CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

COMPOSTAGEM URBANA: DESVENDANDO O POTENCIAL OCULTO DOS RESÍDUOS NAS CIDADES. UM ESTUDO DE CASO.

Allan Muniz Mello Cid

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em Mestre em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos.

Orientadora: Professora Dra. Cristiane Rosa Magalhães.
Coorientador: Professor Dr. Júlio Cesar Santos da Silva.

Nova Iguaçu
Setembro 2024

COMPOSTAGEM URBANA: DESVENDANDO O POTENCIAL OCULTO DOS RESÍDUOS NAS CIDADES. UM ESTUDO DE CASO.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em Mestre em Desenvolvimento Regional e Sistemas Produtivos.

Allan Muniz Mello Cid

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professora Dra. Cristiane Rosa Magalhães (CEFET/RJ) (Orientadora)

_____

Professor Dr. Júlio Cesar Santos da Silva (CEFET/RJ) (Coorientador)

_____

Professor Dr. Wladmir Henriques Motta (CEFET/RJ)

_____

Professor Dr. Flávio Silva Machado (UFF) (Professor Externo)

Nova Iguaçu

Setembro 2024

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

_

DEDICATÓRIA

Dedico a existência anterior a minha, dedico a quem veio e deixou um legado para que eu possa continuar andando. Dedico à todos que fizeram ciência e tornaram possíveis o meu avanço na pesquisa. E, claro, dedico aos meus antepassados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Nanã por sua incomparável sabedoria e pelo barro da vida que moldou toda a humanidade. Reconheço que “fui feito do seu barro e que para ele retornarei”, um mito que inspirou profundamente este trabalho. Agradeço a Ossanhe por me proporcionar o culto às ervas e o contato ancestral com os orixás. A Exu, que me guia pelos caminhos corretos e é, e sempre foi, meu orientador. E a Oxalá, Ayrá, Iemanjá, Osun, Erê e Ogun, os reis, Deuses da minha vida, meus alicerces, mães e pais tão zelosos.

Agradeço também ao Sr. Tiriri, Dona Pombogira Cigana, Sr. Malandro, Sr. Caboclo e, especialmente, à mulher que me trouxe e manteve vivo até aqui: Dona Maria Mulambo!

À minha avó Clea Muniz (*In memoriam*), por seu zelo e carinho. À minha mãe Rosana Muniz, meu porto seguro, que sempre acreditou em mim. À minha tia Rosangela Muniz, que, como minha mãe, sempre me apoiou em minha jornada.

Agradeço a Mame’tu Zinguere (Marilza), que me deu uma segunda vida, me fez pertencer a uma família espiritual e me iniciou no candomblé, pelo qual sou imensamente grato. Agradeço a toda minha ancestralidade. Sem eles, minha existência não seria possível.

Agradeço ao meu companheiro, namorado e marido, Marcelo Rosemback, por sempre acreditar em mim, ser meu ombro nos dias de choro e angústia, entender, me apoiar e me dar forças para seguir em frente.

Aos amigos que a vida me presenteou e que guardo no coração: Dayse, Ghaby, Carine, Yoree e Tales.

Agradeço em ser adotado por uma gatinha que não me larga um minuto, e quando passo muito tempo na frente do computador ela se deita no teclado para que eu possa fazer uma pausa e um cafuné nela. A você, Rose, muito obrigado.

Aos meus queridos professores primários e secundários, por serem as fontes de sabedoria onde bebi e dei meus primeiros passos no aprendizado. Sem seus ensinamentos, não estaria onde estou hoje. Em especial a professora Rosangela e professora Roberta.

Agradeço ao CEFET-RJ unidade Nova Iguaçu por me receber de braços abertos e por participar de debates que tanto contribuíram para o meu crescimento. Aos queridos professores doutores: José André, Herlander, Andréa, Christiane, Augusto, e especialmente à minha orientadora Cristiane Magalhães e meu coorientador Júlio Ce-

sar, por me conduzirem e apoiarem durante o mestrado. Ao professor Wladmir por compor minha banca e contribuir com meu trabalho.

Ao professor Flávio Machado da UFF que compôs minha banca como professor externo e contribuiu com ideias, conselhos e que foram muito importantes para produção deste trabalho. Ao professor da UFF Robinsom Calado que além de ministrar uma aula externa, foi quem me indicou o professor Flávio para ajudar em minha pesquisa.

Aos colegas de classe, aos amigos que fiz, todo o suporte que recebi. Especialmente a Flaviane, minha colega de trabalho, que me incentivou a iniciar no mestrado, e ao Athus, minha dupla nas pesquisas, com quem sempre pude contar. Vanessa, Fabi, Juliana, Elaine... foram tantos colegas, mas o importante é que ninguém soltou a mão de ninguém.

Aos amigos do trabalho (COI - UHG) que me ajudaram na minha ausência e me cobriram quando necessário. Especialmente à equipe da farmácia (Nathália, Carina, Bruna, Michelly, Alessandra, Jéssica, Larissa, Samuel, Sylmara...) e enfermagem (Pedro, Suzete, Casarteli, Mariana...), pelos desabafos e conselhos valiosos. A equipe de limpeza, em especial a Thais, que sempre pode ouvir minhas preocupações e dava conselhos. Agradeço a equipe da radioterapia, que quando precisei de um espaço para realizar minhas defesas, me ajudaram: Bianca, Aline e Juliana.

À empresa Composta'e, por receber este estudo com tanta atenção e contribuir para seu desenvolvimento com total dedicação. Principalmente ao Bernardo por fornecer dados que foram importantes para a escrita deste trabalho.

Aos que acreditaram em mim e igualmente aos que duvidaram, certamente foi uma forma de me incentivar.

E a todos que mencionei anteriormente, e aos que por algum motivo, não mencionei, meu sincero agradecimento.

EPÍGRAFE

"Do barro tu vens e ao barro tu voltarás! (...) como uma grande mãe, em seu âmago e em seu silêncio, aguarda o retorno dos seus filhos, pois tem a certeza que eles irão retornar um dia."

(Marcelo Rosemback)

–

RESUMO

COMPOSTAGEM URBANA: desvendando o potencial oculto dos resíduos nas cidades. Um estudo de caso.

Este trabalho objetivou realizar uma revisão de escopo dos processos e métodos utilizados por empresas privadas que praticam a compostagem, complementada por um estudo de caso em uma empresa do Rio de Janeiro que produz adubo orgânico através da compostagem de resíduos. Ao analisar o cenário de geração de resíduos sólidos no Brasil, observou-se que uma grande quantidade de resíduos orgânicos é destinada a locais inadequados, quando poderia ser aproveitada em processos de compostagem, reduzindo a quantidade de resíduos em aterros e melhorando a logística de transporte. Durante a revisão de escopo, identificou-se uma carência de estudos focados em empresas que realizam a compostagem de resíduos orgânicos vegetais, em contraste com a vasta literatura sobre geração de bioenergia. A pesquisa foi direcionada para a empresa Composta'e, que, além de compostagem, se dedica à educação ambiental e à produção e distribuição de alimentos orgânicos para comunidades carentes. Apesar das dificuldades em obter dados financeiros e quantitativos da empresa, o estudo demonstrou a importância da compostagem na redução de impactos ambientais e na promoção da economia circular, além de evidenciar o compromisso socioambiental do empreendimento.

Palavras-chave: Gerenciamento de resíduo orgânico; Compostagem; Economia circular; Material orgânico; Engenharia reversa.

ABSTRACT

URBAN COMPOSTING: unveiling the hidden potential of waste in cities. A case study.

This study aimed to conduct a scoping review of the processes and methods used by private companies engaged in composting, complemented by a case study of a Rio de Janeiro-based company that produces organic fertilizer through the composting of waste. Analyzing the waste generation scenario in Brazil, it was observed that a large amount of organic waste is sent to inadequate locations when it could be utilized in composting processes, thus reducing the volume of waste in landfills and improving transportation logistics. The scoping review identified a lack of studies focusing on companies that perform composting of plant organic waste, in contrast to the extensive literature on bioenergy generation. The research focused on the company Composta'e, which, in addition to composting, is committed to environmental education and the production and distribution of organic food to nearby underserved communities. Despite challenges in obtaining financial and quantitative data from the company, the study highlighted the importance of composting in mitigating environmental impacts and promoting a circular economy, as well as demonstrating the socio-environmental commitment of the enterprise.

Keywords: Organic waste management; Composting; Circular economy; Organic material; Reverse engineering.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Contextualização do tema 15
1.2 Justificativa 18
1.3 Dos objetivos 19
1.3.1 Objetivo geral 19
1.3.2 Objetivos específicos 20
2 REVISÃO TEÓRICA 21
2.1 Resíduo sólido 21
2.1.1 Gerenciamento do RSU 22
2.1.2 Legislações sobre gerenciamento dos RSU e compostagem 24
2.1.3 Lixão, aterro controlado, aterro sanitário e saúde pública 26
2.2 Compostagem 27
2.3 Economia circular 31
3 MATERIAIS E MÉTODOS 34
3.1 Revisão de escopo 34
3.2 Estudo de Caso 36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 38
4.1 Revisão de escopo 38
4.1.1 Título 38
4.1.2 Resumo 38
4.1.3 Introdução 38
4.1.4 Método 40
4.1.5 Resultados 44
4.1.5.1 “Transitioning towards a circular bioeconomy in South Africa: Who are the key players?” 45
4.1.5.2 "Home Bio-Waste Composting for the Circular Economy" 47
4.1.5.3 "Biowaste Management and Circular Economy: Usage of Pay as you Throw System and Autonomous Composting Units in Municipality of Probishtip" 48
4.1.6 Discussão 50
4.1.7 Conclusão 53
4.2 Estudo de caso 53
4.2.1 O projeto: Composta’e 54
4.2.2 Modelo de projeto para empresa de gerenciamento de resíduos sólidos 56
4.2.2.1 O local para o processo 58
4.2.2.2 Materiais 58
4.2.2.3 Mão de obra 62
4.2.2.4 Aquisição de matéria prima 63
4.2.2.5 Produção 65
4.2.3 Resultados do projeto 71
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 73
6 REFERÊNCIAS 75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reação termofílica da compostagem até a maturação do composto. 28
Figura 2. Levantamento de artigos utilizando o diagrama de fluxo PRISMA 2020. 45
Figura 3: Guarda-corpo de corda feito para evitar o risco de queda no rio. 56
Figura 4: Parte do cultivo de alimentos e do espaço do Composta'e. 57
Figura 5: Forcado, equipamento utilizado para revolver a pilha de compostagem. 59
Figura 6: Peneiras rotativas. Manual (1) e Mecânica (2). 60
Figura 7: Alguns dos materiais utilizados no processo. 61
Figura 8: Maravalha recolhida e fornecida pela COMLURB. 62
Figura 9. Bicicleta cargueira utilizada na coleta dos resíduos. 63
Figura 10: Galões para armazenagem prévia dos resíduos coletados. 65
Figura 11: Leira em estágio inicial (1) e leira já com composto maturado (2). 66
Figura 12: Leira número 2 com o composto maturado bruto, na posição da leira. 67
Figura 13: Produto bruto transferido para o local de peneiração e envase 68
Figura 14: Produto final peneirado e envasado. 68
Figura 15: Caixa coletora de chorume. 69
Figura 16: Registro de um encontro educacional no pátio do Composta'e. 70
Figura 17: Antes e depois da horta na creche 70
Figura 18: Dados informativos de produção até a data de 02 de Julho de 2024. 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Acrônimo PCC e questão norteadora. 40
Tabela 2: Primeira expressão para tentativa de busca de artigos. 41
Tabela 3: Segunda expressão para tentativa de busca de artigos. 41
Tabela 4: Terceira expressão para tentativa de busca de artigos. 41
Tabela 5: Tabela com expressões para tentativa de busca de artigos. 42
Tabela 6: Expressões finais utilizadas para encontrar os artigos nas bases de dados. 42
Tabela 7: Textos encontrados após utilização de filtros. 43
Tabela 8: Artigo 1: "Transitioning towards a circular bioeconomy in South Africa: Who are the key players?". 46
Tabela 9: Artigo 2: "Home Bio-Waste Composting for the Circular Economy". 47
Tabela 10: Artigo 3: "Biowaste Management and Circular Economy: Usage of Pay as you Throw System and Autonomous Composting Units in Municipality of Probishtip". 49

LISTAS A PARTIR DAQUI: FIGURAS, TABELAS, QUADROS, GRÁFICOS.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS(Em construção)

3R	Reduzir, Reutilizar e Reciclar
ABELPRE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
C:N	Carbono por Nitrogênio
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EC	Economia Circular
GEE	Gases do Efeito Estufa
KM	Quilômetro
ONU	Organizaçãos das Nações Unidas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RS	Resíduo Sólido
RSO	Resíduo Sólido Orgânico
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SVOCS	Compostos orgânicos semivoláteis
T	Tonelada
VOCS	Compostos orgânicos voláteis
ABREMA	Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente
JBI	Joanna Briggs Institute
UCAs	Unidades de Compostagem Autônomas

1 INTRODUÇÃO

Comentado [AC1]: INTRO - Resolvido

1.1 Contextualização do tema

Comentado [AC2]: 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO - Resolvido

A migração do campo para a cidade aumentou nas últimas décadas em busca de melhores oportunidades e condições de vida (ORSINI *et al.*, 2013). Esta transição em grande escala levou a um fluxo massivo de pessoas das áreas rurais para as urbanas. Esse fenômeno é conhecido como êxodo rural e está intrinsecamente ligado ao crescente volume e natureza dos resíduos sólidos gerados nas regiões urbanas (JATO-ESPINO; MAYOR-VITORIA, 2023; NDIRIBE, 2023). De acordo com (ALVES; SOUZA; MARRA, 2011) no Brasil em 1970, ano de maior migração, essa mudança trouxe um crescimento urbano em 30% da população rural, equivalente a 12,5 milhões de pessoas no período (ALVES; SOUZA; MARRA, 2011).

A urbanização e as mudanças nos padrões de consumo estão provocando um aumento na geração de resíduos, que está impactando de forma significativa as cidades. Os desafios da gestão de resíduos são um dos principais problemas a serem enfrentados (JUNQUEIRA; MEDEIROS; COHIM, 2022; LAWAL *et al.*, 2024; MORTULA *et al.*, 2020; SANFO *et al.*, 2022). Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são compostos por resíduos gerados pelas atividades humanas em áreas urbanas e incluem uma variedade de materiais, como resíduos domésticos, comerciais, industriais e de construção civil (ABNT, 2004).

As últimas estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que a sociedade global produz aproximadamente 2,24 bilhões de toneladas de resíduos sólidos a cada ano, com apenas 55% desse volume sendo gerenciado em instalações adequadas. Além desse desafio, a organização destaca outra dimensão crítica do desperdício global: anualmente, aproximadamente 931 milhões de toneladas de alimentos são perdidas ou jogadas fora, representando uma preocupação significativa para a segurança alimentar e o uso responsável dos recursos do planeta (ONU, 2023).

O modelo "extrair-produzir-descartar" (modelo linear de produção) não considera a circularidade e o reaproveitamento de materiais, tratando os resíduos como um problema a ser descartado. Como forma de disposição final destes resíduos, alguns

–

países ainda recorrem a lixões, espaços a céu aberto destinados à concentração de RSU provenientes de uma região específica. Essa prática acarreta sérios riscos ambientais, como contaminação do solo, produção de chorume e falta de controle ambiental adequado (FRANCO; RIBEIRO, 2022).

A ausência de medidas eficazes permite que substâncias nocivas penetrem no solo, atingindo lençóis freáticos e comprometendo a qualidade da água. Além disso, os lixões atraem vetores e animais devido à decomposição dos resíduos, intensificando os impactos negativos sobre o ecossistema local. Se faz importante adotar medidas rigorosas de controle ambiental para mitigar esses problemas e promover práticas mais sustentáveis de gestão de resíduos (ASSIS *et al.*, 2022; CAPELARI *et al.*, 2020; FRANCO; RIBEIRO, 2022; SISINNO; JOSINO COSTA MOREIRA, 1996).

Os lixões necessitam de controles abrangentes para atenuar os impactos ambientais e de saúde vinculados a essa forma inadequada de gerenciamento de resíduos. Esses controles incluem a impermeabilização do solo, sistemas eficientes para captura e tratamento do chorume, garantia de cobertura diária eficaz dos resíduos, controle de acesso e monitoramento para prevenir atividades ilegais, incentivo à separação de resíduos na fonte e promoção da reciclagem. Além disso, é crucial planejar o encerramento adequado dos lixões, visando a recuperação e reabilitação da área afetada (ALBERTIN; SILVA; PRADO, 2023).

A Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabeleceu como meta a extinção dos lixões no Brasil até 31 de agosto de 2014. No entanto, esta meta não foi alcançada (BRASIL, 2010). A Lei nº 14.026/2020, que atualizou o marco legal do saneamento básico, estabelece o prazo de 2 de agosto de 2024 para o encerramento de todos os lixões em municípios com população inferior a 50.000 habitantes (BRASIL, 2020). O encerramento dos lixões é uma importante medida para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Aterros controlados, por sua vez, são designados para o descarte de resíduos sólidos, apresentando práticas mais controladas de deposição e gerenciamento em comparação aos lixões (FREIRE, 2009). Esses locais incorporam medidas como a impermeabilização do solo, coleta e tratamento do chorume, e controle de gases para minimizar os impactos ambientais. Apesar de mais regulamentados que os lixões, é importante ressaltar que os aterros controlados ainda não alcançam os padrões rigorosos das normas ambientais e sanitárias dos aterros sanitários, representando uma fase intermediária na gestão de RS (FREIRE, 2009; LEAL *et al.*, 2023).

A conscientização pública por meio de campanhas educativas, como coleta seletiva e meios de reciclagem, se faz essencial para informar a população sobre práticas adequadas de descarte de resíduos e os impactos negativos associados aos lixões e aterros controlados. A implementação coordenada desses controles seria fundamental para reduzir significativamente os danos ambientais e aprimorar as condições de gestão de resíduos (ALBERTIN; SILVA; PRADO, 2023; LIMA *et al.*, 2023; SPOTI *et al.*, 2023).

O volume de RSU gerado no ano de 2020 no Brasil, alcançou o peso de 82,5 milhões de toneladas, sendo percebida a média de 225.965 toneladas por dia. Um ponto a ser ressaltado é o período de enfrentamento da pandemia do covid-19, que trouxe também a mudança nas dinâmicas sociais, percebendo o aumento de pedidos delivery e tendo os domicílios como as maiores fontes geradoras de resíduos (ABELPRE, 2021).

Com o retorno das atividades presenciais em 2022, mudando a dinâmica anterior de consumo, houve uma retraída nos resíduos gerados, o que somou um total de 81,7 milhões de toneladas. Outro motivo apontado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABELPRE) foi da queda considerável de poder de compra dos brasileiros que acarretou uma diminuição do consumo (ABELPRE, 2022).

A ABELPRE estima que, em 2022, aproximadamente 93% do total de resíduos gerados foi coletado, no entanto, uma parcela significativa, correspondendo a 39% (29.706.226 toneladas), ainda é indevidamente disposta em locais inadequados, como lixões e aterros controlados (ABELPRE, 2022). Dados mais recentes, disponíveis até 2019 segundo a ABELPRE, indicam que, entre os resíduos coletados, 45,3% eram classificados como orgânicos (ABELPRE, 2020).

