

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Evany dos Santos de Araujo

**VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ALIMENTOS: COMPARAÇÃO ENTRE OS
PROCESSOS DE COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM EM
COMPOSTEIRA UNIFAMILIAR**

Maceió

2023

Evany dos Santos de Araujo

**VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ALIMENTOS: COMPARAÇÃO ENTRE OS
PROCESSOS DE COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM EM
COMPOSTEIRA UNIFAMILIAR**

Plano de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Professora Dra. Daniele Vital Vich.

Coorientadora: Professora Dra. Ivete Vasconcelos L. Ferreira.

Maceió

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

A663v Araujo, Evany dos Santos de.

Valorização de resíduos de alimentos : comparação entre os processos de compostagem e vermicompostagem em composteira unifamiliar / Evany dos Santos de Araujo. – Maceió, 2023.

62 f. : il., grafs. e tabs. color.

Orientadora: Daniele Vital Vich.

Co-orientadora: Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira.

Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 57-62.

1. Resíduos orgânicos. 2. Vermicompostagem. 3. Biodegradação. 4. Bioprocessos. I. Título.

CDU: 628.4

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as inúmeras bênçãos que tenho recebido ao longo da minha jornada de graduação.

A minha amada mãe, Sebastiana, ao meu pai, Edmilson, e aos meus irmãos, Maria Erika e Evenson Lucas, pelo incrível esforço e pelo amor incondicional que demonstraram. Foi graças a vocês que consegui realizar mais um sonho, e estou profundamente grata por tudo.

Ao meu namorado Ivan Júnior, quero expressar minha gratidão por todos os incentivos, orientações e por acreditar em mim.

Aos meu fiéis companheiros de quatro patas, Nick e Tampinha. Seus carinhos e lealdade inabaláveis tornaram os momentos de trabalho árduo mais leves e as pausas mais alegres.

Aos meus amigos, Vitor, Jaíne e Jaqueline, minha gratidão por estarem ao meu lado durante esta jornada e por trazerem alegria aos meus dias mais difíceis.

A minha professora e orientadora, Daniele, quero expressar minha profunda gratidão por todas as oportunidades na área de pesquisa acadêmica e também pelos ensinamentos, apoio e ajuda neste trabalho. Graças à sua inspiração e dedicação, este projeto se tornou ainda mais significativo e impactante.

A professora e coorientadora, Ivete, desejo minha sincera gratidão por sua contribuição valiosa ao aceitar e apoiar este trabalho, e pelo auxílio necessário para execução desse trabalho.

A banca avaliadora, que desempenhou um papel fundamental no progresso deste trabalho de conclusão de curso por meio de suas sugestões e colaboração de pensamentos. A realização bem-sucedida desta pesquisa não teria sido possível sem a vossa valiosa contribuição.

Aos respeitáveis professores do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), desejo expressar minha mais sincera gratidão por todos os valiosos ensinamentos que recebi ao longo de minha trajetória acadêmica.

RESUMO

A crescente geração de resíduos orgânicos representa um desafio ambiental e logístico significativo em nossas sociedades modernas. Sobras de alimentos, resíduos verdes e madeira compõem uma parcela considerável dos resíduos sólidos, e seu descarte inadequado pode levar a uma série de problemas. No entanto, a compostagem se destaca como uma solução eficaz para lidar com essa questão. O processo pode utilizar uma variedade de resíduos orgânicos, também é uma alternativa barata e não requer muito espaço para funcionar. Relacionado à compostagem está a vermicompostagem, onde o processo é realizado através da decomposição da matéria orgânica usando minhocas e microrganismos. A compostagem pode ser feita especialmente em recipientes como bombonas, que podem ser feitas em casa. Este método de compostagem domiciliar visa tratar os resíduos orgânicos na fonte em pequena escala. Apesar de pouco popular no Brasil, é um grande aliado no descarte de resíduos sólidos. Diante das questões levantadas, o objetivo deste estudo será comparar a eficiência da compostagem e vermicompostagem em equipamentos de compostagem doméstica e determinar qual é o mais viável e como podem promover a diminuição da poluição e contribuir com o descarte de resíduos sólidos. Como fase preliminar deste estudo, conduziu-se uma busca na base de dados Scopus a fim de identificar trabalhos publicados sobre a compostagem. Assim, um total de 119 artigos foi empregado na revisão da literatura, onde se identificaram estudos pertinentes. Adicionalmente, realizou-se uma análise bibliométrica com o intuito de avaliar os padrões e tendências intrínsecas nos trabalhos utilizados como base teórica. No desenvolvimento da composteira doméstica, empregaram-se duas bombonas plásticas de 20 litros, totalizando um volume de 0,02 m³. Os parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados abrangeram a densidade, temperatura, umidade, pH e capacidade de germinação. Os resultados revelaram que a análise bibliométrica identificou as tendências predominantes na pesquisa e ofereceu direcionamentos valiosos para investigações mais detalhadas nos tópicos correlatos. Ambos os compartimentos da composteira demonstraram um aumento na densidade ao longo do processo de compostagem. As temperaturas permaneceram na faixa mesofílica. Os níveis de umidade estiveram em conformidade com os padrões, com o compartimento superior atingindo aproximadamente 60,2%. Ainda que os valores de pH tenham flutuado, mantiveram-se dentro das faixas esperadas (7,5 a 8,5) para a compostagem e (6,5 a 8,5) para a vermicompostagem. Testes de germinação ressaltaram o potencial de concentrações mais baixas de chorume e a qualidade do composto no compartimento superior. A produção de líquido orgânico coincidiu com a completa decomposição dos resíduos da cozinha e a presença de minhocas grávidas. Possíveis melhorias abrangem a fragmentação prévia da serragem, uma gestão mais eficaz do chorume e investigações contínuas para avaliar a compostagem em um horizonte de longo prazo e a evolução do composto resultante.

Palavras-chave: resíduos orgânicos, composteira artesanal, degradação, bioprocessos.

ABSTRACT

The increasing generation of organic waste represents a significant environmental and logistical challenge in our modern societies. Leftover food, green waste, and wood make up a considerable portion of solid waste, and improper disposal can lead to a range of issues. However, composting stands out as an effective solution to address this issue. The process can utilize a variety of organic waste, is a cost-effective alternative, and does not require much space to operate. Related to composting is vermicomposting, where the process is carried out through the decomposition of organic matter using worms and microorganisms. Composting can be especially done in containers such as barrels, which can be made at home. This method of home composting aims to treat organic waste at the source on a small scale. Despite being less popular in Brazil, it is a significant ally in solid waste disposal. Given the issues raised, the objective of this study is to compare the efficiency of composting and vermicomposting in domestic composting equipment and determine which is more viable and how they can promote pollution reduction and contribute to solid waste disposal. As a preliminary phase of this study, a search was conducted in the Scopus database to identify published works on composting. A total of 119 articles were used in the literature review, where relevant studies were identified. Additionally, a bibliometric analysis was performed to evaluate the inherent patterns and trends in the works used as theoretical bases. In the development of the home composter, two 20-liter plastic barrels were used, totaling a volume of 0.02 m³. The physical-chemical and biological parameters evaluated included density, temperature, humidity, pH, and germination capacity. The results revealed that the bibliometric analysis identified the predominant trends in research and provided valuable guidance for more detailed investigations in related topics. Both compartments of the composter showed an increase in density throughout the composting process. Temperatures remained in the mesophilic range. Humidity levels were in compliance with standards, with the upper compartment reaching approximately 60.2%. Although pH values fluctuated, they remained within the expected ranges (7.5 to 8.5) for composting and (6.5 to 8.5) for vermicomposting. Germination tests highlighted the potential of lower concentrations of leachate and the quality of the compost in the upper compartment. The production of organic liquid coincided with the complete decomposition of kitchen waste and the presence of pregnant worms. Possible improvements include the prior fragmentation of sawdust, more effective management of leachate, and ongoing research to evaluate composting over the long term and the evolution of the resulting compost.

Keywords: organic waste, homemade composter, degradation, bioprocesses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfil da temperatura de compostagem.	21
Figura 2: Organização esquemática do trabalho.	28
Figura 3: Resíduos alimentares coletados na lanchonete do CTEC.	30
Figura 4: Serragem utilizada.	30
Figura 5: Substrato de manutenção de minhocas.	31
Figura 6: Representação visual da estruturação da composteira.	32
Figura 7: Acoplamento da tampa da bombona inicial no seu interior (a) e (b), tampa da bombona inicial posicionada em seu interior (c), introdução da segunda bombona na inicial (d).	33
Figura 8: Encaixe final e configuração final da composteira.	34
Figura 9: Trituração manual dos resíduos de alimentos.	35
Figura 10: Quantidade de materiais empregados para o preenchimento da composteira.	36
Figura 11: Composteira no ambiente externo do laboratório.	37
Figura 12: Termômetro digital para registo da temperatura.	38
Figura 13: Placas incubadas na estufa (a) e sementes germinadas na placa de Petri (b).	40
Figura 14: Becker e balança empregados no experimento.	41
Figura 15: Acumulado do número de publicações por ano.	42
Figura 16: Autores que mais publicaram.	43
Figura 17: Mapa - Número de países por ano.	44
Figura 18: Rede de palavras-chave utilizadas pelos autores nas publicações.	45
Figura 19: Gráfico de temperatura do processo de compostagem.	47
Figura 20: Monitoramento da umidade (a) e do pH (b) ao longo da pesquisa.	50
Figura 21: Composto no início do experimento na composteira (a) e amostra do composto ao final do experimento (b).	53
Figura 22: Minhocas Californianas (<i>Eisenia fetida</i>).	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fatores que afetam o composto de resíduos orgânicos.....	18
Tabela 2: Parâmetros físico-químicos e biológicos e suas frequências.	37
Tabela 3: Os 15 países que mais publicaram.	44
Tabela 4: Resultados obtidos de densidade no início do experimento.....	46
Tabela 5: Resultados obtidos de densidade ao final do experimento	46
Tabela 6: Volumes inicial e final das composteiras.	47
Tabela 7: Quantidade de sementes que germinaram ao utilizar o chorume bruto com diluições de 25%, 50%, 75% e 100%.....	51
Tabela 8: Quantidade de sementes que germinaram ao utilizar o composto resultante das composteiras no teste de germinação.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ARGs - Genes Resistentes a Antibióticos

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CCEA - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária

C/N - Relação Carbono/Nitrogênio

CTEC - Centro de Tecnologia

EMRO - EM Research Organization

LSA - Laboratório de Saneamento

NT - Nitrogênio Total

pH - Potencial Hidrogeniônico

PLANARES - Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PT – Fósforo Total

RU - Restaurante Universitário

STV - Sólidos Totais Voláteis

UFAL - Universidade Federal de Alagoas

USP - Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

$\text{NO}_3\text{-N}$ – Nitrogênio Nitrato

H_2O – Água

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. OBJETIVO GERAL	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1. COMPOSTAGEM.....	17
3.2. VERMICOMPOSTAGEM	18
3.3. PRINCIPAIS PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A COMPOSTAGEM	19
3.3.1. RELAÇÃO C/N	19
3.3.2. UMIDADE	20
3.3.3. TEMPERATURA	21
3.3.4. AERAÇÃO	22
3.3.5. ÍNDICE pH	22
3.3.6. RESÍDUOS UTILIZADOS	23
3.4. COMPOSTAGEM DOMICILIAR.....	23
3.5. EXPERIÊNCIAS DO USO DA COMPOSTAGEM PARA O BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS.....	24
3.5.1. UTILIZAÇÃO DA COMPOSTAGEM PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS	24
3.5.2. EFEITOS DAS MINHOCAS NA COMPOSTAGEM	25
3.5.3. AVALIAÇÃO DE RISCO EM RESÍDUOS NA COMPOSTAGEM	26
3.5.4. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS VERDES	26
4. MATERIAIS e MÉTODOS	28
4.1. ETAPA PRELIMINAR.....	28
4.2. MONTAGEM DO PROTÓTIPO.....	29
4.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	29
4.2.2. MONTAGEM DA COMPOSTEIRA	31
4.2.3. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
5.1. RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	42
5.1.1. NÚMERO DE PUBLICAÇÕES POR ANO	42
5.1.2. PRINCIPAIS AUTORES	43
5.1.3. PAÍSES E REGIÕES	43
5.1.4. PALAVRAS-CHAVE	45
5.2. MONITORAMENTO DO PROCESSO DA COMPOSTAGEM.....	45
5.2.1. DENSIDADE	45
5.2.2. TEMPERATURA	47

5.2.3.	UMIDADE E ÍNDICE pH	48
5.2.4.	GERMINAÇÃO	50
5.2.5.	CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO FINAL	52
6.	CONCLUSÕES.....	55

1. INTRODUÇÃO

A geração excessiva de resíduos sólidos é um dos grandes desafios da sociedade moderna. Essa quantidade de resíduos produzidos está relacionada principalmente ao padrão de consumo, estilo de vida e os valores da população. Dessa forma, surge a necessidade de implementar medidas sustentáveis para o reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos. Segundo dados do Panorama de Resíduos Sólidos da ABRELPE (2022), a estimativa de produção de resíduos sólidos no Brasil no ano de 2022 foi de 81,8 milhões de toneladas geradas, correspondendo a 224 mil toneladas diárias.

