



SISTEMA DE COMPOSTAGEM: CONTRIBUIÇÃO DIANTE DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E DA ECONOMIA CIRCULAR

ELOIZA KOHLBECK – eloiza.kohlbeck@edu.udesc.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

FERNANDA HÄNSCH BEUREN – fernanda.beuren@udesc.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

ALEXANDRE BORGES FAGUNDES – alexandre.fagundes@udesc.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

DELICIO PEREIRA – delcio.pereira@udesc.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

DEBORA BARNI DE CAMPOS – debora.campos@udesc.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

Resumo

O atual modelo socioeconômico baseado em uma abordagem linear está causando externalidades negativas sob o meio ambiente, impactando na escassez de recursos, em emissão de gases poluentes, entre outros. Diante deste contexto, a Economia Circular representa uma alternativa capaz de garantir o equilíbrio entre os âmbitos ambiental, social e econômico. A vista do exposto, o objetivo deste trabalho é apresentar a contribuição do sistema de compostagem sob a perspectiva da Gestão de Resíduos Sólidos e da Economia Circular. Para atender a este objetivo, este estudo realiza uma revisão sistemática da literatura, composto por análise bibliométrica (tendência temporal de publicações, principais periódicos, distribuição geográfica de publicações e co-ocorrência de palavras-chave) e análise de conteúdo, a qual apresenta o estado da arte sobre os estudos relacionados i) ao sistema de compostagem, ii) a Gestão de Resíduos Sólidos e iii) a Economia Circular.

Palavras-chave: Economia Circular. Gestão de Resíduos Sólidos. Compostagem.

1. INTRODUÇÃO

Diante de desafios ambientais decorrentes do rápido desenvolvimento de bens de consumo, e de uma economia pautada na linearidade, surge a necessidade de desenvolver modelos de negócio mais sustentáveis, pautados na Economia Circular (EC), e comprometidos com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (KHAN et al., 2018; KOHLBECK et al., 2022). Apesar da discussão dessas abordagens e da existência de legislação promulgada para o gerenciamento correto de resíduos sólidos no Brasil, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010a), existem diversas dificuldades diante de sua aplicação, tratando-se de um problema multifacetado, que deve ser abordado sob diferentes perspectivas (LA FUENTE; TRIBST; AUGUSTO, 2022).

Segundo Van Fan et al. (2020), a União Europeia gera mais de 1,8 tonelada de resíduos per capita, sendo 27% resíduos sólidos urbanos (RSU). Mohsen et al. (2019) complementam destacando que os RSU contribuem significativamente para a geração de gases do efeito estufa (GEE). Segundo dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), em 2019, os resíduos sólidos emitiram aproximadamente 96 milhões de toneladas de CO₂, correspondendo à 4,4% de todas as emissões de gases do efeito estufa do Brasil (SEEG) (2019).

Entretanto, além de um engajamento organizacional, é essencial que o cliente esteja envolvido com o consumo sustentável (RAMKUMAR, 2020), visto que de acordo com a Agenda 2030, o ODS 12 (produção e consumo sustentáveis) a responsabilidade compartilhada entre estes *stakeholders*. Dentre as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, este trabalho tem enfoque na 12.3, que pretende reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial, nos níveis de varejo e consumo, diminuindo as perdas de alimento no decorrer do seu ciclo de vida (UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY, 2015).

Diante deste contexto, o sistema de compostagem representa uma alternativa alinhada ao desenvolvimento socioeconômico e à sustentabilidade ambiental, capaz de mitigar a problemática da geração de resíduos sólidos (TOMIC; SCHNEIDER, 2018). A vista disso, o objetivo deste trabalho é apresentar a contribuição do sistema de compostagem sob a perspectiva da Gestão de Resíduos Sólidos e da Economia Circular. Para tanto, esta pesquisa realiza uma revisão sistemática da literatura, composta por análise bibliométrica (abordagem quantitativa) e análise de conteúdo (abordagem qualitativa).

Na sequência, esta pesquisa segue a seguinte estruturação: a seção 2 descreve os métodos empregados; na seção 3, são apresentados os resultados e as discussões da revisão sistemática da literatura. Por fim, a seção 4 conclui este trabalho e aponta perspectivas de estudos futuros.

2. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, visando analisar o estado da arte referente a três abordagens: Sistema de compostagem, Economia Circular e gestão de resíduos sólidos urbanos. Reim et al. (2015) destacam que revisões sistemáticas representam uma forma de resgatar percepções coletivas sobre determinado tópico de pesquisa, com base

na síntese teórico de estudos publicados. Portanto, para condução desta pesquisa, foi utilizado o relatório para revisões sistemáticas e metanálises (PRISMA) (DE JESUS PACHECO et al., 2019; MOHER et al., 2009), a qual estruturou a revisão em quatro etapas:

- I - identificação de artigos;
- II - triagem de artigos;
- III – elegibilidade
- IV - inclusão de estudos (Moher et al., 2009).