A compostagem, uma forma controlada de decomposição biológica de resíduos orgânicos, abrangendo materiais provenientes de subprodutos agrícolas, esterco de animais, varrição de folhas secas, vegetais, legumes e frutas, apresenta impactos benéficos ao otimizar a produção agrícola e a qualidade do solo, contribuindo para uma prática agrícola sustentável (SIQUEIRA; ABREU, 2016; SUNG *et al.*, 2023), ganhando um papel importante no processo de gerir melhor o RSU orgânico e consequentemente, traz uma mudança significativa no meio ambiente tanto para o local que foi depositado esse resíduo, como seu produto final, já maturado e pronto para utilização, ele pode substituir o adubo químico, que é prejudicial para o solo e para o ser humano

(AYILARA *et al.*, 2020; BOJARSKI *et al.*, 2023; EL JANATI *et al.*, 2022; PAJURA, 2024).

A compostagem se destaca como um elemento essencial na interseção dos princípios da economia circular (EC), gestão apropriada de resíduos sólidos e práticas sustentáveis. Ao adotar uma abordagem controlada para a decomposição biológica de resíduos orgânicos, ela não apenas aprimora a produção agrícola e a qualidade do solo, mas também desempenha um papel crucial na eficiente gestão dos resíduos sólidos orgânicos (RSO) (SIQUEIRA; ABREU, 2016).

A interligação se estende à EC, onde a compostagem se destaca como um método eficaz para fechar o ciclo de nutrientes, minimizando a extração de recursos e reduzindo a dependência de adubos químicos prejudiciais. Além disso, ao substituir esses adubos por composto orgânico maduro, a compostagem alinha-se à prática de utilizar resíduos como recursos valiosos, um princípio fundamental da EC (PAJURA, 2024). Essa integração coesa não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também exemplifica a importância da compostagem na transição para sistemas mais circulares, econômicos e eficientes na gestão de resíduos sólidos.

Observando as alterações climáticas, tragédias causadas por meio ambiente, poluição de efluentes ocasionados também pela forte contribuição dos resíduos destinados em locais inapropriados, iniciativas de empreendimentos como o Composta'e e a revolução dos baldinhos de Santa Catarina, um projeto que recebeu prêmio internacional (ABREU, 2013), dentre outros que fazem essa ligação com o reuso de materiais orgânicos e o movimento circular dos recursos.

1.2 Justificativa

Comentado [AC3]: 1.2 JUSTIFICATIVA - Resolvido

A preocupação ambiental e a busca por práticas sustentáveis têm ganhado destaque crescente, especialmente no que tange ao gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Esta dissertação concentra-se em um empreendimento dedicado à compostagem, oferecendo serviços a residências e empresas, com o objetivo de contribuir para a solução dessa problemática e promover práticas de desenvolvimento regional sustentável.

Ao adotar a compostagem e, consequentemente a economia circular, este empreendimento não apenas transforma resíduos orgânicos em composto valioso, mas

também desempenha um papel crucial na mitigação dos desafios associados ao mau gerenciamento dos RSU. Os clientes, ao participarem do serviço de coleta, promovem a gestão sustentável de resíduos e recebem 1kg de composto após a maturação, incentivando sua participação ativa nesse ciclo virtuoso.

Essa abordagem visa enfrentar os desafios do gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos e impulsionar práticas de desenvolvimento regional, transformando resíduos em recursos locais valiosos. Isso representa uma mudança significativa no pensamento linear da economia, integrando sustentabilidade com benefícios econômicos.

Como engenheiro de produção, percebo que a linearidade da produção de produtos pode ser prejudicial ao meio ambiente. Conscientemente, encontrei na compostagem um meio de contribuir para o processo circular da economia, beneficiando concomitantemente o meio ambiente.

Além da formação acadêmica, a vivência pessoal, onde familiares utilizavam resíduos orgânicos como "adubo" para as plantas cultivadas, e o encontro espiritual com o candomblé em 2006, ensinaram que todo material orgânico é sagrado e deve ser utilizado de forma integrada, evitando desperdícios. Nessa cultura, as carnes são consumidas, os couros utilizados, as ervas reutilizadas, ou seja, existe a prática da reciclagem no meu caminho desde novo.

Essas iniciativas, como o Composta’e, destacam-se não apenas pela sua contribuição ambiental, mas também pela responsabilidade social que assumem, promovendo educação ambiental e produzindo composto orgânico. Além disso, o projeto está alinhado com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis, com destaque para a meta 11.6, que visa, até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, incluindo a melhoria na gestão de resíduos e na qualidade do ar. O Composta’e também se conecta ao ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis, contribuindo para o desenvolvimento regional sustentável e práticas produtivas mais conscientes.

1.3 Dos objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Comentado [AC4]: 1.3.1 obj geral - resolvido

O estudo será conduzido junto a uma empresa que realiza a reengenharia de resíduos orgânicos, ou seja, compostagem, gerando produtos de valor econômico. Como objetivo geral deste trabalho, pretende-se acompanhar esse processo produtivo, e seu papel na economia e no meio ambiente desde a aquisição da matéria prima até a transformação desta em produto comercializável.

1.3.2 Objetivos específicos

Comentado [AC5]: 1.3.2 obj especificos - confirmar se está ok

- Realizar uma revisão de escopo para mapear processos, métodos e informações técnicas e teóricas que possam contribuir com este trabalho;
- Descrever o processo produtivo realizado na empresa, mostrando os produtos de valor agregado obtidos com o processamento dos RSOs;
- Apresentar o quanto de RSO o empreendimento pode dar um melhor aproveitamento, ao invés de serem dispostos em outros locais inadequados, ao se realizar o processo de compostagem;

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Resíduo sólido

Comentado [AC6]: 2.1 RESÍDUO SÓLIDO - Arrumar

Comentado [AC7]: OK

Resíduos sólidos são aqueles materiais descartados por pessoas ou empresas, que não têm mais utilidade ou valor no seu estado atual. Eles podem surgir de várias atividades diárias, como o preparo de refeições, a compra de produtos embalados, a manutenção de eletrônicos, e até mesmo o descarte de móveis antigos. Esses resíduos podem ser divididos em categorias conforme a sua natureza, origem ou tipo de material. Por exemplo, há os resíduos alimentares, que vêm de sobras de comida; os plásticos, que aparecem em diversas formas de embalagens e produtos descartáveis; e os resíduos eletrônicos, também conhecidos como e-waste, que incluem celulares, computadores e outros aparelhos eletrônicos que não funcionam mais (UNEP, 2024)

Além desses, há também os resíduos que surgem de atividades específicas, como a construção civil, que gera entulho e materiais de demolição, e o setor industrial, que pode produzir tanto resíduos não perigosos quanto perigosos, dependendo do tipo de produção. Resíduos agrícolas também entram na lista, com restos de colheitas ou produtos químicos usados nas plantações. É importante lembrar que alguns desses resíduos podem ser mais perigosos, como os resíduos hospitalares, que podem conter substâncias infecciosas ou químicas que precisam de cuidados especiais na sua gestão. No dia a dia, a mistura de diferentes tipos de resíduos no lixo comum pode complicar a coleta e o tratamento adequados, especialmente em locais onde os sistemas de gestão de resíduos ainda não estão totalmente desenvolvidos (UNEP, 2024).

Os resíduos sólidos (RS) têm sua vasta diversidade, sendo eles como produtos de vestuário, vidros, plásticos, metais e alimentos (WASEWAR, 2023). Os RS podem ser categorizados conforme a sua periculosidade em seu manejo, como os biológicos, os químicos, resíduos de hospitais, resíduos domésticos dentre outros. No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a norma ABNT 10004:2004 define por resíduos sólidos (ABNT, 2004):

> “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados

> em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível."

Percebendo a vastidão de possibilidades de resíduos, cabe ressaltar que eles podem variar de acordo com a cultura, localidade, clima, economia e as leis que determinam sua disposição final, se fazendo importante um melhor gerenciamento quanto ao que diz respeito ao descarte desses resíduos (WASEWAR, 2023).

Um fator significativo na geração de resíduos sólidos é o crescimento da população urbana, que, aliado ao aumento do poder de compra e ao estímulo ao consumo exacerbado, resulta em um descarte inadequado de produtos. A urbanização acelerada, particularmente em países em desenvolvimento, intensifica a produção de resíduos sólidos urbanos (RSU), dos quais uma parcela substancial é composta por resíduos orgânicos (JUNQUEIRA; MEDEIROS; COHIM, 2022; LAWAL *et al.,* 2024; MORTULA *et al.,* 2020; SANFO *et al.,* 2022; NDIRIBE, 2023).

Então, ao falar de resíduos sólidos urbanos, especialmente os orgânicos, é importante pensar tanto nos aspectos técnicos quanto sociais do gerenciamento desses resíduos. Vale lembrar que os resíduos orgânicos representam aproximadamente 50% dos resíduos coletados, o que torna essencial lidar com eles de maneira eficaz. Ter infraestruturas adequadas, políticas de incentivo e promover uma cultura de sustentabilidade entre as pessoas são passos essenciais nesse caminho. Incluir programas de educação ambiental e iniciativas comunitárias pode ajudar a aumentar a conscientização e a adoção de práticas sustentáveis, diminuindo a quantidade de resíduos gerados e aumentando a reciclagem e compostagem (NDIRIBE, 2023).

2.1.1 Gerenciamento do RSU

Comentado [AC8]: 2.1.1 Gerenciamento do RSU - Arrumar

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil é um desafio complexo, refletindo uma realidade variada de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos rejeitos. Em 2022, o Brasil gerou cerca de 77,1 milhões de toneladas de resíduos, com uma média per capita de 1,04 kg/dia. Este panorama revela diferenças significativas na geração de resíduos entre as regiões, evidenciando a necessidade de estra-

tégias adaptadas às realidades locais (ABREMA, 2023).

No Rio de Janeiro, a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) realiza a coleta seletiva de resíduos recicláveis como plástico, papel, vidro, lata e fiação, mas não oferece coleta exclusiva para resíduos sólidos orgânicos. A COMLURB menciona outras iniciativas, como a Composta'e, para a coleta e reciclagem de resíduos orgânicos, mas a cobertura ainda é limitada. Isso reflete a dificuldade em implementar um sistema de gestão que inclua todos os tipos de resíduos de forma abrangente (COMLURB, 2023).

A gestão inadequada dos resíduos sólidos contribui significativamente para as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Em 2022, os resíduos sólidos no Brasil geraram cerca de 91,3 milhões de toneladas de GEE, mantendo constante, dentro da casa dos 91 milhões, nos últimos três anos, segundo o relatório isso se dá por aspectos importantes da gestão de resíduos, quanto a quantidade de biogás recuperados nos aterros. A decomposição anaeróbica da matéria orgânica em aterros sanitários é uma das principais fontes de metano, um gás com potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o dióxido de carbono. Essa situação evidencia a necessidade urgente de uma gestão mais eficiente para mitigar os impactos ambientais associados (IPCC, 2022; SEEG, 2023).

Comentado [AM9]: ATUALIZAR DADOS

O Brasil emitiu aproximadamente 2,3 bilhões de toneladas de CO_2 equivalente em 2022, com o Brasil ocupa a sexta posição em poluição, e uma parte dessas emissões está relacionada ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. A decomposição de resíduos orgânicos em aterros contribui para a liberação de metano, uma fonte relevante de emissões de GEE. Embora desmatamento (48%) e agropecuária (27%) sejam os principais responsáveis pelas emissões, a contribuição dos resíduos sólidos (4%) é significativa e não pode ser ignorada (SEEG, 2023).

O crescimento populacional e a urbanização intensificam a produção de resíduos, o que, sem um gerenciamento adequado, resulta em maiores emissões de metano. Políticas de gestão muitas vezes falham em promover a compostagem e a reciclagem de forma abrangente, levando a um aumento na quantidade de lixo orgânico enviado para aterros. Essa realidade agrava o problema do aquecimento global e destaca a necessidade de aprimorar as práticas de gestão de resíduos (SEEG, 2023).

Comentado [AM10]: ARRUMAR CITAÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil enfrenta desafios importantes, como a presença de lixões e práticas inadequadas de descarte. A falta de infraestrutura e recursos adequados para a coleta e tratamento de resíduos orgânicos compro-

mete a eficiência do sistema de gestão. A continuidade de práticas inadequadas, combinada com a baixa cobertura de coleta seletiva, revela lacunas significativas a serem abordadas (ALBERTIN; SILVA; PRADO, 2023; BRASIL, 2010).

Além disso, os gastos com serviços de limpeza urbana em 2022 totalizaram R$ 29,2 bilhões, indicando uma alta dependência de recursos financeiros. Embora o aumento nos gastos possa sugerir um esforço para melhorar a gestão, também ressalta a necessidade de uma alocação mais eficiente dos recursos, especialmente em regiões com menos infraestrutura (ABREMA, 2023).

Práticas como compostagem e reciclagem, apesar de promissoras, ainda são pouco exploradas em muitos locais. A compostagem não só ajuda a reduzir a quantidade de metano liberado, mas também enriquece o solo e diminui a necessidade de fertilizantes químicos, oferecendo benefícios ambientais significativos. A implementação de soluções como a compostagem pode trazer melhorias substanciais na gestão de resíduos e na redução das emissões de GEE (SEEG, 2023).

Comentado [AM11]: ARRUMAR CITAÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Lei nº 12.305/2010 estabelecem diretrizes para uma disposição final adequada em aterros sanitários. No entanto, a eficácia dessas regulamentações é limitada por uma implementação desigual e práticas inadequadas em algumas regiões. A continuidade das políticas e uma fiscalização rigorosa são essenciais para melhorar a gestão dos resíduos sólidos (ABREMA, 2023; ALBERTIN; SILVA; PRADO, 2023; BRASIL, 2010).

O IPCC alerta que, se as emissões de GEE continuarem a crescer sem controle, a temperatura global pode aumentar entre 1,5°C e 2°C até 2050, trazendo consequências graves para o clima e os ecossistemas. Isso sublinha a importância de repensar o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, investindo em soluções que reduzam as emissões e ofereçam benefícios ambientais (IPCC, 2022).

2.1.2 Legislações sobre gerenciamento dos RSU e compostagem

Comentado [AC12]: 2.1.2 **Legislações sobre gerenciamento dos RSU e compostagem - Arrumar**

A regulação do gerenciamento de resíduos sólidos e compostagem no Brasil é marcada por uma série de leis que visam estabelecer diretrizes claras para a gestão ambientalmente responsável desses materiais. A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de

2010, que institui a PNRS, é um marco importante, abrangendo princípios e diretrizes que buscam a gestão integrada dos resíduos sólidos em todo o país. Ela estabelece uma abordagem sistemática, incorporando a responsabilidade compartilhada e a gestão integrada, exigindo planos de gerenciamento para diversos tipos de resíduos, incluindo os orgânicos (BRASIL, 2010).

A Lei nº 9.195 de 2021, criada no Rio de Janeiro, estabelece um programa estadual que incentiva a compostagem de resíduos orgânicos gerados em locais como escolas, hospitais e restaurantes, direcionando o composto orgânico produzido para projetos de agricultura familiar, hortas comunitárias e outras iniciativas ecológicas. A lei visa reduzir a quantidade de resíduos enviados aos aterros sanitários, alinhando-se com a PNRS, e também promove a educação ambiental. Escolas com espaço disponível podem criar suas próprias hortas usando o composto, e o programa pode receber apoio de empresas e entidades para doação e transporte do material para compostagem (RIO DE JANEIRO, 2021).

A Lei nº 4969 de 2008 é uma legislação municipal do Rio de Janeiro que define como a cidade deve lidar com os resíduos sólidos. O principal objetivo é garantir uma gestão que minimize impactos ambientais e proteja a saúde pública, promovendo práticas como redução de resíduos, coleta seletiva e descarte adequado. Ela exige a criação de um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) e estabelece a responsabilidade compartilhada entre cidadãos, empresas e o governo. A lei também cobre o manejo de resíduos perigosos e da construção civil, além de promover a inclusão de catadores na gestão dos materiais recicláveis. Com isso, busca melhorar a qualidade de vida, preservar o meio ambiente e incentivar a economia circular (RIO DE JANEIRO, 2008).

Em nível federal, a Resolução CONAMA nº 481, de 3 de outubro de 2017, estabelece critérios e procedimentos para a compostagem de resíduos orgânicos, detalhando aspectos como a qualidade ambiental e o controle do processo. Esta norma é crucial para garantir que as práticas de compostagem sejam realizadas de forma a proteger o meio ambiente, com exigências quanto à temperatura e à higienização do composto. A resolução busca assegurar que o processo de compostagem seja eficiente e esteja em conformidade com os padrões ambientais estabelecidos (CONAMA, 2017).

A Lei nº 12.305/2010 é fundamental ao instituir a Política Nacional de Resíduos Sólidos, abrangendo uma gama ampla de resíduos, mas sua abordagem para a com-

postagem é especialmente relevante quando se considera a gestão integrada de resíduos orgânicos. A PNRS estabelece uma estrutura que inclui responsabilidades para geradores e para o poder público, e incentiva a implementação de práticas como a compostagem como parte de uma estratégia mais ampla de gerenciamento de resíduos (BRASIL, 2010).

2.1.3 Lixão, aterro controlado, aterro sanitário e saúde pública

Comentado [AC13]: 2.1.3 Lixão, aterro controlado, aterro sanitário e saúde pública - Arrumar

Comentado [AC14]: OK

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) pode acarretar diversos problemas para a saúde pública. Lixões, aterros controlados e aterros sanitários têm diferentes impactos, sendo os aterros sanitários os mais seguros e eficientes. A gestão inadequada dos RSU em lixões e aterros controlados agrava problemas de saúde pública e ambiental, exigindo uma maior atenção e medidas mais eficazes (SHAH *et al.,* 2021).

Lixões são áreas onde os resíduos são depositados de maneira desordenada, sem controle ambiental adequado. Isso resulta em diversos problemas, começando pela contaminação do solo e da água. A falta de impermeabilização do solo permite a infiltração de substâncias tóxicas, que acabam contaminando o lençol freático e os cursos d'água próximos. O chorume, um líquido altamente poluente gerado pela decomposição dos resíduos, é um dos principais agentes dessa contaminação (MOHAN; JOSEPH, 2021; ROCHA; AZEVEDO, 2015). Além disso, a decomposição dos resíduos em lixões libera gases como metano e dióxido de carbono, que não apenas contribuem para o efeito estufa, mas também podem causar problemas respiratórios nas populações circunvizinhas (GÓMEZ-SANABRIA *et al.,* 2022).

A proliferação de vetores de doenças é outro problema crítico associado aos lixões. Essas áreas atraem moscas, ratos, urubus e outros animais que podem disseminar doenças infecciosas. Pessoas que trabalham ou vivem próximas aos lixões, como os catadores de resíduos, estão especialmente vulneráveis. Expostas a resíduos infectados, essas pessoas podem contrair doenças como hepatite e infecções respiratórias. Estudos como o de (WEIS-TORRES *et al.,* 2020) destacam a alta incidência de doenças entre catadores de lixo devido ao contato com resíduos contaminados.

Aterros controlados representam uma melhoria em relação aos lixões, mas

ainda apresentam problemas significativos devido à falta de infraestrutura adequada para o gerenciamento de resíduos. Embora haja alguma forma de controle, a impermeabilização do solo geralmente é insuficiente, permitindo a contaminação do solo e da água. A gestão inadequada pode levar à liberação de chorume e gases tóxicos, que são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. Além disso, a proximidade de comunidades a aterros controlados pode resultar em exposição a poluentes, aumentando o risco de doenças infecciosas (ROCHA; AZEVEDO, 2015).

