



Abordagens e aplicações do processo de compostagem na gestão de resíduos orgânicos: tendências em estudos brasileiros

APPROACHES AND APPLICATIONS OF THE COMPOSTING PROCESS IN ORGANIC WASTE MANAGEMENT: TRENDS IN BRAZILIAN STUDIES

DOUGLAS MONTEZ LIMA DOS SANTOS¹, PEDRO MIGUEL MARQUES DA COSTA², FERNANDA DA SILVA MARQUES³, MARCELO BORGES ROCHA⁴

1 - GRADUANDO, ENGENHARIA AMBIENTAL, CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA (CEFET-RJ), RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL.

2 - DOUTORANDO, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO, CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA (CEFET-RJ), RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL.

3 - MESTRANDA, EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E SAÚDE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ), RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL.

4 - DOCENTE, CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA (CEFET-RJ), RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL.

E-MAIL: MONTEZDOUGLAS@GMAIL.COM, PEDRO_MMCO@HOTMAIL.COM, FEFA_MARQUES@MSN.COM, ROCHAMARCELO36@YAHOO.COM.BR.

Abstract: The present study sought to map aspects related to the composting theme. For this purpose, a systematic review of publications defended between 2018 and 2021 was carried out on an online platform, the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations. The documentary *corpus* consisted of 38 publications, which were analyzed in the light of general and specific descriptors. The South and Southeast regions were the ones with the large number of publications on the subject in the last four years. Most of the works deals with thermophilic composting. It was possible to observe the higher relative density of graduate programs in the regions with the highest number of publications. Among the contributions offered by the studies, Environmental Education stood out. The results of the present study will serve as a subsidy for future studies and research on composting in Brazilian territory, for new Environmental Education actions and Scientific Dissemination.

Resumo: Este estudo buscou mapear aspectos relacionados ao tema compostagem no que tange à gestão de resíduos orgânicos. Para tal foi realizada uma revisão sistemática de publicações, defendidas entre 2018 e 2021, disponíveis na plataforma online da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. O *corpus* documental, constituído por 38 publicações, foi analisado à luz de descritores gerais e específicos. As regiões Sul e Sudeste foram as que mais publicaram sobre a temática nos últimos quatro anos. Grande parte dos trabalhos aborda a compostagem termofílica. Foi possível observar a maior densidade relativa de programas de pós-graduação nas regiões com maior número de publicações. Dentre as contribuições oferecidas pelos trabalhos, destaca-se a Educação Ambiental. Os resultados do presente estudo servirão de subsídio para futuras pesquisas sobre a compostagem no território nacional, e ainda, novas ações de Educação Ambiental e Divulgação Científica.

Citation/Citação: Montez, D., Costa, P. M. M. da, Marques, F. S., & Rocha, M. B. (2022). Abordagens e aplicações do processo de compostagem na gestão de resíduos orgânicos: tendências em estudos brasileiros. *Terraê Didática*, 18(Publ. Contínua), 1-12, e022021. doi: 10.20396/td.v18i00.8668393.

Keywords: Social technology, Compositing, Environmental Engineering.

Palavras-chave: Tecnologia social, Compostagem, Engenharia Ambiental.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 10/03/2022

Revised/Corrigido: 30/04/2022

Accepted/Aceito: 04/07/2022



Introdução

Desde a consolidação da industrialização em nível mundial, oriunda do período da Revolução Industrial, diversos avanços tecnológicos ocorreram nas mais diversas áreas, intensificando, em um extremo, o desenvolvimento econômico e, em outro, a exploração predatória de bens naturais e o consumismo desenfreado. A vida útil cada vez menor dos bens de produção e mercadorias faz com que o ser humano perpetue um ciclo de consumo em que esses produtos são consumidos mais do que o necessário. Logo, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) apresentou um aumento considerável desde então. Segundo publicações da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2018), na

última década, a produção/geração de RSU teve um aumento de cerca de 20%. Esta situação tem se agravado uma vez que os processos de produção e descarte desenfreados ultrapassam a gestão e o manejo de tais resíduos.

Diante desse cenário, diversas são as problemáticas do consumismo exacerbado e como consequência do descarte de RSU inadequado têm-se inúmeros impactos socioambientais e danos à saúde humana, como a poluição de solos e recursos hídricos, a proliferação de vetores, entre outros problemas que, ao longo prazo, podem tornar-se irreversíveis. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), a maior parte dos RSU são provenientes de materiais que demoram mais de cinco séculos para serem decompostos e

desaparecerem por completo do meio ambiente.

O descarte indevido dos resíduos sólidos urbanos, principalmente na última década, tomou grandes proporções por ser um impasse presente em diversas áreas de estudo. A contaminação dos solos é a problemática mais recorrente se considerada a disposição inadequada dos RSU. A infiltração residual nos solos causa danos ao meio ambiente, a partir dos quais a infecção do solo pode ser o meio de propagação de impactos aos lençóis freáticos, responsáveis por abastecer as bacias hidrográficas inteiras. Esse carreamento de poluentes tem amplitude para degradar áreas em grande escala, gerando prejuízos relacionados não somente a questões ambientais, mas traz impactos negativos à qualidade da vida humana em dimensões econômicas e sociais. Nesse sentido, existe a necessidade da participação de diversas áreas de conhecimento com o intuito de reverter tais questões ambientais, abrangendo agendas de pesquisa em campos que envolvam aplicações técnicas da Engenharia e das Ciências Ambientais, passando por estudos geocientíficos, até incluir práticas e ações de Educação Ambiental (EA) (Szlafsztein, 2018).

De acordo com a Abrelpe (2018) são produzidos cerca de 80 milhões de toneladas de RSU anualmente no território nacional e cerca de 50% dessa produção é constituída por resíduos orgânicos (RO), a qual tem somente 1% reaproveitado e reutilizado de forma correta (MMA, 2017). Deste modo, é necessário pensar em meios de propor a gestão e o manejo adequados dos RO produzidos no território nacional, principalmente nos grandes centros urbanos. Torna-se igualmente válido refletir sobre quais alternativas de gestão e manejo adequados de RO tem a boa viabilidade socioeconômica e contribuem para a mitigação dos impactos ambientais.

Neste sentido, podemos destacar as Tecnologias Sociais (TS), que são técnicas singulares (Furlanetto et al., 2018), inspiradas em empreendimentos alternativos ao modelo industrial convencional de desenvolvimento e buscam promover ações de progresso tecnológico compatíveis com as especificidades e necessidades de cada comunidade. As TS se contrapõem aos modelos tradicionais de tecnologias, propondo soluções eficazes para a transformação social sem se voltar à lógica lucrativa. Com isso, tem-se que a aplicação da TS e seu uso pode estimular a transformação e a qualidade de vida social, trazendo impactos positivos nas condições socioeconômicas da população de certa região.