Desses resíduos gerados a fração orgânica é a que se destaca. Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), os resíduos recicláveis correspondem a 33,6%, compostos principalmente por plásticos (16,8%), papel e papelão (10,4%), vidros (2,7%), metais (2,3%), e embalagens multicamadas (1,4%). Ainda existem outros resíduos que somam 21,1 %, onde os resíduos têxteis, couros e borrachas representam 5,6 % e os rejeitos, compostos principalmente por resíduos sanitários, somam 15,5%. Nesse contexto, os resíduos orgânicos representam 43,3%, composto por sobras e resto de alimentos, resíduos verdes e madeira. Destarte, fica claro que a geração de resíduos orgânicos é um dos principais desafios a se enfrentar em relação à gestão dos resíduos sólidos (PLANARES, 2022).

Outro ponto que vem chamando atenção é a problemática da destinação final. Muitos são descartados de forma inadequada, a céu aberto, em lixões e aterro controlado, o que acarreta em vários problemas sanitários, proliferação de vetores, emissão de gases do efeito estufa e lixiviação que pode contaminar os corpos receptores. O aterro sanitário continua sendo a opção mais escolhida para o encaminhamento dos resíduos sólidos, o que pode provocar a sua superlotação e ter sua eficiência prejudicada devido à grande quantidade de resíduos recebidos diariamente (PLANATES, 2022).

Como aponta PLANARES (2022), é importante implantar políticas para reduzir, reciclar e valorizar os resíduos orgânicos, e tecnologias alternativas de tratamento, para prolongar a vida útil dos aterros, reduzir a emissão de gases de efeito estufa, geração de chorume, e os custos que essas unidades podem oferecer.

Uma solução sustentável para esse problema, é a compostagem que surge como uma alternativa para a minimização dos materiais orgânicos descartados. A compostagem consiste em um processo biológico realizado por microrganismos, como bactérias, fungos, e actinomicetos que decompõem a matéria orgânica, de forma aeróbia, para a obtenção de carbono e energia, transformando-a em dióxido de carbono e água (TIENEN et al., 2020).

A degradação da matéria orgânica através da compostagem pode resultar em um material sólido, particulado e escuro, comumente chamado de composto, e em um material líquido escuro e de cheiro forte chamado lixiviado, que adequadamente manejados, ambos podem ser utilizados para a agricultura (CAMBOIM, 2019). O processo pode aproveitar diversos resíduos orgânicos, além de ser uma alternativa mais barata e não necessita de grandes espaços para a sua realização.

Arelada a compostagem existe a vermicompostagem, onde o processo de decomposição da matéria orgânica é efetuado através da utilização de minhocas em conjunto com os microrganismos. É um processo bastante eficiente, pois as minhocas são decompositoras muito rápidas, podendo comer a metade do seu próprio peso em resíduos por dia. Ao final do processo é gerado como subproduto o vermicomposto, um produto natural, estável, de coloração escura, rico em matéria orgânica, e nutrientes que ficam disponíveis para as plantas (ALVES, 2010).

Existem diferentes métodos e tecnologias para o desenvolvimento da compostagem, entre elas pode-se citar a composteira unifamiliar, que apesar de ser pouco difundida no Brasil, pode ser uma grande aliada na gestão dos resíduos sólidos. Para Melo e Zanta (2016), esse método tem como objetivo tratar os resíduos orgânicos na fonte geradora e em escala menor, geralmente em recipientes com capacidade de até 1 m³, oferecendo diversas vantagens como reduzir a quantidade de resíduos a serem coletados pelas empresas de limpeza, prolongar a vida útil de aterros sanitários, reduzir os impactos ambientais, reduzir custos com investimentos em tecnologias para o tratamento dos resíduos e utilizar o composto gerado na agricultura familiar.

Diante da problemática levantada, este trabalho tem como objetivo analisar a eficácia da compostagem e vermicompostagem realizadas em um sistema de

compostagem doméstica, e avaliar como podem contribuir para a redução da poluição e o gerenciamento eficaz dos resíduos sólidos

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), pretende-se fazer uma contribuição significativa para a linha de pesquisa relacionada à compostagem no CTEC/UFAL. O objetivo é integrar novas descobertas ao conjunto de trabalhos que exploraram essa temática dentro dessa instituição. Exemplos notáveis desses trabalhos incluem a pesquisa de Amorim (2017) sobre o "Uso da compostagem e vermicompostagem como métodos de tratamento de resíduos orgânicos domésticos", o estudo de Santos (2020) sobre a "Destinação sustentável do lodo de ETE, avaliando a viabilidade da co-compostagem com resíduos orgânicos sólidos", bem como as pesquisas de Santos (2021) relacionadas ao monitoramento de temperatura e umidade em compostagem com um equipamento de baixo custo e remoto, além de Santos (2021) com uma análise bibliométrica sobre compostagem de lodo biológico e resíduos orgânicos com base na base de dados *Scopus*.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho da compostagem e vermicompostagem na estabilização da matéria orgânica e destinação final dos resíduos sólidos em bombonas de plástico.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o estudo, utilizando condições que se assemelham a um sistema de compostagem doméstica;
- Identificar os principais eixos temáticos de estudo e as direções de pesquisa predominantes ao longo do tempo.
- Analisar o comportamento da serragem como material estruturante para a compostagem de resíduos orgânicos gerados em uma lanchonete;
- Monitorar temperatura, umidade, pH, densidade e capacidade de germinação a fim de assegurar que o composto final seja de alta qualidade, seguro e adequado para uso;
- Identificar as principais diferenças entre a compostagem e a vermicompostagem;
- Divulgar os benefícios e vantagens da compostagem unifamiliar.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este tópico trata de aspectos teóricos específicos para o assunto desta pesquisa.

3.1. COMPOSTAGEM

A compostagem é um dos melhores métodos utilizados na gestão de resíduos sólidos, por ser bastante eficaz na degradação de matéria orgânica, se apresentando como uma alternativa que ajuda na redução de deposição de resíduos em aterros, e mais viável que a incineração de resíduos, e ainda apresenta diversas vantagens, como custo operacional baixo e menor poluição ambiental (MOHEE e SOOBHANY, 2014).

É a compostagem que apresenta destaque em relação a outros métodos de gestão de resíduos orgânicos, como a digestão anaeróbia, a deposição em aterro e a incineração, uma vez que é mais fácil de utilizar e gerir, além de ser economicamente barato, produzindo subprodutos ecológicos e menos emissões de Gases de Efeito Estufa (MANYAPU; MANDPE; KUMAR, 2018).

A digestão anaeróbia através de biodigestores por exemplo, apresenta investimento inicial elevado e demanda maiores espaços para a instalação do biodigestor. Em relação a incineração, também é relativamente cara e gera gases nocivos.

Além das muitas vantagens que a compostagem pode oferecer, ela pode apresentar algumas desvantagens que podem dificultar a sua implementação, como a falta de conhecimentos técnicos para o manuseio. O processo leva de dias a meses para que os resíduos se estabilizem em condições aeróbias controladas, dependendo da automatização do processo e inoculação (CHEN, 2016; SAMANIEGO et al., 2017).

É um método que em condições aeróbicas produz um composto por meio da decomposição de vários materiais orgânicos individualmente ou em combinação (DAUR e ABUSUWAR, 2015). O composto resultante é rico em nutrientes e oferece a possibilidade de aplicação em jardins e plantas ornamentais, reduzindo os custos com insumos para a jardinagem (BRINGHENTI et al., 2018). Segundo Chen (2016), resíduos de alimentos ao serem reciclados podem ser usados como matéria-prima em

usinas de compostagem para a produção de fertilizantes (composto) e biogás ou para a produção de pellets em fábricas de rações.

Os microrganismos desempenham um papel importante na transformação da matéria orgânica em substâncias estáveis através de vários processos bioquímicos (PALANIVELLO et al., 2020). Ao longo do processo, as populações microbianas variam consideravelmente. Podem ser encontrados diversos microrganismos, como bactérias, fungos, archaea e protozoários (WANG et al., 2019).

A Tabela 1 apresenta os parâmetros-chave para a compostagem orgânica e o intervalo recomendado.

Tabela 1: Fatores que afetam o composto de resíduos orgânicos.

Parâmetro	Intervalo aceitável	Intervalo preferido
Relação Carbono/Nitrogênio	20:1 ou 40:1	25:1 ou 30:1
Teor de umidade	40 até 65%	50 até 60%
Concentrações de oxigênio	≥5%	>5%
Tamanho das partículas (diâmetro em polegadas)	1/8 até 1/2	Varia
Valor do pH	5,5 até 9	6,5 até 8,0
Temperatura (°C)	43 até 65	54 até 60

Fonte: Adaptado de KHATER, E.S.G. (2015) e DOMINGUEZ et al. (2019), citada por PALANIVELLO et al. (2020).

3.2. VERMICOMPOSTAGEM

A vermicompostagem consiste em um processo de bio-oxidação, em que minhocas epigéicas atuam em conjunto com micróbios para degradar materiais orgânicos. Uma grande vantagem da utilização de minhocas epigeicas é que elas são mais fáceis de incluir em um sistema de vermicompostagem do que outros tipos de minhocas porque não se enterram no solo (GUPTA e CARG, 2017). As minhocas facilitam o processo de decomposição da matéria biológica, promovendo a mineralização da matéria orgânica. Sob certas condições, também afetam o transporte de íons no solo (CÁSTKOVÁ e HANC, 2019).

O processo pode ser dividido em quatro fases: fase de pré-compostagem, fase de mistura, fase de vermicompostagem e o estágio de maturação. A pré-

compostagem é realizada através de condições naturais, onde os resíduos são decompostos por 3 a 4 semanas, a depender do tipo de resíduo, substâncias voláteis, como o gás amoníaco, são eliminadas, o que pode ser tóxico para as minhocas. A fase de mistura é onde ocorre a mistura de vários tipos de resíduos orgânicos, promovendo uma alimentação aceitável para as minhocas. A fase da vermicompostagem, as minhocas aumentam a atividade microbiana nos resíduos, onde são decompostos e estabilizados para a formação de vermicomposto. A de maturação é onde o composto está pronto para ser usado, passa a apresentar disponibilidade de nutrientes (GUPTA e GARG, 2017).

O vermicomposto possui várias propriedades nutricionais, e pode ser vendido como fertilizante orgânico, as minhocas ainda podem ser utilizadas para a produção de alimentos e rações pelo seu alto teor de proteínas (CONTI; BACENETTI; TEDESCO, 2019).

De acordo com Hwang et al. (2022), a adição de minhocas na compostagem de resíduos de cozinha, reduz as emissões de amônia e gases do efeito estufa, além de melhorar a maturidade do composto. Porém, a vermicompostagem não é um método acessível, devido a criação de minhocas. Ademais, a temperatura durante o processo deve ser mantida abaixo de 35 °C, o que não é elevado suficiente para suprimir os patógenos.

3.3. PRINCIPAIS PARÂMETROS QUE INFLUENCIAM A COMPOSTAGEM

3.3.1. RELAÇÃO C/N

A relação C/N é um parâmetro de extrema importância para avaliar o processo de compostagem e a qualidade do composto. Os microrganismos envolvidos utilizam o carbono como fonte de energia e o nitrogênio para construir proteínas (PALANIVELLO et al., 2020).