A Figura 1 apresenta os procedimentos metodológicos empregados nessa pesquisa, estruturados de acordo com o método PRISMA.

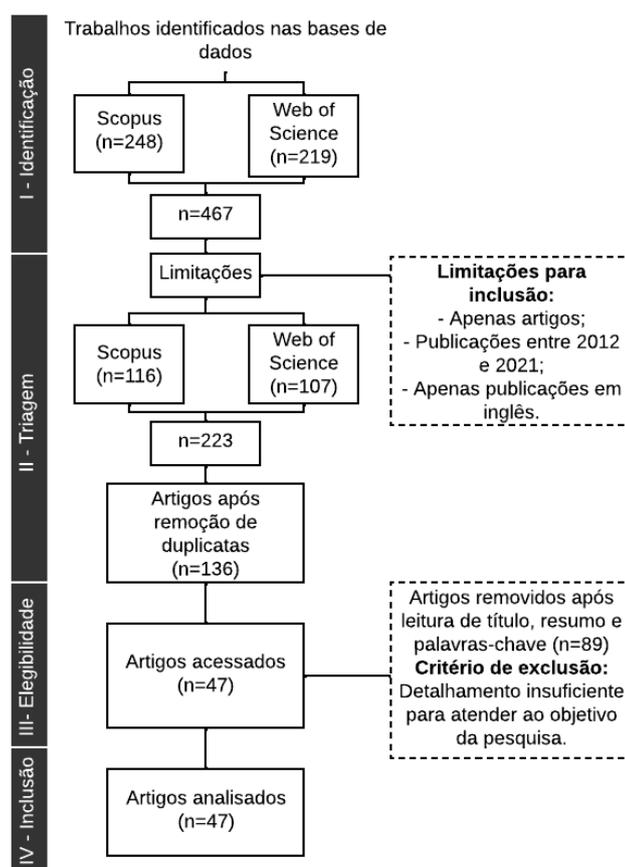


Figura 1: Método PRISMA.

Na primeira etapa (seleção de artigos) foram utilizadas as bases de dados Scopus e Web of Science, consideradas as mais abrangentes da literatura (AGHAEI CHADEGANI et al., 2013), e a combinação de palavras-chave apresentada na Tabela 1.

Palavras-chave	Scopus	Web of Science
“Circular economy” and “urban solid waste”	7	8
“Circular economy” and “waste recovery”	60	59
“Circular economy” and “closed loop recycling”	27	28
“Circular economy” and “solid waste management” and “composting”	22	12

Tabela 1: Combinações de palavras-chave.

Visando maior refinamento da base de artigos selecionados, foram aplicados filtros de pesquisa, de modo a limitar o estudo à artigos científicos, publicados entre 2012 e 2021 e, escritos em inglês. Assim, 223 artigos foram identificados, e ao excluir as duplicatas, 136 artigos foram selecionados, os quais foram utilizados para desenvolver as análises bibliométricas. Ferramentas bibliográficas fornecidas pelos *softwares* VOSviewer® e Excel® foram utilizadas nas seguintes análises: tendência temporal de publicações, principais periódicos, distribuição geográfica de publicações e co-ocorrência de palavras-chave.

Nas etapas III e IV, título, resumo e palavras-chave dos artigos foram analisados. Assim, 47 estudos foram selecionados para compor a análise de conteúdo, a qual apresenta o estado da arte sobre os estudos relacionados i) ao sistema de compostagem, ii) a Gestão de Resíduos Sólidos e iii) a Economia Circular.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira seção deste capítulo apresenta a análise bibliométrica, obtida a partir dos 136 artigos analisados. A seção seguinte (3.2) apresenta a análise de conteúdo dos 47 artigos selecionados.

3.1 Análise bibliométrica

A tendência temporal, apresentada na Figura 3, evidencia o aumento de publicações sobre o tópico desta pesquisa, destacando a importância acadêmica que vem sendo colocada diante da abordagem sobre temas atrelados ao desenvolvimento sustentável. Este aumento pode ser explicado pela pressão em atingir as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030, o qual firma o compromisso de representantes governamentais trabalharem incessantemente para a plena implantação dos ODS até 2030 (UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY, 2015). Também infere-se que as publicações de 2021 representam 44% do total de trabalhos publicados nos últimos dez anos, reforçando a importância da abordagem.