Aterros sanitários, por outro lado, são projetados para minimizar os impactos ambientais e sanitários, utilizando técnicas de engenharia para o gerenciamento seguro dos resíduos. Esses aterros incluem sistemas de impermeabilização do solo, drenagem de chorume e captura de gases, tornando-os significativamente mais seguros do que lixões e aterros controlados (GÓMEZ-SANABRIA *et al.,* 2022).

Estudos recentes, como o de (FANG *et al.,* 2023), apontam para a presença de antibióticos em águas residuais, superficiais e solos, alertando para o uso de fezes animais como esterco sem passar pelo processo de compostagem. Vestígios de antibióticos encontrados na superfície de vegetais podem ser prejudiciais à saúde humana, trazendo sérios problemas de saúde. (PAN *et al.,* 2023) também relatam a falta de dados e estudos sobre taxas de contaminação por compostos orgânicos voláteis (VOCs) e semivoláteis (SVOCs). Esses compostos, como formaldeído e acetaldeído, encontrados em aterros no Brasil, apresentam riscos cancerígenos, apresentando a necessidade de uma maior atenção a esses poluentes (PAN *et al.,* 2023).

A falta de gerenciamento eficaz dos RSU, especialmente quando dispostos em lixões, agrava os problemas de saúde pública. Sem vigilância adequada na reciclagem de resíduos orgânicos, esses materiais lançados a céu aberto atraem vetores como moscas, ratos e urubus, aumentando a propagação de doenças infecciosas. O mau cheiro causado pela putrefação dos materiais orgânicos e a geração de chorume são problemas adicionais que impactam negativamente a qualidade de vida das comunidades próximas (GÓMEZ-SANABRIA *et al.,* 2022; MOHAN; JOSEPH, 2021).

A gestão inadequada dos resíduos sólidos urbanos, seja em lixões ou aterros controlados, apresenta riscos significativos para a saúde pública e o meio ambiente (GÓMEZ-SANABRIA *et al.,* 2022). Mesmo métodos mais avançados como a compostagem requerem cuidado para evitar a contaminação por antibióticos e outros poluentes. É fundamental investir em soluções eficazes de gerenciamento de resíduos, como os aterros sanitários, e promover políticas de reciclagem e compostagem seguras para

mitigar os impactos negativos dos RSU (SHAH *et al.,* 2021).

2.2 Compostagem

Comentado [AC15]: 2.2 COMPOSTAGEM - Texto ok. Arrumar referências. Colocar Imagens de leiras?

Comentado [AC16]: FALTA ARRUMAR REFERENCIA

Os pesquisadores Fernandes e Silva (1999) explicam que a compostagem é uma prática que vem se desenvolvendo ao longo dos séculos, porém sem uma fundamentação teórica que descrevesse o processo da biooxidação, que é a oxidação química realizada através de microrganismos (MAZUELOS *et al.,* 2023). Fernandes e Silva (1999) falam ainda que Albert Howard na década de 1920, desenvolveu e publicou o primeiro estudo descrevendo todo o processo de decomposição do resíduo orgânico e a sua transformação em um material estabilizado (FERNANDES; SILVA, 1999).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a compostagem é um processo biológico de decomposição de resíduos orgânicos realizado por microrganismos em condições termofílicas e aeróbias. Na primeira fase desse processo, os resíduos passam por essa decomposição, na qual ocorre a degradação dos materiais orgânicos. Posteriormente, no segundo momento, os resíduos são transformados em material estabilizado e próprio para utilização, tornando-se uma fonte valiosa de composto orgânico rico em nutrientes essenciais para o solo e as plantas (CONAMA, 2017).

A compostagem é uma prática que visa transformar resíduos orgânicos em adubo de qualidade, impulsionando a agricultura sustentável e combatendo a degradação do solo (ABOUTAYEB *et al.,* 2023; SUNG *et al.,* 2023). Através da proporção adequada de fontes de carbono e nitrogênio, assim como dos processos biológicos, químicos e físico-químicos envolvidos, essa técnica se divide em quatro etapas distintas, início, termófila, mesófila e maturação, cada uma desempenhando um papel específico no processo assim como apresentado na Figura 1 (INÁCIO; MILLER, 2009).

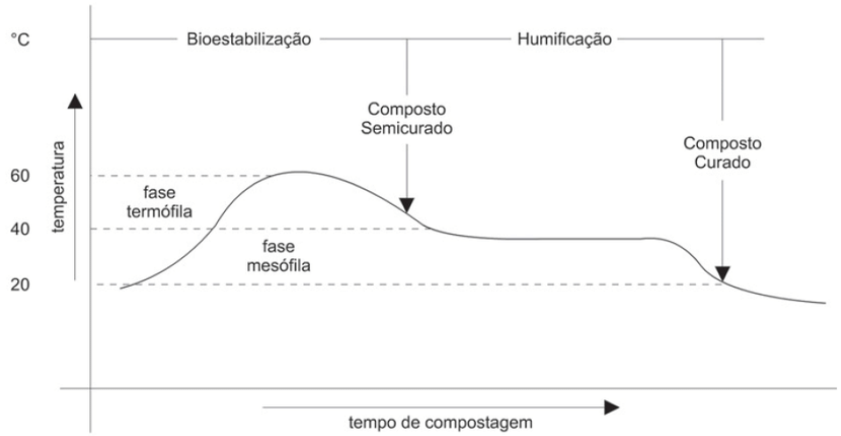


Figura 1: Reação termofílica da compostagem até a maturação do composto.
Fonte: adaptado de: CEMPRE, 2018 apud KIEHL, 1985.

Na primeira fase da compostagem aeróbia, ocorre a degradação inicial dos resíduos orgânicos. Nesse estágio, microrganismos termofílicos são protagonistas, elevando a temperatura da compostagem devido à sua intensa atividade metabólica (FINORE *et al.,* 2023; SHI *et al.,* 2023). É válido ressaltar a importância da relação carbono-nitrogênio adequada para o sucesso dessa fase, pois o equilíbrio entre esses elementos é essencial para uma decomposição eficiente. Uma proporção equilibrada de resíduos ricos em carbono, como folhas secas e palha, e resíduos ricos em nitrogênio, como sobras de podas, legumes, cascas de vegetais, lodo de esgoto, estrume, dentre outros materiais, é fundamental para estimular a atividade microbiana e promover a decomposição efetiva dos resíduos (SHARMA *et al.,* 1997).

Já na segunda fase, outros microrganismos como fungos, entram em ação para continuar a decomposição dos resíduos, convertendo-os em compostos mais simples. Durante todo o processo, ocorrem alterações físico-químicas, como variações na umidade, temperatura, pH e oxigenação do material. Esses fatores desempenham um papel crucial na atividade dos microrganismos e na velocidade de decomposição dos resíduos. Por exemplo, a temperatura elevada gerada pela atividade microbiana pode eliminar patógenos e sementes indesejáveis, tornando o composto resultante mais seguro e livre de riscos (AYILARA *et al.,* 2020; SILVA, A.C. *et al.,* 2022).

O lixiviado, também conhecido como chorume ou líquido de percolação, é um coproduto valioso da compostagem, podendo ser utilizado como fertilizante líquido rico em nutrientes dissolvidos, ou fungicida foliar. Ele é formado a partir da umidade libe-

rada durante a decomposição da matéria orgânica, carregando consigo nutrientes solúveis e compostos orgânicos (BORGES, JORGE A *et al.,* 2014; FERNANDES SILVA *et al.,* 2023; SANTOS, 2010; SCHIEDECK *et al.,* 2008).

No entanto, é crucial garantir a maturação adequada do chorume antes de sua utilização. Um chorume não maturado pode conter altas concentrações de substâncias indesejáveis, como ácidos orgânicos, compostos fenólicos e metais pesados, além de um excesso de nutrientes. Isso pode causar problemas ambientais, como a contaminação de solos e corpos d'água. Para evitar esses riscos, recomenda-se diluir o chorume maturado em água na proporção de 1:8 a 1:20 (chorume:água), dependendo da fase de desenvolvimento das culturas e das características do solo. Essa diluição permite ajustar a concentração de nutrientes e diminuir os riscos de fitotoxicidade, antes de sua aplicação como fertilizante líquido (AMEEN; MUSHTAQ, 2019; BRITO *et al.,* 2008; CRUZ *et al.,* 2003; FRAGALÀ *et al.,* 2023; SANTOS, 2010).

Os sistemas de compostagem variam conforme o local, a quantidade e a natureza do material processado, além do regime operacional proposto. Quanto maiores os impactos ambientais potenciais, mais cuidadosa deve ser a escolha do local, o design e as práticas operacionais, assim como a avaliação ambiental. Existem diversos sistemas de compostagem, baseados em variáveis como tipo e volume da matéria-prima, espaço disponível e orçamento (HADZI-NIKOLOVA *et al.,* 2022).

A compostagem pode ser realizada de maneira centralizada ou descentralizada, cada uma com suas particularidades e desafios. No modelo centralizado, as Usinas de Triagem e Compostagem (UTC) são estruturas convencionais que tratam grandes volumes de resíduos sólidos urbanos (RSU), recebendo materiais misturados. Embora tenham a vantagem de concentrar o tratamento em um único local, geram composto de baixa qualidade devido à presença de contaminantes como metais pesados e resíduos inertes. Por isso, muitas UTCs foram desativadas no Brasil. Em contrapartida, as Usinas de Adubo Orgânico (UAO) focam na produção de composto de alta qualidade a partir de resíduos orgânicos segregados, embora a adoção deste modelo para RSU seja limitada pela necessidade de separação rigorosa na fonte (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

Na compostagem descentralizada, diversas abordagens são utilizadas. A Compostagem Institucional ocorre dentro de instituições públicas ou privadas, onde os resíduos orgânicos gerados internamente são compostados, muitas vezes utilizando tecnologias que variam desde métodos naturais até composteiras elétricas. Já a

Compostagem Domiciliar envolve a decomposição de resíduos orgânicos gerados nas próprias residências, geralmente com foco em hortas e jardins locais. A Compostagem Comunitária reúne esforços coletivos de bairros ou condomínios para tratar resíduos localmente, enquanto os Pátios Urbanos de Compostagem (PUC) processam resíduos oriundos de diferentes locais em áreas urbanas subutilizadas, beneficiando a agricultura local e criando uma conexão entre áreas urbanas e rurais (SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

Os processos de tratamento aeróbio de resíduos orgânicos envolvem a decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio, utilizando diferentes técnicas para otimizar a compostagem. As leiras ou pilhas estáticas podem ser aeradas naturalmente ou com auxílio de sistemas de ventilação. A técnica de leiras com revolvimento aberto promove a aeração através do revolvimento periódico dos resíduos. No sistema "in-vessel", a compostagem ocorre em recipientes fechados, garantindo controle ambiental. Túnel de compostagem e galpões com biofiltro são estruturas que protegem o material de intempéries, permitindo controle mais rigoroso do processo. Por fim, containers, caixas de compostagem e aeração com membrana semipermeável são soluções compactas e modernas que melhoram a eficiência e reduzem emissões de odores (GALVÃO, 2019).

Através da compostagem, é possível reverter o ciclo de desperdício de resíduos orgânicos, transformando-os em um recurso valioso para a agricultura e o meio ambiente. Essa prática desempenha um papel importante na promoção da sustentabilidade, regeneração do solo e conservação dos recursos naturais. Seja em pequenas iniciativas residenciais ou em grande escala, a compostagem pode ser adotada por diversos públicos, promovendo um futuro mais consciente e equilibrado (ABOUTAYEB *et al.,* 2023; HERNÁNDEZ-LARA *et al.,* 2022).

A importância da compostagem transcende a simples conversão de resíduos orgânicos em composto orgânico. Essa prática tem a capacidade de revitalizar o solo, melhorar sua estrutura e promover o crescimento de plantas saudáveis (CARABASSA; DOMENE; ALCAÑIZ, 2020; PAGE, K. *et al.,* 2014; PROTO; COURTNEY, 2023). Em um mundo onde a agricultura intensiva e a degradação do solo são desafios prementes, a compostagem se destaca como uma solução sustentável e eficaz (BOJARSKI *et al.,* 2023).

Além disso, se deve destacar outros impactos ambientais positivos da compostagem. Ao adotar essa prática, é possível reduzir significativamente a quantidade

de resíduos que são destinados a aterros sanitários e lixões. Isso evita a liberação de gases prejudiciais ao meio ambiente, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas e a preservação dos recursos naturais (BANUNLE *et al.,* 2023; PÉREZ; VERGARA; SILVER, 2023). Adicionalmente, a compostagem diminui o acúmulo de chorume nos aterros sanitários, reduzindo o risco de contaminação de solos e águas subterrâneas. Além disso, ao desviar resíduos orgânicos dos aterros, a compostagem pode prolongar a vida útil dessas instalações, minimizando a necessidade de construção de novos aterros (PÉREZ; VERGARA; SILVER, 2023; RODRÍGUEZ-ESPINOSA *et al.,* 2023).

2.3 Economia circular

Comentado [AC17]: 2.3 ECONOMIA CIRCULAR - Texto ok. Arrumar referências. Colocar imagens?

Comentado [AC18]: OK

A ideia de economia circular (EC) ainda é relativamente recente e carece de uma definição unificada, resultando em várias interpretações desse conceito, frequentemente associadas a diversos outros conceitos como design regenerativo; economia de performance; *cradle-to-cradle*; ecologia industrial, biomimética, eco inovação, economia ecológica, dentre outros (OLIVEIRA; SILVA; MOREIRA, 2019; SILVA, THAINY GENNY ESTEVES *et al.,* 2021), e que tem ganhado crescente importância em um mundo marcado por desafios ambientais e escassez de recursos.

(GEISENDORF; PIETRULLA, 2018) indicam que a base conceitual da EC envolve o “uso restaurativo dos recursos”, tendo este paradigma econômico, em um contraponto ao modelo linear de economia que é o de "produzir, usar e descartar", a premissa em criar um ciclo contínuo de produção, consumo, reutilização e reciclagem de produtos e materiais. Em uma EC, o desperdício é minimizado, existe a otimização dos recursos e a sustentabilidade é colocada no centro das atividades humanas (GEISENDORF; PIETRULLA, 2018; PATWA *et al.,* 2021).

Segundo Ellen MacArthur Foundation (2021), a EC parte do princípio, em contraponto com a realidade atual de economia linear, que desde o início do seu processo não se gera qualquer resíduo (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

A EC vai além da simples redução do impacto ambiental, focando também na geração de oportunidades econômicas. Esse modelo pode estimular a inovação, criar empregos verdes - em indústrias que se preocupam tanto com os processos quanto

com os resultados ambientalmente corretos - e aumentar a resiliência econômica. Um dos pilares fundamentais dessa economia é o design de produtos e processos que facilitem a desmontagem, reparação e reciclagem, promovendo a longevidade dos produtos e reduzindo a geração de resíduos. Esse conceito é frequentemente referido como design ecológico (APOSTEL; BARSLUND, 2024; BELLEMARE *et al.*, 2022; ZHUANG; SHIH; WAGIRI, 2023).

A reutilização de produtos e a promoção do compartilhamento também são aspectos cruciais, o que acontece com aluguel de roupas (MORA-SOJO; KRYCH; PETTERSEN, 2023) ou de ferramentas e o compartilhamento de carros, são algumas das atitudes tomadas para contribuir com a diminuição da geração de mais resíduos.

Já o processo de reciclagem eficiente, que envolve a coleta e transformação de materiais descartados em matérias-primas para novos produtos, reduz a demanda por recursos virgens e minimiza a poluição ambiental. A adoção de fontes de energia renovável e a otimização da eficiência energética são elementos essenciais para a EC, pois reduzem a pegada de carbono das atividades econômicas (STAHEL, 2016).

Na decomposição anaeróbia de resíduos ao longo do processo, os gases emitidos, podem ser utilizados como biogás ou até como fonte de energia. A compostagem de restos de alimentos entra neste padrão de reciclagem gerando um novo produto como o composto orgânico, que servirá como um condicionador de solo ou adubo orgânico (BEESIGAMUKAMA *et al.*, 2023; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021; ESTÉVEZ *et al.*, 2023; PATWA *et al.*, 2021).

A compostagem é um exemplo de tecnologia social que pode ser implementada em arranjos produtivos locais, promovendo a inclusão social e o desenvolvimento comunitário. Esses arranjos produtivos reúnem pequenos produtores e cooperativas, que podem compartilhar recursos, conhecimentos e infraestrutura, aumentando a eficiência e a sustentabilidade das práticas agrícolas e de gestão de resíduos. A integração de práticas como a compostagem em arranjos produtivos permite a criação de sistemas de produção mais resilientes e sustentáveis, que beneficiam tanto o meio ambiente quanto as comunidades envolvidas (BORGES, ALEX FERNANDO *et al.*, 2017; FRITZEN CIDÓN; SCHREIBER; SCHMITT FIGUEIRÓ, 2023)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo utilizou duas abordagens metodológicas. A primeira foi uma Revisão de Escopo, que buscou identificar publicações sobre empresas que praticam compostagem. A segunda foi um estudo de caso, realizado por meio de uma entrevista presencial em uma empresa na Tijuca, Rio de Janeiro, que gerencia resíduos orgânicos por meio da compostagem.

Nesta seção, será apresentada a metodologia utilizada. No item 3.1, será detalhada a revisão de escopo, com o objetivo de mapear produções, termos, técnicas e processos relevantes para a questão central do estudo. Em seguida, no item 3.2, será descrito o estudo de caso realizado em uma empresa que faz compostagem no Rio de Janeiro. Todos os materiais e métodos empregados serão descritos nos processos apropriados.

3.1 Revisão de escopo

Comentado [AC19]: 3.1 REVISÃO DE ESCOPO - Explicar aqui o que é a revisão de escopo

A revisão de escopo (ou scoping review) é uma metodologia que mapeia a literatura existente sobre um tópico amplo, sem entrar em análises detalhadas ou conclusivas. O objetivo principal é identificar quais estudos foram feitos e quais lacunas ainda existem na pesquisa. Diferente das revisões sistemáticas, que buscam responder a perguntas específicas e têm um foco mais restrito, as revisões de escopo são mais amplas e exploratórias, permitindo uma visão geral de um campo de estudo. Estudos recentes mostram que essa abordagem é útil para áreas emergentes onde o conhecimento ainda está em desenvolvimento (LEVAC; COLQUHOUN; O'BRIEN, 2010; PAGE, MATTHEW J *et al.*, 2021; PETERS, MICAH D.J. *et al.*, 2020; TRICCO *et al.*, 2018).

Entre os pontos fortes dessa metodologia está a sua capacidade de mapear rapidamente uma área de pesquisa. Ela ajuda a entender o volume e a variedade das evidências existentes, o que pode ser muito útil para pesquisadores que estão começando um novo projeto ou para aqueles que buscam identificar tendências emergentes. Além disso, a revisão de escopo pode ser um ponto de partida para uma futura revisão sistemática, oferecendo uma visão geral antes de um estudo mais aprofundado (PETERS, MICAH D.J. *et al.*, 2015).

No entanto, também tem suas limitações. Por ser mais ampla e menos focada, ela pode não fornecer respostas definitivas ou detalhadas sobre questões específicas.

Além disso, a qualidade dos estudos incluídos pode variar, e a metodologia não garante uma análise crítica profunda dos dados. Isso pode levar a uma compreensão menos precisa dos temas abordados e limitar a capacidade de gerar recomendações baseadas em evidências robustas (LEVAC; COLQUHOUN; O'BRIEN, 2010; PETERS, MICAH D.J. *et al.,* 2015).