Na literatura são encontradas diversas estimativas para o valor de C/N ideal para a compostagem. A Portaria Normativa nº 25 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, destaca que ao analisar o produto final a relação C/N não pode ser superior a 20 e o teor de Nitrogênio Total para compostos orgânicos deve ser pelo menos 5,0 g kg⁻¹ (ROS et al., 2015). Em contrapartida, Vich et al. (2017) em sua revisão, explicam que a proporção de carbono para nitrogênio deve ser entre 20

e 40. Wang et al. (2019) indica que no início do processo é ideal que a relação C/N seja entre 25 e 35.

Relações de C/N extremamente altas e baixas podem retardar as atividades microbianas, resultando em um longo processo de vermicompostagem (WANG et al., 2019). A relação carbono/nitrogênio diminui durante a compostagem devido ao declínio no teor de Carbono orgânico total e o aumento do teor de Nitrogênio Total (TARASHKAR, 2023). A relação alta, pode estar relacionada com a baixa degradação microbiana devido algum desequilíbrio no material de compostagem, como materiais de difícil degradação (MAMO et al., 2021).

Para o processo de vermicompostagem é preferível uma relação de C/N de aproximadamente 30:1, importante para a atividade microbiana (GUPTA e GARG, 2017). Hanc et al. (2017) relatam que a relação C/N inferior a 15 é preferível para uso agronômico de vermicomposto.

3.3.2. UMIDADE

A quantidade certa de umidade no composto é crucial para criar condições aeróbicas no processo de compostagem. O teor de umidade é suficiente (aproximadamente 50%-60%) se a amostra prensada não liberar água e permanecer compacta. Se esfarelar ao soltar, está muito seca. Quando o teor de umidade está extremamente elevado, condições anaeróbicas começam a surgir e a quantidade de oxigênio se torna insuficiente para a biodegradação. Em contrapartida, um teor de umidade muito baixo, indica que não há umidade suficiente que suporte o crescimento microbiano (STORINO et al., 2016; WANG et al., 2019).

De acordo com Vich et al. (2017), a umidade muito elevada (maior que 70%) pode levar a falta de oxigênio, perda de nutrientes por lixiviação e o aparecimento de condições anaeróbicas que retardam as taxas de decomposição e criam problemas de odor e atração de vetores. Sob outro enfoque, quando a umidade cai, estado abaixo de um valor crítico (menor que 30 %), a atividade microbiana diminui e os microrganismos entram em um estado de dormência. A adição de materiais estruturalmente secos, como serragem e feno podem reduzir o teor de umidade para 55%, a fim de facilitar o processo de degradação (WANG et al., 2019).

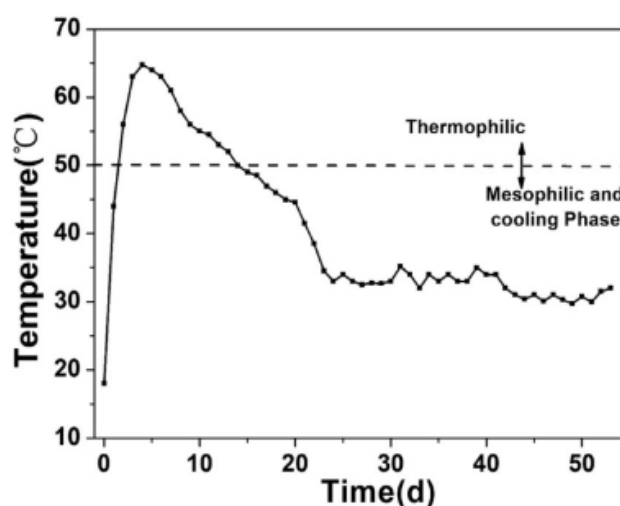
No processo de vermicompostagem a umidade é elevada (60 e 70%) para sustentar uma grande população de minhocas (GUPTA e GARG, 2017).

3.3.3. TEMPERATURA

A temperatura é um parâmetro de extrema importância para indicar as atividades microbianas. A compostagem abrange quatro etapas: a mesofílica, termofílica, resfriamento e maturação ou cura. Durante os períodos mesotérmicos, certas bactérias elevam a temperatura de deposição da matéria orgânica para 44°C, facilitando o processo de decomposição. As bactérias termofílicas, elevam a temperatura para 70 °C, entrando no segundo estágio da compostagem, esse período de alta temperatura não diminui imediatamente e estabiliza-se durante alguns dias, até que os nutrientes se esgotam na massa do composto. Ao final da segunda etapa, quando a decomposição está quase completa, as bactérias termofílicas são substituídas por vários fungos e macrorganismos como minhocas e insetos, e o composto parcialmente decomposto segue para a etapa de resfriamento e depois para a etapa final, onde ocorre o envelhecimento e o amadurecimento do composto (DAS et al., 2021; WANG et al., 2019).

A Figura 1 mostra como se dá o comportamento da temperatura durante o processo de compostagem.

Figura 1: Perfil da temperatura de compostagem.



Fonte: WANG et al. (2019).

Storino et al. (2016) salientam que quanto maior for a quantidade de resíduos adicionada, maior a atividade microbiana e maior a temperatura observada durante a compostagem, e a maturação é acelerada.

As minhocas também são conhecidas por estabilizar o material composto mais rapidamente, só que em temperaturas mais baixas (SANASAM e TALUKDAR, 2017). O processo de vermicompostagem é conduzido num intervalo de temperatura que varia entre 13°C e 25 °C, pois as minhocas são bastante sensíveis (PALANIVELOO et al., 2020).

3.3.4. AERAÇÃO

O oxigênio é necessário para suportar os processos de degradação microbiana, e a sua disponibilidade depende tanto da estrutura do material compostável, quanto do sistema onde a compostagem está sendo realizada. A adição de materiais estruturais secos, por exemplo, cria uma melhor estrutura para a massa de compostagem e isso resulta em uma situação favorável de transferência de ar para a degradação microbiana (WANG et al., 2019).

O revolvimento da mistura diariamente durante a primeira semana após a adição dos resíduos alimentares é eficaz na manutenção do processo aeróbico e evita a formação de lixiviados durante o processo de compostagem (VICH et al., 2017).

Gupta e Carg (2017), explicam que o oxigênio é crucial ao longo do processo de vermicompostagem. Substâncias gordas e oleosas ou a umidade excessiva podem favorecer condições anaeróbicas ao método, o que dificulta as atividades alimentares das minhocas.

3.3.5. ÍNDICE pH

O pH é fundamental para proporcionar condições fisiológicas confortáveis para o desenvolvimento dos microrganismos. Comumente, o valor de pH entre 7,5 e 8,5 é o melhor para a compostagem (WANG et al., 2019). Na vermicompostagem a faixa de pH aceitável, apropriada para a atividades das minhocas e microrganismos, é entre 6,5 e 8,5 (GUPTA e GARG, 2017).

O pH pode apresentar valores altos quando a amônia é liberada durante a decomposição dos compostos orgânicos, como proteínas e aminoácidos (KARNCHANAWONG e NISSAIKLA, 2014).

3.3.6. RESÍDUOS UTILIZADOS

Estrume de gado, lodo de esgoto, palha de colheita, resíduos sólidos urbanos e outros resíduos orgânicos são fontes potenciais de compostagem (WANG et al., 2019). Serragem, resíduos de algodão, cascas de amendoim e cascas de risco também podem ser utilizados no processo (KHALIB, ZAKARYA e IZHAR, 2018). Resíduos alimentares, como frutas, legumes, grãos, cascas de ovo e laticínios podem ser aproveitados (PALANIVELOO et al., 2020).

Todavia, a carne, frutos do mar e alimentos gordurosos não são materiais de compostagem adequados, pois podem conter organismos patogênicos para os seres humanos (PALANIVELOO et al., 2020).

Além disso, reduzir o tamanho dos resíduos ajuda na atividade microbiana (MAMO et al., 2021). Hanc e Dreslova (2016) explicam que as partículas grandes têm uma área de superfície total mais pequena e, por conseguinte, são menos acessíveis aos micróbios do que as partículas mais finas.

3.4. COMPOSTAGEM DOMICILIAR

Karnchanawong e Nissaikla (2014) expõem que a compostagem caseira pode ser uma alternativa viável na gestão de resíduos orgânicos. Além disso, os autores relatam que a compostagem em contentores é uma opção de tratamento adequada porque ajudam o composto a reter calor e umidade.

Vich et al. (2017) afirmam que em áreas urbanas densamente povoadas, a compostagem caseira e sua aplicação em locais próximos, como praças e parques, pode reduzir o custo de transporte de resíduos sólidos para aterros sanitários.

Storino et al. (2016) expõem que a compostagem em contêineres é uma das formas mais comuns de reciclar os resíduos biológicos nas residências, seja usando contêineres separados para cada família ou compartilhando um ou mais contêineres com várias famílias no nível local.

Outrossim, a compostagem em recipientes requer menos espaço para operar do que em leiras/pilhas ao ar livre, além de ocorrer em condições controladas, sem perturbações climáticas, e pode ser realizada através de trabalho manual (SANGAMITHIRAI et al., 2015).

As instalações de compostagem doméstica são comumente alimentadas com pequenas quantidades de resíduos em alta frequência (STORINO et al., 2016). Ademais, o período de compostagem é reduzido em mais de 30% (PALANIVELOO et al., 2020).

Ermolaev, E. et al. (2014) afirmam em seu estudo que a escala de compostagem influencia a taxa de mudança na umidade, estrutura e temperatura no substrato. Compostos em larga escala dependem de emendas estruturais, ventilação forçada e/ou reviravoltas frequentes para promover uma boa aeração, enquanto compostos domésticos geralmente contêm pouca emenda estrutural, são aerados passivamente e raramente são revirados.

3.5. EXPERIÊNCIAS DO USO DA COMPOSTAGEM PARA O BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

3.5.1. UTILIZAÇÃO DA COMPOSTAGEM PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS

No estudo de Ros et al. (2015), a compostagem foi realizada através de 4 experimentos, com o intuito de avaliar a germinação, crescimento e a qualidade de mudas *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. Foi formado 4 pilhas, uma composta por resíduos orgânicos provenientes de restaurante universitário e serragem; outra por lixo domiciliar e serragem, palha de milho e soja; outra por dejetos líquidos de bovinos, oriundo de esterqueira de uma propriedade de produção de leite, e serragem; e outra por lodo proveniente de um frigorífico de frangos e serragem e palha de milho. Os experimentos mostraram que os substratos provenientes de resíduos de restaurante universitário e do lodo de processo de flotação proporcionaram maior altura e diâmetro de colo das mudas e podem ser usados em substituição ao substrato comercial.

Em uma avaliação dos efeitos do processo de compostagem na cultura de Berseem (*Trifolium alexandrinum*) utilizando uma mistura de microrganismos (*Lactobacillus casei*, *Rhodopseudomonas palustris*, e *Saccharomyces cerevisiae*) e a compostagem realizada sem os microrganismos, foi visto que os microrganismos eficazes disponíveis no mercado com a marca EMRO podem ser utilizados para a compostagem rápida e para melhorar o rendimento das culturas de Berseem, porém

é necessário mais estudos já que no processo de compostagem normal a temperatura foi mais elevada ajudando a matar microrganismos patogênicos, e com os microrganismos o processo ocorreu com temperaturas mais baixas (DAUR e ABUSUWAR, 2015).

Em uma pesquisa realizada na Faculdade de Saúde Pública da USP, 34 pessoas responderam um questionário para avaliar os benefícios do composto orgânico que foi distribuído durante um evento. Entre os benefícios, a maioria (70,6%) percebeu que as plantas ficaram mais verdes, viçosas, fortes, bonitas e evoluíram rapidamente (BRINGHENTI et al., 2018). Na pesquisa de Samaniego et al. (2017), é visto que o composto final apresentou ausência de fitotoxicidade e propriedades agrônômicas para a sua utilização como fertilizantes orgânicos.