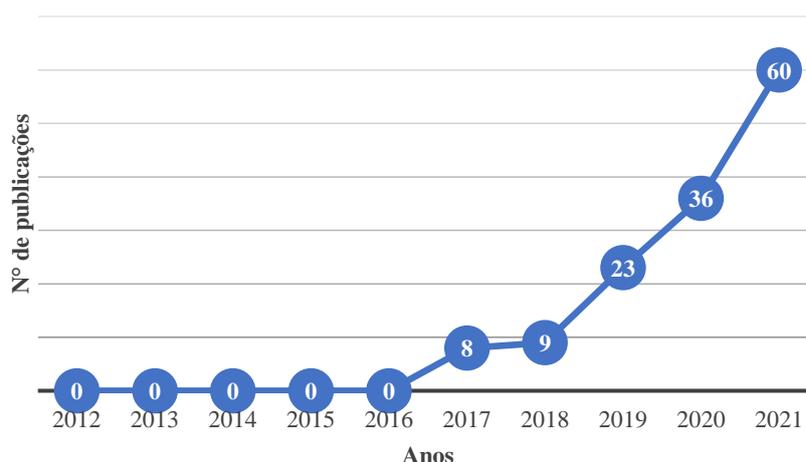


Figura 2: Tendência temporal de publicações.

Considerando as fontes de publicação, aproximadamente 17% ocorreram nos periódicos *Sustainability* e *Journal of Cleaner Production*, os quais estão entre as revistas científicas com melhores indicadores de reputação, apresentando fator de impacto ou

Journal Citation Reports (JCR 2018) igual a 2,592 e 6,395, respectivamente. A Figura 3 destaca os periódicos com maior quantidade de publicações em relação ao tópico de pesquisa abordado neste trabalho.

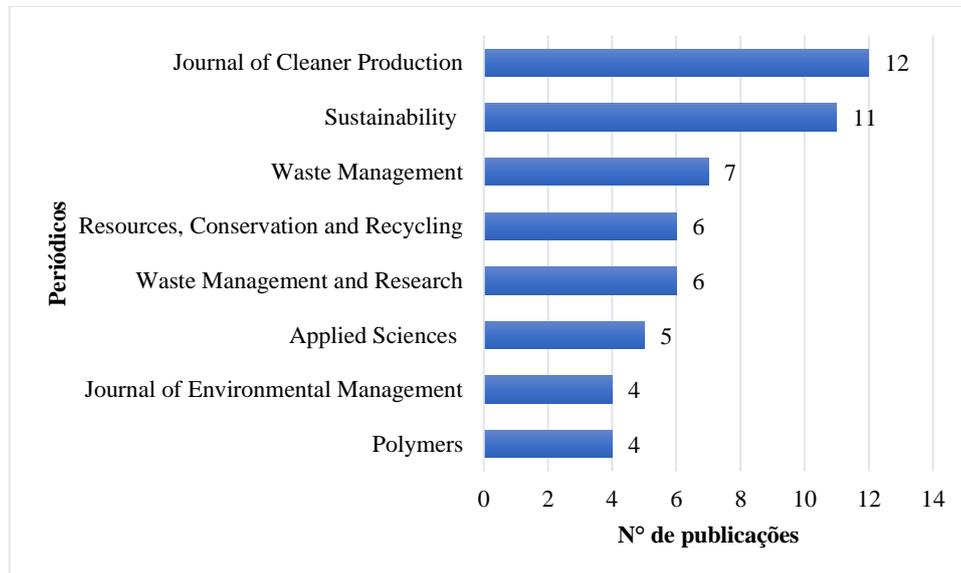


Figura 3: Principais periódicos.

A Figura 4 apresenta a distribuição geográfica de publicações, destacando um envolvimento global com este tópico de pesquisa, visto a contribuição bibliográfica de diversos países, onde observa-se que a Itália apresenta a maior quantidade de publicações (n=24). O Brasil encontra-se na quarta colocação, com 10 trabalhos referente a esta temática.