O termo TS só foi propagado ao redor do mundo a partir da década de 1980, após a grande necessidade de alternativas viáveis capazes de sanar diferentes problemas, espalhados em diferentes localidades e contextos socioeconômicos (Dagnino, 2009). Contudo, quando trazido para o cenário brasileiro, tal termo só foi consolidado no ano de 2001, pela Fundação Banco do Brasil, sendo notório o baixo investimento necessário para novas tecnologias capazes de contornar problemas à nível nacional. Dentre as diversas TS, podemos destacar a compostagem, que é uma TS de alta eficiência, empregada como alternativa no que tange ao tratamento e, na maioria das vezes, reciclagem da porção residual orgânica. A compostagem é um processo natural de tratamento de RO que, por meio do aumento da temperatura e ação microbiana presente no processo, permite a desinfecção dos resíduos e produz um bem agrícola com uma alta qualidade nutritiva (Rodrigues et al., 2015). O processo de compostagem também pode ser definido da seguinte forma:

(...) uma decomposição controlada, exotérmica e biooxidativa de materiais de origem orgânica por microrganismos autóctones, num ambiente úmido, aquecido e aeróbio, com produção de dióxido de carbono, água, minerais, gerando uma matéria orgânica estabilizada (Alexandre, 2015, p. 760).

Além de ser um processo natural de gestão residual, a compostagem é uma técnica simples e de baixo custo. Muito provavelmente, o sistema mais antigo de tratamento biológico utilizado na história foi o da compostagem. Tal processo, nas duas últimas décadas, tomou grandes proporções pela possibilidade de execução em pequena, média e grande escalas. De acordo com Kiehl (1998), o processo de compostagem pode ter sido utilizado nas antigas civilizações como um método, totalmente natural, de reciclagem de materiais orgânicos provenientes de suas atividades diárias.

Em relação a seus componentes e produtos, a matéria orgânica produzida a partir do processo de compostagem pode ser definida como adubo ou húmus, sendo geralmente utilizada como fertilizante orgânico natural. O adubo orgânico, por sua vez, é aquele que possui, na sua composição, resíduos de origem vegetal e animal, incluindo restos vegetais, serrapilheira, restos de alimentos, dentre outras substâncias que entram em estado de decomposição. Já o húmus é formado a partir de um processo biológico em que há a decompo-

sição de resíduos orgânicos produzidos de forma espontânea por fungos e bactérias em conjunto com as minhocas – processo natural –, ou de forma induzida, em que existem ações antrópicas no que tange à adição de químicos para agilizar a humificação – processo de formação do húmus (Wu et al., 2020). Não obstante, o produto do processo de compostagem, na maioria das vezes, é utilizado como matéria orgânica, com o intuito de melhorar as qualidades e propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Rodrigues, 2015).

Durante o processo, diversos tipos de microrganismos fazem a degradação de partículas orgânicas, como proteínas e carboidratos, resultando em novos compostos que dão continuidade ao processo e promovem a liberação de calor. Dentre as bactérias presentes na compostagem, destacam-se as termofílicas, mesófilas e criófilas, que atuam no intervalo térmico de 14° C até níveis térmicos superiores a 40° C. Outros organismos como os fungos têm como função degradar as substâncias não decompostas pelos microrganismos bacterianos e degradar compostos carbonáceos, reproduzindo-se em ambientes de baixa umidade e altas temperaturas, geralmente após o período de 4 dias desde o início da compostagem, segundo Pereira-Neto (2007, apud Thode Filho et al., 2014).

Em vista do potencial da compostagem em contribuir para no combate ao descarte inadequado de RSU e atuar diretamente como uma alternativa de manejo e gestão de RO – e vale ressaltar seu potencial para uso do produto gerado como fertilizante natural – aponta-se sua relevância em meio a ações e medidas que almejem a sustentabilidade. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar como este tema tem sido abordado em estudos, teses e dissertações defendidas no território nacional. Cabe ressaltar que os resultados obtidos nesta pesquisa poderão servir de subsídio para futuras ações de gestão de resíduos orgânicos, ações de EA e de Divulgação Científica relacionadas à temática de gestão de RO e compostagem em estudos futuros.

Metodologia

O presente trabalho é caracterizado como pesquisa qualitativa, exploratória e descritiva. De acordo com Gonçalves et al. (2014), as pesquisas de cunho qualitativo englobam um conjunto de diversos meios interpretativos que visam descrever e decodificar os demais componentes de um

sistema complexo. Outrossim, os estudos investigados buscam examinar temáticas pouco exploradas, fazendo análises detalhadas de como diversos contextos são manifestados ou abordados. Por sua vez, abordagens descritivas vêm especificar propriedades importantes de uma análise, mostrando, de forma organizada, as principais características e particularidades de determinada temática (Sampieri et al., 2008).

Para identificar padrões e tendências sobre o tema compostagem em estudos brasileiros, foi realizada uma revisão sistemática, isto é, uma busca científica que reúne estudos relevantes sobre uma questão estabelecida com o intuito de realizar uma revisão crítica e abrangente da literatura. Segundo Galvão (2019, p.58), a revisão sistemática é: “uma modalidade de pesquisa, que segue protocolos específicos, e que busca entender e dar alguma logicidade a um grande *corpus* documental, especialmente, verificando o que funciona e o que não funciona num dado contexto”.

A revisão sistemática de teses e dissertações defendidas em território nacional foi realizada em novembro de 2021 com a coleta de dados realizada na plataforma *online* Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Tal plataforma foi selecionada por fazer parte do banco de dados disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Informações em Ciência e Tecnologia (IBICT). Nela encontram-se cerca de 130 instituições brasileiras de pesquisas, o que facilita o mapeamento das publicações acadêmicas produzidas nas mais diversas áreas do conhecimento. Dentre os trabalhos selecionados, foram incluídas as áreas de avaliação de Engenharia I (englobando as engenharias civil, de estruturas, de recursos hídricos, sanitária e ambiental, construção civil, geotecnia, transportes e urbana), Agronomia e Ciências Exatas e da Terra.

A fim de nortear o estudo, definiu-se que o termo ‘compostagem’ deveria estar presente obrigatoriamente tanto no título quanto nas palavras-chave das publicações e os trabalhos incluídos deveriam estar obrigatoriamente escritos em português. Inicialmente, sem definição do recorte temporal, foram identificados 215 teses e dissertações defendidas em português. A fim de refinar os resultados e priorizar a abordagem do processo de compostagem em períodos mais recentes foi estabelecido um recorte temporal de 2018 até 2021. Com isso, por meio da busca na plataforma BDTD foram encontrados um total de 39 trabalhos, dos quais

nove eram teses de doutorado e 30 dissertações de mestrado.

Para prosseguimento do processo de revisão sistemática, foi necessário verificar se o material obtido se enquadrava nas definições de Galvão (2019) em relação ao *corpus* documental, quando relacionado à temática da compostagem. Para tal, foram estabelecidos critérios para a inclusão e/ou exclusão dos trabalhos. Dentre os critérios inclusivos, as publicações deveriam abordar a temática compostagem, mesmo que ela não fosse a temática principal do trabalho. Sendo assim, para a seleção das publicações foram analisados isoladamente o título, resumo e metodologia de cada trabalho. Somente um trabalho não cumpriu o critério já que analisava o sequenciamento de um genoma bacteriano oriundo do processo de compostagem. Sendo assim, o *corpus* documental contou com 38 publicações, codificadas de T1 até T38.