É visto que a compostagem é uma forma sustentável de tratar resíduos e reciclá-los como adubo para o solo. No estudo foi utilizado resíduos de chá misturado com solo de jardim aplicados como adubo em uma cultura de rabanetes para avaliar o seu crescimento. Os resultados do estudo confirmaram que os resíduos de chá podem melhorar o pH do solo, fornecer macronutrientes e melhorar as características e o crescimento dos rabanetes (TARASHKAR, 2023).

3.5.2. EFEITOS DAS MINHOCAS NA COMPOSTAGEM

Em seu estudo Huang et al. (2014) avaliam os efeitos da vermicompostagem de resíduos de frutas e legumes frescos. Foi analisado dois sistemas de decomposição dos resíduos, um com minhocas, e outro sem minhocas durante 5 semanas. Os resultados mostraram que as minhocas aumentam acentuadamente as densidades bacterianas e fúngicas, apresentando valores mais elevados do que a compostagem sem minhocas. Além disso, a vermicompostagem modificou as estruturas das comunidades bacterianas e fúngicas, alargando a diversidade da comunidade de Actinobacteria, Bacteroidetes, Proteobacteria e Ascomycotina.

A vermicompostagem aplicada ao processamento de bagaço de uva pode oferecer boas propriedades ao vermicomposto que pode ser utilizado como fertilizante para devolver os nutrientes e a matéria orgânica ao solo (CÁSTKOVÁ e HANC, 2019).

Wu et al. (2019) afirmam que quanto maior o teor de lipídios presente nos resíduos, menor a concentração de nutrientes disponíveis para as minhocas, como

Nitrogênio Total (NT), Nitrogênio Nitrato (NO_3^- -N), Fósforo Total (PT), Fósforo disponível, e potássio disponível, necessitando que antes da vermicompostagem, os resíduos de comida sejam pré-tratados para um teor de lipídios inferior a 5%, para a obtenção de um produto mais fértil.

Wu et al. (2019) ressaltam que a salinidade alta presente nos resíduos de cozinha pode impedir o desenvolvimento das minhocas dentro do composto, necessitando que os resíduos sejam pré-tratados para menos de 0,2% antes da vermicompostagem.

3.5.3. AVALIAÇÃO DE RISCO EM RESÍDUOS NA COMPOSTAGEM

Eckstrom e Barlow (2019) mostram que os alimentos residuais misturados podem carregar bactérias e genes resistentes a antimicrobianos de várias fontes. A pesquisa teve como objetivo caracterizar, e fornecer informações sobre a dinâmica dos genes resistentes a antibióticos durante o gerenciamento de resíduos alimentares em uma fazenda que alimenta as aves com restos de comida e posteriormente realiza compostagem do material. A avaliação foi realizada usando o sequenciamento *shotgun*, avaliando o microbioma, resistoma, e genes nas amostras coletadas. Os resultados revelaram que os ARGs (genes resistentes a antibióticos) e o número de bactérias patogênicas é reduzido através da compostagem de resíduos alimentares.

3.5.4. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS VERDES

No estudo de Ocana et al. (2021), é apresentado os desafios das compostagem usando resíduos verdes como, madeira, casca de árvores, poda de árvores jovens e arbustos, folhas mortas e verdes, aparas de relva e solo, que tem origem em parques municipais, jardins, reservas e habitações domésticas, entre outros. É visto que esse tipo de resíduo possui elevado teor de substâncias lignocelulósicas, que são difíceis de serem degradadas pelos microrganismos. A adição de emendas e materiais de volume podem melhorar a qualidade do produto final, como a serragem e a rocha fosfática.

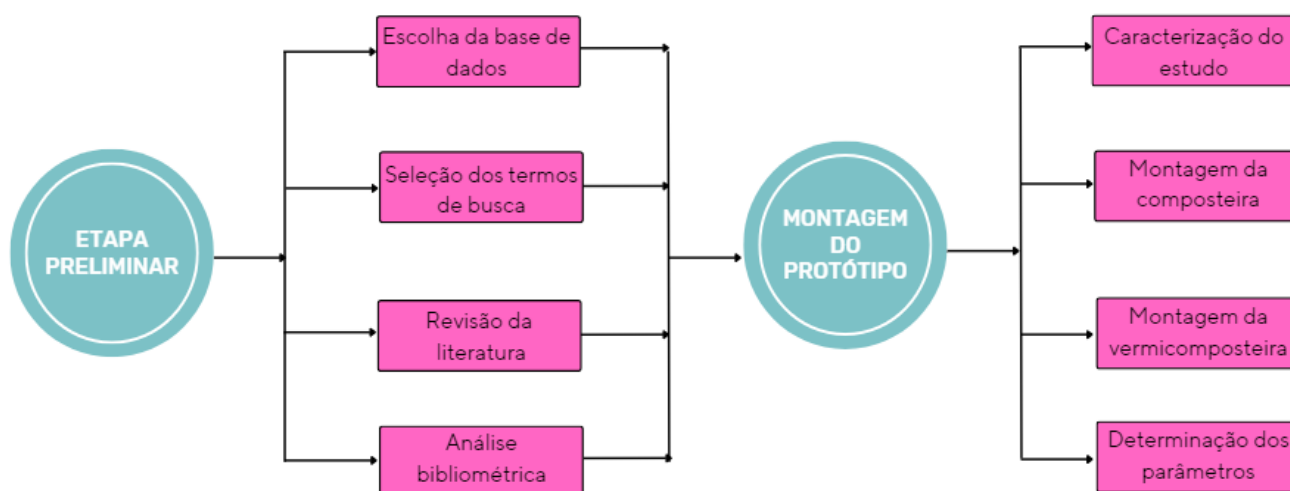
Chen (2016) explica que o principal objetivo dos aditivos não é apenas ajustar as propriedades químicas para uma fermentação adequada dos resíduos orgânicos, mas também garantir que o ar seja distribuído uniformemente na matéria-prima

através do ajuste da otimização da estrutura física dos resíduos durante o processo de fermentação.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 2, ilustra as etapas do trabalho de forma esquemática.

Figura 2: Organização esquemática do trabalho.



Fonte: Autora (2023).

4.1. ETAPA PRELIMINAR

Inicialmente, foi realizada uma busca na base de dados Scopus através do Portal de Periódicos CAPES, por trabalhos publicados sobre a compostagem. Criado em 2004 pela Elsevier BV, a base Scopus é a maior coleção de citações e resumos de literatura revisada por pares e fontes de qualidade na web. Inclui aproximadamente 18.000 periódicos de mais de 5.000 editores. Destes, 16.500 são periódicos revisados por pares. Contém mais de 40 milhões de séries (revistas e séries de livros) e gravações comerciais. Também possui ampla cobertura de materiais de conferências (mais de 3,6 milhões), sites (aproximadamente 318 milhões) e patentes (23 milhões) (ANDALIA, LABRADA e CASTELLS, 2010).

A busca na literatura foi realizada em 01 de maio de 2023 usando a combinação de palavras-chave em inglês “*Composting*” e “*Kitchen Waste*” unidas pelo conectivo lógico “*And*”, e as palavras-chave “*Food Waste*” e “*Household*” unidas pelo conectivo lógico “*OR*”, que deveriam estar presentes no título, resumo ou palavras-chave dos trabalhos publicados. A partir desses termos, foi retornado um total de 2696 trabalhos.

Posteriormente foi aplicado um filtro de busca para trabalhos publicados somente nos últimos 10 anos, de 2014 a 2023, retornando um total de 1678 trabalhos. Em seguida foi aplicado um filtro de busca para somente trabalhos que fossem de revisão, artigos e capítulos de livro, retornando um total de 1470 trabalhos. Após essa etapa foi realizado um refinamento dos resultados para retornar trabalhos que tivessem as palavras “*Vermicomposting*” e “*Earthworm*”, o refinamento resultou em 119 trabalhos. Desta forma, foram utilizados 119 trabalhos para a revisão da literatura, e estudos relevantes foram identificados.

A aplicação da bibliometria teve como propósito a avaliação do padrão e das tendências intrínsecas aos trabalhos empregados como fundamentação teórica. Os registros bibliométricos foram obtidos diretamente do portal eletrônico da base de dados Scopus, adotando o formato CSV, localizado na seção intitulada "Analyze search results", expressão esta que denota a análise dos resultados de busca.

Os resultados obtidos foram exportados para o programa VOSviewer (Versão 1.6.19). Por meio do programa foi possível identificar as principais palavras-chave e suas ligações. Outras informações como, o total de publicações por ano, principais países e autores, foram exportadas para o programa Microsoft Excel (Versão 2013).

4.2. MONTAGEM DO PROTÓTIPO

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O estudo foi desenvolvido nas dependências do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (CTEC/UFAL), no Laboratório de Saneamento - LSA. Iniciou-se em 04 de agosto de 2023, com a montagem das composteiras, e foi finalizado em 11 de setembro de 2023. Os resíduos orgânicos utilizados foram coletados na lanchonete do CTEC, provenientes das sobras do preparo de alimentos, como restos e cascas de hortaliças, legumes, frutas e verduras. Os resíduos eram compostos basicamente por cenoura, batata, casca de ovo, cebola, banana, coentro, abacaxi, abobrinha, pepino, pimentão, berinjela, alface, manga, batata doce, tomate, repolho, vagens e limão (Figura 3).

Figura 3: Resíduos alimentares coletados na lanchonete do CTEC.



Fonte: Autora (2023).

Ademais, foi adicionado como material estruturante a serragem, coletada em uma serraria na cidade de São Miguel dos Campos (Figura 4). A serragem na compostagem proporciona melhor aeração, controle da umidade, fornecimento de uma área superficial maior para o microrganismos se estabelecerem, além de ser rica em carbono, o que ajuda a balancear a relação carbono/nitrogênio.

Figura 4: Serragem utilizada.



Fonte: Autora (2023).

Em relação às minhocas, foram introduzidas ao processo minhocas da espécie *Eisenia fetida* (minhocas vermelhas da Califórnia), por terem uma capacidade de degradação e reprodução mais rápida do que outras espécies (Figura 5).

Figura 5: Substrato de manutenção de minhocas.



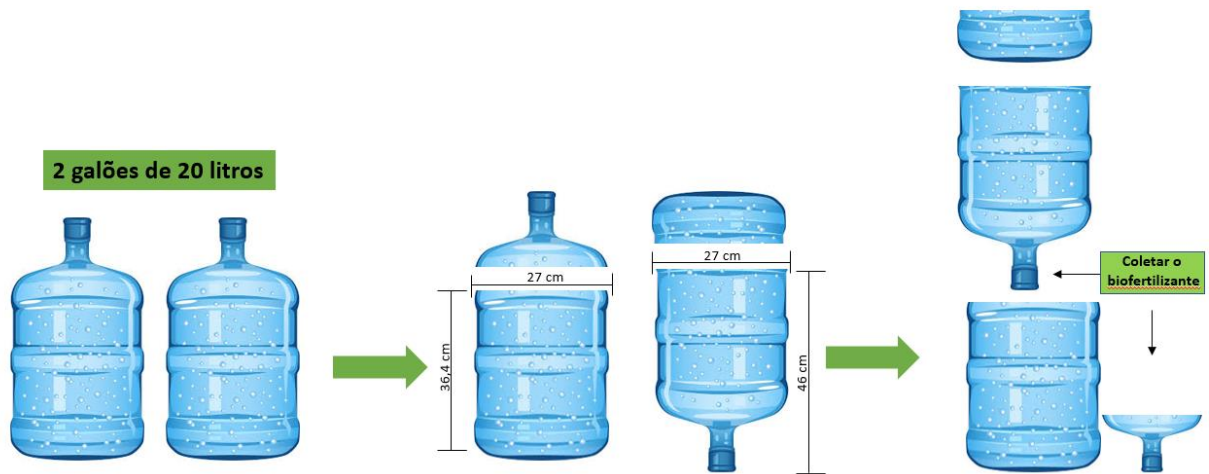
Fonte: Autora (2023).

4.2.2. MONTAGEM DA COMPOSTEIRA

Na construção da composteira doméstica, foram empregadas duas bombonas plásticas de 20 litros cada, totalizando um volume de 0,02 m³. Este valor encontra-se em conformidade com as recomendações de Melo e Zanta (2016), as quais estipulam um limite de até 1 m³.