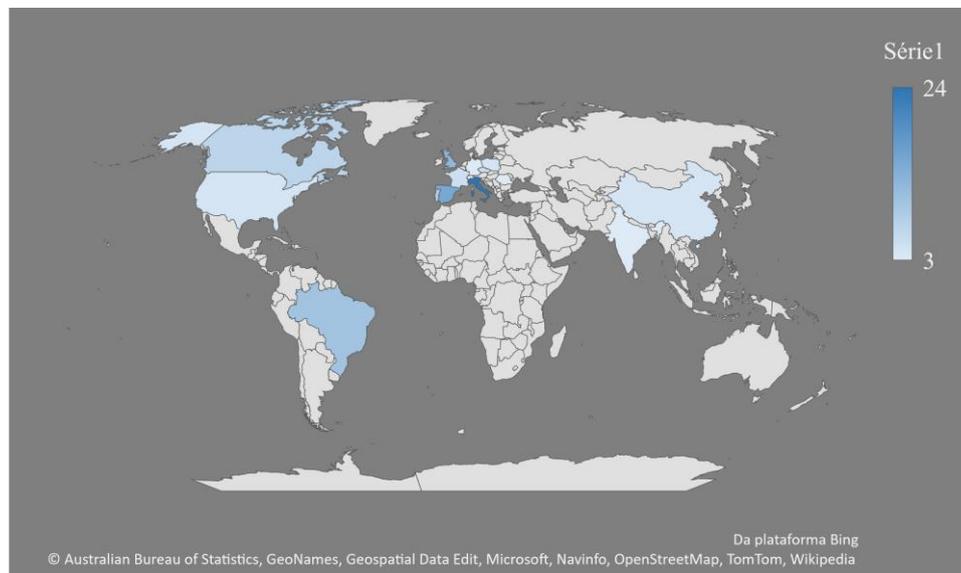


Figura 4: Distribuição geográfica.

A Figura 5 apresenta a co-ocorrência de palavras-chave, onde observa-se que “Circular Economy”, “Recycling” e “Waste management” tiveram maior ocorrência (75, e 39, respectivamente). Também destaca-se o aumento na abordagem sobre a reciclagem de

<i>Ind.</i>	Objetivo	Principais contribuições	Fonte
1	Promover a Economia Circular de uma fração orgânica da estação de tratamento de digestão anaeróbica de resíduos sólidos urbanos	O estudo realiza a caracterização dos resíduos e uma análise completa do custo do tratamento, que em conjunto com o potencial de biogás e o balanço de massa da Central permite calcular o preço de cada resíduo a ser tratado na Central.	(ABAD et al., 2019)
2	Avaliar a atual gestão de resíduos sólidos municipais	Desenvolve um modelo para quantificar as emissões de GEE produzidas ao longo de todo o ciclo de vida do cenário de gestão de resíduos sólidos urbanos.	(MOHSEN et al., 2019)
3	Examinar como a economia política dos serviços de utilidade pública de resíduos está mudando em resposta aos programas de Economia Circular	O conceito de indicador de Economia Circular foi introduzido para avaliar a melhoria obtida quanto à eficiência em termos de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados no campus da Universidade de Lomé	(SAVINI, 2021)
4	Elaborar um método de avaliação do papel da recuperação de energia na Economia Circular	A recuperação de energia pode satisfazer até 60/50% (em 2020/2030) das necessidades energéticas totais do sistema analisado; em 2030 38% dos resíduos encaminhados para valorização energética (dos quais 25% para digestão anaeróbica e o restante para o incinerador) satisfaz cerca de 50% das necessidades energéticas.	(TOMIC; SCHNEIDER, 2018)
5	Avaliar a composição dos resíduos, a redução através da transição do tratamento de resíduos de bio-resíduos em resíduos sólidos urbanos mistos	O estudo analisa a absorção de metais pesados por micropó da casca de banana, e demonstra a eficiência de absorção de Cobre e Chumbo pela casca de banana.	(VILARDI; DI PALMA; VERDONE, 2018)
6	Fornecer uma análise de diferentes métodos de tratamento de RSU que podem ser efetivamente implementados na Região da Macedônia Central	Os resultados demonstram que a triagem eficiente dos fluxos de resíduos é essencial para a implementação efetiva de um sistema integrado de gestão de resíduos para a gestão sustentável dos RSU.	(BANIAS et al., 2020)
7	Analisar os custos de investimento e operação, e as receitas de uma unidade municipal de gestão de resíduos sólidos, projetada para 20 anos, compartilhada entre esses 19 municípios.	O trabalho analisou o investimento, os custos e as receitas de uma unidade municipal de gerenciamento de resíduos sólidos.	(COLVERO et al., 2020)

Tabela 2: Análise resíduos sólidos urbanos.

Dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) corroboram com os resultados apresentados na Tabela 2, mostrando que a geração de resíduos sólidos vem crescendo significativamente. A Figura 6 comprova esta asserção, mostrando que em 2020 os resíduos sólidos gerados no Brasil foram responsáveis por 61,3 toneladas de emissão de CO₂ equivalente sob o meio ambiente.

Expandindo para outros contextos, o estudo de Van Fan et al. (2020) aponta que a União Europeia gera mais de 1,8 t de resíduos per capita, 27% dos quais são resíduos sólidos urbanos. Diante deste contexto, é essencial minimizar desperdícios, promover métodos de transferência de resíduos de uma economia linear para uma circular (MALINAUSKAITE et al., 2017). Tomic e Schneider (2018) salientam a necessidade de adotar um sistema integrado de gerenciamento de resíduos sólidos, de modo a conciliar a recuperação de materiais pós-consumo com a geração de energia, uma vez que representam uma fonte energética a ser explorada, a fim de garantir uma Economia Circular.