Após o período de coleta de dados, as teses e dissertações foram analisadas à luz de descritores gerais e específicos seguindo o referencial de Megid Neto (1999). O autor define que os termos “descritores” se referem aos aspectos e características singulares a serem analisados para a classificação e descrição das publicações. Foram utilizados os descritores gerais que, de acordo com Teixeira (2008), identificam a “base institucional” dos trabalhos, sendo eles: *tipo da produção, enquadrando os trabalhos como tese ou dissertação; instituição de ensino superior (IES) em que a obra foi defendida; natureza administrativa da IES; ano de defesa do trabalho; e unidade federativa do programa de pós-graduação.*

Para prosseguir com a análise do *corpus* documental, foi feita a segunda etapa da análise a partir dos descritores específicos. O processo foi realizado a partir da leitura cuidadosa de cada um dos trabalhos do *corpus* documental. De acordo com Megid Neto (1999) e Teixeira (2008), os descritores específicos buscam identificar aspectos particulares e eventuais tendências expostas pelos trabalhos investigados. Sendo assim, foram elaborados cinco descritores específicos, codificados de A1 a A5. O preenchimento da tabela para análise dos descritores contou com seis colunas correspondentes à cada descritor e linhas para cada um dos 38 trabalhos, sendo iniciadas de T1 até T38. Em seguida, as características específicas de cada obra foram classificadas em correspondência com suas adequações aos descritores específicos. A tabela 1 apresenta a descrição dos descritores específicos adotados nesta pesquisa.

Tabela 1. Descritores específicos com seus respectivos objetivos. Fonte: Autores (2022)

Decodificação	Descritor Específico	Caracterização
A1	Abordagem e motivações da compostagem.	Entender como a compostagem é descrita na pesquisa e as motivações para seu uso.
A2	Contribuições dos estudos.	Expor as contribuições dos estudos para o cenário acadêmico relativo ao tema.
A3	Tipos de compostagem.	Classificar o tipo de compostagem empregado/descrito na pesquisa.
A4	Material utilizado no processo de compostagem.	Identificar o material utilizado na compostagem.
A5	Local de realização da compostagem.	Identificar o local onde a técnica da compostagem foi utilizada.

Resultados e discussão

Análise das teses e dissertações a partir dos descritores gerais

Em relação ao descritor ‘*tipo de produção acadêmica*’, 29 (vinte e nove) eram dissertações de mestrado acadêmico e 9 (nove) correspondiam a teses de doutorado acadêmico. Vale ressaltar que a diferença quantitativa em relação às modalidades de pós-graduação pode estar relacionada com a baixa expansão dos programas de doutorado quando comparados aos de mestrado. De acordo com dados fornecidos pela plataforma BDTD (2021), existem em média quinhentas mil dissertações e duzentas mil teses disponíveis na plataforma digital. Esse quantitativo quando comparado com o total de dissertações produzidas e disponibilizadas não atinge a metade do total, deixando evidente o predomínio da produção de dissertações de mestrado.

Para o descritor relativo ao ‘*ano de defesa*’, destacou-se 2018 e 2019 entre os anos com maior número de trabalhos encontrados na BDTD, ambos com 16 trabalhos cada. A Tabela 2 apresenta a distribuição dos trabalhos pelos anos do recorte temporal; na Tabela 3

Tabela 2. Quantidade de teses e dissertações encontradas em cada ano de publicação. Fonte: Autores (2022)

Ano de publicação	Quantidade de obras encontradas
2021	1
2020	5
2019	16
2018	16

constam dados de instituições e as respectivas quantidades de trabalhos recuperados. Tais resultados mostram números discretos de trabalhos sobre compostagem em anos mais recentes, fato que indica uma redução na produção relativa a essa temática e evidencia a necessidade da elaboração de novos estudos na área, tendo em vista do potencial da compostagem para sanar problemáticas relativas à gestão de RSU em diversos contextos do território nacional, compondo métodos ecologicamente sustentáveis. Além disso, o notório decréscimo de produções ao longo dos anos pode dificultar a propagação da temática para além da área acadêmica. Entretanto, evidencia-se que poucas são as informações que concretizem o real motivo do declínio de publicações ao longo do tempo.

Pesquisas da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, nos anos de 2018 e 2019, destacam que o Brasil produziu cerca de 78 milhões de toneladas de RSU a cada ano e que, em média, 39 milhões de toneladas correspondem aos resíduos sólidos orgânicos. Tais dados corroboram com as potencialidades da compostagem, uma vez que ela é capaz de mitigar impasses da produção desenfreada de RO. Somado a isso, tal sobrecarga de resíduos pode indicar uma influência direta para a maior produção de trabalhos sobre a temática nesses dois anos.

Já para o descritor relativo às ‘*regiões geográficas brasileiras*’, as regiões que mais apresentaram publicações foram Sudeste e Sul com 17 obras acadêmicas sobre compostagem cada; seguidas pelas regiões Nordeste e Centro-Oeste, com 2 produções cada. A região Norte não apresentou nenhum estudo sobre compostagem dentro do período de análise. Os dados deixam evidente a predominância de programas de pós-graduação nestas regiões, principalmente cursos de mestrado acadêmico. Destaca-se, em uma relação diretamente proporcional, que as regiões que mais tiveram publicações, como Sudeste e Sul, de acordo com Moritz et al. (2013), são aquelas que mais oferecem programas de pós-graduação no Brasil.

Destaca-se que a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010), assegurou ao território nacional diversas inovações para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Tal fato anda em conjunto com os dados do IPEA (2011) que mostram que os investimentos em ciência e tecnologia, após a criação da PNRS,

atingiram 19 milhões de reais por ano, superando verbas de anos anteriores. Tais investimentos governamentais para mitigar problemas ambientais delegaram às regiões Sul e Sudeste maiores avanços em relação a gestão de resíduos, a estudos voltados para a EA, bem como em técnicas de manejo de resíduos. Outrossim, o número de programas de pós-graduação existentes nas regiões Sul e Sudeste aumentou consideravelmente na última década, com maior investimento em pesquisas científicas.

Além disso, tais regiões geográficas abrangem muitos polos urbanos com níveis populacionais maiores quando comparadas às demais que podem influenciar na concentração de centros de pesquisa e universidades voltados para a pesquisa da temática em questão. A compostagem por ser capaz de transformar resíduos em um bem agrícola rico em nutrientes tem maior empregabilidade em grandes polos urbanos (Rodrigues, 2015). Esse dado pode representar um indicador de que em regiões mais populosas, estudos sobre alternativas para a gestão e manejo de RO sejam mais recorrentes, suprimindo a demanda de controle da alta produção de resíduos orgânicos.