Inicialmente, efetuou-se um corte transversal na extremidade superior de uma das bombonas, seguido sequencialmente pela realização de um corte semelhante na base da outra bombona, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6: Representação visual da estruturação da composteira.



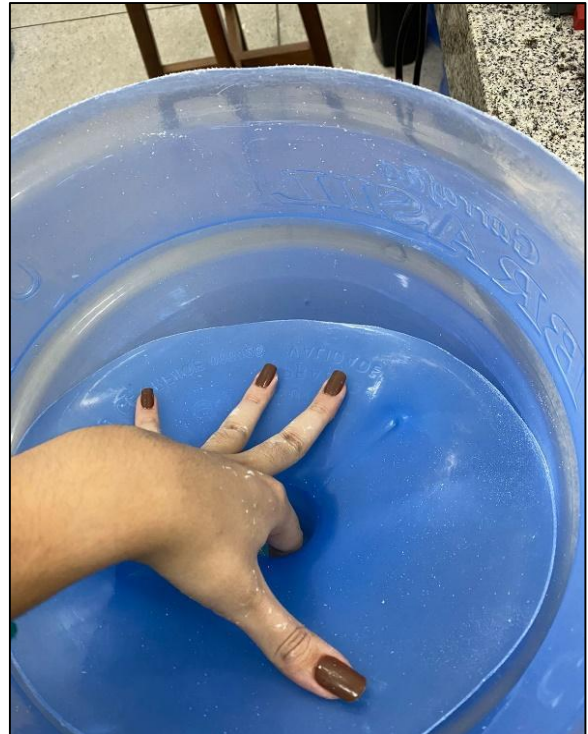
Fonte: Autora (2023).

Após a execução dos cortes, procedeu-se ao fechamento da abertura da boca das bombonas utilizando tela, visando simplificar a separação entre os sólidos e o líquido resultante. É relevante observar que a tampa da primeira bombona, que foi cortada, será fixada no seu interior para viabilizar o recolhimento do biofertilizante de maneira mais eficiente. A Figura 7 e Figura 8 apresentam como foi realizado o encaixe das bombonas.

Figura 7: Acoplamento da tampa da bombona inicial no seu interior (a) e (b), tampa da bombona inicial posicionada em seu interior (c), introdução da segunda bombona na inicial (d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Devido à preferência das minhocas por ambientes escuros e úmidos, optou-se por cobrir as composteiras com papel contato, e pintar as dobras da bombona, com tinta spray, a fim de estabelecer um ambiente mais adequado (Figura 8). Isso ocorre porque a exposição à luz direta pode ter efeitos negativos em sua saúde e atividades.

Figura 8: Encaixe final e configuração final da composteira.



Fonte: Autora (2023).

Os restos de alimentos foram manualmente triturados, utilizando tesouras (Figura 9). Esse procedimento se mostrou essencial para ampliar a área de contato dos componentes e, por conseguinte, agilizar o processo de decomposição realizado pelos microrganismos. Quanto à serragem, não houve necessidade de trituração, uma vez que os resíduos já se encontravam em tamanhos apropriados.

Figura 9: Trituração manual dos resíduos de alimentos

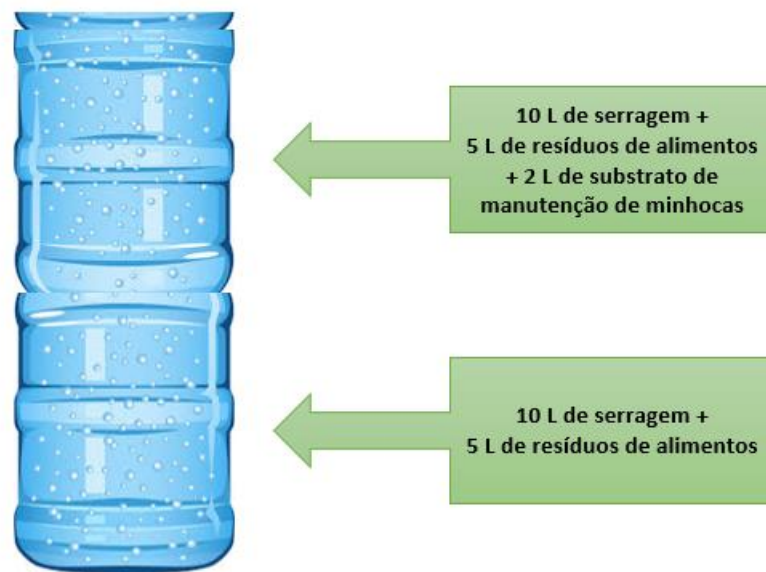


Fonte: Autora (2023).

Antecedendo o processo de estruturação da composteira, realizou-se a mensuração dos volumes e das massas iniciais de cada componente, com o objetivo de determinar a densidade específica. Utilizou para a medição da densidade um Becker de 1 L e uma balança digital.

A proporção utilizada para o volume dos materiais foi a de 2:1 (v:v) para serragem e resíduos, respectivamente. A Figura 10 ilustra como foi realizado o preenchimento da composteira.

Figura 10: Quantidade de materiais empregados para o preenchimento da composteira.



Fonte: Autora (2023).

No dia 04 de agosto de 2023, procedeu-se ao preenchimento da composteira. Necessitou-se remover 5 litros do compartimento inferior, uma vez que o volume resultante da combinação dos resíduos ultrapassou a capacidade original do compartimento. Isso se deu em virtude da redução do design causada pelo corte da tampa. Consequentemente, restaram 10 litros da mistura composta por resíduos de alimentos e serragem. Logo em seguida, deu-se início ao processo de monitoramento, que ocorreu na parte externa do Laboratório de Saneamento – LSA (Figura 11).

Figura 11: Composteira no ambiente externo do laboratório.



Fonte: Autora (2023).

4.2.3. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS

A supervisão do progresso da compostagem foi conduzida através da avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, com frequências distintas, como ilustrado na Tabela 2, e detalhado a seguir.

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos e biológicos e suas frequências.

Parâmetros	Frequências
Temperatura	Diária
Umidade	Início, meio e fim
Densidade	Início e fim
pH	Início, meio e fim
Teste de Germinação	Fim

Fonte: Autora (2023).

TEMPERATURA

As temperaturas dentro da composteira e do ambiente circundante foram registradas utilizando o termômetro portátil Tp 300, do tipo espeto, com capacidade digital, com uma faixa de temperatura que varia de -50°C a 300°C e uma faixa

operacional de -5°C a 50°C . A precisão do termômetro está situada em -10°C a $100^{\circ}\text{C} = 1^{\circ}\text{C}$. As leituras foram realizadas diariamente, posicionando o termômetro no centro da mistura, de duas a três vezes por dia, nos dias viáveis para monitoramento, excluindo-se os finais de semana ou quaisquer dias em que o monitoramento fosse inviável (Figura 12).

Figura 12: Termômetro digital para registo da temperatura.



Fonte: Autora (2023).

UMIDADE

A umidade foi monitorada 3 vezes durante toda a pesquisa. O teor de umidade foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), com secagem de 10 g de amostra a 65°C até obtenção de peso constante. Para a medição de peso, foi empregada a balança analítica Modelo ATX224 da Shimadzu, com uma capacidade de 220g e uma precisão de 0,0001g. Além disso, uma estufa de secagem da marca Cientilab foi utilizada, juntamente com cápsulas de porcelana, como parte do procedimento.

ÍNDICE pH

O índice pH foi monitorado em três ocasiões diferentes durante o estudo em uma amostra fresca, de acordo com o método de Tedesco et al. (1995). Foram coletadas 5 gramas de amostra e 50 mL de H_2O destilada foram homogeneizadas

durante 30 minutos em agitador magnético Fisatom. A amostra foi então filtrada com peneira.

TESTE DE GERMINAÇÃO

O teste de germinação foi realizado ao final do estudo, com alface mimosa (*Lactuca sativa*) em extratos aquosos das amostras dos compostos orgânicos e do chorume gerado, de acordo com a metodologia de Máximo, Lemos e Rossoni (2018).

Para os experimentos de germinação relacionados aos compostos orgânicos, os extratos aquosos foram preparados na proporção de 1:10 (peso/volume). Isso envolveu a adição de 5 gramas das amostras a 50 ml de água destilada. Esses ensaios foram conduzidos em duplicata. No que diz respeito ao chorume, foram utilizadas proporções de 100%, 75%, 50% e 25%. Nesse caso, os ensaios foram conduzidos em triplicata.

As suspensões foram agitadas a 200 rpm em incubadora (Shaker) por 1 hora à temperatura ambiente. Posteriormente foram centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos. As frações líquidas obtidas após centrifugação foram filtradas em papel filtro qualitativo de 9 cm de diâmetro, gramatura de 80g/cm² e porosidade de 3 micras.

Para o teste de germinação, foi colocado um papel filtro qualitativo em cada placa de Petri usado com substrato umedecido com 5 ml do extrato aquoso. Como controle (testemunha) utilizou-se o mesmo volume de água destilada. Em cada placa de Petri foram distribuídas 10 sementes de *Lactuca sativa*. As placas foram incubadas em estufa Biochemical Oxygen Demand (BOD) a 20°C ± 2 por 7 dias para os compostos orgânicos e 5 dias para o chorume (Figura 13).

Após o tempo de incubação, registrou-se o número de sementes germinadas (NSG) em cada placa de Petri (Figura 13).

Figura 13: Placas incubadas na estufa (a) e sementes germinadas na placa de Petri (b).



(a)

(b)

Fonte: Autora (2023).

DENSIDADE

A densidade foi monitorada no início e no fim do experimento. Para a pesagem, foi utilizado um Becker de 1000 ml e uma balança digital com capacidade de 3000 gramas, sensor de calibre de tensão de alta precisão (Figura 14). O valor foi obtido através da relação massa/volume.

No caso da serragem, foram realizadas 20 pesagens separadas, a partir das quais uma média foi calculada para obter o peso médio deste material. Da mesma forma, 10 pesagens independentes dos resíduos de alimentos foram conduzidas, resultando em uma média dos valores. Esses cálculos iniciais forneceram a densidade basal de cada tipo de material.

Após a adição desses materiais à composteira, a densidade foi medida novamente no final do experimento. Foram realizadas 12 pesagens no compartimento com minhocas e 6 pesagens no compartimento sem minhocas, permitindo avaliar qualquer variação na densidade decorrente da presença desses organismos durante o processo de compostagem.

Figura 14: Becker e balança empregados no experimento.



Fonte: Autora (2023).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

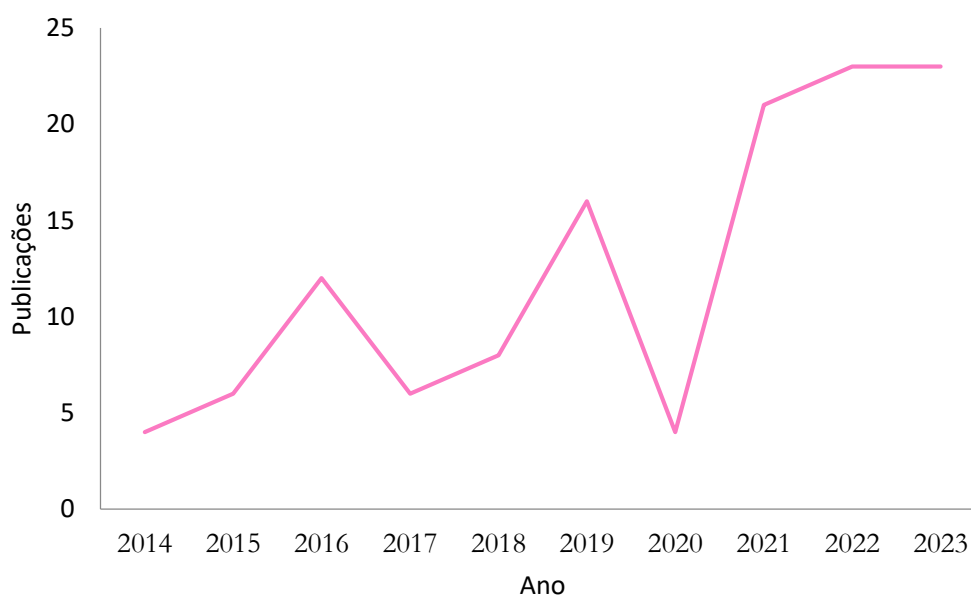
5.1. RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLOMÉTRICA

A análise bibliométrica possibilitou a identificação da produção científica sobre a compostagem e vermicompostagem, com 199 publicações categorizadas pelo número de publicações por ano, principais autores, distribuição do número de trabalhos por países e as principais palavras-chave.