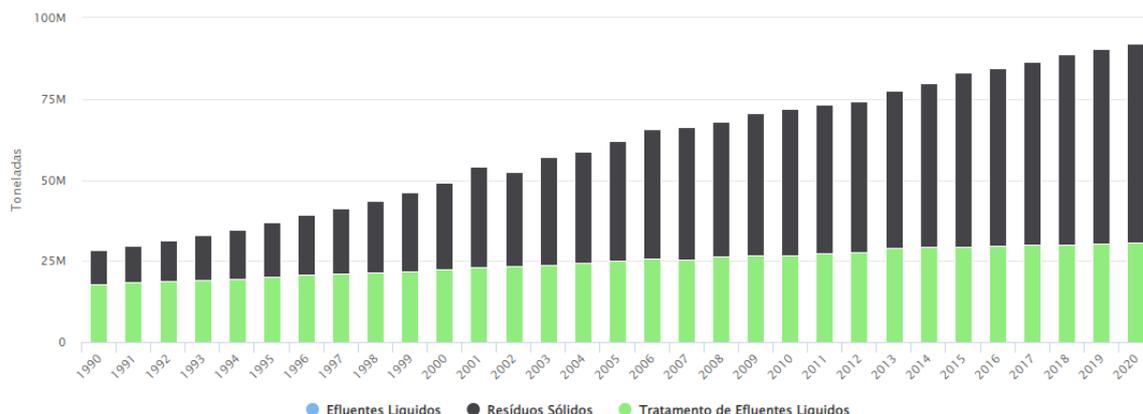


Figura 6: Geração de resíduos sólidos. Fonte: SEEG (2019).

Abad et al. (2019) realizaram um estudo voltado a caracterização de 13 resíduos sólidos, de modo a analisar seu potencial de utilização como biogás. Além disso, é realizada uma análise da viabilidade econômica do investimento desta alternativa. Colvero et al. (2020) também analisa financeiramente qual a alternativa mais eficiente quanto ao tratamento de resíduos, e concluem que a compostagem comunitária de RSU é economicamente a alternativa mais viável de tratamento.

3.2.2 Economia Circular

A Tabela 3 apresenta os resultados e discussões da análise de conteúdo referente à Economia Circular, de modo a sintetizar os principais trabalhos sobre esta abordagem.

Diversos autores destacam a importância do uso em cascata dos materiais, de modo que quando os mesmos cheguem no final de sua vida útil, que sejam reutilizados (MIGLIORE et al., 2018; NOZHAROV, 2018; PIANA et al., 2020). A estrutura ReSOLVE (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015) reforça essa necessidade, de modo a organizar os princípios da Economia Circular de acordo com seis dimensões: regenerar, compartilhar, otimizar, ciclar, virtualizar e trocar. Kohlbeck et al. (2021) desenvolveram um estudo, onde foi comprovado o potencial da estrutura ReSOLVE para o desenvolvimento de produtos alinhados com o desenvolvimento sustentável, o qual deve ocorrer desde a concepção do produto até as fases finais do seu ciclo de vida.

Tomic e Schneider (2018) destacam que o sistema de Economia Circular deve ser baseado nos 5R's: Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Recuperar e Recuperar, de modo a levar ao desenvolvimento socioeconômico e à sustentabilidade ambiental. Assim, Jin et al. (2017) destacam que para o desenvolvimento de um produto, é essencial adotar uma abordagem sistemática desde o desenvolvimento do conceito, *design* e fabricação, até o gerenciamento dos produtos no final de sua vida útil, planejando-os com base em estratégias de *End of Life*. Desta forma, as interdependências entre o material, a energia e o impacto climático devem ser levadas em consideração na etapa de *design* dos produtos, onde eventuais efeitos rebote precisam ser analisados o mais cedo possível para mitigação dos impactos (HALSTENBERG; LINDOW; STARK, 2019).

