração de resíduos. Nas últimas décadas, o crescimento acelerado da população mundial tem demandado um uso mais eficiente dos recursos orgânicos disponíveis. A gestão dos resíduos orgânicos ganha cada vez mais importância diante da crescente complexidade das questões ambientais, sociais e econômicas. Isso requer uma nova postura por parte dos governantes, da sociedade civil e das empresas privadas, que precisam buscar soluções conjuntas e eficazes para enfrentar o problema (Marchi, 2020).

Nessa perspectiva, a Lei 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece diretrizes e mecanismos para uma gestão integrada e sustentável

dos resíduos sólidos, abordando as responsabilidades dos geradores e do poder público, bem como os instrumentos econômicos aplicáveis.

A PNRS, em seu Art.3º, aborda a compostagem como uma forma tratamento ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos. Nesse contexto, a compostagem surge como uma alternativa para lidar com os resíduos orgânicos, proporcionando benefícios significativos em termos de redução de resíduos enviados para aterros sanitários, produção de adubo orgânico e redução das emissões de gases de efeito estufa associadas à decomposição anaeróbia.

A compostagem produz um composto, ou seja, adubo que é essencial para o solo na melhoria de sua estrutura e fertilidade, além de proporcionar às culturas um vigor extraordinário com aumento na sua produtividade (Eco Circuito, 2020).

Entretanto, para a fabricação do composto algumas técnicas são fundamentais para essa finalidade e a adoção da técnica mais viável para um adequado produto envolve avaliações de vários critérios que são considerados aceitáveis e para o controle de qualidade, conforme Resolução CONAMA 357/2006 e Resolução CONAMA 481/2017. Ressalta-se que alguns pátios de compostagem, mesmos licenciados não atendem aos requisitos estabelecidos pela legislação (Marques, 2023).

Para a obtenção de compostos orgânicos adequado e não contaminado, o processo de compostagem deve ser controlado, avaliando variáveis como temperatura, umidade, aeração e relação carbono/nitrogênio. Aliado a isso, ainda tem a geração do resíduo gerado para a fabricação do composto que deve ser analisado. Além disso, deve-se fazer análises físico-químicas e microbiológicas do composto maturado para que não cause problemas no solo, nas culturas e na saúde da população (Marchi, 2020).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo a analisar os critérios relacionados ao processamento de compostagem de uma empresa em Teresina-PI, com o propósito de avaliar o sistema no processo de transformação de resíduos sólidos orgânicos em composto orgânico, para com isso propor alternativas sustentáveis e viáveis ou otimização do processo.

Nesse sentido, pensando em viabilizar um tratamento e uma destinação ambientalmente adequada para os resíduos orgânicos e ainda gerar um composto orgânico de alta qualidade e sem contaminantes, com a ideia de melhorar o processamento da compostagem da empresa contribuindo assim, para a promoção de práticas mais eficazes e economicamente viáveis, justifica-se a realização deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO DO COMPOSTO ORGÂNICO

A compostagem consiste em um processo aeróbio de reciclagem e manejo de resíduos orgânicos que visa simular condições ótimas encontradas na decomposição natural da matéria orgânica, assegurando, ao mesmo tempo, a segurança da técnica. Para que a compostagem seja eficaz, é essencial monitorar fatores fundamentais, como a umidade, a temperatura, a ventilação (quantidade de oxigênio disponível) e o equilíbrio entre os nutrientes, especialmente carbono e nitrogênio. (Embrapa, 2021)

A produção do composto orgânico é o resultado de um processo controlado de decomposição de resíduos orgânicos, transformando-os em um material estável, rico em nutrientes e apto para uso como fertilizante natural.

A compostagem é dividida em três etapas fase mesofílica, onde o processo de decomposição da matéria orgânica começa gerando calor e vapor d'água, além de produzir ácidos e toxinas que permanecem por um breve período (CARVALHO, 2015). As temperaturas nesse estágio podem alcançar até 40°C e se manter por um período de 2 a 5 dias (OLIVEIRA et al., 2008). Fase termofílica, a fase de semicura ou bioestabilização é caracterizada pela degradação ativa, durante a qual o material atinge sua temperatura máxima, superando 40°C, e as reações bioquímicas ocorrem com maior intensidade. A duração dessa fase é influenciada por fatores como as condições ambientais, a natureza e a quantidade dos resíduos, a população microbiana e o equilíbrio de nutrientes (CARVALHO, 2015)

Fase de maturação, o período de estabilização resulta em um composto maduro, estabilizado e livre de toxicidade (OLIVEIRA et al., 2008), podendo durar de 30 a 60 dias (CARVALHO, 2015). Esse processo representa a transformação da matéria orgânica recente em húmus, um composto estabilizado que contém materiais orgânicos ricos, como ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, que possuem alto peso molecular. A estabilização é fundamental para garantir que o composto possa ser utilizado de forma segura, sem provocar impactos negativos ao meio ambiente. Quando realizada adequadamente, o composto final apresenta uma coloração escura e um odor semelhante ao da terra (SILVA et al., 2013).