O método utilizado neste tipo de revisão envolve várias etapas. Primeiro, define-se uma pergunta de pesquisa ampla e os critérios de inclusão e exclusão. Em seguida, realiza-se uma busca extensa na literatura para identificar os estudos relevantes. Após a seleção, os dados são extraídos e organizados, oferecendo uma visão geral dos temas encontrados. A análise é menos sobre detalhes e mais sobre identificar padrões e lacunas (TRICCO *et al.,* 2018).

Uma revisão de escopo geralmente inclui a avaliação de uma ampla gama de estudos, sem a necessidade de avaliar a qualidade metodológica de cada um deles. Isso permite que o pesquisador obtenha uma visão mais geral e inclusiva do tema, o que é particularmente útil em áreas onde a literatura é vasta e variada. Essa abordagem pode ajudar a identificar as principais áreas de pesquisa e onde mais estudos são necessários e apesar de suas limitações, como a falta de profundidade e a variabilidade na qualidade dos estudos, ela serve como um ponto de partida crucial para futuras pesquisas mais detalhadas e sistemáticas (PETERS, MICAH D.J. *et al.,* 2020; TRICCO *et al.,* 2018).

Este trabalho segue as diretrizes atuais do Joanna Briggs Institute (JBI) para revisões de escopo, as quais estão alinhadas com o que foi anteriormente exposto. O modelo utilizado para condução de revisões de escopo, originalmente proposto por Arksey e O'Malley e posteriormente desenvolvido por Levac e Peters, fornece um guia detalhado para garantir clareza e rigor no processo. Ele abrange etapas como a definição da questão de pesquisa, a identificação de estudos relevantes, e a coleta e organização dos dados, focando mais na abrangência e diversidade das evidências do que em uma avaliação crítica da qualidade dos estudos incluídos (PETERS, MICAH D.J. *et al.,* 2020; PETERS, MICAH DJ *et al.,* 2024).

O processo de busca das fontes de evidência seguiu uma estratégia sistemática. Foram utilizadas duas bases de dados reconhecidas, Scopus e Web of Science, que são amplamente reconhecidas por sua importância e alcance internacional. Esta escolha se deve à qualidade e abrangência das publicações indexadas nessas bases, garantindo uma cobertura robusta da literatura existente.

Não houve inclusão de textos externos de literatura cinzenta, focando exclusivamente em fontes revisadas por pares e de alta relevância científica. As estratégias de busca foram adaptadas para cada base de dados, utilizando palavras-chave específicas e operadores booleanos para otimizar a recuperação de artigos pertinentes.

A seleção das fontes de evidência envolveu um rigoroso processo de triagem: Inicialmente, todos os títulos e resumos recuperados nas buscas foram avaliados por dois revisores independentes, garantindo a imparcialidade na inclusão ou exclusão dos estudos. Em casos de discordância, um terceiro revisor foi consultado para alcançar um consenso. Os critérios de inclusão e exclusão foram previamente definidos, considerando a relevância dos estudos para as questões de pesquisa e a qualidade metodológica. A síntese dos resultados foi apresentada de forma narrativa, destacando as principais descobertas e suas implicações para a prática e a pesquisa futura.

3.2 Estudo de Caso

Comentado [AC20]: 3.2 ESTUDO DE CASO - Explicar aqui o que é Estudo de Caso.

Para Antonio Carlos GIL (2017), o estudo de caso é um método de pesquisa que envolve uma investigação intensiva e detalhada de um ou poucos fenômenos específicos, que podem ser uma pessoa, um grupo, uma organização, um evento ou um sistema. O principal objetivo é obter uma compreensão abrangente e contextualizada do caso estudado, explorando suas características, dinâmicas, processos e inter-relações. Gil destaca que essa metodologia é particularmente útil quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas, permitindo uma análise profunda e multifacetada GIL (2017).

A revisão teórica foi embasada em artigos indexados em bases de grande importância científica, como Scopus e *Web of Science*, que abrangem diversas temáticas relevantes para o estudo. Utilizou-se palavras-chave como “Compostagem”, “*Composting*”, “Economia Circular”, “*Circular Economy*” e termos similares para formar a expressão de busca. Foram considerados artigos em português, inglês e espanhol, e a busca foi sistematizada utilizando operadores booleanos (*AND*, *OR*, *NOT*) para refinar os resultados. Priorizou-se a seleção de artigos publicados nos últimos cinco anos para garantir a atualidade das informações (SOUSA; OLIVEIRA; ALVES, 2021), embora textos mais antigos tenham sido incluídos quando forneceram bases teóricas funda-

mentais.

Para a coleta de dados em campo, foram estabelecidos contatos com representantes da empresa Composta'e para obter autorização para visitas e registros dos processos. O primeiro contato foi feito via Instagram da empresa em 31 de agosto de 2022, manifestando interesse em realizar a pesquisa no local. Um segundo contato ocorreu em 17 de julho de 2023, também pela mesma rede social. Em janeiro de 2024, o contato foi realizado pelo número de WhatsApp de atendimento ao cliente da empresa, e quem respondeu foi o Sr. Bernardo, um dos sócios, onde foi explicado todo o procedimento da pesquisa. Paralelamente, foi enviado um e-mail (contato@compostae.com.br) com o pedido oficial para realização do estudo, incluindo um questionário previamente estruturado.

Uma entrevista presencial foi conduzida também com o Sr. Bernardo, em 22 de maio de 2024 para conhecer o local, apresentar a proposta de trabalho, entender o projeto, fotografar o empreendimento, acompanhar processos e explicar a utilização do formulário. Além da entrevista, utilizou-se um formulário enviado por e-mail inicialmente para autorização e posterior preenchimento. Em um segundo momento, o questionário foi aplicado para levantar dados importantes que serão discutidos no projeto.

Adicionalmente, outras fontes de dados incluíram o site da empresa e a página no Instagram e facebook, acessados pela primeira vez em agosto de 2022, que contêm informações detalhadas sobre o empreendimento e o processo de coleta de material orgânico dos clientes e a compostagem realizada no local.

No dia 22 de maio de 2024, durante a visita ao espaço utilizado para a compostagem, Bernardo, um dos sócios, respondeu a uma entrevista não estruturada, com o objetivo de compreender todo o processo utilizado, desde a escolha do terreno, métodos empregados, materiais e procedimentos. Essa entrevista buscou entender o processo como um todo, mantendo a flexibilidade na coleta de informações. A utilização de múltiplas fontes de evidência e a triangulação de dados foram fundamentais para aumentar a validade e a confiabilidade dos resultados obtidos através desta metodologia, conforme destacado por Gil (2008). Assim, a combinação de uma revisão teórica com a coleta de dados permite uma análise contextualizada do caso estudado, contribuindo para uma melhor compreensão do fenômeno investigado (GIL, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Revisão de escopo

Comentado [AC21]: 4.1 REVISÃO DE ESCOPO - finalizar toda a parte de revisão de escopo

4.1.1 Título

Empresas que realizam o gerenciamento de resíduos orgânicos urbanos no contexto da economia circular: Uma revisão de escopo.

4.1.2 Resumo

Diferente do modelo linear tradicional de extração, utilização e descarte, a economia circular busca manter os materiais em uso no maior tempo possível, promovendo reciclagem, reutilização e regeneração de sistemas naturais, como na compostagem que reinsere o resíduo orgânico na cadeia e agrega valor ao produto final que é o composto maturado. Esta revisão de escopo buscou analisar artigos publicados até março de 2024 nas bases Scopus e Web of Science, retornando 933 documentos. Ao final foram discutidos 3 artigos que tinham afinidade com a pergunta norteadora gerada pela estratégia PCC.

Palavras-chave: Economia circular; Compostagem; Resíduo orgânico.

4.1.3 Introdução

A economia circular, que propõe um modelo de produção e consumo sustentável, ganha relevância crescente no cenário global, sobretudo frente aos desafios ambientais atuais. Diferente do modelo linear tradicional, onde os recursos são extraídos, utilizados e descartados, a economia circular busca manter os materiais em uso pelo maior tempo possível, promovendo a reciclagem, a reutilização e a regeneração

de sistemas naturais. Nesse contexto, a compostagem urbana emerge como uma solução eficiente para a gestão de resíduos sólidos orgânicos, transformando restos de alimentos e resíduos verdes em composto orgânico, um fertilizante natural que pode ser reintegrado ao solo, fechando o ciclo de nutrientes e reduzindo a dependência de aterros sanitários (GEISENDORF; PIETRULLA, 2018; PATWA *et al.,* 2021).

A compostagem, além de diminuir significativamente o volume de resíduos enviados para aterros, também desempenha um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas. A decomposição controlada dos resíduos orgânicos evita a liberação de metano, um potente gás de efeito estufa, que ocorre quando esses resíduos se decompõem em ambientes anaeróbicos, como os aterros. Estudos recentes mostram que, quando implementada em larga escala em áreas urbanas, a compostagem pode contribuir para a redução das emissões de carbono e para a captura de carbono no solo, o que é fundamental para a sustentabilidade ambiental (ABOUTAYEB *et al.,* 2023; HERNÁNDEZ-LARA *et al.,* 2022).

No entanto, a efetividade da compostagem urbana depende de uma série de fatores, incluindo a infraestrutura adequada para a coleta e processamento dos resíduos orgânicos, a educação e conscientização da população, e a implementação de políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis. A literatura aponta que a capacitação das comunidades para a separação correta dos resíduos, aliada a incentivos governamentais e à criação de mercados para o composto, são estratégias essenciais para o sucesso da compostagem em áreas urbanas. Além disso, a integração dessas práticas no planejamento urbano pode potencializar os benefícios econômicos e ambientais, criando um ciclo virtuoso de desenvolvimento sustentável (ABOUTAYEB *et al.,* 2023; SUNG *et al.,* 2023).

A adoção da compostagem em ambientes urbanos também traz benefícios socioeconômicos, como a criação de empregos e a promoção da agricultura urbana. A produção de composto orgânico de alta qualidade pode estimular a agricultura em pequena escala e a horticultura comunitária, que por sua vez, contribuem para a segurança alimentar local. Estudos indicam que programas de compostagem bem-sucedidos em cidades ao redor do mundo têm levado a uma maior resiliência urbana, onde os resíduos são vistos não como um problema, mas como um recurso valioso que pode ser reaproveitado, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a economia (ZAGO; BARROS, 2019).

No estudo em questão, foram analisados textos abrangendo publicações até

março de 2024, sem restrições temporais anteriores. O objetivo foi examinar os métodos, tecnologias, informações e as lacunas existentes nos processos de compostagem de resíduos urbanos orgânicos, sempre dentro do contexto da economia circular. A análise buscou entender como essas práticas contribuem para a sustentabilidade, identificando avanços e áreas que ainda carecem de desenvolvimento para que a compostagem se integre de forma mais eficaz aos princípios da economia circular.

4.1.4 Método

A metodologia adotada nesta pesquisa segue uma abordagem abrangente e estruturada, pautada em diretrizes reconhecidas para assegurar rigor e transparência. O principal objetivo desta seção é detalhar o procedimento metodológico, desde a formulação das questões de pesquisa até a síntese dos resultados, seguindo as recomendações do *Joanna Briggs Institute* (JBI). A formulação das questões de pesquisa é um passo crucial nesta metodologia. As perguntas foram elaboradas com base nos elementos-chave: população, conceito e contexto (PETERS*,* MICAH DJ *et al.,* 2024).

Essas questões orientaram todo o processo de busca e seleção de fontes de evidência. A população alvo foi definida por empresas envolvidas na coleta e compostagem de resíduos sólidos orgânicos, como parte de suas práticas de gestão de resíduos, tendo a compostagem como estratégia de economia circular. Isso inclui compreender como a compostagem é implementada, gerenciada e quais são os impactos no contexto da economia circular, enquanto o contexto foi descrito por uma empresa que opera a compostagem em áreas urbanas, como visto na Tabela 1.

Tabela 1: Acrônimo PCC e questão norteadora.

Acrônimo	Resultado
P (População):	Empresas envolvidas na coleta e compostagem de resíduos sólidos orgânicos, como parte de suas práticas de gestão de resíduos.
C (conceito de interesse):	O interesse está centrado na compostagem como estratégia de economia circular. Isso inclui compreender como a compostagem é implementada, gerenciada e quais são os impactos no contexto da economia circular.
C (Contexto):	Empresa que opera a compostagem em áreas urbanas.

Questão gerada	1- Como a compostagem é implementada e gerenciada por empresas que visam promover a economia circular no contexto urbano?

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Após construir a questão norteadora, buscou-se realizar testes de buscas nas bases (*WOS e Scopus*), a fim de buscar trabalhos relacionados ao tema e que possam responder as perguntas norteadoras. Na primeira busca (27/02/2024), utilizou-se as seguintes expressões, com as técnicas para incluir ou excluir termos usando booleanos (*AND, OR, NOT* e/ou *AND NOT*), apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**:

Tabela 2: Primeira expressão para tentativa de busca de artigos.

Tentativas	Expressão	*WOS*	*Scopus*
1ª	*"Composting" and "circular economy"*	703	640

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Reescreveu-se a expressão, incluindo um asterisco (*) no final da palavra *"Compost*"* para retornar mais textos com palavras relacionadas a anterior, porém com alterações finais, como por exemplo: *"Compost**ing**"* e *"Compost**s**"*. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** tem o quantitativo de trabalhos:

Tabela 3: Segunda expressão para tentativa de busca de artigos.

Tentativas	Expressão	*WOS*	*Scopus*
2ª	*"Compost*" and "circular economy"*	852	892

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Para verificar se havia alguma alteração nas buscas, propôs-se a tentar palavras também em espanhol, para além do inglês. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** verifica-se o quantitativo de trabalhos encontrados:

Tabela 4: Terceira expressão para tentativa de busca de artigos.

Tentativas	Expressão	*WOS*	*Scopus*
3ª	*"Compost*" or "compostaje" or "fabricación de compost" or "abono" and "circular economy"*	852	892

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Percebeu-se que não havia mudanças na busca final e também uma ampla gama de trabalhos que fugiam do esperado, como trabalhos realizados em zonas ru-

rais. Uma nova busca foi realizada (19/03/2024) e o WOS sugeriu algumas palavras que foram seguidos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**):

Tabela 5: Tabela com expressões para tentativa de busca de artigos.

Tentativa	Expressão
1ª	*("Compost*" or "making compost*" or "organic fertilizer" or "organic compost*" or "organic wast*" or* "lixo orgânico" *or* "resíduo orgânico" *or "Household Organic Waste" or "Home Compost*" or "Biodegradable Municipal Waste" or "Aerobic Stabilization" or "Organic Waste Management" or "Biodegradable Waste" or "Community Compost*" or "Insect-based Bioconversion") and ("circular economy" or "economía circular" or* "economia circular"*)*
2ª	*("organic fertilizer" or "organic*" or "organic wast*" or* "lixo orgânico" *or* "resíduo orgânico" *or "Household Organic Waste" or "Home*" or "Biodegradable Municipal Waste" or "Aerobic Stabilization" or "Organic Waste Management" or "Biodegradable Waste" or "Insect-based Bioconversion") and (Compost*) and ("circular economy" or "economía circular" or* "economia circular"*)*
3ª	*("organic fertilizer" or "organic*" or "organic wast*" or* "lixo orgânico" *or* "resíduo orgânico" *or "Household Organic Waste" or "Home*" or "Biodegradable Municipal Waste" or "Aerobic Stabilization" or "Organic Waste Management" or "Biodegradable Waste" or "Biodegradabl*") and (Compost*) and ("circular economy" or "economía circular" or* "economia circular"*)*
4ª	*("organic fertilizer" or "organic*" or "organic wast*" or* "lixo orgânico" *or* "resíduo orgânico" *or "Household Organic Waste" or "Home*" or "Biodegradable Municipal Waste" or "Aerobic Stabilization" or "Organic Waste Management" or "Biodegradable Waste" or "Biodegradabl*") and (Compost*) and ("circular economy" or "economía circular" or* "economia circular"*) not "rural"*

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Pode se perceber uma melhora nos textos encontrados, porém alguns ajustes foram feitos para adaptar aos bancos de dados acessados para este trabalho. As expressões finais utilizadas em 19/03/2024 são as que serão apresentadas da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, tão logo com o quantitativo de trabalhos encontrados em suas bases:

Tabela 6: Expressões finais utilizadas para encontrar os artigos nas bases de dados.

Base	Expressão	Trabalhos
Scopus	(*TITLE-ABS-KEY* ("*organic fertilizer*" *OR* "organic*" *OR* "*organic wast**" *OR* "lixo orgânico" *OR* "resíduo orgânico" *OR* "*Household*	500

–

	Organic Waste" *OR* "*Home**" *OR* "*Biodegradable Municipal Waste*" *OR* "*Aerobic Stabilization*" *OR* "*Organic Waste Management*" *OR* "*Biodegradable Waste*" *OR* "*Biodegradabl**") *AND TITLE-ABS-KEY* ("compost*") *AND TITLE-ABS-KEY* ("*circular economy*" *OR* "economia circular") *AND NOT TITLE-ABS-KEY* (rura*))	
WOS	ALL=(("*organic fertilizer*" *OR* "organic*" *OR* "*organic wast**" *OR* "lixo orgânico" OR "resíduo orgânico" *OR* "*Household Organic Waste*" *OR* "*Home**" *OR* "*Biodegradable Municipal Waste*" *OR* "*Aerobic Stabilization*" *OR* "*Organic Waste Management*" *OR* "*Biodegradable Waste*" *OR* "*Biodegradabl**") *AND* ("compost*") *AND* ("*circular economy*" *OR* "economia circular") *NOT* "rura*")	433

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Foram aplicados filtros para documentos do tipo artigo, nos idiomas inglês, português e espanhol. Foram considerados somente os *openacess*. Como resultado com a utilização dos filtros, apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**:

Tabela 7: Textos encontrados após utilização de filtros.

Base	Trabalhos
Scopus	200
WOS	206
Total	406

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Na fase seguinte, foi enviado para o aplicativo Rayyan os dados baixados das bases com os filtros já feitos. No aplicativo foram retiradas as duplicadas (149), ficando um total de 257 artigos para serem avaliados. Para esta pesquisa foi considerado apenas textos publicados em periódicos com uma base de dados ampla e de acesso internacional, preferiu optar por essa estratégia de busca no intuito de verificar se na literatura acadêmica internacional existem publicações que contribuam com a temática.

Com o avanço da tecnologia, muitos processos puderam ser otimizados trazendo facilidade e suporte para revisões de literatura. A ferramenta para estudos de revisão sistemática, Rayyan (http://rayyan.ai) é uma plataforma baseada em nuvem, destinada a pesquisadores que realizam revisões sistemáticas. Funciona como um hub centralizado, oferecendo uma interface intuitiva e recursos robustos para gerenci-

ar, selecionar e analisar eficientemente grandes volumes de documentos acadêmicos (RAYYAN, 2024).

Desenvolvido com o intuito de agilizar a triagem inicial de resumos e títulos, o Rayyan busca incorporar um alto nível de usabilidade, acessível a uma ampla gama de usuários. Além disso, ele permite a realização de análises de duplo-cego, reduzindo o risco de viés na seleção dos textos. Inicialmente focado na facilitação da triagem e colaboração de resumos/títulos, o aplicativo apresenta uma interface embutida, definível pelo usuário, garantindo sua intuitividade e facilidade de uso em todos os níveis de habilidade (OUZZANI et al*.,* 2016).