Ind.	Objetivo	Principais contribuições	Fonte
1	Examinar os desafios e oportunidades de implementar o princípio da circularidade no nível do setor industrial de uma economia em desenvolvimento (Nigéria)	Quatro indústrias diferentes foram selecionadas para o estudo de caso – telecomunicações, embalagens de água, papel e celulose e indústria alimentícia. O estudo apontou as barreiras para implementar a Economia Circular em cada um destes contextos.	(EZEUDU, O.; EZEUDU, T, 2019)
2	Avaliar os efeitos de escala das estratégias de economia circular, através de um estudo de caso sobre a reciclagem de garrafas plásticas em circuito fechado no mercado de PET dos EUA	Os resultados da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) revelam que o aumento da reciclagem de ciclo fechado de garrafas PET é benéfico para o meio ambiente do escopo da avaliação em nível de produto. Também concluem que aumentar a taxa de coleta de garrafas pós-consumo é fundamental.	(LONCA et al., 2020)
3	Avaliar o tratamento de águas residuais.	O estudo analisa o potencial de reaproveitamento de resíduos sólidos como uma alternativa alinhada à Economia Circular, de modo a buscar alternativas secundárias (uso em cascata) para os materiais que seriam descartados.	(MATEUS; PINHO, 2020)
4	Analisar a reciclagem de materiais de construção: tijolos.	O estudo destaca que há um elevado valor intrínseco da sucata do setor de construção civil. Assim, foi analisada uma empresa que desenvolveu diferentes tipos de tijolos, produzido com matéria-prima secundária.	(MIGLIORE et al., 2018)
5	Avaliar os custos de promover um sistema de recuperação coletiva de resíduos.	Desenvolvimento de um modelo para mensuração dos custos sociais para promover o sistema de recuperação coletiva de resíduos, apontando quais perspectivas da Economia Circular devem ser melhor desenvolvidas na União Europeia para viabilizar este processo.	(NOZHAROV, 2018)
6	Analisar a viabilidade da reciclagem do poli(éter glicidílico)	O artigo aborda a necessidade de reciclar produtos residuais, convertê-los e reutilizá-los para diferentes aplicações de alto valor, e propõe a reciclagem do poli(éter glicidílico), de modo a reutilizá-lo como eletrólito em baterias a base de Sódio.	(PIANA et al., 2020)

Tabela 3: Análise Economia Circular.

3.2.3 Sistema de compostagem

A Tabela 4 apresenta os resultados e discussões da análise de conteúdo referente ao sistema de compostagem, de modo a sintetizar os principais trabalhos sobre esta abordagem.

Segundo dados da Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASEMAE), o Brasil produz anualmente quase 37 milhões de toneladas de lixo orgânico. Este, possui potencial econômico para utilização como gás combustível, adubo e/ou energia. Porém, somente 1% do que é descartado no Brasil é reaproveitado (ASSEMAE, 2022). Diante deste contexto, os trabalhos analisados apresentam o sistema de compostagem como uma alternativa frente ao gerenciamento correto de resíduos.

In d.	Objetivo	Principais contribuições	Fonte
1	Realizar uma Análise do Ciclo de Vida para avaliação das práticas de gestão de resíduos sólidos municipais	Os resultados obtidos ilustram que a triagem eficiente dos fluxos de resíduos é de vital importância para a implementação efetiva de um sistema integrado de gestão de resíduos para a gestão sustentável dos RSU e para o pleno desenvolvimento de um sistema de compostagem.	(BANIAS et al., 2020)
2	Analisar os custos de investimento e operações e a receitas de uma unidade de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.	O trabalho conclui que a compostagem e a incineração trazem maiores benefícios econômicos, quando comparada à gestão de RSU com apenas aterros sanitários.	(COLVERO et al., 2020)
3	Estudar a relação entre resíduos municipais e as emissões de gases de efeito estufa na Suíça no período de 1990-2017	A reciclagem e a compostagem são fatores essenciais na redução de emissões de gases no efeito estufa.	(MAGAZZINO; MELE; SCHNEIDER, 2020)
4	Expor uma revisão de sistemas nacionais de gestão de resíduos municipais e a transformação destes resíduos em energia.	O estudo propõe a utilização dos resíduos sólidos como fonte de energia, visto que possuem um alto poder calorífico (aproximadamente 10 MJ/kg), e apresenta o sistema de compostagem como uma alternativa frente ao gerenciamento de resíduos.	(MALINAUSKAITÉ et al., 2017)
5	Apresentar um tratamento viável para dejetos animais em áreas rurais de Carmen Pampa, através da vermicompostagem.	Foi concluído que o processo de vermicompostagem é uma solução sustentável e válida para o tratamento de dejetos animais.	(NOVA PINEDO et al., 2019)
6	Analisar como as melhorias em gestão de resíduos sólidos urbanos podem colaborar para uma transição para a Economia Circular em áreas urbanas.	Uma metodologia para avaliar a triagem de compostos e como as políticas locais podem ajudar para a transição para uma Economia Circular no Brasil.	(PAES et al., 2019)
7	Avaliar a alteração das características dos resíduos orgânicos por meio de uma operação de um protótipo de unidade de compostagem	O estudo demonstrou que o desenvolvimento e operação de instalações de compostagem descentralizadas e de baixa tecnologia podem ser uma solução para recuperar produtos de valor agregado.	(PANARETOU et al., 2019)
8	A Economia Circular foi introduzida para avaliar a melhoria e eficiência na redução, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados.	Os autores concluem que 59,5% dos resíduos gerados poderiam ser tratados por meio da compostagem no paradigma da Economia Circular.	(SALGUERO-PUERTA et al., 2019)

Tabela 4: Análise sistema de compostagem.