2.1.1 Controle relação Carbono Nitrogênio (C/N)

As relações carbono/nitrogênio (C/N) exercem influência direta no tempo de maturação do composto orgânico, sendo determinadas pelo desenvolvimento e pelas necessidades dos microrganismos responsáveis pela decomposição. O carbono funciona como fonte de energia para as atividades metabólicas desses microrganismos, estando presente em materiais secos, como folhas secas, borra de café e serragem. Já o nitrogênio é essencial para a reprodução e o crescimento microbiano, sendo encontrado em materiais úmidos, como restos de legumes e esterco bovino.

Durante o processo de compostagem, aproximadamente dois terços do carbono são liberados para a atmosfera na forma de dióxido de carbono (CO_2), enquanto o terço restante se combina com o nitrogênio nas reações celulares, contribuindo para a formação do composto. A relação C/N considerada ideal varia entre 30:1 e 40:1, conforme apontado pela Embrapa (2009). Valores superiores a 50:1 são inadequados, pois os microrganismos consomem, em média, de 25 a 30 partes de carbono para cada parte de nitrogênio, o que pode desacelerar a decomposição.

Um excesso de carbono prolonga o tempo de maturação do composto, enquanto um excesso de nitrogênio resulta na liberação de amônia, gerando odores fortes e indesejáveis (Mussatto et al., 2011). Assim, o equilíbrio entre esses elementos é fundamental para a eficiência do processo.

2.1.2 Temperatura

Um dos fatores mais relevantes no processo de compostagem é a temperatura, que serve como indicador da eficiência do processo. Idealmente, ela deve se manter em torno de 55°C; temperaturas superiores a 65°C podem levar à morte dos microrganismos responsáveis pela degradação dos resíduos orgânicos, enquanto valores inferiores a 40°C podem favorecer a anaerobiose, resultando na produção de mau cheiro e chorume, o que compromete a qualidade do composto (Pereira Neto, 2010).

O controle da temperatura é realizado por meio de monitoramento constante, essencial para assegurar o equilíbrio térmico e validar as fases do processo em que a atividade biológica está otimizada (Bidone; Povinelli, 1999). Em casos de temperaturas excessivamente altas,

recomenda-se umedecer o composto; já em temperaturas baixas, é necessário revolver a pilha para melhorar a aeração.

O equilíbrio térmico na compostagem depende tanto do método empregado quanto das práticas adotadas para aeração das pilhas. A dinâmica do processo está intrinsecamente ligada ao manejo racional da temperatura, sendo o controle térmico um fator determinante para garantir a qualidade final do composto orgânico (Wang *et al.*, 2014).

2.1.3 Umidade do composto

A umidade é um fator essencial no processo de compostagem, pois a presença de água é indispensável para atender às necessidades fisiológicas dos microrganismos responsáveis pela decomposição. Assim, esse elemento deve ser mantido em equilíbrio, evitando que sua escassez ou excesso comprometa a eficiência do processo (Kiehl, 2001).

Para que o processo biológico da compostagem ocorra de maneira ideal, o teor de umidade deve situar-se, em média, em torno de 55%. Valores superiores a 65% podem ocupar os espaços vazios na massa de resíduos, reduzindo a aeração e favorecendo a anaerobiose, o que resulta na formação de chorume e mau cheiro. Por outro lado, níveis inferiores a 40% dificultam a atividade microbiana, diminuindo a velocidade de decomposição, uma vez que as células dependem de um meio aquoso para realizar suas reações metabólicas de forma eficaz (Valent *et al.*, 2009).

O controle da umidade deve ser contínuo e ajustado conforme necessário. Em casos de umidade excessiva, recomenda-se revolver a mistura e adicionar materiais secos, como cascas ou palhas, para melhorar a aeração da composteira, considerando as características dos materiais utilizados. Se a umidade estiver baixa, é indicado adicionar água ou materiais úmidos para corrigir o déficit (Kiehl, 2001).

2.1.4 Controle da aeração

O controle da aeração pode ser realizado de forma natural, por meio do revolvimento manual da massa, ou de maneira mecânica, através da injeção ou aspiração de ar. Esse processo é fundamental para regular a temperatura, minimizar a emissão de odores e assegurar o desenvolvimento eficiente da compostagem (Valente *et al.*, 2009).

O desenvolvimento periódico aumenta a superfície de contato do material com o ar, elevando os níveis de oxigênio disponíveis para os microrganismos presentes. Essa prática contribui para evitar o superaquecimento, acelerar a oxidação da matéria orgânica, reduzir odores indesejáveis e controlar o excesso de umidade durante a decomposição (Filogônio, 2020 *apud* Kiehl, 2004).

No início da compostagem, a aeração é especialmente importante, pois favorece a fase de degradação mais rápida, caracterizada por intensa atividade microbiana. Já na etapa de maturação, quando essa atividade se torna menos pronunciada, a necessidade de aeração diminui significativamente (Filogônio, 2020 *apud* Fernandes; Silva, 1999).

2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL SOBRE COMPOSTAGEM

2.2.1 Processo de Compostagem e Controle de Qualidade do Composto

O composto orgânico é reconhecido como uma fonte significativa de matéria orgânica e nutrientes essenciais para as plantas, contribuindo para a melhoria da qualidade do solo e o aumento da produtividade agrícola. No entanto, para garantir que seu uso seja seguro e eficaz, é necessário seguir critérios e procedimentos específicos estabelecidos por legislações ambientais e agrícolas.

A Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece diretrizes para a utilização de composto e seus derivados em áreas agrícolas. O objetivo principal é assegurar os benefícios agronômicos do composto, ao mesmo tempo em que se minimizam riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Entre os critérios destacados no Anexo 1 da resolução, está a necessidade de reduzir a atratividade do composto para vetores, como insetos e roedores, garantindo que o produto final seja seguro para aplicação no solo.

Complementarmente, a Resolução nº 481, de 3 de outubro de 2017, também do CONAMA, define parâmetros para o controle da qualidade ambiental durante o processo de compostagem. Essa resolução estabelece, entre outros requisitos, a obrigatoriedade de manter o composto em temperaturas elevadas por um período mínimo, a fim de reduzir a presença de agentes patogênicos. Além disso, exige o monitoramento diário da temperatura e a elaboração de relatórios técnicos para fiscalização pelos órgãos ambientais competentes. Outro critério importante é a relação carbono/nitrogênio (C/N) do composto final, que deve ser igual ou inferior a 20:1, garantindo a estabilidade e a maturidade do produto.

As unidades de compostagem devem adotar práticas que minimizem impactos ambientais, como a geração de lixiviados e a emissão de odores. Medidas de proteção ao solo, controle do recebimento e armazenamento de resíduos orgânicos, e a destinação adequada de resíduos sólidos e líquidos também são exigências fundamentais para o licenciamento e operação dessas unidades.

O Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, estabelece normas para a inspeção e fiscalização da produção e comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas. Esse decreto define padrões de qualidade e procedimentos para o registro e a comercialização desses produtos, garantindo que atendam aos requisitos técnicos e ambientais necessários para uso seguro na agricultura.

2.2.2 Comercialização do Composto

A comercialização do composto orgânico como insumo agrícola é regulamentada pela Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Essa normativa estabelece critérios para a produção, importação e comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, visando garantir a qualidade e a segurança desses produtos.

No Art. 1º, a Instrução Normativa determina que os fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes devem atender aos limites máximos de contaminantes estabelecidos nos Anexos I a V da norma. Esses limites incluem concentrações máximas permitidas para agentes fitotóxicos, patógenos (humanos, animais e vegetais), metais pesados tóxicos, pragas e sementes de ervas daninhas. O objetivo é evitar que o uso desses produtos cause danos ao solo, às plantas, aos animais e à saúde humana.

O Art. 2º estabelece que os estabelecimentos produtores ou importadores de fertilizantes e afins devem realizar controles periódicos das matérias-primas e dos produtos finais, monitorando a presença de contaminantes conforme os parâmetros da normativa. Além disso, esses controles devem ser complementados por outras exigências previstas em legislações específicas, como as normas ambientais e sanitárias.

A comercialização do composto orgânico, portanto, está sujeita a um rigoroso controle de qualidade, que abrange desde a seleção das matérias-primas até a distribuição do produto final. Esses mecanismos de fiscalização garantem que o composto seja seguro, eficaz e

ambientalmente adequado para uso na agricultura, promovendo práticas sustentáveis e alinhadas com os princípios da economia circular.

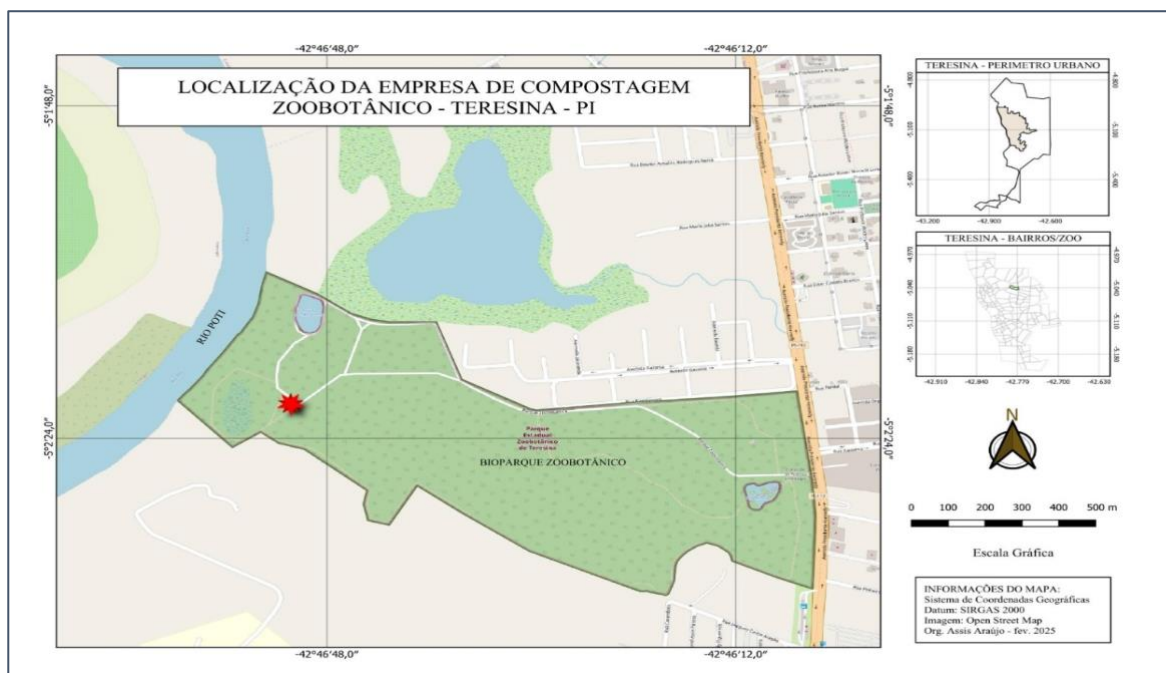
3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Teresina, a cidade mais populosa do Piauí, abrange uma área de 1.391 km² e possui, atualmente, 868.075 habitantes. Situada na região Nordeste do Brasil, a capital é dividida em cinco zonas: norte, sul, leste, sudeste e centro. No setor de serviços, destacam-se atividades como o comércio de veículos automotores e motocicletas, o comércio atacadista e varejista, o transporte e a venda de alimentos (IBGE, 2020). Essas atividades, especialmente em bares e restaurantes, têm contribuído para um aumento significativo na geração de resíduos sólidos orgânicos na cidade.

