

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE AERAÇÃO EM COMPOSTEIRAS DOMÉSTICAS NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO

JACQUELINE ROGÉRIA BRINGHENTI

EMILLY VICTÓRIA SILVA E SOUSA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO SANTO - IFES

KATIA BROETO MILLER

DEPARTAMENTO DE DESENHO INDUSTRIAL

Resumo

Apesar da compostagem doméstica ser reconhecida como uma forma eficaz de tratar os resíduos orgânicos (RO) no próprio local de geração, a sua aceitação global ainda é baixa, uma vez que tal rotina demanda tempo e dedicação do usuário e eventuais falhas podem resultar em problemas como odores e levar a descontinuidades no seu uso. Como parte do desenvolvimento de um protótipo de composteira adaptado às necessidades dos ambientes domésticos e institucionais, no presente estudo as soluções de aeração e ventilação usadas em composteiras testadas em pesquisas científicas foram levantadas e comparadas. Como estratégia metodológica para identificar soluções adotadas para resolução de problemas de aeração na prática da compostagem com uso composteiras domésticas no Brasil, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com foco nos aspectos físicos e operacionais. A pesquisa foi conduzida com auxílio do software StArt, que possibilitou um processo de triagem para a classificação dos resultados obtidos durante a RSL, levando em conta critérios para inclusão ou exclusão. Os dados obtidos sobre soluções para ventilação e aeração em composteiras domésticas foram categorizados e sumarizados considerando os parâmetros estabelecidos relacionados a características físicas e operacionais, com a finalidade de facilitar a visualização, a comparação e a proposição de melhorias nas soluções utilizadas para aeração em composteiras com base nos exemplos estudados. Foram selecionados 70 estudos, 48 foram rejeitados após leitura dos resumos e 8 eram duplicatas, restando 14 que foram lidos na íntegra para coleta de informações e avaliação mais criteriosa quanto à inclusão. Quanto às 22 soluções de compostagem testadas nos experimentos relatados nos artigos, nove consideraram aspectos de aeração, duas de ventilação e 11 avaliaram as duas possibilidades. Já em relação ao tipo de aeração utilizado, 12 possuíam aeração passiva e 10 possuíam aeração ativa, sendo que nenhuma utilizava acelerador de compostagem. Em termos de rotina operacional das composteiras avaliadas constatou-se que a maioria dos 22 sistemas, 18 no total incluíam a rotina do revolvimento manual em sua operação (ativa), sendo que 3 eram dotadas de sistema de manivela, uma usava hélice e uma era dotada de sistema de aquecimento (térmico). Soluções de compostagem com aeração passiva que podem trazer comodidade aos usuários no uso da técnica no dia a dia, como é o caso do uso de minhocas (vermicompostagem) e de componentes que facilitem a entrada de oxigênio (ventilação), também estavam representados em três dos sistemas avaliados pelos pesquisadores. Assim, o estudo evidenciou que a otimização das funcionalidades das composteiras domésticas, relacionadas a sua aeração e ventilação, ainda é pouco explorada no Brasil, sendo importante a realização de novos estudos para embasar o desenvolvimento de equipamentos mais compatíveis com as expectativas e necessidades dos usuários brasileiros e que possam ajudar na disseminação desta prática sustentável. A compostagem dos RO no próprio local de geração deveria ser mais encorajada na forma políticas públicas setoriais de modo a educar, motivar e engajar as pessoas e a sociedade no

processo, sendo essencial ainda para o alcance das metas de sustentabilidade traçadas neste início de século, como é o caso dos ODS.

Palavras Chave

compostagem, composteira, aeração

Agradecimento a órgão de fomento

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Ao Instituto Federal do Espírito Santo À FAPES - Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE AERAÇÃO EM COMPOSTEIRAS DOMÉSTICAS NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO

1 INTRODUÇÃO

Apesar da compostagem doméstica ser reconhecida como uma forma eficaz de tratar os resíduos orgânicos (RO) no próprio local de geração, a sua aceitação global ainda é baixa em função da insuficiência de conhecimentos e limites técnicos (Cheng et al, 2022).

A reciclagem de RO em residenciais e/ou instituições geralmente é praticada com uso de composteiras por possuírem aparência agradável, facilitar a operação, a higiene e auxiliar na retenção de calor e umidade durante o processo de biodegradação da mistura de orgânicos. Tais artefatos podem ser adquiridos no mercado ou fabricados artesanalmente.