A compostagem está prevista como uma ação que deve ser promovida pelo poder público, conforme estabelecido na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída em 2010, através da Lei 12.305. O parágrafo V do Art. 36 determina esta determinação legal: “implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido.” (BRASIL, 2010b).

Morais, Fiore e Esposito (2022) destacam que a compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos é uma das alternativas mais adequadas ao contexto brasileiro para o gerenciamento sustentável dos resíduos, entretanto, sua adoção ainda é pouco desenvolvida.

Pereira e Fiore (2022) destacam que os fatores que influenciam na segregação da matéria-prima e na adoção de práticas de compostagem são: fatores econômicos, infraestrutura física, educação, hábito, influência social, entre outros. Com base nestes apontamentos, é possível agir de modo a evitar que os mesmos se tornem impeditivos para a adoção desta prática.

Assim, diversos autores comentam a contribuição do sistema de compostagem diante da Economia Circular e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (BANIASADI et al., 2020; SALGUERO-PUERTA et al., 2019). A Figura 7 apresenta como mitigar a geração de resíduos sólidos através da compostagem, usando como base os 5R's da Economia Circular.



Figura 7: Compostagem vs Economia Circular e resíduos sólidos.

4. CONCLUSÕES

Esta pesquisa empregou uma abordagem sob duas perspectivas, conciliando análise bibliométrica e de conteúdo, as quais forneceram um panorama amplo para atender ao objetivo desta pesquisa: apresentar a contribuição do sistema de compostagem sob a perspectiva da Gestão de Resíduos Sólidos e da Economia Circular.

A análise bibliométrica demonstra que apesar das abordagens sobre Economia Circular, Gestão de Resíduos Sólidos e compostagem estarem aumentando, a análise de conteúdo destaca que o contexto prático não segue esta mesma ascensão, principalmente no Brasil, onde somente 1% do que é descartado é reaproveitado.

Para reverter este contexto, a literatura destaca a necessidade de um envolvimento mútuo em prol do desenvolvimento sustentável, uma vez que a responsabilidade não se concentra unicamente no poder público e empresarial, visto que a população possui contribuição significativa adotando práticas como a compostagem. Somente dessa forma é possível assegurar que as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável serão atendidas até 2030.

Assim, pode-se concluir que a contribuição desta pesquisa é apresentar um panorama bibliográfico, o qual representa um embasamento para alavancar a importância do tema e para o desenvolvimento de novas pesquisas, uma vez que revisões sistemáticas são uma base consistente para o desenvolvimento de novos estudos, uma vez que consolidam o estado da

arte da literatura. Assim, estudos futuros podem se concentrar na ampliação desta pesquisa, de modo a ampliar o escopo da revisão sistemática, além de adotar uma perspectiva empírica, aplicando os conhecimentos bibliográficos deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. ASSEMAE. **Apenas 1% do lixo orgânico é reaproveitado no Brasil**. Disponível em: <<https://assemae.org.br/noticias/item/4494-apenas-1-do-lixo-orgnico-e-reaproveitado-no-brasil#:~:text=Todos os anos%2C o Brasil, que é descartado é reaproveitado.>>.
- ABAD, V.; AVILA, R.; VICENT, T.; FONT, X. Promoting circular economy in the surroundings of an organic fraction of municipal solid waste anaerobic digestion treatment plant: Biogas production impact and economic factors. **Bioresource Technology**, v. 283, p. 10–17, 2019.
- AGHAEI CHADEGANI, A.; SALEHI, H.; MD YUNUS, M. M.; FARHADI, H.; FOOLADI, M.; FARHADI, M.; ALE EBRAHIM, N. A comparison between two main academic literature collections: Web of science and scopus databases. **Asian Social Science**, v. 9, n. 5, p. 18–26, 2013.
- BANIASADI, M.; GRAVES, J. E.; RAY, D. A.; DE SILVA, A. L.; RENSHAW, D.; FARNAUD, S. Closed-Loop Recycling of Copper from Waste Printed Circuit Boards Using Bioleaching and Electrowinning Processes. **Waste and Biomass Valorization**, 2020.
- BRASIL. **Lei N° 12.305, 2 de agosto de 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>.
- COLVERO, D. A.; RAMALHO, J.; DUARTE GOMES, A. P.; DE MATOS, M. A.; CRUZ TARELHO, L. A. Economic analysis of a shared municipal solid waste management facility in a metropolitan region. **Waste Management**, v. 102, p. 823–837, 2020.
- DE JESUS PACHECO, D. A.; TEN CATEN, C. S.; JUNG, C. F.; NAVAS, H. V. G.; CRUZ-MACHADO, V. A.; TONETTO, L. M. State of the art on the role of the Theory of Inventive Problem Solving in Sustainable Product-Service Systems: Past, Present, and Future. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 489–504, 2019.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Delivering the Circular Economy a toolkit for policymakers**. 2015.
- HALSTENBERG, F. A.; LINDOW, K.; STARK, R. Leveraging circular economy through a methodology for smart service systems engineering. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 13, 2019.
- JIN, M. TANG, R.; JI, Y.; LIU, F.; GAO, L.; HUISINGH, D. Impact of advanced manufacturing on sustainability: An overview of the special volume on advanced manufacturing for sustainability and low fossil carbon emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, p. 69–74, 2017.
- KHAN, M. A.; MITTAL, S.; WEST, S.; WUEST, T. Review on upgradability – A product lifetime extension strategy in the context of product service systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 1154–1168, 2018.
- KOHLBECK, E.; BEUREN, F. H.; FAGUNDES, A. B.; CAMPOS, D. B. de. Framework for transition from traditional to PSS products. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6495, n. 11, p. 366–379, 2021.
- KOHLBECK, E.; BEUREN, F. H.; FAGUNDES, A. B.; CAMPOS, D. B. de. Guidelines and facilitators for minimizing barriers in the implementation of product-service systems: a framework focused on circular economy. **Independent Journal of Management & Production (IJM&P)**, v. 13, n. 5, p. 966–994, 2022.
- LA FUENTE, C. I. A.; TRIBST, A. A. L.; AUGUSTO, P. E. D. Knowledge and perception of different plastic bags and packages: A case study in Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 301, n. September 2021, p. 113881, 2022.
- MALINAUSKAITE, J.; JOUHARA, H.; CZAJCZYŃSKA, D.; STANCHEV, P.; KATSOU, E.; ROSTKOWSKI, P.; THORNE, R. J.; COLÓN, J.; PONSÁ, S.; AL-MANSOUR, F.; ANGUILANO, L.;