5.1.1. NÚMERO DE PUBLICAÇÕES POR ANO

É possível constatar um aumento considerável das publicações a partir de 2019, mas teve uma redução abrupta em 2020, com apenas 4 (quatro) trabalhos. As limitações de saúde e a priorização de assuntos emergenciais nessa época possivelmente impactaram a habilidade dos pesquisadores para conduzirem estudos e divulgarem resultados dentro desse domínio particular. Nos anos seguintes o volume de publicações se ampliou, em 2022 e 2023 já eram registradas 23 (vinte e três) publicações (Figura 15). O crescimento pode estar relacionado com as mudanças de mentalidade, avanços tecnológicos e a busca por soluções sustentáveis, que estão impulsionando o interesse pelo tema.

Figura 15: Acumulado do número de publicações por ano.

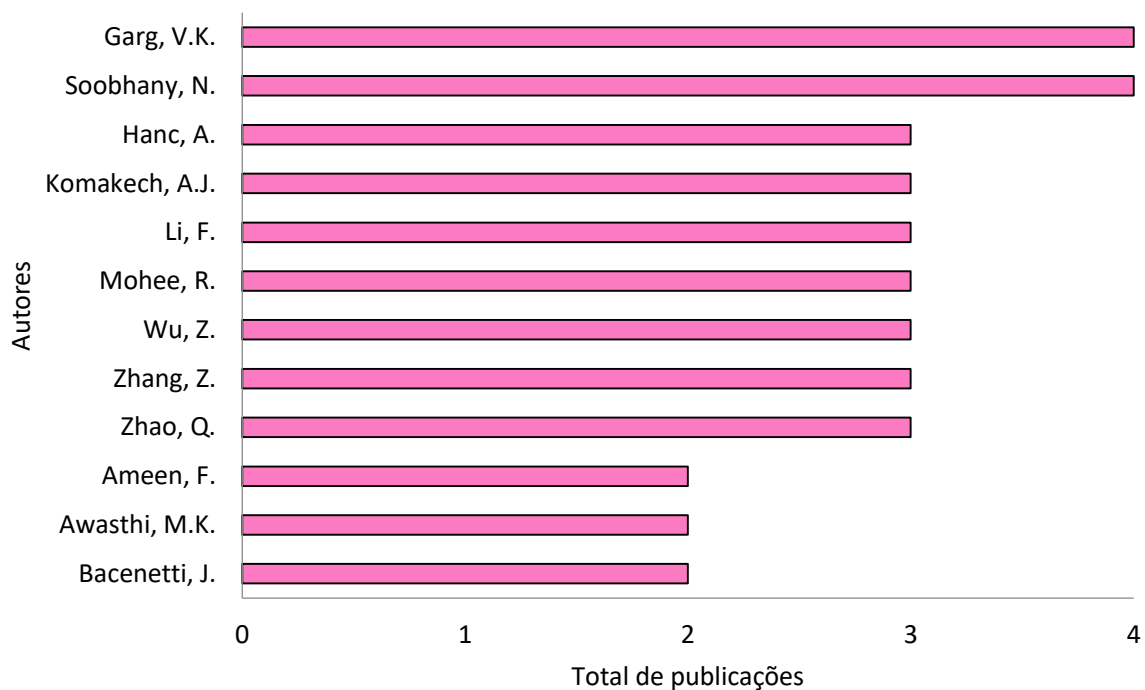


Fonte: Autora (2023).

5.1.2. PRINCIPAIS AUTORES

A Figura 16 apresenta os 12 (doze) autores que mais colaboraram com o tema.

Figura 16: Autores que mais publicaram.



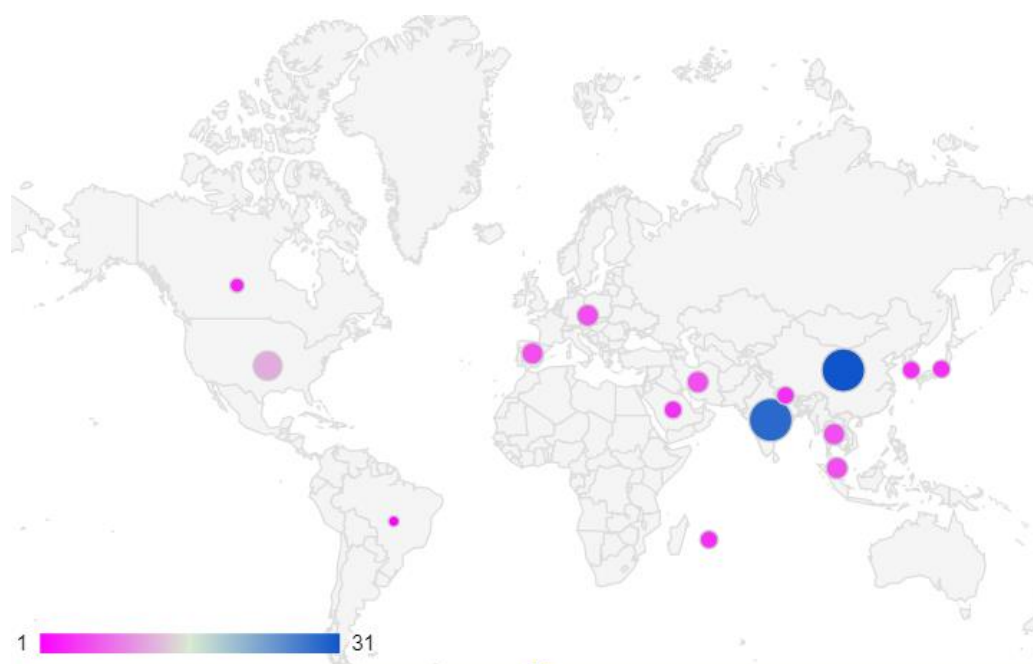
Fonte: Autora (2023).

Como pode ser visto, Garg, V.K. e Soobhany, N. dominam a lista de principais autores com 4 (quatro) trabalhos. Além disso, é possível observar que a frequência de publicações por parte dos autores é reduzida, o que sugere que a dedicação ao estudo na área não foi constante e, em diversos casos, limitou-se a ocasiões específicas.

5.1.3. PAÍSES E REGIÕES

A Figura 17 mostra a distribuição do número de trabalhos por países. O raio dos círculos respeita a proporcionalidade do grau de contribuição de cada país, assim como as cores, os círculos em tons mais intensos de azul representam um maior número de trabalhos publicados, enquanto os tons mais próximos do magenta indicam uma quantidade menor de trabalhos.

Figura 17: Mapa - Número de países por ano.



Fonte: Autora (2023).

Na Tabela 3, encontra-se a ordenação dos 15 (quinze) países que mais contribuíram com publicações relacionadas ao tema do período em questão. Destaca-se a China, lidera com 31 (trinta e um) trabalhos publicados, seguida pela Índia com 29 (vinte e nove) trabalhos, evidenciando uma presença proeminente. Em contraste, o Brasil posiciona-se na última colocação, contabilizando apenas 1 (um) trabalho publicado, indicando uma participação mais restrita nesse cenário.

Tabela 3: Os 15 países que mais publicaram.

Países/Regiões	Total de publicações
China	31
Índia	29
Estados Unidos	12
República Checa	6
Irã	6
Malásia	6
Espanha	6
Tailândia	6
Japão	4
Maurício	4
Nepal	4
Arábia Saudita	4
Coreia do Sul	4
Canadá	3
Brasil	1

Fonte: Autora (2023).

contendo a mistura de serragem, resíduos de alimentos e minhocas, quanto o compartimento inferior, contendo apenas serragem e resíduos de alimentos, tiveram suas massas e volumes iniciais aferidos para fins da determinação da densidade específica (Tabela 5).

Tabela 4: Resultados obtidos de densidade no início do experimento.

	Densidade (kg/m ³)	Desvio Padrão
Serragem	122,9	18,0
Resíduos de Alimentos	628,4	94,1

Fonte: Autora (2023).

Tabela 5: Resultados obtidos de densidade ao final do experimento

	Densidade (kg/m ³)	Desvio Padrão
Serragem + Minhoca	341,6	27,4
Serragem	428,1	14,2

Fonte: Autora (2023).

A partir dos dados acima é possível perceber, que ambos os compartimentos apresentaram densidades significativamente maiores do que as densidades iniciais.

Os valores de desvio padrão indicam o quanto os valores de densidade variam em relação à média. No geral, os desvios padrão dos compartimentos são relativamente baixos, sugerindo que os valores de densidade não variam muito em relação à média. Isso pode indicar uma certa uniformidade no processo de compostagem.

O compartimento que não apresentava as minhocas apresentou uma densidade final ligeiramente maior do que o compartimento superior. A configuração da composteira pode ter contribuído para a maior densidade na mistura, já que o compartimento inferior recebia todo o chorume gerado no compartimento superior, o que compactava o material, reduzindo seu volume e, conseqüentemente, aumentando a densidade.

Silva e Silva (2023) argumentam que o acréscimo na densidade resulta em uma redução na eficácia do processo, o que pode estar associado às complexidades na distribuição de microrganismos, enzimas e outros produtos metabólicos microbianos, devido à intensa compactação e elevada umidade do substrato.

A Tabela 6 mostra como se deu a redução do volume nas composteiras, comprovando o que foi dito anteriormente.

Tabela 6: Volumes inicial e final das composteiras.

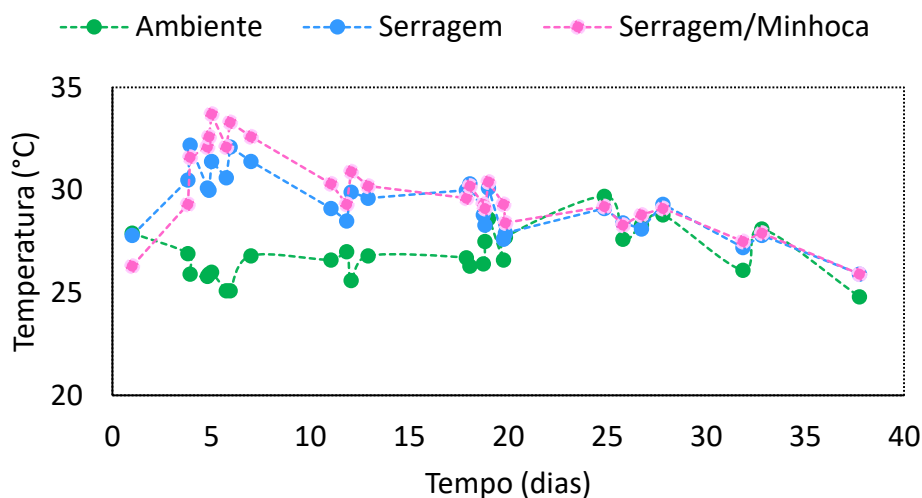
	Volume Inicial	Volume Final	Redução (L)	Redução (%)
Serragem + Minhoca	17,0	12,4	4,6	27,1
Serragem	10,0	6,0	4,0	40,0
Total	27,0	18,4	8,6	31,9

Fonte: Autor (2023).

5.2.2. TEMPERATURA

A Figura 19 mostra os resultados relacionados à temperatura na composteira, do início de sua montagem no dia 04 de agosto de 2023 até o dia 11 de setembro de 2023.

Figura 19: Gráfico de temperatura do processo de compostagem.



Fonte: Autora (2023).

No primeiro dia da compostagem a composteira registrou uma temperatura média de 26,2°C no compartimento superior e 27,8°C no compartimento inferior. A partir do quinto dia, as médias diárias de temperatura aumentaram, chegando a 33,7°C no compartimento superior e 32,1°C no compartimento inferior. Após o sétimo dia houve um decaimento nos valores de temperatura, atingindo um valor médio de 26°C no dia 38.