O estudo foi conduzido em uma microempresa de compostagem, um pequeno negócio formalmente registrado na Receita Federal. Fundada em 2021, localizada no Bioparque Zoobotânico, em Teresina, onde utiliza resíduos orgânicos para produzir composto orgânico por meio do processo de compostagem, conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1 – Localização da área de estudo (Empresa de compostagem)



Fonte: FAS, Araújo (2025)

Os serviços oferecidos pela microempresa podem ser contratados por meio de planos de assinatura, acessíveis através de um link disponibilizado no perfil do Instagram da empresa, que direciona os interessados diretamente às opções de planos e serviços. Para residências e restaurantes, há alternativas de coleta semanal, quinzenal ou mensal, além da possibilidade de entrega voluntária no ecoponto mantido pela microempresa.

A microempresa também mantém um perfil no Instagram, com mais de 3.000 seguidores e 210 publicações até o momento. Por meio dessa plataforma, ela divulga informações sobre o processo de compostagem realizado no local, ações promovidas, dicas práticas, resultados obtidos e outras iniciativas relacionadas às suas atividades.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A primeira etapa do estudo consistiu em uma pesquisa bibliográfica, realizada para embasar teoricamente o trabalho e compreender os fundamentos, técnicas e desafios associados ao processo de compostagem. Foram consultadas fontes científicas, como artigos, livros, dissertações, teses e normas técnicas, que abordam desde a gestão de resíduos orgânicos até os critérios de qualidade do composto final. Essa revisão permitiu identificar os principais parâmetros operacionais, como a relação carbono/nitrogênio, a temperatura, a umidade e a aeração, além de destacar práticas recomendadas para otimizar o processo.

Além disso, foram adotados os seguintes procedimentos para compreender o funcionamento do sistema de compostagem:

- Realização de uma entrevista com o responsável pelo pátio de compostagem;
- Uma visita técnica ao local para avaliação da operação do sistema;
- Uma análise ambiental das práticas realizadas;
- Verificação da qualidade do composto produzido para seu uso posterior.

O trabalho iniciou-se com uma entrevista semiestruturada conduzida com o responsável pelo pátio de compostagem. O objetivo foi coletar informações detalhadas sobre o funcionamento da empresa, incluindo aspectos como a licença de operação, os profissionais responsáveis pelas atividades e o fluxo operacional do sistema. Durante a conversa, foram abordadas todas as questões planejadas, como a origem dos resíduos sólidos processados – que incluíam restos de podas, resíduos orgânicos de feiras e sobras de alimentos – e a quantidade

média coletada mensalmente, estimada em cerca de 10 toneladas, dependendo da demanda e da sazonalidade.

Posteriormente, foi realizada uma única visita ao local, na qual se acompanhou de perto o processo técnico de operação do sistema de compostagem. Durante essa visita, observou-se o armazenamento inicial dos resíduos em áreas demarcadas, seguido pela disposição organizada em leiras no pátio.

No que diz respeito à avaliação ambiental, a visita também permitiu analisar as técnicas empregadas e os fatores externos que influenciam o processo de compostagem. O pátio, localizado a céu aberto, está sujeito à incidência direta de sol, chuva e vento, o que, segundo o responsável, pode acelerar ou retardar a decomposição dependendo das condições climáticas. Essa análise foi feita de forma visual e descritiva, com base nas explicações do responsável e nas condições observadas no dia.