KRZYŻYŃSKA, R.; LÓPEZ, I. C.; A. VLASOPOULOS; SPENCER, N. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. **Energy**, v. 141, p. 2013–2044, 2017.

MIGLIORE, M.; CARPINELLA, M.; PAGANIN, G.; PAOLIERI, F.; TALAMO, C. Innovative use of scrap and waste deriving from the stone and the construction sector for the manufacturing of bricks. review of the international scenario and analysis of an Italian case study. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 17, n. 10, p. 2507–2514, 2018.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement (Reprinted from Annals of Internal Medicine). **Physical Therapy**, v. 89, n. 9, p. 264–270, 2009.

MOHSEN, R. A.; ABBASSI, B.; DUTTA, A.; GORDON, D. Carbon footprint of municipal solid waste management in Guelph city, Ontario. **Journal of Solid Waste Technology and Management**, v. 45, n. 4, p. 441–449, 2019.

MORAIS, C. A. S.; FIORE, F. A.; ESPOSITO, E. Influence of the use of acclimatized inoculum in the composting process. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 499–510, 2022.

NOZHAROV, S. The institutional economics of collective waste recovery systems: An empirical investigation. **Ikonomicheski Izsledvania**, v. 27, n. 5, p. 172–180, 2018.

PEREIRA, V. R.; FIORE, F. A. 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, 2022.

PIANA, G.; ABBASSI, B.; DUTTA, A.; GORDON, D. Poly(glycidyl ether)s recycling from industrial waste and feasibility study of reuse as electrolytes in sodium-based batteries. **Chemical Engineering Journal**, v. 382, 2020.

RAMKUMAR, S. Influence of inter-firm network relationships on circular economy eco-innovation adoption. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 18, 2020.

REIM, W.; PARIDA, V.; ÖRTQVIST, D. Product-Service Systems (PSS) business models and tactics - A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 97, p. 61–75, 2015.

SALGUERO-PUERTA, L.; LEYVA-DÍAZ, J. C.; CORTÉS-GARCÍA, F. J.; MOLINA-MORENO, V. Sustainability indicators concerning waste management for implementation of the circular economy model on the university of lome (Togo) campus. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 12, 2019.

Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG). **Emissões por setor**. Disponível em: <<https://seeg.eco.br/>>.

TOMIC, T.; SCHNEIDER, D. R. The role of energy from waste in circular economy and closing the loop concept - Energy analysis approach. **RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS**, v. 98, p. 268–287, 2018.

UNESCO. **UNESCO Science Report 2021 - The Race Against Time for Smarter Development**. [s.l: s.n.].

United Nations General Assembly. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>>.

VAN FAN, Y.; NEVRLÝ, V.; ŠOMPLÁK, R.; SMEJKALOVÁ, V. The potential of carbon emission footprint reduction from biowaste in mixed municipal solid waste: EU-27. **Chemical Engineering Transactions**, v. 81, p. 775–780, 2020.