Ao examinar as temperaturas e realizar uma comparação com o estudo de Kiehl (2012), torna-se evidente que só foram observadas temperaturas na faixa mesofílica (20-45°C), não chegando a temperatura termofílica (45-65°C).

Amorim (2017) explica em seu trabalho que as temperaturas não saíram da fase mesofílica devido a pequena quantidade de material em compostagem, pois quanto maior for a quantidade de resíduos, maior será a temperatura registrada durante o processo.

Em relação ao compartimento com a presença de minhocas, as temperaturas permaneceram abaixo de 35°C. De acordo com Cotta et al. (2015) a exposição da minhoca a temperaturas acima desse valor, mesmo em curtos intervalos de tempo, provoca sua morte.

Na Figura 19 é possível visualizar também que em alguns pontos as temperaturas alcançaram a temperatura ambiente, o quer dizer que nessas ocasiões o processo não estava gerando calor significativo devido à baixa atividade microbiana.

5.2.3. UMIDADE E ÍNDICE pH

Com base nos dados fornecidos na (Figura 20) o compartimento superior apresentou uma umidade média de 60,2% durante todo o monitoramento. Os desvios padrão foram relativamente consistentes, indicando uma certa variabilidade, mas não uma flutuação drástica na umidade ao longo das medições.

Gupta e Carg (2017) apresentam em seu trabalho que um teor adequado de umidade nos sistemas de vermicompostagem é fundamental para a atividade das minhocas e dos micróbios porque as minhocas respiram através da sua pele. Eles indicam que 60% a 80% tem sido relatado como sendo o ideal durante a vermicompostagem, logo o processo no compartimento superior estar em conforme com o que diz a literatura.

O compartimento inferior apresentou uma umidade média de 63,1%. Os desvios padrão foram mais variáveis. No dia 12 a medição sugeriu uma menor variabilidade.

Silva e Silva (2023) sustentam que a faixa de umidade mais adequada para a compostagem aeróbia oscila entre os valores de 50% a 60%, diminuindo gradualmente à medida que o processo evolui com a intensificação da aeração.

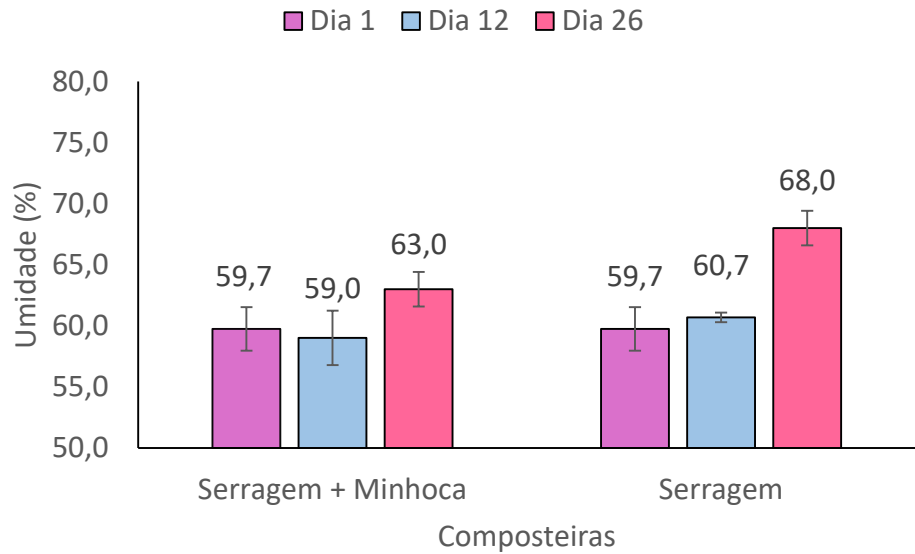
Os resultados indicam que ambos os compartimentos mantiveram um nível adequado de umidade para o processo de compostagem. No entanto, o compartimento inferior apresentou uma umidade média ligeiramente mais alta e uma variabilidade menor nas medições, o que pode ser influenciado pela configuração da composteira, pois o compartimento inferior se localizava em uma posição desfavorável, onde recebia todo o chorume gerado.

Silva e Silva (2023) explicam que o pH constitui um parâmetro crucial, uma vez que exerce controle sobre o crescimento dos microrganismos. No entanto, considerando que vários microrganismos têm a capacidade de prosperar em diversas faixas de pH, esse elemento não representa uma restrição significativa para a eficácia do processo.

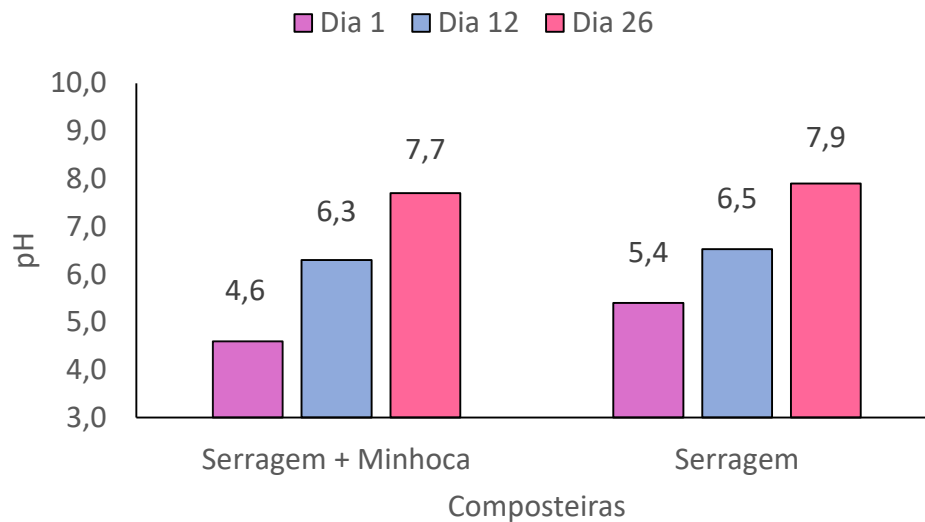
De acordo com Wang et al. (2019) o valor de pH varia entre 7,5 e 8,5 durante o processo de compostagem normal e para a vermicompostagem Gupta e Garg, (2017) explicam que o valor varia entre 6,5 e 8,5.

Com base nos dados fornecidos na (Figura 20) o compartimento superior o pH apresentou valores que variaram entre 4,6 a 7,7. Essa variação sugere que houve uma flutuação no ambiente ácido-base ao longo do processo no compartimento superior, estando o valor da terceira medição mais próximo com o que informa a literatura. No compartimento inferior os valores de pH variaram entre 5,4 a 7,9. A flutuação observada nesses valores de pH indica uma variabilidade semelhante à do compartimento superior.

Figura 20: Monitoramento da umidade (a) e do pH (b) ao longo da pesquisa.



(a)



(b)

Fonte: Autora (2023).

5.2.4. GERMINAÇÃO

Por meio da aplicação do teste de germinação, torna-se factível a avaliação da qualidade do material obtido a partir do processo de decomposição de resíduos orgânicos. Esse procedimento implica no plantio de sementes em uma amostra do produto final resultante da compostagem, com o propósito de determinar sua capacidade como meio de suporte ao desenvolvimento de vegetação, ou mesmo como biofertilizante, especialmente quando se trata do chorume. A Tabela 7 e Tabela

8 apresentam os resultados obtidos em relação às sementes germinadas do presente estudo.

Tabela 7: Quantidade de sementes que germinaram ao utilizar o chorume bruto com diluições de 25%, 50%, 75% e 100%.

Número de sementes germinadas (n=10)			
Amostras	Triplicata		
	i	ii	iii
Controle (água)	1	2	3
25% chorume	0	0	2
50% chorume	0	0	1
75% chorume	0	0	0
100% chorume	0	0	0

Fonte: Autora (2023).

Tabela 8: Quantidade de sementes que germinaram ao utilizar o composto resultante das composteiras no teste de germinação.

Número de sementes germinadas (n=10)		
Composteira	Duplicata	
	i	ii
Controle (água)	1	0
Serragem + Minhoca	2	0
Serragem	2	1

Fonte: Autora (2023).

Através da Tabela 7 é possível perceber que as sementes germinaram progressivamente nos três testes para a amostra controle (água), o que sugere que as condições do experimento eram adequadas para a germinação das sementes.

Para a amostra de 25% de chorume diluído, a germinação foi observada somente no terceiro teste, com duas sementes. Isso pode indicar que uma concentração mais baixa de chorume começou a afetar positivamente a germinação, embora tenha ocorrido em menor extensão do que no controle.

Para a amostra de 50% de chorume diluído, a germinação também foi observada no terceiro teste, mas apenas com uma semente. Isso sugere que a concentração de 50% ainda pode não ser ideal para a germinação das sementes.

Para as amostras de 75% e 100% de chorume diluído, nenhum dos três testes apresentaram germinação. Isso pode indicar que concentrações mais altas de

chorume podem ter um efeito inibitório na germinação das sementes ou que as condições específicas do chorume não são favoráveis para esse processo.

Os resultados da Tabela 8 mostraram que a amostra de controle (água), apresentou apenas uma semente germinada, o que pode estar relacionado com as condições do teste que podem não ter sido ideais para a germinação das sementes, uma vez que o resultado foi limitado a uma única semente germinada.

No compartimento superior da composteira apenas o primeiro teste apresentou duas sementes germinadas. Isso pode indicar que o composto obtido tinha condições mais favoráveis para a germinação, pois mais sementes germinaram em comparação com o grupo de controle.

No compartimento inferior, o primeiro teste apresentou duas sementes germinadas, enquanto o segundo teste apresentou uma semente germinada. Isso sugere que, embora a presença de minhocas possa ter algum impacto na qualidade do composto orgânico, o composto desse compartimento ainda mostrou potencial para a germinação de sementes.

5.2.5. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO FINAL

Ao término do período de monitoramento, tornou-se possível realizar uma análise das características inerentes ao produto final obtido por meio do processo de compostagem. Essa análise permitiu estabelecer comparações significativas com as observações realizadas no início do processo, proporcionando uma visão mais abrangente da transformação e evolução dos compostos ao longo do tempo.

Durante todo o processo de degradação da matéria orgânica (38 dias) houve geração de 1020 ml de chorume. Fatores como o tipo de resíduo utilizado na composteira pode ter elevado a quantidade de água liberada na decomposição, frutas como abacaxi, tomate, limão e pepino, que foram utilizadas na composteira, apresentam alto teor de água, o que pode ter contribuído.

Ao observar a olho nu, torna-se evidente a distinção no composto após a conclusão do período de monitoramento (Figura 21). Não é possível detectar resíduos orgânicos, apenas a presença da serragem, que, devido ao seu tamanho maior, não se decompõe com a mesma facilidade.

Figura 21: Composto no início do experimento na composteira (a) e amostra do composto ao final do experimento (b).



Fonte: Autora (2023).

Também foi possível observar a presença de muitas minhocas envolvidas no processo de reprodução, já que elas exibiam um clitelo inchado e mais proeminente. Além disso, foi notada a existência de alguns casulos que continham ovos. Essa observação indica que as condições dentro do compartimento superior são propícias para esses organismos, possibilitando sua reprodução. A Figura 22 apresenta uma parte das minhocas ao final do monitoramento.

Figura 22: Minhocas Californianas (*Eisenia fetida*).



Fonte: Autora (2023).

Outro aspecto relevante a salientar é que, ao longo do processo, não foram detectados odores desagradáveis nem a presença de vetores, um fenômeno que possivelmente se deve à incorporação da serragem. Silveira (2020) em seu trabalho explica que a serragem devido à sua textura resistente, proporciona uma efetiva oxigenação do sistema, impulsionando o processo de compostagem e mitigando ocorrências de maus odores. Adicionalmente, o tamanho apropriado da serragem cria uma barreira física que dificulta a atração e o acesso de mosquitos aos resíduos alimentares.