Tabela 3. Instituições e quantidades de obras que compõem o *corpus* documental. Fonte: Autores (2021)

Instituição de Ensino Superior	Nº de obras
Universidade Estadual Paulista	5
Universidade Federal de Pelotas	4
Universidade Federal do Paraná	4
Universidade Federal de Viçosa	3
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	3
Universidade Federal do Triângulo Mineiro	2
Universidade Estadual de Ponta Grossa	2
Universidade Federal de São Carlos	2
Universidade Nove de Julho	1
Universidade Federal de Goiás	1
Universidade de São Paulo	1
Universidade Federal de Juiz de Fora	1
Universidade Federal da Grande Dourados	1
Universidade Estadual do Oeste do Paraná	1
Universidade Estadual de Londrina	1
Universidade Federal do Ceará	1
Universidade Federal da Bahia	1
Universidade Federal de Minas Gerais	1
Universidade Federal de Santa Maria	1
Universidade do Sagrado Coração	1
Universidade Estadual do Oeste do Paraná	1

Em contraponto aos dados encontrados nesta análise para a distribuição geográfica da produção acadêmica sobre a temática da compostagem, de acordo com a EcoDebate (2016), com base nos panoramas da ABRELPE, a região Norte produziu cerca de 15.000 toneladas de RSU diariamente. O dado relativo à produção de trabalhos sobre compostagem nesta região, em especial, pode indicar uma incoerência acerca de sua realidade local, visto que, mesmo com um grande volume de produção de resíduos houve uma ausência nítida de produção de trabalhos voltados à temática da compostagem nos últimos quatro anos.

Em relação ao descritor acerca da IES, a tabela 3 apresenta as instituições e as respectivas quantidades de trabalhos presentes no *corpus* documental desta revisão sistemática.

A Universidade Estadual Paulista (UNESP), estabelecida no estado de São Paulo, na região Sudeste do Brasil, foi a IES que teve o maior número de publicações voltadas à temática da compostagem. As Universidades Federais de Pelotas e do Paraná, situadas da região Sul, ocupam o segundo lugar do *ranking*. Ressalta-se neste dado o destaque nas universidades da esfera pública em meio aos trabalhos analisados, com um total de treze IES federais e cinco IES estaduais. Entre as IES de natureza privada foram observadas somente duas.

É entendido que a maioria das produções científicas oriundas de pesquisas acadêmicas realizadas em IES de natureza administrativa pública se encaixa em diversos contextos culturais, regionais e sociopolíticos específicos, nos quais se situa grande parte dos programas de pós-graduação, centros e laboratórios de pesquisa e pessoal especializado (Pin & Rocha, 2019). Ressalte-se que, se houvesse mais investimentos em pesquisas científicas, a área obteria um estímulo maior no território nacional, influenciando a produção de trabalhos voltados à compostagem.

Análise das teses e dissertações a partir dos descritores específicos

Destaca-se que somente dois trabalhos (T8 e T38) focalizaram a parte teórica do manejo residual em si. No T8, a compostagem foi abordada como etapa utilizada para a extração de pectina – fibra solúvel presente, de forma natural, na parede celular de plantas e seus derivados – proveniente dos resíduos da indústria de suco de laranja. Com

uma busca pela otimização do processo de obtenção de pectina, faz-se a proposição de uma nova metodologia ambientalmente amigável, além da avaliação da implementação da compostagem em métodos futuros para a redução, quase pela metade, dos processos de extração. Já o T38 busca fazer a implementação de centros de compostagem de macro escala em certas regiões, além de propor materiais para EA visando a sensibilização social para a articulação de meios de mitigação de impactos socioambientais negativos relativos ao despejo incorreto dos resíduos de maneira geral.

Ressaltamos que a EA aparece como uma temática comum abordada em todos os trabalhos. Tal fato é bastante importante pois a partir da abordagem da relação entre compostagem e EA torna-se possível estabelecer meios para sensibilizar a população sobre a relevância da gestão e manejo dos RSU, além da difundir tal conhecimento para além do meio acadêmico. Esses dois fatores se entrelaçam intrinsecamente na busca por soluções para problemas frequentes em diversos contextos da sociedade atual: o consumo desenfreado e o descarte inadequado de RS. No mais, de acordo com a Política Nacional de Educação Ambiental (1999), a EA representa uma base formativa para que a sociedade consiga criar estratégias que andem em conjunto com os valores e ações voltadas para desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

Os T4 e T10, por exemplo, são trabalhos que buscam analisar formas de utilizar a compostagem com o intuito de reverter consequências provenientes da problemática da gestão de RSU. Esses trabalhos, quando analisados em conjunto, possuem potencialidades no que tange a novas metodologias de tratamento residual em grandes polos urbanos brasileiros. Já o T2 usa máquinas para explorar técnicas de aprendizado para o autoajuste de sensores capacitivos, considerando o seu uso em compostagens de diferentes naturezas. Não muito diferente do T2, o T7 utiliza sensores para monitoramento e controle de parâmetros do processo de compostagem, visando a automatização do processo. Tais trabalhos são bastante relevantes na vigência por ter como objetivo o uso de máquinas para a execução da gestão de resíduos, promovendo a diminuição do volume dos resíduos em território nacional por meio de implementações tecnológicas (Silva, 2019).

Dos trabalhos analisados, 16 (T3, T5, T7, T9, T11, T13, T14, T15, T16, T18, T19, T20, T23, T33, T34, T35) tiveram como motivação o uso da compostagem como um caminho para mitigar

impactos socioambientais negativos no território nacional. De acordo com Cunha (2018), a compostagem é um dos processos mais viáveis para o tratamento de RO no Brasil, contudo, tal técnica é pouco utilizada por necessitar de manejo constante e, para surtir efeito em larga escala, demanda de grandes espaços para ser executado.

Entre as contribuições gerais dos trabalhos para o cenário acadêmico, foi notado que todos, de forma geral, buscam contribuir para a propagação de conhecimento científico acerca da compostagem, bem como elencar e analisar contribuições de técnicas não convencionais do processo. Outrossim, tais trabalhos buscam dar destaque a inovações ao processo de compostagem comumente conhecido. O enriquecimento de metodologias acerca dos processos é notório em cada produção, a partir de novidades implementadas que indicam novos rumos à prática da compostagem. Além disso, todas as produções tendem a mostrar dimensões dos desafios da gestão dos resíduos sólidos orgânicos no território nacional, dando urgência à necessidade da implantação de novas técnicas de reaproveitamento. Dados como estes configuram uma possível tendência na indicação da compostagem como medida eficaz na remediação de problemáticas relativas ao descarte de resíduos. Para isso, os trabalhos apontam a iniciativas desenvolvidas somente em algumas localidades e, na maioria das vezes, por iniciativa da própria população em parceria com organizações sociais ou instituições de ensino. Percebeu-se que as ações desenvolvidas partem de movimentações pequenas, implementadas por pessoas que escolheram agir diante da negligência do setor público no controle ambiental e sanitário relacionado a RSO (Cerciná, 2018).

Destaca-se que 19 trabalhos (T2, T3, T4, T7, T9, T11, T13, T15, T16, T17, T18, T23, T24, T26, T27, T30, T31, T32, T38) tiveram como principal intuito contribuir com avaliações dos processos de compostagem. As obras explicitam, de forma detalhada, a avaliação das etapas do processo e propõem análises do biofertilizante gerado a partir de processos de compostagens não convencionais. Estudos aprofundados acerca das etapas destes processos podem apontar caminhos mais adequados para a obtenção de compostos com uma matéria orgânica final de maior qualidade, além de contribuir com novos dados sobre aspectos e parâmetros químicos, físicos, biológicos e biogeoquímicos do processo de compostagem.