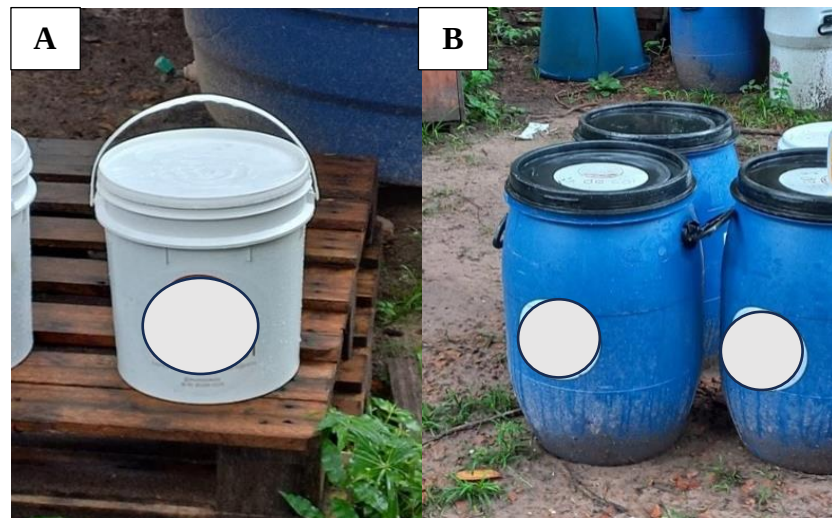
Por fim, a qualidade do composto resultante foi avaliada para verificar se atende aos critérios exigidos pela legislação ambiental. Durante a entrevista, o responsável informou que análises químicas e microbiológicas são realizadas semestralmente por um laboratório terceirizado, abrangendo parâmetros como teor de nutrientes, presença de patógenos e níveis de metais pesados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A visita ao campo de estudo da pesquisa permitiu observar as práticas de produção e as técnicas empregadas na fabricação do composto. Embora a microempresa de compostagem demonstre uma iniciativa relevante para o reaproveitamento de resíduos orgânicos, o processo ainda não é realizado com a eficácia necessária.

Diante disso, a empresa disponibiliza coletores específicos para a coleta de resíduos orgânicos, cujos modelos estão ilustrados na figura 1. O coletor destinado às residências é apresentado na Figura 1-A, enquanto o modelo utilizado em restaurantes é exibido na Figura 1-B. Atualmente, para a preparação do composto (adubo), o pátio de compostagem recebe cerca de 500 kg de resíduos orgânicos semanalmente, que são processados no local.

Figura 1 – Coletores de resíduos orgânicos para residências (A) e para restaurantes (B)



Fonte: Autora, 2024.

4.1 AVALIAÇÃO TÉCNICA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

4.1.1 Processo de produção do composto orgânico

A análise do método utilizado pela empresa demonstra a adoção de um sistema fechado em caixas d'água como abordagem principal para o processo de compostagem. Esse sistema, que se caracteriza por sua estrutura controlada, visa otimizar a decomposição de resíduos orgânicos, especialmente em espaços que podem ser limitados.

Semanalmente, o material é transferido de uma caixa para a seguinte, enquanto a primeira caixa é reabastecida com novos resíduos. O processo ocorre em um ciclo contínuo que envolve 12 caixas, de modo que, após 12 semanas, o composto atinge o estágio semicurado, estando praticamente pronto para uso (Figura 2).

Figura 2 – Caixas que realizam o processo de compostagem



Fonte: Autora, 2024.

O processo de preparação do material inicia-se na 1ª caixa, onde são adicionados materiais secos (serragem) e úmidos (frutas e verduras) em proporções iguais, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 – Composto no início do processo



Fonte: Autora, 2024.

A serragem, rica em carbono, e os resíduos de frutas e verduras, fontes de nitrogênio, são componentes essenciais para a compostagem. No entanto, a empresa não realiza o controle da relação carbono/nitrogênio (C/N), mantendo quantidades equivalentes de ambos os materiais. Essa falta de monitoramento pode comprometer a eficiência do processo e a qualidade do composto final.

A relação ideal de carbono/nitrogênio (C/N) para um processo de compostagem eficiente é de 30:1, conforme recomendado pela Embrapa (2009). Uma proporção inadequada pode gerar diversos problemas. Um excesso de carbono eleva a temperatura do composto, podendo eliminar os micro-organismos responsáveis pela decomposição e volatilizar parte do nitrogênio disponível.

Por outro lado, uma quantidade insuficiente de carbono não fornece energia suficiente para a atividade microbiana, retardando a degradação. Já o excesso de nitrogênio pode aumentar a umidade do composto, favorecendo a formação de chorume e o surgimento de larvas, enquanto uma quantidade insuficiente de nitrogênio dificulta a reprodução dos micro-organismos, atrasando o processo.

Na 6ª caixa, que representa a metade do processo, o material já se encontra em estágio avançado de degradação. Durante a visita, foi observada a presença de larvas e um odor característico (figura 4).

Figura 4 – Composto na metade do processo



Fonte: Autora, 2024.

Esses indicadores sugerem desequilíbrios no processo, possivelmente relacionados à relação C/N não controlada e ao manejo inadequado da temperatura e umidade. Apesar de não ter sido realizada a medição da relação C/N, da temperatura e umidade, as condições observadas no local como a presença de larvas e odor, por exemplo, pode estar associada ao excesso de nitrogênio, baixa temperatura e à alta umidade, além do acondicionamento incorreto e caixa mal tampada facilitando a entrada de insetos. O excesso de nitrogênio aumenta a umidade do composto, favorecendo o surgimento de larvas e odor. O odor pode ser resultado também da má oxigenação ou da decomposição anaeróbica.