Para este trabalho, pelo Rayyan, ocorreu a análise de seleção de artigos por duplo cego (A.M.M.C. e A.M.S.A.) e caso ocorra uma divergência na seleção dos artigos, e não haja uma concordância entre os pares, uma terceira pessoa (J.C.S.S) contribuiu para “desempatar” e auxiliar na decisão com a intenção de diminuir o viés de interesse (OUZZANI *et al.,* 2016).

Segundo (PETERS*,* MICAH DJ *et al.,* 2024), baseado no PROSPERO (Registro prospectivo internacional de revisões sistemáticas) (NIHR*,* 2024), até a data presente não se tem a obrigatoriedade em registrar um protocolo de pesquisa para revisões de escopo, porém, se é recomendado fazê-lo para manter uma transparência das seleções da literatura para a revisão e diminuir o risco de viés. Para isto, os autores indicam a inscrição do protocolo de pesquisa no OSF (https://osf.io/) que além de ser possível publicar os dados de pesquisa, ele gera um link DOI facilitando o acesso, é gratuito e acesso aberto (PETERS, MICAH DJ *et al.,* 2024). Para este estudo o link doi gerado com o protocolo de pesquisa de revisão de escopo foi https://doi.org/10.17605/OSF.IO/92WDK.

4.1.5 Resultados

Nas bases selecionadas para realizar a busca dos artigos para esta revisão, foram encontrados o total de 933 documentos. Após a utilização dos filtros descritos na seção de metodologia, 406 artigos foram selecionados. Assim que esses artigos foram incluídos no aplicativo Rayyan, nele foram excluídas as duplicadas e artigos pelos títulos e resumos, sobrando para uma leitura final e integral 37 artigos.

–

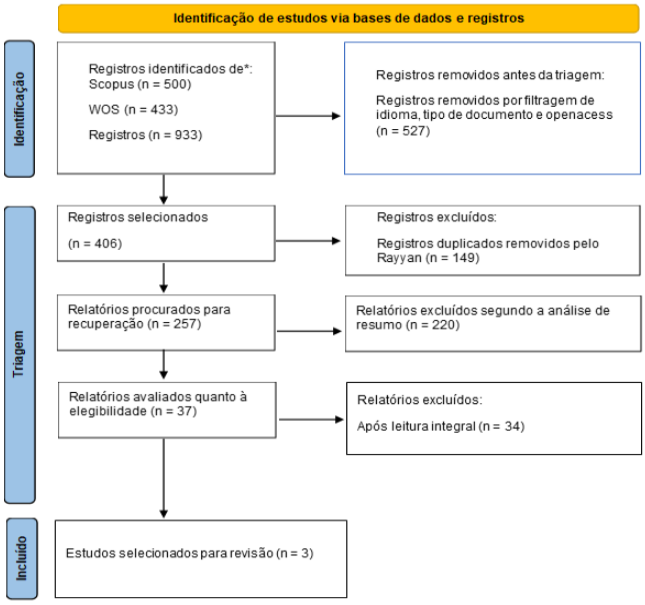


Figura 2. Levantamento de artigos utilizando o diagrama de fluxo PRISMA 2020.
Fonte: adaptado de Page, Matthew J *et al.*, 2021.

Com a leitura na íntegra e mantendo somente os artigos que conversem com a pergunta norteadora, foram selecionados 3 artigos para esta revisão. Na Figura 2 é apresentado um fluxograma PRISMA (PAGE, MATTHEW J *et al.*, 2021) adaptado para este trabalho, para uma melhor apresentação dos resultados, segundo o manual da JBI (PETERS, MICAH DJ *et al.*, 2024). Os artigos selecionados para o estudo estão apresentados nos subitens a seguir, juntamente com uma breve descrição dos dados encontrados:

4.1.5.1 "Transitioning towards a circular bioeconomy in South Africa: Who are the key players?"

O artigo "Transitioning towards a circular bioeconomy in South Africa: Who are the key players?" de Chitaka e Schenck (2022), Tabela 8, explora a transição para uma bioeconomia circular na África do Sul, investigando os principais atores envolvi-

–

dos nesse processo e as lacunas existentes na gestão de resíduos orgânicos. Publicado no South African Journal of Science, o estudo utiliza uma abordagem qualitativa para identificar quem são esses atores e como eles contribuem para o setor de tratamento de resíduos.

Tabela 8: Artigo 1: "Transitioning towards a circular bioeconomy in South Africa: Who are the key players?".

Nome do Artigo	**Nomes dos Autores**	**Ano de Publicação**	**Revista**	**País**
Transitioning towards a circular bioeconomy in South Africa: Who are the key players?	Takunda Y. Chitaka, Catherina Schenck	2022	South African Journal of Science	África do Sul

Fonte: Elaboração própria, 2024

Para realizar a pesquisa, os autores entrevistaram 20 participantes-chave de diversos setores, como governos locais, empresas privadas e ONGs. A metodologia qualitativa empregada possibilitou uma análise detalhada das contribuições desses atores e dos obstáculos encontrados no campo da gestão de resíduos orgânicos.

Os resultados principais mostram que a maioria dos envolvidos está mais focada em atividades de apoio, como recomendar e promover práticas de compostagem, enquanto uma quantidade menor de participantes está diretamente engajada no tratamento de resíduos. Isso revela uma lacuna significativa: a falta de infraestrutura adequada e suporte financeiro. A pesquisa destaca que a ausência de instalações apropriadas e bem equipadas para o tratamento de resíduos orgânicos representa um grande desafio. Sem essas estruturas, é difícil ampliar a compostagem de forma eficaz e alcançar um impacto substancial na redução de resíduos.

Outra deficiência importante identificada é a falta de apoio financeiro. Apesar do entusiasmo e das iniciativas em curso, muitas práticas não avançam devido à insuficiência de recursos financeiros. Esse suporte é essencial para a construção de infraestrutura, a implementação de tecnologias inovadoras e a realização de projetos de grande escala.

O estudo também evidencia a necessidade de políticas mais robustas e integradas para incentivar e apoiar a compostagem. Embora algumas políticas estejam em vigor, elas frequentemente são fragmentadas e não oferecem o suporte necessário para uma adoção ampla e eficaz dessas práticas. Além disso, há uma carência de educação e conscientização sobre os benefícios da compostagem e da bioeconomia circular em algumas regiões, o que pode afetar a aceitação e a participação das co-

munidades.

Chitaka e Schenck destacam que uma melhor coordenação entre os diversos atores é crucial para superar essas deficiências. A colaboração mais estreita entre governos, setor privado, ONGs e instituições acadêmicas é vista como fundamental para garantir uma transição bem-sucedida para uma bioeconomia circular. Assim, o artigo fornece uma visão detalhada sobre os desafios e as oportunidades enfrentados pelos principais atores envolvidos, enfatizando a importância de infraestrutura adequada, apoio financeiro, políticas integradas e uma maior conscientização para a gestão sustentável de resíduos.

4.1.5.2 "Home Bio-Waste Composting for the Circular Economy"

Já o segundo artigo, "Home Bio-Waste Composting for the Circular Economy", Tabela 9, publicado em 2021 por Piotr Sulewski, Karolina Kais, Marlena Gołaś, Grzegorz Rawa, Klaudia Urbańska, Adam Wąs, na revista Energies, explora o impacto da compostagem doméstica de resíduos biológicos no contexto da economia circular. O objetivo é investigar como a compostagem em casa pode contribuir para a sustentabilidade e a redução de resíduos, fornecendo uma visão detalhada das metodologias e dos resultados associados.

Tabela 9: Artigo 2: "Home Bio-Waste Composting for the Circular Economy".

Nome do Artigo	**Nomes dos Autores**	**Ano de Publicação**	**Revista**	**País**
Home Bio-Waste Composting for the Circular Economy	Piotr Sulewski, Karolina Kais, Marlena Gołaś, Grzegorz Rawa, Klaudia Urbańska, Adam Wąs	2021	Energies	Polônia

Fonte: Elaboração própria, 2024

Para conduzir o estudo, os autores adotaram uma abordagem que combina análises quantitativas e qualitativas. Através de um estudo de caso, a pesquisa utilizou questionários para coletar dados diretamente de indivíduos envolvidos na compostagem doméstica, além de entrevistas para obter uma melhor compreensão das práticas e desafios.

O texto analisa a compostagem doméstica e seu papel na economia circular, destacando o impacto das Unidades de Compostagem Autônomas (UCAs). Essas unidades têm a capacidade de reduzir o volume de resíduos orgânicos entre 50% e 70%. Por exemplo, um volume inicial de 100 kg de resíduos pode diminuir para 30 a 50 kg após o processo de compostagem.

O estudo incluiu entrevistas com 150 pessoas, fornecendo uma visão sobre o funcionamento das UCAs nas residências. Os sistemas avaliados variam em capacidade de 100 kg a 500 kg de resíduos por semana e têm uma autonomia que vai de uma a três semanas, dependendo da tecnologia.

Além da redução de volume de resíduos, a compostagem caseira contribui para diminuir a quantidade de resíduos sólidos urbanos em até 30%, aliviando a pressão sobre os sistemas de gestão de resíduos e reduzindo a necessidade de transporte.

O composto produzido é benéfico para o solo, o que reduz a dependência de fertilizantes químicos, promovendo um ciclo mais sustentável na agricultura urbana. No entanto, a manutenção das UCAs pode ser complexa, especialmente no gerenciamento da umidade e da temperatura necessárias para a compostagem.

Os custos das UCAs variam de 100 a 1000 euros, dependendo da unidade. Apesar do custo inicial, muitos usuários consideram que a economia gerada pela redução da coleta de resíduos e a produção de composto utilizável compensam o investimento ao longo do tempo.

4.1.5.3 "Biowaste Management and Circular Economy: Usage of Pay as you Throw System and Autonomous Composting Units in Municipality of Probishtip"

O terceiro artigo intitulado "*Biowaste Management and Circular Economy: Usage of Pay as you Throw System and Autonomous Composting Units in Municipality of Probishtip*" (Tabela 10), publicado em 2022 na revista *Circular Economy and Sustainability*, explora a gestão de resíduos orgânicos e a economia circular através da implementação de sistemas inovadores em um município da Macedônia do Norte. A pesquisa foi conduzida pelos autores: Marija Hadzi-Nikolova, Gorgi Dimov, Dejan Mirakovski, Afrodita Zendelska, Nikolinka Doneva, Vasko Zlatkovski, Angeliki Maragkaki,

Akrivi Papadaki, G. Sabathianakis, Manios Thrassyvoulos, Katerina Poda, Ljubica Naskova, Timos Misseris, Kostas Zapounidis e Darko Lazarov.

Tabela 10: Artigo 3: "Biowaste Management and Circular Economy: Usage of Pay as you Throw System and Autonomous Composting Units in Municipality of Probishtip".

Nome do Artigo	Nomes dos Autores	Ano de Publicação	Revista	País
Biowaste Management and Circular Economy: Usage of Pay as you Throw System and Autonomous Composting Units in Municipality of Probishtip	Marija Hadzi-Nikolova, Gorgi Dimov, Dejan Mirakovski, Afrodita Zendelska, Nikolinka Doneva, Vasko Zlatkovski, Angeliki Maragkaki, Akrivi Papadaki, G. Sabathianakis, Manios Thrassyvoulos, Katerina Poda, Ljubica Naskova, Timos Misseris, Kostas Zapounidis, Darko Lazarov	2022	Circular Economy and Sustainability	Macedônia do Norte

Fonte: Elaboração própria, 2024.

O estudo utilizou o método de estudo de caso para avaliar a eficácia dos sistemas implementados. A metodologia incluiu a aplicação do sistema "Pay As You Throw" (PAYT) e das Unidades de Compostagem Autônomas (UCAs). O PAYT é um sistema que cobra os usuários de acordo com a quantidade de resíduos gerados, incentivando a redução e a separação adequada dos resíduos. Já as UCAs são unidades de compostagem que operam de forma autônoma para transformar resíduos orgânicos em compostos, utilizando tecnologias avançadas para otimizar o processo de compostagem.

A amostra do estudo abrangeu duas principais áreas de coleta: o primeiro grupo consistiu em uma grande e várias pequenas empresas de hospitalidade, e o segundo grupo incluiu 80 residências na área urbana descentralizada de Kalnishte. As empresas de hospitalidade geraram aproximadamente 26,4 toneladas de resíduos municipais por ano, dos quais 19,8 toneladas (75%) eram resíduos orgânicos. Para o grupo de residências, a quantidade total de resíduos gerados foi cerca de 82,88 toneladas por ano, com 46,7 toneladas (56,3%) de resíduos orgânicos.

Os resultados mostraram que a implementação do PAYT gerou benefícios

econômicos e ambientais significativos. Os custos mensais para a disposição de resíduos nas residências foram reduzidos, uma vez que a separação de resíduos orgânicos permitiu a diminuição da quantidade total de resíduos a serem transportados. Esse sistema também proporcionou benefícios econômicos para a empresa de gestão de resíduos, que viu uma redução nas despesas com transporte e um retorno econômico do uso do composto produzido. Além disso, a redução da quantidade de resíduos encaminhados para os aterros contribuiu para a diminuição da poluição e dos custos associados à gestão de resíduos.

As UCAs, ao converter cerca de 10-20% do peso dos resíduos em composto, foram capazes de produzir compostos que atenderam aos requisitos de qualidade e segurança para uso como fertilizantes e condicionadores de solo. O composto obtido possuía uma cor preta, um pH de 8,87, 68,4% de umidade, 91,5% de matéria orgânica e uma relação carbono/nitrogênio de 53:1. Esses parâmetros indicam que o composto é rico em matéria orgânica e nutrientes, sendo apropriado para aplicação no solo.

A pesquisa também identificou algumas fraquezas, como a resistência das empresas de hospitalidade à separação e transporte dos resíduos orgânicos, mesmo com workshops organizados para aumentar a conscientização. Para o futuro, recomenda-se considerar o transporte separado dos resíduos orgânicos para as UCAs para facilitar a adesão ao sistema.

4.1.6 Discussão

O estudo das práticas de compostagem e gestão de resíduos orgânicos revela uma série de questões importantes sobre a eficiência e os desafios enfrentados por diferentes atores envolvidos. Ao entrevistar 20 participantes de diversas áreas, incluindo governos locais, empresas privadas e ONGs, os autores destacam um padrão claro: a maioria dos envolvidos está concentrada em funções secundárias, como promover e recomendar práticas de compostagem, ao invés de se engajar diretamente no tratamento de resíduos (CHITAKA; SCHENCK, 2022). Esse desequilíbrio mostra uma lacuna considerável na infraestrutura necessária para a compostagem em larga escala, evidenciando que o suporte financeiro e as instalações adequadas são aspectos cruciais frequentemente negligenciados.

A falta de uma infraestrutura robusta e bem equipada é um dos principais obs-

táculos identificados, dificultando a expansão e a eficácia das práticas de compostagem. Sem instalações apropriadas, a capacidade de processar e reduzir volumes significativos de resíduos orgânicos é comprometida. Esse problema é agravado pela ausência de suporte financeiro adequado, que é essencial para a construção e manutenção das estruturas necessárias, além de para a implementação de tecnologias inovadoras (CHITAKA; SCHENCK, 2022). A insuficiência de recursos financeiros limita o progresso e a eficácia das iniciativas de compostagem, revelando uma necessidade premente de políticas mais eficazes e integradas.

Em contraste, as Unidades de Compostagem Autônomas (UCAs) oferecem uma perspectiva promissora para a compostagem doméstica, com a capacidade de reduzir o volume de resíduos orgânicos em até 70% (SULEWSKI *et al.,* 2021). Esse tipo de unidade, que pode processar entre 100 kg e 500 kg de resíduos por semana, apresenta uma solução prática para a redução de resíduos em ambientes residenciais. Apesar das vantagens oferecidas, a manutenção dessas unidades pode ser desafiadora, especialmente no que diz respeito ao gerenciamento da umidade e da temperatura, o que pode impactar sua eficácia a longo prazo.

O sistema "Pay As You Throw" (PAYT), implementado juntamente com as UCAs, mostra-se como uma ferramenta útil para incentivar a redução de resíduos (HADZI-NIKOLOVA *et al.,* 2022). Ao cobrar os usuários com base na quantidade de resíduos gerados, o PAYT promove a separação e a redução, oferecendo benefícios econômicos e ambientais. Contudo, a implementação desse sistema também enfrenta desafios, como a resistência de algumas empresas e a necessidade de um transporte separado para resíduos orgânicos. Esses obstáculos devem ser superados para garantir que o sistema funcione de maneira ideal e alcance seus objetivos.

Embora o PAYT e as UCAs ofereçam soluções valiosas para a gestão de resíduos, a experiência prática revela que o sucesso desses sistemas depende fortemente do apoio institucional e da colaboração entre diferentes setores. A falta de políticas integradas e de apoio financeiro adequado pode limitar a eficácia desses sistemas, destacando a necessidade de uma abordagem mais coordenada e abrangente para a gestão de resíduos orgânicos (CHITAKA; SCHENCK, 2022). A fragmentação das políticas existentes e a ausência de suporte adequado são barreiras significativas que precisam ser abordadas para permitir a expansão e a eficácia das práticas de compostagem.

O impacto das UCAs na redução dos resíduos sólidos urbanos é notável, com uma diminuição de até 30% na quantidade de resíduos que precisa ser gerenciada.

Esse benefício, combinado com a produção de composto de alta qualidade, representa um avanço significativo para a agricultura urbana e a redução da dependência de fertilizantes químicos. No entanto, o custo inicial das UCAs, que varia de 100 a 1000 euros, pode ser um impeditivo para alguns usuários, apesar dos benefícios econômicos associados à redução dos custos de coleta e ao uso do composto produzido (SULEWSKI *et al.,* 2021).

A produção de composto com características favoráveis para uso como fertilizante é um dos pontos positivos da compostagem com UCAs (HADZI-NIKOLOVA *et al.,* 2022). Com parâmetros como pH de 8,87, 68,4% de umidade e uma relação carbono/nitrogênio de 53:1, o composto produzido é rico em nutrientes e adequado para aplicação no solo. Esse resultado demonstra a eficácia das UCAs na transformação de resíduos orgânicos em um produto valioso para a agricultura. Contudo, a manutenção das UCAs e o gerenciamento das condições necessárias para a compostagem continuam sendo desafios que precisam ser abordados para garantir a qualidade e a eficiência do composto (HADZI-NIKOLOVA *et al.,* 2022).

A resistência encontrada em alguns setores, especialmente entre empresas de hospitalidade, indica uma necessidade de maior conscientização e educação sobre os benefícios da compostagem e da gestão sustentável de resíduos. Workshops e treinamentos podem ser úteis, mas a adoção efetiva dessas práticas muitas vezes requer uma combinação de incentivos e suporte contínuo. Para que os sistemas de compostagem sejam bem-sucedidos, é crucial que haja uma maior coordenação entre governos, setor privado e outras partes interessadas (HADZI-NIKOLOVA *et al.,* 2022).

Comparando com o Brasil, é possível observar que muitos dos desafios encontrados na África do Sul, Polônia e Macedônia do Norte são semelhantes aos enfrentados no país. No Brasil, a falta de infraestrutura adequada, educação e suporte financeiro também são barreiras significativas para a ampliação das práticas de compostagem. As políticas de gestão de resíduos no Brasil frequentemente carecem de integração e eficácia, resultando em desafios semelhantes aos observados nos estudos internacionais. Além disso, a resistência e a falta de conscientização sobre práticas de compostagem ainda são questões relevantes no contexto brasileiro (CHITAKA; SCHENCK, 2022; HADZI-NIKOLOVA *et al.,* 2022; PEREIRA, 2023; PEREIRA; FIORE, 2022; SULEWSKI *et al.,* 2021; ZAGO; BARROS, 2019).