Dentre os trabalhos analisados, 24 apresentaram a compostagem termofílica como principal

processo para manejo residual estudado (T2, T5, T7, T10, T11, T12, T13, T15, T17, T18, T19, T20, T21, T23, T26, T27, T31, T33, T34, T35, T36, T37, T38, T39); um trabalho (T1) apresentou o processo de inoculação bacteriana; dois trouxeram a compostagem controlada (T29, T30); quatro abordaram mais de um tipo de compostagem em um mesmo estudo (T3, T9, T16, T24); e oito trabalhos não especificam qual tipo de compostagem foi estudado (T4, T6, T8, T14, T22, T25, T28, T32).

A exemplo dos trabalhos que envolvem mais de um tipo de compostagem, T3 descreve respectivamente, a compostagem termofílica e a compostagem que faz uso de larvas da mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*). A mosca soldado-negro é um inseto originário da América do Norte que vive em ambientes majoritariamente quentes — fator de facilitação de seu uso na bioconversão dos materiais orgânicos (Silva et al., 2017). Já o T16, analisa criteriosamente quatro tipos distintos de compostagem: de controle; de aeração facilitada; com uso de fertilizante químicos; com a junção da aeração facilitada e fertilizantes químicos. Esse estudo utilizou quatro pilhas de compostagem, uma para cada tipo de processo, abastecidas de resíduos sólidos orgânicos industriais, provenientes de centros urbanos, com o intuito de diminuir o tempo do processo de compostagem. Tais dados destacam-se como relevante pois, além de analisar criteriosamente o melhor processo de compostagem para ser utilizado em grandes centros urbanos, buscam a determinar modos de diminuir o tempo de maturação do composto do processo testado nos pátios de compostagem, tanto em modelos convencionais, quanto em potencializados (Jerônimo, 2019).

Com estudo mais aprofundado, o T3 articula a temática da vermicompostagem — processo de reciclagem de resíduos orgânicos por meio da criação de minhocas ou larvas de alguns insetos. É válido ressaltar que nos últimos anos, o uso de animais provenientes da vermicompostagem tomou grandes proporções também na aquicultura, uma vez que possuem grande valor nutricional e, quando transformados em farinha, podem ser utilizados na alimentação dos peixes do sistema (Lopes, 2020). Tal aspecto está em consonância com os objetivos apresentado pelo T3 que busca pelo reaproveitamento integral de RO tratados na compostagem como fonte alimentar em algumas etapas da aquicultura. Outrossim, a vermicompostagem pode ser considerado um sistema tecnológico reconhecido

como de baixo custo, no qual são gerados compostos orgânicos de altas qualidades, sendo bastante propício para ambientes de grande porte, como as plantas industriais, e práticas de agropecuária e de agricultura (Garcia et al., 2020).

Os T9 e T24, meio a etapas mais avançadas do processo termofílico de compostagem, empregam também o processo altamente aerado. Os processos com aeração facilitada, além de agilizar o processo de compostagem em si, facilitam o manejo, fazendo a redução de custos já que não têm necessidade de revolvimento (Veras, 2018). Ambos os trabalhos buscam avaliar e estudar cada etapa do processo de compostagem, comparando-os com as etapas de um processo convencional, O T4 realizou cinco experimentos com aeração forçada, trabalhados nas potências de 0,5HP a 2,0HP. Vale dizer que aeração, durante o processo de compostagem, é um dos fatores mais importantes para a decomposição da matéria orgânica, sendo classificado como o principal mecanismo capaz de evitar danos até o final de seu processo (Serantoni, 2020).

O estudo detalhado das etapas dos processos de compostagem abordadas nas pesquisas analisadas neste *corpus* documental, independentemente do tipo empregado, facilita o entendimento da temática por completo, bem como suas características químicas, físicas e biológicas. Neste contexto, os apontamentos feitos para criação e descrição de novas metodologias pode ser capaz de gerar novos entendimentos sobre o manejo dos RSO, extrapolando modelos convencionais comumente discutidos e implementados.

Em relação ao descritor relativo ao material utilizado nos processos de compostagem, grande parte dos trabalhos utilizaram resíduos sólidos orgânicos, com 14 trabalhos no total (T2, T3, T5, T7, T13, T15, T16, T17, T20, T23, T24, T26, T34, T36, T39). Tais resíduos foram trazidos, majoritariamente, de grandes polos urbanos, industriais e aterros sanitários, sendo compostos por dejetos de animais. Lorin (2019) aponta que o setor industrial, no território nacional, é o principal responsável pela produção de parte considerável dos resíduos de origem animal.

Destaca-se o T1 que, além dos compostos orgânicos, utilizou bactérias amilolíticas, proteolíticas, celulolíticas, queratinolíticas, ligninolíticas e solubilizadoras de fosfato, além das já presentes ao decorrer do processo de compostagem. Já no caso do T18 utilizou tabaco de cigarros contrabandeados (TCC) e lodo retirados de estações de tratamento

de esgoto com o intuito de avaliar a estabilidade e a maturidade dos compostos produzidos em reatores. O T35, por sua vez, abdicou do uso de lodos e passou a utilizar TCC para estudar as fases biogeoquímicas no decorrer do processo de compostagem, também feita em reatores. Ressalta-se esses trabalhos, especificamente, devido a não utilização de materiais convencionais no processo de compostagem. O cigarro, por exemplo, é um material que tem como matéria prima a celulose e outras substâncias tóxicas, contudo, por meio da compostagem, com a descontaminação de seus elementos tóxicos, tal dejetos pode ser liberado no solo após ter sua carga tóxica totalmente neutralizada (Zittel, 2019).

Ao analisarmos o descritor acerca do local onde o processo de compostagem foi realizado, destacam-se que todos os trabalhos que o executaram presencialmente, elencam leiras comuns em diversas dimensões, experimentos, estufas, pilhagens, reatores, usinas e biorreatores. O uso de máquinas na compostagem busca explorar técnicas de aprendizado para softwares e tecnologias pouco usadas, trazendo inovações no que tange à junção do setor tecnológico com o de manejo residual (Silva, 2019).

Dentre os oito trabalhos com uso de experimentos (T4, T9, T10, T16, T20, T26, T27, T32), foi notório aqueles que regulavam e/ou desregulavam algum componente no decorrer do processo de compostagem, induzindo-o a ocorrer em naturezas diferentes, bem como: o nível de pH do processo de compostagem alterado; granulometria dos resíduos diferente de processos convencionais; manipulação de microrganismos. Esses experimentos se mostram importantes para a pesquisa acadêmica, já que mostram o que é cabível ou não durante o processo de manejo residual da compostagem, deixando explícita as formas mais eficazes para executar o processo (Vilela, 2019).

Tanto no T18, quanto no T23, apresenta-se a utilização de reatores levando em conta a sua aplicabilidade na redução de volume de resíduos e de umidade. A compostagem realizada em reatores se mostrou uma tecnologia altamente eficiente e de baixo custo no que tange ao tratamento de alguns resíduos sólidos orgânicos, tais como o tabaco de cigarro e o lodo de esgoto. Além disso, os trabalhos mostram que a biooxidação dos materiais mediada pela compostagem pode proporcionar a melhoria das qualidades físicas, químicas e biológicas dos resíduos, além de representar uma alternativa promissora em relação aos compostos químicos capazes

de modular características do solo (Boina, 2018).