Para garantir a eficiência do processo de compostagem, é essencial manter a temperatura e a umidade em níveis ideais, em torno de 55°C e 55%, respectivamente. Além disso, o controle da aeração é fundamental para preservar o equilíbrio térmico e evitar a liberação de odores indesejados (Valente *et al.*, 2009).

Quando a temperatura ultrapassa 65°C, ocorre a desnaturação das enzimas dos microrganismos decompositores, comprometendo sua atividade. Por outro lado, temperaturas abaixo de 40°C tornam o processo mais lento e não eliminam ovos e sementes viáveis, favorecendo a proliferação de larvas.

A umidade também desempenha um papel fundamental, pois níveis elevados podem levar à anaerobiose, resultando em odores desagradáveis, enquanto umidade abaixo de 40%

restringe a atividade microbiológica, prejudicando a degradação. Esses fatores parecem estar afetando o processo analisado, já que a presença de larvas e odores sugere temperaturas baixas, umidade excessiva e falta de aeração adequada.

Para corrigir esses problemas, é recomendável promover a oxigenação do composto, seja por meio de reviramento, furos nas caixas para evitar encharcamento ou pela adição de mais material seco (carbono) para equilibrar a umidade.

O monitoramento constante da temperatura, umidade e aeração é imprescindível para assegurar que o composto atinja o equilíbrio biológico necessário (Bidone e Povvinelli, 1999). A falta desse controle pode resultar em um produto de baixa qualidade ou até mesmo impróprio para uso.

Na 12ª caixa, o composto atinge o estágio semicurado, estando quase pronto, como apresentado na figura 5. O processo é cíclico: a cada semana, o material é transferido de uma caixa para a seguinte, enquanto a primeira caixa é reabastecida com novos resíduos.

Figura 5 – Composto orgânico na fase final



Fonte: Autora, 2024.

Com 12 caixas e 12 semanas de ciclo, o composto está próximo da finalização, demonstrando que, apesar dos desafios observados, o sistema possui potencial para ser aprimorado com ajustes nos parâmetros críticos mencionados.

Após ser retirado da 12ª caixa, o composto é disposto em leiras para passar pelo estágio de maturação, onde atinge o estado de composto curado, ou seja, completamente pronto para uso (Figura 6).

Figura 6 – Leira de maturação do composto orgânico



Fonte: Autora, 2024.

O material permanece nas leiras até que ser comercializado. Quando isso ocorre, é realizado o peneiramento, envase e assim então comercializado (Figura 7). No entanto, é importante destacar que nenhuma análise é realizada no composto final para verificar sua qualidade ou conformidade com padrões técnicos e legais.

Figura 7 – Produto pronto para a comercialização



Fonte: Autora, 2024.

Além da venda, parte do composto final é doada para os mensalistas, que são clientes ou parceiros que contribuem regularmente com a empresa. Essa prática, embora positiva em termos de responsabilidade social, não dispensa a necessidade de garantir a qualidade do produto ofertado.

Com base nas observações realizadas *in loco*, identificou-se que a empresa não adota controles técnicos adequados durante a operação do sistema de compostagem. Parâmetros críticos, como a relação carbono/nitrogênio (C/N), temperatura, umidade e aeração, não são monitorados de forma sistemática, o que pode resultar em um produto de qualidade inferior ou até mesmo contaminado.

Outro ponto preocupante é a ausência de análises no composto final, uma exigência legal que visa garantir a segurança e a eficácia do produto. A falta dessas análises impede a verificação de possíveis contaminantes, como metais pesados ou patógenos, além de comprometer a confiabilidade do composto para uso agrícola ou doméstico.

Para melhorar a qualidade do composto e atender às exigências legais, recomenda-se a implementação de práticas de monitoramento e controle dos parâmetros essenciais do processo, como a relação C/N, temperatura, umidade e aeração. Além disso, é fundamental realizar análises periódicas no composto final, garantindo que ele esteja livre de contaminantes e atenda aos padrões de qualidade estabelecidos. Essas medidas não apenas agregariam valor ao produto, mas também fortaleceriam a credibilidade da empresa perante seus clientes e o mercado.

4.2 AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM

Para assegurar a eficácia do processo de compostagem, é fundamental selecionar um local apropriado para a instalação do sistema. O espaço deve ser de fácil acesso, com uma combinação equilibrada de sol e sombra, ventilação adequada e proteção contra infiltrações de água da chuva. A exposição excessiva ao sol pode secar os resíduos e comprometer a atividade dos microrganismos, enquanto a sombra em demasia pode elevar a umidade, atrasando o processo.

Na empresa analisada, o processo de compostagem é realizado em um sistema fechado, utilizando caixas d'água cobertas e expostas ao sol. A cobertura evita a incidência excessiva de luz solar, mas também impede a ventilação adequada, resultando em baixa oxigenação. Essa falta de aeração pode ter contribuído para temperaturas abaixo do ideal e umidade elevada, fatores que explicam o aparecimento de larvas, a produção excessiva de chorume e o odor desagradável. Apesar disso, a base de tábuas sob as caixas protege contra infiltrações de água da chuva, um aspecto positivo do sistema.