6. CONCLUSÕES

A análise bibliométrica revelou um aumento significativo na pesquisa sobre compostagem e vermicompostagem em 2019, seguido de uma redução em 2020, aparentemente associada a eventos de saúde que impactaram a produção de pesquisa nesse campo. Nos anos subsequentes, em 2022 e 2023, observou-se uma recuperação nas publicações, possivelmente devido ao crescente interesse em questões de sustentabilidade. Notavelmente, Garg, V.K e Soobhany emergem como autores proeminentes, embora diversos outros pesquisadores tenham contribuído de forma intermitente. A China e a Índia lideram em publicações, enquanto o Brasil tem uma presença limitada. As palavras-chave forneceram uma visão abrangente dos temas de pesquisa, oferecendo insights sobre o estado atual e as direções futuras da pesquisa nesse campo.

Em relação aos experimentos de compostagem e vermicompostagem, constatou-se um aumento na densidade em ambos os compartimentos, indicando um possível fenômeno de compactação do material. As discrepâncias entre os compartimentos com e sem minhocas podem ser atribuídas à eficácia do papel desempenhado por esses organismos e à configuração específica da composteira. Os valores de temperatura, mantiveram-se dentro da faixa mesofílica, e a umidade permaneceu em níveis adequados. Da mesma forma, os valores de pH se mantiveram coerentes com as expectativas para ambos os processos.

Em relação aos testes de germinação, os resultados indicaram que concentrações mais baixas de chorume diluído estimularam a germinação, sobretudo em relação ao composto orgânico do compartimento superior. Esse achado sugere uma possível influência benéfica das minhocas na qualidade do composto. Durante o processo de decomposição da matéria orgânica, foram produzidos 1020 ml de líquido orgânico, sem a detecção de vetores (moscas) ou a ocorrência de odores desagradáveis. Os resíduos da cozinha aparentavam estar completamente decompostos, e observou-se a presença notável de diversas minhocas em fase de gestação durante o desenvolvimento do processo.

Com relação a possíveis melhorias, algumas recomendações incluem a fragmentação prévia dos resíduos de serragem em dimensões menores antes da sua adição às composteiras, uma vez que tal material tende a apresentar maior resistência

à decomposição. Adicionalmente, destaca-se a importância de desenvolver procedimentos para a separação e coleta eficaz do chorume, evitando a sua acumulação em um único compartimento. Além disso, é fundamental prosseguir com a pesquisa para avaliar os efeitos da compostagem ao longo de um período mais prolongado e observar a evolução do composto com o passar do tempo.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2022. Disponível em: < <https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 04 abr. 2023.
- ALVES, F. K.; HENKIN, R. S.; DEUNER, D. P.; BORTOLOSSI, F.; WACHHOLZ, F. D.; ZANELLA, G.; SILVA, M. D. **Compostagem: uma Alternativa de Material Nobre para a Utilização em Hortas e Jardins**. v. 3, n. 0, p. 37–37, 2010.
- AMORIM, H. J. C. A. L. **Uso da compostagem e vermicompostagem como técnicas de tratamento de resíduos orgânicos domiciliares**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, 2017.
- ANDALIA, R. C.; LABRADA, R. R.; CASTELLS, M. M. Scopus: O maior banco de dados de literatura científica revisada por pares disponível para países subdesenvolvidos. **ACIMED** v.21 n.3, 2010.
- BRINGHETIN, J. R.; KORRES, A. M. N.; MOREIRA, A. M. M.; ROCHA, S. M.; GUNTHER, W. M. R. Organic Waste Composting and Vermicomposting as Sustainable Practice in Higher Education Institutions. **Springer Nature**, p. 159-173, 2018.
- CAMBOIM, Y. M. **Desenvolvimento de um protótipo para compostagem com aeração forçada em pequena escala**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.
- CÁSTKOVÁ, T.; HANC, A. Change of the parameters of layers in a large-scale grape marc vermicomposting system with continuous feeding. **Waste Management & Research**, v. 37, n. 8, p. 826–832, 2019.
- CHEN, Y.T. A Cost Analysis of Food Waste Composting in Taiwan. **Sustainability**, v. 8, n. 11, p. 1210, 2016.
- CONTI, C.; BACENETTI, J.; TEDESCO, D. Earthworms for feed production from vegetable waste: Environmental impact assessment. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 18, 2019.

COTTA, J. A. O.; CARVALHO, N. L. C.; REZENDE, M. O. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 65–78, 2015

DAS, S.; PRADHAN, A. K.; BEURA, K.; DAS, R.; SINGH, R. Improvement of Soil Quality by Solid Waste Recycling: A Global Perspective. **Soil Science: Fundamentals to Recent Advances**, p. 637–667, 2021.

DAUR, I.; ABUSUWAR, A. O. Em.1 compost and its effects on the nodulation, growth, and yield of Berseem (*Trifolium alexandrinum*) crop. **Pak. J. Bot**, v. 47, n. 6, p. 2397–2400, 2015.

ECKSTROM, K.; Barlow J. W. Resistome metagenomics from plate to farm: The resistome and microbial composition during food waste feeding and composting on a Vermont poultry farm. **PLOS ONE**, v.14, 2019.

ERMOLAEV, E.; SUNDBERG, C.; PELL, M.; JONSSON, H. Greenhouse gas emissions from home composting in practice. **Bioresource Technology**, v. 151, p. 174–182, 2014.

GUPTA, R.; GARG, V.K. Vermitechnology for Organic Waste Recycling. **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**, p. 83–112, 2017.

HANC, A.; CASTKOVA, T.; KUZEL, S.; CAJTHAMAL, T. Dynamics of a vertical-flow windrow vermicomposting system. **Waste Management & Research**, v. 35, n.11, p. 1121–1128, 2017.

HANC, A.; DRESLOVA, M. Effect of composting and vermicomposting on properties of particle size fractions. **Bioresource Technology**, v. 217, p. 186–189, 2016.

HUANG, K.; LI, F.; WEI, Y.; FU, X.; CHEN, X. Effects of earthworms on physicochemical properties and microbial profiles during vermicomposting of fresh fruit and vegetable wastes. **Bioresource Technology**, v. 170, p. 45–52, 2014.

HWANG, H. Y.; LEE, S.M.; LEE, C. R.; AN, N. H. Addition of earthworm castings reduces gas emissions and improves compost quality in kitchen waste composting. **Applied Biological Chemistry**, v. 65, n. 1, 2022.

KARCHANAWONG, S.; NISSAIKLA, S. Effects of microbial inoculation on composting of household organic waste using passive aeration bin. **International**

Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, v. 3, n. 4, p. 113–119, 2014.

KHALIB, S. N. B.; ZAKAYA, I. A.; IZHAR, T. N. T. Composting of Garden Waste using Indigenous Microorganisms (IMO) as Organic Additive. **International Journal of Integrated Engineering**, v. 10, n. 9, 2018.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e qualidade do composto**. 6 ed. Piracicaba, 2012. 161 p.

MAMO, M.; KASSA, H.; INGALE, L.; DONDEYNE, S. Evaluation of compost quality from municipal solid waste integrated with organic additive in Mizan–Aman town, Southwest Ethiopia. **BMC Chemistry**, v. 15, n. 1, 2021.

MANYAPU, V.; MANDPE, A.; KUMAR, S. Synergistic effect of fly ash in in-vessel composting of biomass and kitchen waste. **Bioresource Technology**, v. 251, p. 114–120, 2018.

MÁXIMO, K. A.; LEMOS, C. F.; ROSSONI, H. A. V. Inoculação de microrganismos como aceleradores no processo de compostagem de resíduos sólidos agroindustriais. **Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Tecnologia Ambiental**, p. 160–160, 2018.

MELO, S. L.; ZANTA, V. M. Análise do Uso de Compostagem Doméstica em Conjuntos Habitacionais de Interesse Social na Cidade de São Domingos – Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, p. 169–180, 2016.

MOHEE, R.; SOOBHANY, N. Comparison of heavy metals content in compost against vermicompost of organic solid waste: Past and present. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 92, p. 206–213, 2014.

OCANA, E. R. O.; GÓMEZ, A. M. H.; RIOS, M.; PORTELA, A.; TORRES, V. S.; DOMÍNGUEZ, I.; KOMILIS, D. A Comparison of Two-Stage and Traditional Co-Composting of Green Waste and Food Waste Amended with Phosphate Rock and Sawdust. **Sustainability**, v. 13, n. 3, p. 1109–1109, 2021.

PALANIVELOO, K.; AMRAN, M. A.; NORHASHIM, N. A.; MOHAMAD F. N.; PENG, H. F.; HUI, W. L.; KAI L., Y.; JIALE, L.; CHIAN Y., MELISSA, G.; JING, Y. L.;

GUNASEKARAN, B.; RAZAK, S. A. Food Waste Composting and Microbial Community Structure Profiling. **Processes**, v. 8, n. 6, p. 723, 2020.

PLANARES. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2022. Disponível em: < <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>>. Acesso em: 04 de maio abr. 2023.

ROS, C. O.; REX, F. E.; RIBEIRO, I. R.; KAUFER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, R. F.; SOMAVILLA, L. Uso de Substrato Compostado na Produção de Mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 549–558, 2015.

SAMANIEGO, J. J.; MURCIA, M. D. P.; BUSTAMANTE, M. A.; PAREDES, C.; ESPINOSA, A. P.; TERÁN, I. G.; LÓPEZ, M.; EGEA, F. C. M.; BRITO, H.; MORAL, R. Development of organic fertilizers from food market waste and urban gardening by composting in Ecuador. **PLOS ONE**, v. 12, n. 7, p. e0181621, 2017.

SANASAM, S. D.; TALUKDAR, N. C. Quality Compost Production from Municipality Biowaste in Mix with Rice Straw, Cow Dung, and Earthworm *Eisenia fetida*. **Compost Science & Utilization**, v. 25, n. 3, p. 141–151, 2017.

SANGAMITHIRAI, K. M.; JAYAPRIYA, J.; HEMA, J.; MANOJ, R. Evaluation of in-vessel co-composting of yard waste and development of kinetic models for co-composting. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 4, n. 3, p. 157–165, 2015.

SANTOS, H. M. N. **Destinação sustentável do lodo de ETE: análise da viabilidade de co-compostagem com resíduos sólidos orgânicos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, 2020.

SANTOS, L. M. **Compostagem de lodo biológico e resíduos orgânicos: uma análise bibliométrica usando a base de dados Scopus**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, 2021.

SANTOS, W. F. **Equipamento de baixo custo para monitorar temperatura e umidade de forma contínua e remota: aplicação na compostagem**. Trabalho de

Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, 2021.

SILVA, J. L.; SILVA, R. J. **Estudo da compostagem doméstica como instrumento de sustentabilidade ambiental e melhoria da qualidade de vida: Uma revisão bibliográfica.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2023.

SILVEIRA, A. C. D. **Influência da quantidade de serragem e do tempo de decomposição na qualidade do vermicomposto.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2020.

STORINO, F.; MENÉNDEZ, J.; MURO, J.; APATICIO, T. P. M.; Irigoyen, I. Effect of Feeding Regime on Composting in Bins. **Compost Science & Utilization**, v. 25, n. 2, p. 71–81, 2016.

TARASHKAR, M.; MATLOOBI, M.; QURESHI, S.; RAHIMI, A. Assessing the growth-stimulating effect of tea waste compost in urban agriculture while identifying the benefits of household waste carbon dioxide. **Ecological Indicators**, v. 151, p. 110292, 2023.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1995.

TIENER, Y. M. S. V.; VICAKAS, O. M.; BARCIA, M. K.; FONSECA, S.; VEIGA, T. V.; UKAN, D. Avaliação da compostagem e vermicompostagem para biodegradação da matéria orgânica. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 46833–48639, 2020.

VICH, D. V.; MIYAMOTO, H. P.; QUEIROZ, L. M.; ZANTA, V. M. Household food-waste composting using a small-scale composter. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 5, p. 718, 2017.

WANG, Q.; AWASTHI, M. K.; ZHANG, Z.; WONG, J. W.C. Sustainable Composting and Its Environmental Implications. **Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches**, p. 115–132, 2019.

WU, Z.; YIN, B.; SONG, X.; QIU, J.; CAO, L.; ZHAO, Q. Effects of Salinity on Earthworms and the Product During Vermicomposting of Kitchen Wastes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 23, p. 4737, 2019.

WU, Z.; YIN, B.; SONG, X.; ZHAO, Q. Effects of different lipid contents on growth of earthworms and the products during vermicomposting. **Waste Management & Research**, v. 37, n. 9, p. 934–940, 2019.