A compostagem feita em estufas permite que os resíduos orgânicos ali presentes entrem em contato com diversas fontes de carbono, conforme ocorre no T12 e T31. Foi observado que o uso da estufa é capaz de permitir a maior eliminação de patógenos nocivos à saúde humana, eventualmente presentes no composto, e viabiliza a decomposição de materiais não convencionais como os cigarros ou lodos provenientes do esgoto.

A análise de trabalhos com descritores específicos evidenciou o intuito das pesquisas em contribuir para o crescimento do uso da compostagem nos sistemas industriais, bem como incentivar a construção de novos conhecimentos que sirvam de subsídio para que, futuramente, outras tecnologias alternativas sejam inseridas em meio a ações de EA e Divulgação Científica que estimulem a prática da compostagem como processo eficaz e de baixo custo para gestão e manejo de RO para locais e contextos diversos.

Considerações finais

A fim de mitigar a problemática do destino inadequado dos RSU e buscar a reciclagem de sua porção residual orgânica, a presente pesquisa buscou mapear teses e dissertações visando avaliar as análises, abordagens e aplicações da temática compostagem. O estudo tem relevância tomando como base o fato de que tal processo de manejo e gestão de resíduos, além de ter potencial de diminuir o grande volume de RO produzido no território nacional, é capaz de produzir um bem agrícola de alta qualidade que pode ser aplicado em práticas agrícolas, trazendo diversos benefícios ao solo.

Ao situar institucional e metodologicamente como o processo de compostagem vem sendo abordado, no cenário acadêmico nacional, constatou-se que as regiões Sul e Sudeste foram as que mais contribuíram com abordagens sobre a temática. Predominam trabalhos voltados à compostagem termofílica e novas abordagens não convencionais em relação a esse tipo de manejo. Predominam abordagens qualitativas nas publicações analisadas. A EA é temática presente em grande parte dos trabalhos, indicando uma possível propensão a se articular propostas que sensibilizem diferentes atores sociais a práticas alternativas e sustentáveis na gestão de RS. A compostagem, além dos benefícios naturais, foi incluída em diversos processos industriais de produção de matéria prima, bem como

pectina. A pectina tem larga utilidade industrial, sendo utilizada em espessantes de géis industriais alimentares, cosméticos, farmacológicos, e, ainda, na obtenção de larvas de moscas comumente utilizadas na alimentação de peixes e aves. Tal fato, além de evidenciar a relevância da compostagem em processos industriais, estimula a busca de novas metodologias acerca do processo pela pesquisa acadêmica. As inovações metodológicas observadas para esse tipo de TS são inseridas no processo e tendem a se popularizar ao longo do tempo, modificando os processos convencionais comumente conhecidos; em paralelo, abrem possibilidades de novos estudos na área.

De maneira específica, a análise feita à luz dos descritores possibilitou maior entendimento acerca da compostagem na produção acadêmica dos últimos quatro anos. Foram feitas observações relativas a: (i) modo como a temática da compostagem é abordada; (ii) contribuições oriundas da pesquisa acadêmica em relação ao tema; (iii) principais tipos e técnicas de compostagem utilizados; (iv) principais materiais utilizados ao longo do processo; (v) locais onde os processos são executados. Apesar de a amostra encontrada nesta pesquisa não ser quantitativamente expressiva, identificaram-se várias contextos e parâmetros desenvolvidos nos trabalhos das áreas de Engenharia, Agronomia e Ciências Exatas e da Terra que apresentam potencialidades para a implementação da compostagem como instrumento de gestão e manejo de RSO.

Programas e práticas voltadas para a sensibilização socioambiental acerca da compostagem também tiveram grande destaque entre os trabalhos, uma vez que eles propõem aproximar os leitores com técnicas de gestão de RO de fácil manejo, baixo custo e de natureza sustentável. Sendo assim, destaca-se que ações de EA surgem como importantes ferramentas para ampliar o conhecimento sobre uma temática capaz de mitigar diversas questões relacionadas aos RSU, articulando métodos de gestão de RSO viável, dentro e fora de contextos acadêmico e industrial.

Agradecimentos

Ao Cefet/RJ, ao CNPq e à CAPES pela disponibilização da bolsa de estudos, motivando a execução da pesquisa; aos orientadores Marcelo Rocha, Pedro Costa e Fernanda Marques pelas sugestões, ajudas, disponibilidade e correções ao longo do percurso da escrita; ao Laboratório de Divulgação

Científica e Ensino de Ciências (Labdec) por ser um local de incentivo às pesquisas e contribuir para o processo de formação de um pesquisador.