O chorume gerado no processo é descartado semanalmente em um Tanque de Evapotranspiração, com dimensões de 2 x 1 x 1,5 metros, composto por pneus, brita, areia e bananeiras, de acordo com a figura 8.

Figura 8 – Tanque de evapotranspiração



Fonte: Autora, 2024.

Esse sistema representa uma solução simples e eficaz para o tratamento do líquido, utilizando plantas no processo. O tanque de evapotranspiração é uma alternativa viável aos métodos tradicionais de tratamento, funcionando como uma câmara de digestão anaeróbia na parte inferior e como um banhado de fluxo subsuperficial nas camadas intermediária e superior (Galbiati, 2009 apud Costa, 2014). Em condições ideais, o efluente é totalmente absorvido e evapotranspirado pelas plantas, eliminando a necessidade de tratamento adicional.

Além disso, os biofertilizantes são produtos resultantes da decomposição de materiais orgânicos, contendo células vivas ou latentes de microrganismos. Sua composição química varia conforme o método de preparo, o tempo de decomposição, a população microbiológica, a temperatura, o pH e a matéria-prima utilizada (Borges, 2022). Eles são produzidos por meio de digestão anaeróbia (em sistema fechado) ou aeróbia (em sistema aberto), com o objetivo de aumentar a disponibilidade de nutrientes e microrganismos benéficos.

Em relação à avaliação ambiental, observou-se que o sistema de compostagem da empresa apresenta falhas críticas, como a falta de ventilação e oxigenação nas caixas d'água, o que favorece o surgimento de larvas, a produção excessiva de chorume e a geração de mau cheiro. Esses problemas comprometem a qualidade do composto final, agravados pela ausência de análises para verificar a conformidade do produto com padrões técnicos e legais.

Por outro lado, o tratamento do chorume no tanque de evapotranspiração é um ponto positivo, demonstrando que a empresa adota práticas sustentáveis para o manejo desse resíduo. No entanto, para melhorar a eficiência do processo como um todo, recomenda-se a implementação de medidas como a aeração adequada das caixas, o controle rigoroso da umidade e da temperatura, e a realização de análises periódicas no composto final. Essas ações garantiriam um produto de maior qualidade, alinhado às exigências legais e às boas práticas de compostagem.

4.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO COMPOSTO MATURADO

Verificou-se que a empresa não realiza análises do composto final, uma etapa crucial para garantir a qualidade e a segurança do produto. Um composto maturado de boa qualidade deve passar por avaliações físico-químicas que determinem parâmetros como umidade, pH, teor de fósforo total, concentração de nitrato e nitrogênio total, teor de ácido húmico e teor de cinzas. Esses parâmetros são essenciais para assegurar que o composto atenda aos padrões necessários para uso agrícola ou doméstico.

Além das análises físico-químicas, é fundamental realizar avaliações microbiológicas, que permitem verificar a eficácia do processo de compostagem. Os microrganismos desempenham um papel vital na transformação de resíduos orgânicos em um produto final estável e rico em matéria orgânica. A ausência dessas análises na empresa pode resultar em um composto inadequado ou até mesmo contaminado, comprometendo sua utilidade e segurança. Essas análises podem ser realizadas em laboratórios especializados, como o Centro de Análises de Solos (CAS) da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Outro ponto crítico é a utilização de composto que não atingiu a maturação adequada. O uso prematuro do composto pode levar à imobilização do nitrogênio no solo por microrganismos, reduzir a concentração de oxigênio e aumentar a solubilidade de metais pesados, criando um ambiente desfavorável para o crescimento das plantas. Além disso, compostos imaturos podem emitir odores desagradáveis, prejudicar a germinação de sementes e afetar negativamente o desenvolvimento vegetal. Portanto, a avaliação do grau de maturação do composto é uma etapa indispensável, sendo alvo de diversos estudos que propõem critérios específicos para essa verificação.

4.4 ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS E VIÁVEIS PARA A REALIZAÇÃO DO PROCESSO ADEQUADO

Uma alternativa sustentável e viável para otimizar o processo de compostagem é a utilização de micro-organismos eficazes (EM), também conhecidos como micro-organismos eficientes. Esses organismos, encontrados naturalmente em solos férteis e em plantas, incluem leveduras (como *Saccharomyces*), actinobactérias, bactérias produtoras de ácido lático (como *Lactobacillus* e *Pediococcus*) e bactérias fotossintéticas. Esses micro-organismos, classificados como regenerativos, desempenham um papel fundamental na agricultura, melhorando as propriedades do solo, produzindo substâncias orgânicas benéficas para as plantas e gerando hormônios e vitaminas por meio de seus processos metabólicos (Martins *et al.*, 2017).

A introdução de micro-organismos eficazes (EM) no processo de compostagem traz diversas vantagens. Eles aceleram a decomposição da matéria orgânica, reduzindo o tempo necessário para a maturação do composto e minimizando a produção de odores desagradáveis. Além disso, o composto enriquecido com EM apresenta maior concentração de nutrientes e uma quantidade significativa de micro-organismos benéficos, o que melhora sua qualidade e eficácia como fertilizante. De acordo com a Fundação Mokiti Okada (1998), recomenda-se a aplicação de 1 litro de EM para cada metro cúbico de composto, uma proporção que otimiza os resultados sem aumentar significativamente os custos (Martins *et al.*, 2017).