4.1.7 Conclusão

A análise dos artigos revela lacunas importantes, como a necessidade de diretrizes governamentais mais claras e de soluções logísticas mais eficientes para a coleta e o transporte de resíduos em áreas urbanas. Para futuras pesquisas e aplicações práticas, seria interessante explorar como essas lacunas podem ser preenchidas através de inovações tecnológicas e de políticas públicas mais robustas, que apoiem a expansão das práticas de compostagem e promovam ainda mais a economia circular.

Dificuldades encontradas foram a falta de publicações nas bases multidisciplinares mais conhecidas internacionalmente. Um ponto a ser considerado pode ser a busca em apenas duas bases, diminuindo a probabilidade em encontrar outros textos. Uma estratégia de busca como expressão e booleanos que tenham um amplo espectro, poderiam trazer mais publicações para o debate.

Esta pesquisa quis explorar a literatura acadêmica científica através de documentos que fossem somente artigo, possivelmente em literaturas cinzentas a chance em serem encontradas mais documentos como publicações, dissertações e teses. Outro ponto observado na pesquisa foram o amplo espectro de pesquisas que estudaram a compostagem ou a decomposição dos resíduos orgânicos para geração de bioenergia ou biogás, além de estudos que eram relacionados com lodo, resíduos de animais como fezes, dentre uma gama de possibilidades que não se enquadravam no estudo.

4.2 Estudo de caso

Comentado [AC22]: 4.2 ESTUDO DE CASO - todo o texto foi posto aqui, existe o texto do formulário que pode ser incluído, mas o estudo de caso está robusto.

O município do Rio de Janeiro, com uma área de 1.200,329 km² e uma população de 6.211.223 habitantes, conforme o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022 (IBGE, 2022), enfrenta desafios significativos na gestão de seus resíduos sólidos domiciliares. Segundo dados da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro (PMRJ, 2021), dos resíduos coletados entre 2015 e 2019, 38,71% são recicláveis, distribuídos em 14,72% de papel, 18,76% de plástico, 3,55% de vidro e 1,68% de metal. Outros 10,51% são compostos por materiais como inertes, folhas,

madeiras, borrachas, panos, couro, osso, coco, parafina, eletroeletrônicos e absorventes descartáveis. No entanto, a maior parte dos resíduos, 50,78%, é de material orgânico (PMRJ, 2021).

A destinação final desses resíduos, em sua maioria, ocorre no Centro de Tratamento de Resíduos, CTR-Rio, que recebe 98,48% do total coletado, o que equivale a cerca de 8.423 toneladas por dia. Apenas 1,39% é destinado à coleta seletiva, e 0,11% ao coprocessamento. Embora a maior parte dos resíduos ainda siga para aterros sanitários, a COMLURB tem estudado formas de destinação mais valiosas, alinhadas às diretrizes da PNRS (PMRJ, 2021).

Iniciativas como a "Revolução dos Baldinhos", em Santa Catarina, ilustram como uma gestão comunitária de resíduos orgânicos pode transformar a realidade local. Esse projeto, surgido em uma comunidade periférica de Florianópolis, teve um impacto profundo ao combater a infestação de ratos e as doenças associadas, que anteriormente representavam um grave problema de saúde pública. Através da coleta e compostagem de resíduos orgânicos, o projeto não só melhorou as condições sanitárias da comunidade, como também incentivou a agricultura urbana, envolveu os jovens locais e promoveu a autossuficiência da comunidade. A participação ativa dos moradores na coleta, sensibilização e transformação dos resíduos criou uma gestão comunitária que hoje serve de modelo para outras regiões.

No Rio de Janeiro, algumas empresas têm adotado uma abordagem semelhante, produzindo composto orgânico a partir de RSO coletados em áreas urbanas do município. Essas iniciativas, como a Composta'e, que é o objeto de estudo desta dissertação. Assim como na "Revolução dos Baldinhos", essas empresas buscam valorizar os resíduos orgânicos, transformando-os em adubo para ser utilizado em hortas, jardins e outros espaços, promovendo um ciclo sustentável de reaproveitamento dos recursos.

4.2.1 O projeto: Composta'e

O Composta'e Resíduos é um negócio social voltado para a compostagem de resíduos orgânicos urbanos, promovendo um impacto positivo na sociedade e no meio ambiente. Segundo o site da empresa https://www.compostae.com.br/, a sede está

localizada na Rua Conde de Bonfim, 909, na Tijuca, Rio de Janeiro. Inicialmente, a empresa atendia os bairros da Tijuca, Rio Comprido, Estácio, Maracanã, Grajaú, Vila Isabel e partes do Engenho Novo, mas recentemente expandiu suas áreas de atendimento para incluir outros bairros.

Atualmente, o Composta'e atende também os bairros de Andaraí, Usina, Ipanema, Leblon, Gávea, Jardim Botânico, Humaitá, Botafogo, Laranjeiras, Cosme Velho, Catete, Flamengo, Glória, Copacabana, Leme, Lagoa e Urca. Essa expansão demonstra o crescimento da empresa e a crescente demanda pelos seus serviços, refletindo o aumento da conscientização ambiental entre os moradores do Rio de Janeiro.

O funcionamento do serviço é simples e eficaz. Os clientes recebem um baldinho e um saquinho biodegradável para separar seus resíduos orgânicos. Dependendo do plano contratado, esses baldinhos são coletados periodicamente e substituídos por outros limpos. No final de cada mês, os clientes recebem um quilo de composto orgânico, fechando um ciclo de reaproveitamento de resíduos que promove práticas sustentáveis no dia a dia.

Para atender diferentes necessidades, a empresa oferece modalidades de serviço variadas. Cada cliente pode contratar um baldinho de 16 litros e escolher uma recompensa mensal, que pode ser o composto orgânico produzido pela empresa ou um biofertilizante gerado através da maturação do chorume produzido pela compostagem. Para famílias que geram mais resíduos, há a opção de usar bombonas de 30 litros. A periodicidade da coleta pode ser semanal, quinzenal ou mensal para os baldinhos, enquanto as bombonas têm coleta semanal. Existe também a possibilidade de os clientes entregarem pessoalmente os resíduos no pátio da empresa, oferecendo mais flexibilidade no serviço.

Há uma taxa de adesão inicial que cobre o fornecimento do baldinho e do saco compostável. A cada coleta, o saquinho é substituído, garantindo que o baldinho esteja sempre pronto para o uso. Um diferencial interessante do Composta'e é que a coleta dos resíduos é feita por funcionários que utilizam bicicletas, contribuindo assim para a redução da emissão de gases poluentes, já que não utilizam veículos movidos a combustível fóssil. Além dos serviços para indivíduos, existe o atendimento a empresas e condomínios, ampliando seu alcance e impacto ambiental.

Além da coleta e compostagem, a empresa oferece diversos produtos em sua loja física e virtual. Entre os itens disponíveis estão saquinhos de lixo biodegradáveis, baldinhos para separação de resíduos e composto orgânico ou biofertilizante líquido, que também pode ser utilizado como fungicida. Esses produtos são ideais para quem

deseja adubar suas plantas de maneira orgânica e sustentável, promovendo a saúde do solo e do meio ambiente.

O Composta'e Resíduos traz uma solução prática para a gestão de resíduos orgânicos nas áreas urbanas. Ao promover a conscientização ambiental e oferecer alternativas sustentáveis para o descarte de resíduos, a empresa demonstra como iniciativas locais podem ter um impacto significativo na preservação do meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas. O modelo de negócio, baseado em princípios ecológicos e de economia circular, mostra que é possível integrar práticas sustentáveis no cotidiano, beneficiando tanto a sociedade quanto a natureza.

4.2.2 Modelo de projeto para empresa de gerenciamento de resíduos sólidos

Durante a entrevista livre, não estruturada, com Bernardo, em 22 de Maio de 2024, um dos três sócios do Composta'e, foram discutidas as preocupações relacionadas à segurança elétrica e as medidas adotadas para garantir a segurança no local. A NBR 5422 estabelece normas para a segurança em instalações elétricas em ambientes específicos, o que é relevante para a operação da empresa.

O projeto do Composta'e foi inspirado pela Revolução dos Baldinhos em Santa Catarina. O objetivo principal, além de contribuir para o meio ambiente, é promover o conhecimento ambiental por meio da prática da compostagem, principalmente para crianças. No entanto, para garantir a segurança, especialmente em relação a riscos elétricos, a empresa decidiu restringir o acesso ao local por crianças. Além disso, há a preocupação com o risco de quedas no rio que atravessa o terreno, o que levou à implementação de medidas adicionais para evitar acidentes (Figura 3).



Figura 3: Guarda-corpo de corda feito para evitar o risco de queda no rio.
Fonte: De autoria própria, 2024.

–

Apesar das restrições de acesso, o Composta'e continua a cumprir sua missão de disseminar conhecimento ambiental. A empresa realiza palestras, participa de congressos e ministra aulas em escolas. Recentemente, as atividades educacionais foram realizadas em escolas municipais de Barra Mansa, no interior do Rio de Janeiro.

Inicialmente, os idealizadores do projeto focavam apenas no tratamento de resíduos orgânicos e na educação ambiental. No entanto, observaram a oportunidade de gerar uma pequena produção de alimentos, que surgiram organicamente no terreno. Entre esses alimentos estão inhame, abóbora, milho, banana e espinafre de árvore, parte deles estão apresentados na Figura 4. Como a produção fica alta e eles não fazem uso desses alimentos, estes produtos são doados para comunidades vizinhas, como a Comunidade da Formiga, na Tijuca, zona norte do Rio de Janeiro.



Figura 4: Parte do cultivo de alimentos e do espaço do Composta'e.
Fonte: De autoria própria, 2024.

Após o início do projeto, em 22 de junho de 2020, momento que coincidia com o período da pandemia de COVID-19, o Composta'e experimentou uma significativa procura e adesão, acreditando ser um crescente interesse e necessidade de práticas sustentáveis e educacionais durante a crise sanitária.

4.2.2.1 O local para o processo

Eles entraram no terreno, que tem cerca de 1 hectare (10.000 m²), no dia 22 de

–

outubro de 2019. Bernardo lembra que, na época, foi preciso juntar uma força-tarefa com os sócios para enfrentar a bagunça que estava o local. O terreno estava cheio de entulho e mato, o que fez com que fossem necessários nove meses de trabalho intenso para deixar o espaço limpo e pronto para começar o projeto. O terreno foi cedido por meio de um contrato de comodato, que se renova a cada 2 ou 3 anos, e uma das condições para a sua utilização é que a empresa responsável pela ocupação cuide da limpeza e manutenção do local.

O terreno pertence a uma empresa de fornecimento de energia elétrica do Rio de Janeiro, e é importante observar as normas de segurança, como a NBR 5422, para garantir a proteção elétrica no local. A preocupação com a segurança é um fator importante, especialmente em relação a crianças e acidentes, como choques elétricos e quedas no rio que passa pelo terreno.

Outro desafio que enfrentaram foi a questão da vizinhança. Se a compostagem não for feita corretamente, mantendo o equilíbrio adequado entre carbono e nitrogênio, o cheiro de amônia pode se intensificar e gerar um odor adocicado que pode se tornar desagradável para os vizinhos. Além disso, o controle de vetores é essencial, e as práticas de compostagem precisam seguir as diretrizes da Resolução CONAMA 481/17 para garantir a qualidade ambiental e evitar problemas como o acúmulo de chorume e a emissão de odores. Assim, a boa gestão da compostagem é crucial para minimizar o impacto na vizinhança e garantir a aceitação da comunidade local.

4.2.2.2 Materiais

Para garantir uma boa circulação de oxigênio nas leiras de compostagem, é fundamental realizar o revolvimento do material orgânico de forma adequada. Para isso, utiliza-se um forcado curvo de quatro dentes, como mostrado na Figura 5. Esse utensílio é essencial porque não só facilita a movimentação da pilha de compostagem, mas também proporciona a estabilidade necessária durante o processo. O forcado é projetado para penetrar facilmente na massa de material orgânico, permitindo que o oxigênio se distribua de maneira uniforme, o que é crucial para o processo de decomposição. A utilização desse instrumento ajuda a manter a qualidade da compostagem e pode proporcionar que o composto final seja rico e equilibrado.



Figura 5: Forcado, equipamento utilizado para revolver a pilha de compostagem.
Fonte: De autoria própria, 2024.

Para ajudar no manejo do processo de compostagem, diversos materiais são empregados desde a fase de recebimento dos resíduos até a sua distribuição final nos locais determinados. Entre esses materiais, encontram-se a peneira de mão e a peneira rotativa, tanto manual quanto elétrica. A peneira (Figura 6), seja manual ou rotativa, desempenha um papel crucial no processo de compostagem. Com o uso desses dispositivos, é possível realizar a granulometria do composto, o que significa separar as diferentes partículas de acordo com seu tamanho. Esse processo de peneiramento assegura que o produto final atenda aos padrões desejados, resultando em um composto uniforme e adequado para sua aplicação.

Figura 6: Peneiras rotativas. Manual (1) e Mecânica (2).
Fonte: De autoria própria, 2024.

Esses instrumentos são fundamentais para separar e classificar os materiais compostáveis de maneira eficiente, garantindo que o processo de decomposição ocorra de forma adequada. A pá e o ancinho são usados para mexer e espalhar os resíduos, facilitando a aeração e a homogeneização da mistura.

Além desses equipamentos, a vassoura, a enxada e a foice desempenham papéis importantes na manutenção e limpeza dos espaços onde a compostagem é realizada. A vassoura é usada para varrer resíduos e manter o local limpo, enquanto a enxada e a foice são úteis para cortar e preparar os materiais, ajudando a manter o processo em andamento de forma organizada. O forcado, como já visto na Figura 5,

por sua vez, é utilizado para virar e misturar os materiais compostáveis, promovendo a aerificação necessária para acelerar o processo de decomposição.

Além dos equipamentos de trabalho, alguns itens de proteção são essenciais para garantir a segurança dos trabalhadores. A luva descartável, as botas e a capa de chuva são usadas para proteger as mãos, os pés e o corpo durante o manejo dos materiais, especialmente em condições climáticas adversas. Esses itens ajudam a prevenir acidentes e garantir que o processo de compostagem seja conduzido de maneira segura e eficiente. Na Figura 7, pode-se observar a disposição e a utilização desses materiais no contexto da compostagem.



Figura 7: Alguns dos materiais utilizados no processo.
Fonte: De autoria própria, 2024.

Para controlar e gerenciar a entrada e saída dos resíduos orgânicos, assim como o estoque de sacolas compostáveis e baldes, utiliza-se um aplicativo acessível por celular e na internet. Através desse sistema, realiza-se a atualização e o monitoramento dos itens de forma prática e organizada. O aplicativo também facilita o registro da remoção de materiais, como as sacolas compostáveis que foram usadas e, portanto, precisam ser retiradas do inventário.

Para manter o equilíbrio entre carbono e nitrogênio na compostagem, é necessário utilizar materiais como capim ou maravalha. O capim é obtido da COMLURB sempre que há capina nas áreas urbanas. A maravalha, que é protegida por uma lona para evitar o contato com sereno ou chuva, é coletada com a varrição realizada pela COMLURB e por universidades federais como a UFRJ, conforme ilustrado na Figura 8.



Figura 8: Maravalha recolhida e fornecida pela COMLURB.
Fonte: De autoria própria, 2024.

A aquisição desses materiais não acarreta grandes despesas, pois são fornecidos sem custos adicionais. O que é necessário é fretar um transporte para recolher e transportar esses insumos até o pátio de compostagem na Tijuca. Dessa forma, garante-se um processo de compostagem eficiente e sustentável, contribuindo para o equilíbrio ambiental e a gestão adequada dos resíduos.

4.2.2.3 Mão de obra

A equipe do Composta'e é composta por três sócios e três funcionários, formando um grupo pequeno, mas altamente integrado. Dentre os funcionários, dois deles têm uma função especial: além de suas atividades na empresa, eles atuam como bolsistas da prefeitura. Esses bolsistas desempenham um papel crucial ao atuar como intermediários entre o empreendimento e as comunidades que recebem as doações de alimentos.

Esses dois colaboradores, graças ao seu vínculo com a prefeitura, são responsáveis por estabelecer e manter a conexão com os locais de doação, facilitando o processo e garantindo que os alimentos produzidos sejam distribuídos de forma eficaz e eficiente. Eles são essenciais para o sucesso das ações de responsabilidade social do projeto, pois ajudam a coordenar a logística e a comunicação entre o Composta'e e

as comunidades beneficiadas.

4.2.2.4 Aquisição de matéria prima

As coletas de resíduos orgânicos, em geral, são combinadas com um dia de antecedência, e os clientes são notificados por e-mail sobre a data prevista para a retirada. Embora não seja possível definir um horário exato, os clientes são informados de que a coleta será realizada durante o horário comercial, que vai das 9h às 17h. É importante que o cliente se responsabilize por reunir o material orgânico e entregá-lo pessoalmente ao funcionário responsável pela coleta. A periodicidade da coleta pode variar conforme o plano escolhido pelo cliente, podendo ser semanal, quinzenal ou até mesmo mensal, conforme a necessidade de cada um.

Para os clientes que moram em locais próximos à sede, que fica na Tijuca, as coletas são realizadas utilizando bicicletas, um tipo de bicicletas cargueiras vista na Figura 9. Os funcionários se deslocam até as residências ou locais cadastrados, recolhem o material orgânico e realizam a troca de recipientes, além de fornecer as orientações necessárias. Após a coleta, o material é levado para a sede, onde passa pelos processos de compostagem. Essa proximidade não só facilita a logística como também contribui para uma operação mais sustentável, diminuindo a emissão de poluentes e o uso de combustíveis fósseis, uma vez que as bicicletas são movidas à força humana.



Figura 9. Bicicleta cargueira utilizada na coleta dos resíduos.

Fonte: (COMPOSTA'E, 2022)Composta'e, 2022.

Esse cuidado com o transporte dos resíduos, especialmente em áreas próximas à sede, reflete a preocupação da empresa em oferecer um serviço eficiente e ecologicamente responsável. Além disso, o uso das bicicletas não apenas reduz o impacto ambiental, mas também cria uma relação mais direta e personalizada com os clientes, já que o contato entre o coletor e o cliente é uma oportunidade para esclarecer dúvidas e fortalecer o compromisso com práticas sustentáveis.

A escolha de utilizar bicicletas para as coletas em áreas próximas à sede também está em sintonia com a proposta da empresa de adotar práticas que favoreçam a sustentabilidade em todas as etapas do processo, desde a coleta dos resíduos até a compostagem final. Em última instância, essa abordagem busca promover uma mudança no comportamento dos clientes, incentivando práticas mais conscientes e responsáveis em relação ao descarte de resíduos orgânicos.

Para atender os clientes da zona sul, que é a região que está sendo coberta no momento, os funcionários vão até os locais de coleta e reúnem os galões de resíduos em um estacionamento alugado especialmente para isso. Esse espaço é usado exclusivamente para concentrar os galões que recebem os resíduos orgânicos. Depois que todos os galões são reunidos, uma vez por semana, a empresa contrata um caminhão para fazer o transporte desses resíduos. O caminhão leva os galões para a central de compostagem localizada na Tijuca. Esse transporte semanal é uma parte crucial do processo de coleta e gestão dos resíduos.

Atualmente, esse sistema de transporte é visto como uma solução logística para levar os resíduos da zona sul até a central na Tijuca. Porém, Bernardo comenta que essa operação é uma das maiores despesas da empresa no momento. O custo elevado está diretamente relacionado ao aluguel do caminhão para transporte dos galões, que são necessários para garantir que os resíduos sejam tratados corretamente e em tempo hábil.