Referências

- Agostinho, J. M. A. (2018). *Caracterização e padrões de resistência antimicrobiana de Escherichia coli isoladas da cama de frango após tratamento de compostagem*. São Paulo, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Microbiologia Agropecuária. (Tese, Doutorado). URL: <http://hdl.handle.net/11449/180386>. Acesso 28.06.2022.
- Andrade, M. R. de. (2019). *Compostagem de resíduos verdes e de restaurante: efeito do tempo de processo na qualidade do composto final*. 55 f. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo. (Dissert. Mestrado). URL: <http://www.biblioteca-digital.uel.br/document/?code=vtls000230316>. Acesso 28.06.2022.
- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe). (2018). *No Brasil, em 2018, foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos*. Revista eletrônica *EcoDebate*. URL: <https://www.ecodebate.com.br/2019/11/11/no-brasil-em-2018-foram-geradas-79-milhoes-de-toneladas-de-residuos-solidos-urbanos/>. Acesso 05.10.2022.
- Araújo, T. R. (2018). *Aplicação de Bacillus cereus e Enterococcus faecalis, isolados de bacalhau seco salgado (Gadus sp), no tratamento de resíduos sólidos agroindustriais salinos por compostagem controlada*. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Agronomia. (Dissert. Mestrado). URL: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/4096>. Acesso 28.06.2022.
- Biudes, E. P. (2018). *Resíduo de terra diatomácea utilizado como suplementação nutricional na compostagem para a cultura da alface*. Bauru, Universidade do Sagrado Coração, Instituto de Ciência e Tecnologia Ambiental. (Dissert. Mestrado). URL: <https://tede2.unisagrado.edu.br:8443/handle/tede/438>. Acesso 28.06.2022.
- Boina, W. L. de O. (2018). *Aceleração do processo de compostagem de lodos gerados em reatores UASB com inóculo comercial*. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, Instituto de Engenharia Urbana. (Tese, Doutorado). URL: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10636>. Acesso 28.06.2022.
- Braga, S. (2018). *Avaliação do potencial de transformação de compostos tóxicos por isolados de Gordonia paraffinivorans e Gordonia silwensis provenientes de compostagem*. São Paulo, Universidade de São Paulo, Centro de Interunidades em Biotecnologia. (Tese, Doutorado). doi: 10.11606/D.87.2019.tde-10042019-151220.
- Calory, N. L. (2019). *Produção de mudas de repolho em substratos orgânicos provenientes da compostagem de resíduos agroindustriais*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Instituto de Biotecnologia. (Dissert. Mestrado). URL: <https://hdl.handle.net/1884/64941>. Acesso 28.06.2022.
- Cerciná, M. (2018). *Análise da viabilidade técnica para a implementação de centros de compostagem no município de Imbé, RS*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geografia. (Dissert. Mestrado). URL: <http://hdl.handle.net/10183/182066>. Acesso 28.06.2022.
- Chiarelotto, M. (2018). *Redução do tempo de compostagem de resíduos agroindustriais: efeito nos parâmetros de controle e na qualidade do composto final*. Cascavel, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Instituto de Engenharia Agrícola. (Dissert. Mestrado). URL: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/3722>. Acesso 28.06.2022.
- Cunha, K. M. da (2018). *Compostagem de tabaco de cigarro contrabandeado e resíduos sólidos orgânicos em reator facultativo com capacidade de 2000L*. Ponta Grossa, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Instituto de Química Aplicada. (Dissert. Mestrado). URL: <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2521>. Acesso 28.06.2022.
- Dagnino, R. (2009). *Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade*. Campinas: Unicamp. URL: <http://hdl.handle.net/10625/47974>. Acesso 28.06.2022.
- Ecodebate. (2016). *Os Resíduos Sólidos na Região Norte do Brasil em 2016, artigo de Antonio Silvio Hendges*. [S. l.], URL: <https://www.ecodebate.com.br/2017/11/28/os-residuos-solidos-na-regiao-norte-do-brasil-em-2016-artigo-de-antonio-silvio-hendges/>. Acesso 16.02.2022.
- Exame. (Revista). (2021). *Lei nº 9795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências*. Conceitos de Educação Ambiental. [S. l.], Revista Exame. URL: <https://exame.com/brasil/investimento-do-governo-em-ciencia-voltou-aonivel-de-2009-mostra-estudo/>. Acesso 18.02.2022.
- Faria, M. F. de. (2018). *Compostagem de lodo de esgoto e indicadores de patogenicidade*. São Paulo, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciência Florestal. (Tese, Doutorado). URL: <http://hdl.handle.net/11449/180485>. Acesso 28.06.2022.
- Furlanetto, B, Lasta, L., & Vargas, M. A. (2018). *Parque tecnológico e tecnologias sociais: visualizando alternativas para os resíduos sólidos dos municípios de pequeno porte*. Brasil. URL: <https://even3.blob.core.windows.net/processos/0bc552eb7e554b4887c9.pdf>. Acesso 27.12.2021.
- Galvão, M. C. B., & Ricarte, I. L. M. (2019). Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. *Logeion: Filosofia da informação*, 6(1), 57-73. doi: 10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73.
- Galvão, R. G. (2019). *Compostagem em áreas urbanas: lições aprendidas no projeto feiras e jardins sustentáveis da Lapa, São Paulo, SP, Brasil*. São Paulo, Universidade Nove de Julho, Instituto de Cidades Inteligentes e Sustentáveis. (Dissert. Mestrado). URL: <http://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/2050>. Acesso 28.06.2022.
- Garcia, S. S. R., Pereira, D. R., Dutra, M. L. S., Ribeiro, A. W. P., de Menezes, K. D. C., Cruz, R. F., & Gerude Neto, O. J. D. A. (2020). Análise comparativa de adubos orgânicos oriundos de diferentes tipos de compostagem. *Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente*, 8(2), 115-126. doi: 10.17564/2316-3798.2020v8n2p115-126.
- Gomes, D. J. S. (2021). *Aceleração da compostagem em resposta à inoculação bacteriana*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Ciências Agrárias. (Dissert. Mestrado). URL: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/27876>. Acesso 28.06.2022.
- Gonçalves, M. L., Baldin, N., Zanotelli, C. T., Carelli, M. N., & Franco, S. C. (2014). *Fazendo pesquisa: do projeto à comunicação científica*. Joinville, SC: Editora Univille. v. 4, 120p.
- Guidoni, L. L. C. (2019). *Avaliação da compostagem de farinha de cadáveres de suínos*. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Ciências Ambientais. (Dissert. Mestrado). URL: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/4863>. Acesso 28.06.2022.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. P. (2013). *Metodologia de pesquisa*. 5 ed. Porto Alegre: Penso.

- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. IBAMA. (2016). *Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Lei nº 12.305/2010*. [S. l.], 06.dez.2016. URL: <http://www.ibama.gov.br/residuos/control-de-residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>. Acesso 14.02.2022.
- Jerônimo, G. J. (2019). *Potencialização da compostagem com aplicação do bio composto e dimensionamento de pátio para cidade de médio porte*. Uberaba, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Instituto de Ciência e Tecnologia Ambiental. (Dissert. Mestrado). URL: <http://bdtd.uftm.edu.br/handle/tede/1020>. Acesso 28.06.2022.
- Kiehl, E. J. (1998). *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. URL: <https://repositorio.usp.br/item/001004271>. Acesso 28.06.2022.
- Lima, T. C. Q. O. (2020). *Processo de humificação na compostagem de resíduos agroindustriais e glicerina bruta associada a cinza de caldeira*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Centro de Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais. (Dissert. Mestrado). URL: <https://hdl.handle.net/1884/70545>. Acesso 28.06.2022.
- Lohmann, G. (2020). *Análise de fluxo de carbono, nitrogênio e fósforo e avaliação de impactos ambientais em aterro sanitário e na compostagem de resíduos sólidos urbanos*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. (Tese, doutorado). URL: <http://hdl.handle.net/10183/213404>. Acesso 28.06.2022.
- Lopes, I. G. (2020). *Tratamento de resíduos da aquicultura: compostagem e uso de mosca soldado negro*. São Paulo, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Centro de Aquicultura. (Tese, doutorado). URL: <http://hdl.handle.net/11449/191840>. Acesso 28.06.2022.
- Lorin, H. E. F. (2019). *Aproveitamento dos resíduos da cadeia produtiva do frango de Corte: compostagem, obtenção de chás de composto e uso dos compostos como substratos para produção de muda*. Cascavel, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Instituto de Engenharia Agrícola. (Tese, Doutorado). URL: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4460>. Acesso 28.06.2022.
- Margatto, C. (2018). *Processo de humificação na compostagem de resíduos orgânicos agroindustriais associados a glicerina bruta*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Instituto de Bioenergia. (Dissert. Mestrado). URL: <https://hdl.handle.net/1884/60737>. Acesso 28.06.2022.
- Martins, G. A. (2019). *Toxicidade em compostagem de biossólido do tratamento de efluentes do abate de suínos com diferentes materiais estruturantes*. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos. (Dissert. Mestrado). URL: <http://guaiaica.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/4883>. Acesso 28.06.2022.
- Megid Neto, J. (1999). *Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de Ciências no nível fundamental*. 365f. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. (Tese, Doutorado).
- Melo, M. R. P. (2019). *Biochar como aditivo no processo de compostagem*. Uberaba, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Instituto de Ciência e Tecnologia Ambiental. (Dissert. Mestrado). URL: <http://bdtd.uftm.edu.br/handle/tede/1016>. Acesso 28.06.2022.
- Moncks, P. C. S. (2020). *RealSense: uma abordagem explorando aprendizado de máquina no monitoramento de temperatura e umidade em sistemas de compostagem*. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Desenvolvimento Tecnológico. (Dissert. Mestrado). URL: <http://guaiaica.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/6216>. Acesso 28.06.2022.
- Moritz, G. O. (2013). A pós-graduação brasileira: evolução e principais desafios no ambiente de cenários prospectivos. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, 5(2), 03-34. doi: 10.24023/rnal/2175-5825/2013.v5i2.136.
- Paulino, G. N. (2019). *Compostagem/biodigestão como estratégia de transformação química: avaliação das potencialidades de geração de produtos de interesse químico e agrônomo*. São Paulo, Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura. (Dissert. Mestrado). doi: 10.11606/D.64.2019.tde-08102019-162912.
- Pereira, H. S. (2018). *Compostagem de lodo de uma estação de tratamento de efluentes sanitários*. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, Instituto de Engenharia Ambiental. (Dissert. Mestrado). URL: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/19447>. Acesso 28.06.2022.
- Pereira-Neto, J. T. (2007). *Gerenciamento do lixo urbano: aspectos técnicos e operacionais*. Viçosa, Minas Gerais: UFV. 129p.
- Pin, J. R. O., & Rocha, M. B. (2019). Utilização didático-pedagógica de trilhas ecológicas no Ensino de Ciências: um levantamento de teses e dissertações brasileiras. *Ensino, Saúde e Ambiente*, 12(1), 72-98. doi: 10.22409/resa2019.v12i1.a21533.
- Poder, J. S. G. (2018). *Substrato orgânico da compostagem de resíduos da cadeia avícola à glicerina bruta: produção de mudas de rúcula*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Centro de Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais. (Dissert. Mestrado). URL: <https://hdl.handle.net/1884/57983>. Acesso 28.06.2022.
- Ribeiro, L. C. (2018). *Compostagem de lodo de esgoto: caracterização e bioestabilização*. São Paulo, Universidade Estadual Paulista, Instituição de Ciências Agrônomicas. (Dissert. Mestrado). URL: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/153225>. Acesso 28.06.2022.
- Rodrigues, A., França, J., Silveira, R., Silva, R., Ros, C., Kemerich, P. D. (2015). Compostagem de resíduos orgânicos: eficiência do processo e qualidade do composto. *Enciclopédia biosfera*, 11 (22). doi: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_116.
- Santiago, M. R. (2019). *Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida de diferentes cenários de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares com enfoque na compostagem*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. (Tese, Doutorado). URL: <http://hdl.handle.net/10183/212425>. Acesso 28.06.2022.
- Seraton, N. (2020). *Avaliação da compostagem de carcaça de frango em biorreator aeróbio descontínuo*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Engenharia Civil. 84 f. (Dissert. Mestrado). URL: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/27883>. Acesso 28.06.2022.
- Serrano, L. P. L. (2019). *Avaliação do efeito da compostagem sobre a viabilidade de microrganismos indicadores em carcaças de bovinos*. Juiz de Fora, Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Farmácia e Bioquímica. (Dissert. Mestrado). URL: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/10142>. Acesso 28.06.2022.
- Silva, J. R. da (2019). *Automação do processo de compostagem: uso de sensores para monitoramento e controle de parâmetros de um processo sustentável*. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, Instituto de Engenharia de Produção. (Dissert. Mestrado). URL: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10118>. Acesso 28.06.2022.

- Silva, K. R. D., Costa, C. D. A., Oliveira, I. V. D., Cruz, W. P. D. (2018). Criação de larvas da mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) e compostagem de resíduos orgânicos. *Cadernos de Agroecologia*, 13(1). URL: <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/243>. Acesso 28.06.2022.
- Souza, R. P. de. (2018). *Uso de resíduos de papel em compostagem agrícola*. Montes Claros, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Produção Vegetal. (Dissert. Mestrado). URL: <http://hdl.handle.net/1843/NCAP-AZXRLV>. Acesso 28.06.2022.
- Szlafsztein, C. F. (2018). Desafios e demandas em geologia de engenharia ambiental na Amazônia brasileira, Brasil. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 8(1-2), 52-59. URL: <https://www.abge.org.br/downloads/DEMANDAS%20E%20DESAFIOS%20NA%20REGIAO%20DA%20AMAZONIA.pdf>. Acesso 28.06.2022.
- Teixeira, P. M. M. (2008). *Pesquisa em ensino de Biologia no Brasil (1972-2004): um estudo baseado em dissertações e teses*. Campinas, Universidade Estadual de Campinas. 235f. (Tese, Doutorado). doi: 10.22600/1518-8795.icenci2019v24n3p169.
- Thode Filho, S., Marques, A. J. de, Santos, J., Ribeiro, K. F., Medeiros, M. R. A. M. de, Santos, P. G., & França, S. S. (2014). Um estudo sobre a composição gravimétrica dos resíduos sólidos do IFRJ Campus Duque de Caxias, RJ. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 30-35. doi: 10.5902/2236117013806.
- Véras, R. Í. P. (2018). *Sistema mecatrônico de trituração de coco verde para compostagem acelerada*. Salvador, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Engenharia Industrial. (Dissert. Mestrado). URL: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/26595>. Acesso 28.06.2022.
- Veras, R. S. (2018). *Compostagem de resíduos de alimentos e podas trituradas de árvores em leiras estáticas como mecanismo de redução de GEE*. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, Instituto de Engenharia Civil (Recursos Hídricos). (Dissert. Mestrado). URL: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/37615>. Acesso 28.06.2022.
- Vilela, N. M. S. (2019). *Comparação dos métodos de compostagem por leiras estáticas aeradas e por reviramento no tratamento da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Engenharia Civil. (Dissert. Mestrado). URL: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/26802>. Acesso 28.06.2022.
- Vilela, R. N. S. (2019). *Efeitos da aeração e da estação do ano na compostagem dos resíduos de abatedouro*. Dourados, Universidade Federal da Grande Dourados, Instituto de Zootecnia. (Dissert. Mestrado). URL: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/3145>. Acesso 28.06.2022.
- Visenti, R. (2019). *Viabilidade econômica da compostagem do lodo de esgoto para fins agrícolas*. São Paulo, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciências Agronômicas. (Dissert. Mestrado). URL: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/182484>. Acesso 28.06.2022.
- Wu, J., Wei, Z., Zhu, Z., Zhao, Y., Jia, L., Lv, P. (2020). Humus formation driven by ammonia-oxidizing bacteria during mixed materials composting. *Bioresource technology*, 311, 123500. doi: 10.1016/j.ortech.2020.123500.
- Zittel, R. (2019). *Compostagem em reatores de tabaco de cigarros contrabandeados e lodo de ETE industrial: estudo da estabilidade e maturidade por meio de parâmetros físico-químicos, biológicos e espectroscópicos*. Ponta Grossa, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Instituto de Química. (Tese, Doutorado). URL: <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2851>. Acesso 28.06.2022.