Outra alternativa que promove um composto final de boa qualidade é a realização do monitoramento dos parâmetros que intercederem no processo, pós caso alguma deles seja realizado de maneira incorreta, o resultado final do composto pode ser negativo, e é importante ressaltar que o uso de composto não maturado pode trazer problemas, como a imobilização do nitrogênio disponível no solo pelas micro-organismos e a diminuição da concentração de oxigênio, o que cria um ambiente redutor. Esse ambiente pode aumentar a solubilidade de metais pesados. Além disso, o composto não maturado pode gerar odores desagradáveis, inibir a germinação das sementes e prejudicar o crescimento das plantas (Johnson; Grawford, 1993 *apud* Santos, 2007). Por isso, avaliar o grau de maturação do composto é fundamental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do processo de compostagem realizado pela empresa demonstrou pontos positivos, como a utilização de um sistema fechado em caixas d'água, que protege contra infiltrações de água da chuva, e a implementação de um tanque de evapotranspiração para o tratamento do chorume, uma solução sustentável e eficaz.

No entanto, foram identificados fatores significativos que comprometem a qualidade e a eficiência do composto final. A falta de controle de parâmetros críticos, como a relação carbono/nitrogênio (C/N), temperatura, umidade e aeração, aliada à ausência de análises físico-químicas e microbiológicas, resulta em um produto que pode não atender aos padrões de qualidade e segurança necessários.

A introdução de práticas como o monitoramento rigoroso dos parâmetros do processo, a aeração adequada e a utilização de micro-organismos eficazes (EM) pode otimizar a compostagem, reduzindo o tempo de maturação, minimizando odores e melhorando a qualidade do composto. Além disso, a realização de análises periódicas no composto final, em parceria com laboratórios especializados, é essencial para garantir a conformidade com as normas técnicas e legais, bem como a segurança do produto para uso agrícola ou doméstico.

A empresa demonstra potencial para se tornar uma referência em práticas sustentáveis de compostagem, mas é fundamental investir em melhorias técnicas e no controle de qualidade. A adoção de alternativas viáveis pode transformar os desafios atuais em oportunidades para produzir um composto de alta qualidade, alinhado aos princípios da gestão ambiental responsável. Essas medidas não apenas agregariam valor ao produto, mas também fortaleceriam a credibilidade da empresa no mercado, contribuindo para um impacto positivo no meio ambiente e na sociedade.

REFERÊNCIAS

BRASIL (2010) **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências** Brasília: Diário Oficial da União.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos**: manual de orientação. Brasília, DF: MMA, 2017.

CABRAL, Ana Silva. **Avaliação de fatores para a implantação de sistemas de evapotranspiração para o tratamento de efluentes**. Volta redonda: Instituto federal fluminense, 2022.

CIRCUITO, Eco. **Lixo orgânico: Desafios para a gestão de resíduos no Brasil**. Eco circuito, 2020. Disponível em: <https://ecocircuito.com.br/desafio-lixo-organico/>

FIGUEIREDO, I. C. S.; BARBOSA, A. C.; MIYAZAKI, C. K.; SCHNEIDER, J.; COASACA, R. L.; MAGALHÃES, T. M.; TONETTI, A. L. **Bacia de Evapotranspiração (BET): uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto de vaso sanitário**. Universidade Estadual de campinas sistema de bibliotecas da UNICAMP, 2019.

FILOGÔNIO, Isabella Castro. **Uso de inoculantes biológicos de compostagem em pequena escala**. Vitória: Instituto federal do espírito santo, 2020.

INÁCIO, Caio Teves. **Compostagem de restos de alimentos com aparas de grama e esterco de animais: monitoramento do processo**. Rio de janeiro: Embrapa, 2010.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de Evapotranspiração**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. 2009.

GALDINO, Fábio Willian et al. **Impactos ambientais: descarte irregular de resíduos sólidos urbanos gerados pela população de residências convencionais em Porto velho/RO**. Porto velho: Revista ft, 2023.

MARCHI, Cristina Maria. **Compostagem importância na reutilização de resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior**. Santa Maria: Ver.monogr.ambient, 2020.

MARTINS, Guilherme Reis et al. **Planejamento de pátio de compostagem e aceleradores do processo**. São Domingos: Escritório da escola de engenharia e design, 2017.

MORAES, Taciane Pupo. **Estudo de aspectos físicos-químicos da compostagem á base de casca de mandioca**. Medianeira: Universidade tecnológica do Paraná, 2014.

MOTA, Nádia Carolina. **Compostagem orgânica como possibilidade metodológica de educação ambiental no ensino de ciências:uma revisão de literatura**. Alegre: IFES, 2022.

SANTANA, Maria José. **Construção de uma sequência didática sobre resíduos orgânicos e compostagem para trabalhar saúde e meio ambiente**. Vitória de santo antão: UFPE, 2022.