As coletas e entregas de doações são feitas aproximadamente duas vezes por semana, e a empresa realiza uma escala de trabalho de quatro vezes na semana. Para recolher os resíduos, utilizam bicicletas mecânicas com caçamba, e recentemente adquiriram um triciclo elétrico com capacidade para 500 kg e autonomia de 50 a 70 km. A possibilidade de adquirir um pequeno caminhão para as coletas também está sendo considerada. Na Figura 10, a imagem apresenta os galões com resíduos orgânicos no pátio da Composta'e. Esses galões, já coletados das residências, estão

aguardando para serem dispostos nas leiras de compostagem.



Figura 10: Galões para armazenagem prévia dos resíduos coletados.
Fonte: De autoria própria, 2024.

Na minha visita, observei duas clientes fazendo a entrega dos resíduos. A primeira trouxe o baldinho e o Bernardo utilizou uma balança de precisão com gancho para pesar o material. O peso foi anotado no aplicativo para controle, descontando o peso do balde e da sacola compostável. A cliente trouxe o material orgânico conforme indicado no rótulo do balde. A segunda cliente, no entanto, trouxe uma mistura de resíduos, incluindo plásticos, lata de alumínio e papel impresso, que é tóxico para os microrganismos do processo de compostagem. Bernardo reorientou a cliente sobre a importância da separação adequada e das orientações do rótulo para garantir a eficácia da compostagem.

Após a pesagem e a anotação no aplicativo, o resíduo orgânico foi colocado nos galões de armazenamento, conforme ilustrado na Figura 10. Até a data da coleta da entrevista, em 22 de maio de 2024, o empreendimento contava com 270 assinaturas, que incluem tanto pessoas físicas quanto condomínios, o que pode aumentar o número de assinatntes, contribuindo para um número crescente de participantes.

4.2.2.5 Produção

Do total de alimentos produzidos no terreno, uma tonelada foi doada, além do adubo produzido. O projeto Hortas Cariocas, que não dispõe de espaço para compostagem, recebe doações do Composta'e de adubo.

O processo de compostagem é descrito por Bernardo como algo que reduz o volume do material. Em uma pilha de duas toneladas, após a compostagem, o volume é reduzido para cerca de metade, aproximadamente 50%, esse processo leva em média 4 meses para ser realizado segundo ele. O adubo no estado bruto passa por uma peneira para ser refinado. Antigamente, o processo de peneiração era manual, mas atualmente conta com uma peneira elétrica, o que torna o trabalho mais eficiente.

Depois da peneiração, o produto final, que originalmente era 1000 kg, é reduzido a cerca de 25% do volume inicial, resultando em aproximadamente 500 kg. Vale destacar que o material peneirado que sobra, em estado bruto e fora dos padrões de granulometria, volta para o processo de compostagem para uma nova redução. O adubo mais fino é então comercializado para grandes hortas e para jardins e paisagismo. O composto produzido pode ser utilizado em seu estado bruto, ele é mais procurado e fica melhor para a venda após a peneiração.

Na Figura 11, pode-se observar a leira número 1, que continuou recebendo material orgânico até atingir a altura indicada na imagem. Já a leira número 2, também mostrada na Figura 11, está no estágio de maturação do composto, mostrando o avanço no processo de transformação dos resíduos em adubo.

Figura 11: Leira em estágio inicial (1) e leira já com composto maturado (2).
Fonte: De autoria própria, 2024.

Na Figura 12, é possível ver a leira número 2 com o composto já maturado e no estágio final do processo. O composto na leira está em um estado avançado, pronto para ser utilizado ou refinado mais, dependendo das necessidades. Ao final do processo de compostagem, a produtividade do sistema gira em torno de 50% a 60%, o que indica a redução do volume inicial do material orgânico. Esse percentual varia conforme as condições e o gerenciamento do processo, refletindo a eficiência na transformação dos resíduos em adubo utilizável.

Figura 12: Leira número 2 com o composto maturado bruto, na posição da leira.
Fonte: De autoria própria, 2024.

Após o término do processo de compostagem, o composto bruto, como mostrado na Figura 12, é transferido para outra área do terreno, ilustrada na Figura 13. Nessa nova localização, o material passa pela etapa de peneiração, onde é refinado para remover impurezas e ajustar sua granulometria. A peneiração é uma parte essencial do processo que ajuda a garantir que o adubo final tenha a textura e qualidade desejadas para ser utilizado de forma eficaz em hortas e jardins. Esse passo final é crucial para preparar o composto para sua aplicação, garantindo que o produto atenda aos padrões necessários para sua utilização.



Figura 13: Produto bruto transferido para o local de peneiração e envase.
Fonte: De autoria própria, 2024.

No início, a peneiração do material bruto era feita com uma peneira manual, como mostrado na Figura 6, o que tornava todo o processo bem lento e cansativo. Com a chegada da peneira automática, essa etapa ficou muito mais ágil e descomplicada, resultando em um produto final bem mais fino. Esse material peneirado, por sua vez, é então envasado, como se pode ver na Figura 14.



Figura 14: Produto final peneirado e envasado.
Fonte: De autoria própria, 2024.

O processo de compostagem gera um líquido chamado lixiviado, ou, como é mais conhecido, chorume. Esse produto derivado pode ser utilizado tanto como adubo líquido quanto como repelente foliar. Para coletar o chorume que surge durante a degradação na compostagem, foram instalados canos que aproveitam a inclinação natural do terreno, permitindo que o chorume escorra da plataforma onde estão as leiras de compostagem até a caixa d'água coletora. Nessa plataforma, existe um sistema de grelhas que deixa passar apenas os líquidos, que acabam sendo direcionados para a caixa d'água de mil litros, como mostrado na Figura 15. Lá, o lixiviado fica armazenado até atingir o tempo necessário para maturação, sendo então envasado para uso posterior.



Figura 15: Caixa coletora de chorume.
Fonte: De autoria própria, 2024.

O projeto tem o desejo de criar uma cartilha educativa voltada para a gestão de resíduos, com um enfoque lúdico para crianças. A intenção é tornar o assunto mais acessível e atraente para os pequenos, ajudando a formar uma consciência ambiental desde cedo. Essa cartilha servirá como um complemento ao conteúdo que já está sendo compartilhado no Instagram, ampliando as formas de engajamento com o público jovem e incentivando práticas mais sustentáveis.

Pela página do Facebook do projeto Composta'e, dá para ver alguns momentos de educação ambiental que foram registrados. Um dos eventos de 2023, por exemplo, está mostrado na Figura 16.



Figura 16: Registro de um encontro educacional no pátio do Composta'e.
Fonte: Composta'e, 2023.

Outro registro interessante é de uma creche na Tijuca que vem recebendo o composto do projeto há uns três anos. Na Figura 17, tem um canteiro dessa creche, onde dá para ver como ele estava antes e como ficou depois de começar a usar o composto. Esses registros mostram como o projeto tem se envolvido com a comunidade.



Figura 17: Antes e depois da horta na creche.
Fonte: Adaptado de Composta'e, 2023.

No CIEP de Barra Mansa, no Rio de Janeiro, o projeto avançou ao construir uma leira de compostagem que utiliza os resíduos gerados diretamente no local. Essa

iniciativa é um exemplo prático de como a compostagem pode ser implementada em ambientes educacionais, mostrando o valor da gestão de resíduos na prática. A ação não só contribui para a redução de desperdícios, mas também serve como uma ferramenta educacional para que os alunos compreendam melhor o impacto e os benefícios da compostagem.

Em Quatis, no interior do Rio de Janeiro, o projeto se expandiu através de um edital do ISS, com a participação de diversas empresas, incluindo aquelas do setor automobilístico. Essas parcerias foram essenciais para a realização da iniciativa, demonstrando a importância da colaboração entre setores para promover a gestão eficaz de resíduos. Esse esforço conjunto reflete o potencial de unir recursos e conhecimentos para alcançar objetivos comuns em projetos de educação ambiental e sustentabilidade.

4.2.3 Resultados do projeto

Em 2022, o projeto conseguiu alcançar alguns resultados significativos, de acordo com os dados fornecidos pela empresa. Durante o ano, foram coletadas 73 toneladas de resíduos orgânicos. Dessas, 37 toneladas eram de resíduos domiciliares e as 36 toneladas restantes vieram de podas de árvores. Esses números indicam a quantidade de material que foi tratado ao invés de ser descartado como resíduo sólido.

Além da coleta dos resíduos, o projeto realizou 5.824 coletas ao longo do ano, cobrindo um total de 6.200 quilômetros. Esse esforço reflete o trabalho necessário para garantir que os resíduos fossem coletados e processados de forma adequada. A quantidade de quilômetros percorridos demonstra a logística envolvida para alcançar a meta de coleta.

O impacto ambiental também é notável. Com as atividades do projeto, foi possível evitar a emissão de cerca de 5,7 toneladas de gás carbônico na atmosfera. Esse resultado mostra como a compostagem pode ajudar a reduzir as emissões de carbono e contribuir para um ambiente mais sustentável. Esses dados destacam a eficácia do projeto em gerenciar resíduos orgânicos e em minimizar impactos ambientais. Dados recentes publicados no Instagram da empresa, revelaram que em julho de 2024 eles conseguiram aumentar essa produção como apresentado na Figura 18.



Figura 18: Dados informativos de produção até a data de 02 de Julho de 2024.
Fonte: Adaptado de Composta'e, 2024.

Em 02 julho de 2024 uma postagem na página do Instagram da empresa apresentou que foram alcançados resultados importantes: 210 toneladas de resíduos orgânicos foram transformadas em composto, gerando 84 toneladas desse valioso material, que pode ser reintegrado ao solo, fechando o ciclo dos resíduos. Esse esforço também teve um impacto direto na redução das emissões de gases de efeito estufa, evitando que 32 toneladas de CO2 fossem liberadas na atmosfera, um benefício significativo para o combate às mudanças climáticas. Além disso, o projeto realizou 22.507 coletas, utilizando bicicletas para percorrer um total de 26.880 km, demonstrando um compromisso não só com a compostagem, mas também com a mobilidade sustentável.

Esses números revelam o impacto positivo de iniciativas que buscam integrar práticas ecológicas no dia a dia, reduzindo a pegada de carbono e promovendo uma economia mais circular e consciente. Embora seja um montante de até a data da publicação, mas percebe-se um grande aumento na produção de composto, diminuição de gases emitidos e consequentemente, diminuiu o montante que seria descartado ou em aterros sanitários ou em locais inapropriados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comentado [AC23]: 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS - revisitar aqui após finalização do texto na integra

Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão de escopo dos processos e métodos utilizados por empresas privadas que praticam a compostagem e um estu-

do de caso em uma empresa do Rio de Janeiro que produz adubo orgânico através da compostagem de resíduos. Através do estudo de caso, foi possível compreender de forma cuidadosa como esses processos são implementados no local onde a compostagem ocorre.

Ao analisar o cenário de geração de resíduos sólidos no Brasil, é alarmante perceber que quase metade do que se produz é resíduo orgânico, e grande parte desse material acaba sendo destinado a locais inadequados, como lixões ou áreas sem a infraestrutura adequada para recebê-lo. Essa situação é preocupante, pois a prática da compostagem, ou a destinação desses resíduos para locais apropriados que processam esse tipo de material, poderia reduzir consideravelmente a quantidade de resíduos que vão parar em aterros. Isso resultaria não apenas em uma diminuição da carga disposta nesses locais, mas também em uma otimização na logística de transporte, liberando espaço para outros resíduos não orgânicos. Com essa mudança, seria possível reduzir a poluição gerada pela queima de combustíveis fósseis e diminuir a frequência das coletas de resíduos.

Contudo, algumas limitações foram identificadas durante a revisão de escopo. Embora o estudo tenha encontrado um número considerável de publicações sobre a geração de biogás ou bioenergia a partir de resíduos orgânicos, houve uma escassez de trabalhos que abordassem empresas particulares que realizam a compostagem de orgânicos vegetais e reintroduzem o composto maturado como adubo. Esse desequilíbrio pode ser um reflexo das prioridades de pesquisa em nível global, onde a geração de energia renovável a partir de resíduos orgânicos recebe mais atenção do que a compostagem tradicional. Além disso, muitos dos estudos relevantes encontrados não estavam disponíveis nas principais bases de dados acadêmicas, como WOS e Scopus, o que pode indicar uma falta de padronização nos termos de busca ou uma sub-representação desse tema específico nessas bases.

Inicialmente, o estudo de caso seria realizado em um empreendimento localizado em Saquarema, no Rio de Janeiro. Esse local continua a produzir alimentos orgânicos, promove a colheita pelos próprios consumidores, e ainda recebe escolas e pessoas interessadas em educação ambiental. No entanto, o espaço destinado à compostagem sofreu alterações na camada superficial do solo, que é arenoso e necessita de uma superfície mais adequada para evitar contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Embora o local ainda exista e continue a desempenhar um papel importante na produção orgânica e na educação ambiental, a compostagem foi temporariamente suspensa até que as reformas necessárias sejam realizadas. Devido a essas

circunstâncias, foi necessário alterar o objeto de estudo e direcionar a pesquisa para outro empreendimento.

O estudo também buscou destacar a importância da reciclagem, especialmente no que diz respeito aos resíduos orgânicos, que podem causar sérios impactos ambientais e à saúde pública. O projeto em questão não só se dedica à compostagem e à educação ambiental, mas também demonstra um forte compromisso social. Além das práticas de compostagem e educação, o empreendimento estudado produz alimentos de maneira orgânica e os distribui para comunidades carentes próximas ao local de compostagem. Isso reflete uma preocupação socioambiental significativa e mostra como a agroecologia e a circularidade dos resíduos orgânicos podem ser integradas de maneira eficaz, contribuindo para a economia circular.

A empresa Composta'e, por questões administrativas, até a data de defesa desta dissertação, não forneceu dados financeiros e quantitativos do empreendimento, o que impediu de realizar um estudo estatístico. Ao longo da semana fica uma pessoa para atendimento, exceto terças-feiras, que é dia de manutenção das leiras, o processo em atender aos clientes e apresentar os dados, fica bem "corrido".

6 REFERÊNCIAS

ABELPRE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020* . [S.l: s.n.]. . Acesso em: 1 out. 2021. , 2020

ABELPRE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021* . [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>. Acesso em: 8 ago. 2023. , 2021

ABELPRE. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022* . [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 8 ago. 2023. , 2022

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 100004:2004. . Resíduos sólidos – Classificação. , 30 nov. 2004, p. 77 . Disponível em: <https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2023.

ABOUTAYEB, Rachid *et al.* Effect of carbon to nitrogen ratio and aeration rate on phosphorus and exchangeable cation contents and their leaching in the soil during olive pomace and turkey manure co-composting. **Journal of Engineering and Applied Science** v. 70, n. 1, p. 12 , dez. 2023.

ABREMA. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2023* . [S.l.]: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. , dez. 2023

ABREU, Marcos José De. GESTÃO COMUNITÁRIA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS: o caso do Projeto Revolução dos Baldinhos (PRB), Capital Social e Agricultura Urbana.

–

Florianópolis, SC, p. 184 , 2013.

ALBERTIN, Ricardo; SILVA, Glaucia Rubyane de Sousa; PRADO, Emily Braz. FIM DOS LIXÕES NAS PEQUENAS CIDADES BRASILEIRAS: COMO RECUPERAR AS ÁREAS DEGRADADAS? **Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PGE/UEM)** v. 15, n. 2, p. 272–295 , 6 jul. 2023.

ALVES, Eliseu; SOUZA, Geraldo da Silva E; MARRA, Renner. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 20101,2. , 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/910778/1/Exodoesuacontribuicao.pdf>.

AMEEN, Ayesha; MUSHTAQ, Omer. Comparison of Seed Germination, Root and Shoot Length of Maize and Wheat Crops with Compost Leachate and Commercial Fertilizer. **BioScientific Review** v. 01, n. 03, p. 15–22 , set. 2019.

APOSTEL, Arthur; BARSLUND, Mikkel. Measuring and characterising green jobs: A literature review. **Energy Research & Social Science** v. 111, p. 103477 , maio 2024.

ASSIS, Juliana Malta De *et al.* Dinâmica da sazonalidade e atributos físicos e químicos de solos em lixão a céu aberto no Sul do Amazonas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente** v. 15, n. 3, p. 1–14 , 1 jul. 2022.

AYILARA, Modupe *et al.* Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. **Sustainability** v. 12, n. 11, p. 4456 , 30 maio 2020.

BANUNLE, A. *et al.* Valorisation of Biowaste and Aquatic Invasive Plants Through Compost Production for Agricultural Use. **Waste and Biomass Valorization** v. 14, n. 12, p. 4127–4139 , 2023.

BEESIGAMUKAMA, Dennis *et al.* Waste to value: Global perspective on the impact of entomocomposting on environmental health, greenhouse gas mitigation and soil bioremediation. **Science of The Total Environment** v. 902, p. 166067 , dez. 2023.

BELLEMARE, Marie-France *et al.* Synergizing Social Economy and Circular Economy. **Canadian Journal of Nonprofit and Social Economy Research** v. 13, n. 1 , 12 set. 2022. Disponível em: <https://anserj.ca/index.php/cjnser/article/view/591>. Acesso em: 25 out. 2023.

BOJARSKI, Wiktor *et al.* Production of compost from logging residues. **Bioresource Technology** v. 376, p. 128878 , maio 2023.

BORGES, Alex Fernando *et al.* Empreendedorismo estratégico em empresas familiares: um estudo multicaso. **Revista Pensamento Contemporâneo em Administração** v. 11, n. 2, p. 151 , 28 jun. 2017.

BORGES, Jorge A *et al.* EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON HUMUS LÍQUIDO DE LOMBRIZ DURANTE EL. v. 26(3), p. 159–164 , 2014.

BRASIL. 14.026. . Atualiza o marco legal do saneamento básico. , 15 jul. 2020 . Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acesso em: 23 jan. 2024.

–

BRASIL. Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). , 2 ago. 2010 . Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 12 out. 2021.

BRITO, Luis Miguel *et al.* Transformação da matéria orgânica e do nitrogênio durante a compostagem da fração sólida do chorume bovino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v. 32, n. 5, p. 1959–1968 , out. 2008.

CAPELARI, Mauro Guilherme Maidana *et al.* A trajetória de encerramento do maior lixão da América Latina: entre centralização, descentralização e exclusão. **Desenvolvimento e Meio Ambiente** v. 54 , 2 set. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/69134>. Acesso em: 7 ago. 2023.

CARABASSA, Vicenç; DOMENE, Xavier; ALCAÑIZ, Josep M. Soil restoration using compost-like-outputs and digestates from non-source-separated urban waste as organic amendments: Limitations and opportunities. **Journal of Environmental Management** v. 255, p. 109909 , fev. 2020.

CEMPRE. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 4. ed. [S.l.]: Cempre-Sp, 2018. 316 p. .978-85-87345-02-8.

CHITAKA, Takunda Y.; SCHENCK, Catherina. Transitioning towards a circular bioeconomy in South Africa: Who are the key players? **South African Journal of Science** TEXTO 1 - REVISÃO DE ESCOPO, , 31 ago. 2022. Disponível em: <https://sajs.co.za/article/view/12465>. Acesso em: 25 ago. 2024.

COMLURB. *Onde descartar materiais que não são coletados pela coleta seletiva da Comlurb – Companhia Municipal de Limpeza Urbana*. Disponível em: <https://comlurb.prefeitura.rio/servico/coleta-seletiva/onde-descartar-materiais-que-nao-sao-coletados/>. Acesso em: 5 fev. 2024.

COMPOSTA'E. *Bicicleta cargueira utilizada na coleta dos resíduos* [Imagem] . [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=499265098864787&set=pb.100063439045517.-2207520000&type=3>. , 4 out. 2022

CONAMA. 481. . Resolução 481, de 03 de outubro de 2017. , 4 out. 2017 . Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=137380>. Acesso em: 8 ago. 2023.

CRUZ, Joedna Silva *et al.* EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM CHORUME BOVINO SOBRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE SOLOS. , nov. 2003. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB620.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

EL JANATI, Mustapha *et al.* Composting date palm residues promotes circular agriculture in oases. **Biomass Conversion and Biorefinery** , 7 nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03387-z>. Acesso em: 7 ago. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *Glossário da economia circular*. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-introducao/glossario

–

>. Acesso em: 19 set. 2023.

ESTÉVEZ, Sofía *et al.* Benchmarking composting, anaerobic digestion and dark fermentation for apple vinasse management as a strategy for sustainable energy production. **Energy** v. 274, p. 127319 , jul. 2023.

FANG, Linfa *et al.* A comprehensive and global evaluation of residual antibiotics in agricultural soils: Accumulation, potential ecological risks, and attenuation strategies. **Ecotoxicology and Environmental Safety** v. 262, p. 115175 , set. 2023.

FERNANDES, Fernando; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira Da. **MANUAL PRÁTICO PARA A COMPOSTAGEM DE BIOSSÓLIDOS**. Londrina: PROSAB - UEL, 1999. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro_Compostagem.pdf>. .

FERNANDES SILVA, Taciella *et al.* Produção de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em função de substratos alternativos e concentrações de chorume de vermicompostagem. **Scientia Plena** v. 19, n. 7 , 21 ago. 2023. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/6891>. Acesso em: 25 ago. 2024.

FINORE, Ilaria *et al.* Compost-derived thermophilic microorganisms producing glycoside hydrolase activities as new potential biocatalysts for sustainable processes. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture** v. 10, n. 1, p. 9 , 31 jan. 2023.

FRAGALÀ, Ferdinando *et al.* Effect of municipal biowaste derived biostimulant on nitrogen fate in the plant-soil system during lettuce cultivation. **Scientific Reports** v. 13, n. 1, p. 7944 , 16 maio 2023.

FRANCO, Rodrigo Gonçalves; RIBEIRO, José Claudio Junqueira. Programa bolsa reciclagem: impactos na política de coleta seletiva do Estado de Minas Gerais. p. 35 , 11 set. 2022.

FREIRE, Gerson José de Mattos. Análise de Municípios Mineiros quanto à Situação de seus Lixões. p. 117 , 2009.

FRITZEN CIDÓN, Camila; SCHREIBER, Dusan; SCHMITT FIGUEIRÓ, Paola. Bioeconomics applied to organic agriculture enhance social and environmental impact of Brazilian properties. **Environment, Development and Sustainability** , 7 ago. 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10668-023-03718-8>. Acesso em: 22 ago. 2024.

GALVÃO, Rafael Golin. **COMPOSTAGEM EM ÁREAS URBANAS: lições aprendidas no projeto feiras e jardins sustentáveis da Lapa, São Paulo - SP, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2019. 275 p. Disponível em: <https://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/2050/2/Rafael%20Golin%20Galv%C3%A3o.pdf>.

GEISENDORF, Sylvie; PIETRULLA, Felicitas. The circular economy and circular economic concepts—a literature analysis and redefinition. **Thunderbird International Business Review** v. 60, n. 5, p. 771–782 , set. 2018.

GIL. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 129 p. . Acesso em: 20 abr. 2023. .978-85-970129-2-7.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. [S.l: s.n.], 2008. 228 p. Disponível em: <https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021. .

GÓMEZ-SANABRIA, Adriana *et al.* Potential for future reductions of global GHG and air pollutants from circular waste management systems. **Nature Communications** v. 13, n. 1, p. 106 , 10 jan. 2022.

HADZI-NIKOLOVA, Marija *et al.* Biowaste Management and Circular Economy: Usage of Pay as you Throw System and Autonomous Composting Units in Municipality of Probishtip. **Circular Economy and Sustainability** TEXTO 3 - REVISÃO DE ESCOPO, v. 2, n. 4, p. 1283–1300 , dez. 2022.

HERNÁNDEZ-LARA, Alicia *et al.* Bacterial and fungal community dynamics during different stages of agro-industrial waste composting and its relationship with compost suppressiveness. **Science of The Total Environment** v. 805, p. 150330 , jan. 2022.

IBGE. *IBGE* | *Cidades@* | *Rio de Janeiro* | *Rio de Janeiro* | *Panorama*. Governo Federal - Nações Unidas Brasil. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/rio-de-janeiro/panorama>. Acesso em: 2 jun. 2024.

INÁCIO, Caio de Teves; MILLER, Paul Richard Momsen. **Compostagem : Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos.** Rio de Janeiro (RJ): Embrapa Solos, 2009. 156 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/235279/1/Compostagem-ciencia-e-pratica-para-a-gestao-de-residuos-organicos-2009.pdf>. .85-85864-31-6.

IPCC. *Synthesis Report of the Sixth Assessment Report*. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/ar6-syr/>. Acesso em: 25 abr. 2022.

JATO-ESPINO, Daniel; MAYOR-VITORIA, Fernando. A statistical and machine learning methodology to model rural depopulation risk and explore its attenuation through agricultural land use management. **Applied Geography** v. 152, p. 102870 , mar. 2023.

JUNQUEIRA, Henrique Santos; MEDEIROS, Diego Lima; COHIM, Eduardo. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Feira de Santana: demanda energética e pegada de carbono. **Engenharia Sanitaria e Ambiental** v. 27, n. 1, p. 125–139 , fev. 2022.

KIEHL, Edmar Jose. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p. .

LAWAL, I.M. *et al.* Proximate analysis of waste-to-energy potential of municipal solid waste for sustainable renewable energy generation. **Ain Shams Engineering Journal** v. 15, n. 1, p. 102357 , jan. 2024.

LEAL, Thomas Leonardo Marques De Castro *et al.* Desigualdade ambiental e direito à moradia no entorno do aterro controlado do município de Guanambi [BA]. **Labor e Engenho** v. 17, p. e023009 , 12 nov. 2023.

LEVAC, Danielle; COLQUHOUN, Heather; O'BRIEN, Kelly K. Scoping studies: advancing the methodology. **Implementation Science** v. 5, n. 1, p. 69 , dez. 2010.

LIMA, Aroldo Carvalho *et al.* Lixão a Céu aberto: contexto geral e abordagem para a cidade de Cruzeiro do Sul, Acre. **UÁQUIRI - Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia** 2. v. 5, p. 152–169 , 30 dez. 2023.

MAZUELOS, Alfonso *et al.* Ferrous iron biooxidation in a flooded packed-bed bioreactor at extreme conditions of iron concentration and acidity. **Minerals Engineering** v. 204, p. 108408 , dez. 2023.

MOHAN, S.; JOSEPH, Charles P. Potential Hazards due to Municipal Solid Waste Open Dumping in India. **Journal of the Indian Institute of Science** v. 101, n. 4, p. 523–536 , out. 2021.

MORA-SOJO, María Carolina; KRYCH, Kamila; PETTERSEN, Johan Berg. Evaluating the current Norwegian clothing system and a circular alternative. **Resources, Conservation and Recycling** v. 197, p. 107109 , out. 2023.

MORTULA, Md Maruf *et al.* Sustainable Management of Organic Wastes in Sharjah, UAE through Co-Composting. **Methods and Protocols** v. 3, n. 4, p. 76 , 5 nov. 2020.

NDIRIBE, Charlotte C. The nature fit concept of waste reduction: Prospects for engineering a clean future. **Resources, Environment and Sustainability** v. 14, p. 100127 , dez. 2023.

NIHR, National Institute for Health and Care Research. *PROSPERO - International prospective register of systematic reviews*. Disponível em: <https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

OLIVEIRA, Adna Caroline Vale; SILVA, Aline De Souza; MOREIRA, Ícaro Thiago Andrade. ECONOMIA CIRCULAR: CONCEITOS E CONTRIBUIÇÕES NA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico** v. 3, n. 44, p. 273–289 , 2019.

ONU. *Mundo joga um caminhão de lixo, por minuto, nos oceanos | ONU News*. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/03/1812152>. Acesso em: 23 jan. 2024.

ORSINI, Francesco *et al.* Urban agriculture in the developing world: a review. **Agronomy for Sustainable Development** v. 33, n. 4, p. 695–720 , 1 out. 2013.

OUZZANI, Mourad *et al.* Rayyan - a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews** v. 5, n. 1, p. 210 , dez. 2016.

PAGE, K. *et al.* Heavy metal leaching and environmental risk from the use of compost-like output as an energy crop growth substrate. **Science of The Total Environment** v. 487, p. 260–271 , jul. 2014.

PAGE, Matthew J *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ** p. n71 , 29 mar. 2021.

PAJURA, Rebeka. Composting municipal solid waste and animal manure in response to the current fertilizer crisis - a recent review. **Science of The Total Environment** v.

912, p. 169221 , fev. 2024.

PAN, Qi *et al.* Volatile and semi-volatile organic compounds in landfill gas: Composition characteristics and health risks. **Environment International** v. 174, p. 107886 , abr. 2023.

PATWA, Nitin *et al.* Towards a circular economy: An emerging economies context. **Journal of Business Research** v. 122, p. 725–735 , jan. 2021.

PEREIRA, Vanessa Rodrigues. **Oportunidades e barreiras para a compostagem em contexto municipal: estudo de caso em São José dos Campos - Brasil**. Dissertação – UNESP, São José dos Campos, Bauru, 2023. 88 p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/24497807-b95c-4616-b79b-5285cf5daf19/content>. Acesso em: 25 ago. 2024.

PEREIRA, Vanessa Rodrigues; FIORE, Fabiana Alves. Fatores influenciadores da segregação de resíduos orgânicos na fonte geradora para a viabilização de sistemas de compostagem. **Engenharia Sanitaria e Ambiental** v. 27, n. 4, p. 643–652 , ago. 2022.

PÉREZ, Tibisay; VERGARA, Sintana E.; SILVER, Whendee L. Assessing the climate change mitigation potential from food waste composting. **Scientific Reports** v. 13, n. 1, p. 7608 , 10 maio 2023.

PETERS, Micah D.J. *et al.* Guidance for conducting systematic scoping reviews. **International Journal of Evidence-Based Healthcare** v. 13, n. 3, p. 141–146 , set. 2015.

PETERS, Micah Dj *et al.* Scoping reviews. In: AROMATARIS, Edoardo *et al.* (Orgs.). . **JBI Manual for Evidence Synthesis**. [S.l.]: JBI, 2024. Disponível em: <https://jbi-global-wiki.refined.site/space/MANUAL/355862497/10.+Scoping+reviews>. Acesso em: 2 jun. 2024. 978-0-648-84882-0.

PETERS, Micah D.J. *et al.* Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. **JBI Evidence Synthesis** v. 18, n. 10, p. 2119–2126 , out. 2020.

PMRJ. PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro**. [S.l: s.n.], jul. 2021. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/13305794/4334422/PMGIRSVERSAO12_08_21.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2024.

PROTO, M.; COURTNEY, R. Application of organic wastes to subsoil materials can provide sustained soil quality in engineered soil covers for mine tailings rehabilitation: A 7 years study. **Ecological Engineering** v. 192, p. 106971 , jul. 2023.

RAYYAN. *Understanding Rayyan: A Comprehensive Overview*. Disponível em: <https://help.rayyan.ai/hc/en-us/articles/22697630697617-Understanding-Rayyan-A-Comprehensive-Overview>. Acesso em: 4 abr. 2024.

RIO DE JANEIRO. 9195. . LEI Nº 9.195 DE 04 DE MARÇO DE 2021. publish place: Rio de Janeiro, 4 mar. 2021 . Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1177477284/lei-9195-04-marco-2021-rio-de-ja

neiro-rj>. Acesso em: 28 ago. 2024.

RIO DE JANEIRO. 4969. . Lei nº 4969 de 03 de dezembro de 2008. publish place: Rio de Janeiro, 3 dez. 2008 . Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/legislacao/252720/lei-4969-08>. Acesso em: 28 ago. 2024.

ROCHA, Cézar Henrique Barra; AZEVEDO, Leonardo Pimenta De. Avaliação da presença de metais pesados nas águas superficiais da Bacia do Córrego São Mateus, Juiz de Fora (MG), Brasil. , 10 dez. 2015. Disponível em: <https://zenodo.org/record/3962508>. Acesso em: 25 ago. 2024.

RODRÍGUEZ-ESPINOSA, T. *et al.* Soluble Elements Released from Organic Wastes to Increase Available Nutrients for Soil and Crops. **Applied Sciences (Switzerland)** v. 13, n. 2 , 2023. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85146599674&doi=10.3390%2fapp13021151&partnerID=40&md5=0e7aa74673ea969edb7e9c7ced578e9f>.

SANFO, Safiétou *et al.* Waste Recycling and Repurposing to Address SDG 11 in Burkina Faso: Do Multi-stakeholder Platforms Matter? In: CROESE, Sylvia; PARNELL, Susan (Orgs.). . **Localizing the SDGs in African Cities**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 85–99. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-95979-1_6>. Acesso em: 7 ago. 2023. 978-3-030-95978-4.

SANTOS, Cristiane Alcantara Dos. DISPOSIÇÃO DE CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO NO SOLO E EFEITO NA DINÂMICA DO NITROGÊNIO E EM INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO. , 2010.

SCHIEDECK, Gustavo *et al. Comunicado Tácnico 195 (EMBRAPA) - Preparo e uso de húmus líquido: opção para adubação orgânica em hortaliças* . [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/746707/1/comunicado195.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024. , dez. 2008

SEEG. *Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil* . [S.l: s.n.]. Disponível em: <https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2024/02/SEEG11-RELATORIO-ANALITICO.pdf>. , 2023

SHAH, Anil V. *et al.* Municipal solid waste as a sustainable resource for energy production: State-of-the-art review. **Journal of Environmental Chemical Engineering** v. 9, n. 4, p. 105717 , ago. 2021.

SHARMA, V.K. *et al.* Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting: Review. **Energy Conversion and Management** v. 38, n. 5, p. 453–478 , mar. 1997.

SHI, Mingzi *et al.* Role in aromatic metabolites biodegradation and adverse implication of denitrifying microbiota in kitchen waste composting. **Environmental Microbiome** v. 18, n. 1, p. 44 , 30 maio 2023.

SILVA, A.C. *et al.* Comparison of a variety of physico-chemical techniques in the

chronological characterization of a compost from municipal wastes. **Process Safety and Environmental Protection** v. 164, p. 781–793 , ago. 2022.

SILVA, Thainy Genny Esteves *et al.* Economia circular: um panorama do estado da arte das políticas públicas no Brasil. **Revista Produção Online** v. 21, n. 3, p. 951–972 , 20 set. 2021.

SIQUEIRA, Thais Menina Oliveira De; ABREU, Marcos José De. Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana. **Ciência e Cultura** v. 68, n. 4, p. 38–43 , dez. 2016.

SIQUEIRA, Thais Menina Oliveira De; ASSAD, Maria Leonor Ribeiro Casimiro Lopes. COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DE SÃO PAULO (BRASIL). **Ambiente & Sociedade** v. 18, n. 4, p. 243–264 , dez. 2015.

SISINNO, Cristina L. S.; JOSINO COSTA MOREIRA. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. p. 9 , 1996.

SOUSA, Angélica Silva De; OLIVEIRA, Guilherme Saramago De; ALVES, Laís Hilário. A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA: PRINCÍPIOS E FUNDAMENTOS. v. 20, n. 43, p. 64–83 , 2021.

SPOTI, Tanaiane Beatriz *et al.* Percepção de usuários de um sistema de coleta automatizada de resíduos sólidos urbanos em cidades da região sul do Brasil. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)** v. 14, n. 10, p. 18232–18253 , 24 out. 2023.

STAHEL, Walter R. The circular economy. **Nature** v. 531, n. 7595, p. 435–438 , 24 mar. 2016.

SULEWSKI, Piotr *et al.* Home Bio-Waste Composting for the Circular Economy. **Energies** TEXTO 2 - REVISÃO DE ESCOPO, v. 14, n. 19, p. 6164 , 27 set. 2021.

SUNG, Jwakyung *et al.* Nitrogen (N) use efficiency and yield in rice under varying types and rates of N source: chemical fertilizer, livestock manure compost and food waste-livestock manure compost. **Applied Biological Chemistry** v. 66, n. 1, p. 4 , 21 jan. 2023.

TRICCO, Andrea C. *et al.* PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. **Annals of Internal Medicine** v. 169, n. 7, p. 467–473 , 2 out. 2018.

UNEP. **Global Waste Management Outlook 2024 - Beyond an age of waste: Turning rubbish into a resource**. [S.l.]: United Nations Environment Programme, 2024. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44939>. Acesso em: 25 ago. 2024. In response to Resolution 2/7 from the second session of the United Nations Environment Assembly (UNEA) and reaffirmed in Resolution 4/7 from its fourth session, the Global Waste Management Outlook offers an updated assessment of global waste management and an analysis of data concerning municipal solid waste management worldwide. Jointly published with the International Solid Waste Association (ISWA), the report evaluates three potential scenarios of municipal waste generation and management, examining their impacts on society, the environment, and the global

economy. Furthermore, it presents potential strategies for waste reduction and enhanced management, following the waste hierarchy, to treat all waste materials as valuable resources.978-92-807-4129-2.

WASEWAR, Kailas L. Sustainability of biorefineries for waste management. **Waste Management and Resource Recycling in the Developing World**. [S.l.]: Elsevier, 2023. p. 721–754. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323904636000063>. Acesso em: 23 out. 2023. 978-0-323-90463-6.

WEIS-TORRES, Sabrina Moreira Dos Santos *et al.* High level of exposure to hepatitis B virus infection in a vulnerable population of a low endemic area: A challenge for vaccination coverage. **International Journal of Infectious Diseases** v. 90, p. 46–52 , jan. 2020.

ZAGO, Valéria Cristina Palmeira; BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. , abr. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/MY53xbTzPxYhz783xdmKc8F/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

ZHUANG, Gui-Ling; SHIH, Shen-Guan; WAGIRI, Felicia. Circular economy and sustainable development goals: Exploring the potentials of reusable modular components in circular economy business model. **Journal of Cleaner Production** v. 414, p. 137503 , ago. 2023.

COMPOSTA'E. Registro de um encontro educacional no pátio do Composta'e. [Imagem]. Publicada em 08 abr. 2023. Disponível em: https://www.facebook.com/photo.php?fbid=631432495648046&set=pb.100063439045517.-2207520000&type=3. Acesso em: 11 ago. 2024.

COMPOSTA'E. Antes e depois da horta na creche. [Imagem]. Publicada em 16 mar. 2023. Disponível em: https://www.facebook.com/photo.php?fbid=618699590254670&set=pb.100063439045517.-2207520000&type=3. Acesso em: 11 ago. 2024.

COMPOSTA'E. Bicicleta cargueira utilizada na coleta dos resíduos. [Imagem]. Publicada em 04 out. 2022. Disponível em: https://www.facebook.com/photo.php?fbid=499265098864787&set=pb.100063439045517.-2207520000&type=3. Acesso em: 11 ago. 2024.