Sendo um tratamento biológico aeróbico, a compostagem doméstica necessita de quantidades adequadas de oxigênio, principalmente durante os estágios iniciais de maturação dos RO, de modo a prevenir a anaerobiose que torna o processo muito mais lento e odorífero (PACE et al., 1995). Tais condições operacionais podem ser promovidas por meio de aeração passiva ou natural (ventilação natural (efeito chaminé) e/ou uso de minhocas) ou ativa (revolvimento e/ou sistema automatizado com uso de ventiladores ou dispositivos para insuflar ar dentre outros).

As composteiras com operação manual são mais difundidas pelo menor custo em relação às automatizadas, e nestas o controle da aeração, da ventilação em função e da quantidade de RO adicionados no reator é empírico, fica a cargo do praticante da compostagem, sendo no geral realizado por meio de revolvimento manual periódico. Ocorre que tal rotina demanda tempo e dedicação do usuário e eventuais falhas podem resultar em problemas como odores e levar a descontinuidades no seu uso.

Karkanias et. al. (2016), identificaram como barreiras para a compostagem doméstica, a presença de moscas, seguida pela lentidão na biodegradação dos RO e odores, relacionadas ao desequilíbrio na dosagem de RO e estruturantes no reator bem como na insuficiência da aeração e ventilação. Cometti (2021) avaliou um protótipo de composteira doméstica e identificou as preocupações dos entrevistados: incertezas em relação à operação, a participação da família, o tempo dedicado na prática, bem como o local para sua instalação.

A resolução desta problemática é complexa e envolve várias frentes. O fator humano, com estudos de percepção ambiental e ações de sensibilização, informação e educação. O aspecto legal e econômico, através de políticas públicas de incentivo e/ou de exigência legal como parte de ações de combate a mudanças climáticas e o aspecto tecnológico e de otimização do design das composteiras, sendo este último explorado no presente estudo.

Estudo realizado por Bringhenti et al. (2023) avaliou 32 composteiras disponíveis no mercado para aquisição, com fabricantes distribuídos em sete países e constatou que 56,0 % eram de fabricantes americanos, seguido do Brasil com cerca de 15,0 %. Nos modelos avaliados, o revolvimento foi a principal solução adotada para aeração ativa da massa de RO tratados via compostagem (55,0 %) podendo ser manual ou mecânico. Os autores observaram que equipamentos com aeração passiva e uso de minhocas (vermicompostagem) vem ganhando mercado por trazerem comodidade aos usuários e que os sistemas automatizados e inteligentes ainda são caros. Ao final destacaram a importância de se desenvolver soluções que considerem as características de clima e composição de RO do país, estilo de vida, dentre outros aspectos.

Assim, buscou-se identificar e comparar as soluções de aeração e ventilação usadas em composteiras testadas em pesquisas científicas brasileiras como contribuição para desenvolvimento de um protótipo de equipamento adaptado às necessidades locais de ambientes domésticos e institucionais. Adicionalmente, espera-se gerar uma contribuição

significativa para tornar a prática da compostagem em tais ambientes, simplificada, rápida, limpa e que não demande muito espaço.

2 METODOLOGIA

Como estratégia metodológica para identificar soluções adotadas para resolução de problemas de aeração na prática da compostagem com uso composteiras domésticas no Brasil, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com foco nos aspectos físicos e operacionais. A pesquisa foi conduzida com auxílio do software StArt que possibilitou um processo de triagem para a classificação dos resultados obtidos durante a RSL, levando em conta critérios para inclusão ou exclusão.

O uso do StArt requer um protocolo que envolve as etapas: i) preenchimento do Protocolo de Revisão Sistemática de Literatura (PRSL) com a descrição dos objetivos, as perguntas a serem respondidas, as palavras-chaves, os critérios de inclusão e exclusão, os idiomas e as demais informações necessárias; ii) busca de estudos nas bases de dados científicos e extração dos resultados em arquivo formato BibTeX; e iii) inserção e sumarização dos dados levantados com uso do Start. Os resultados finais extraídos foram sistematizados em tabelas e gráficos com uso do software Excel.

No preenchimento do protocolo inicial (PRSL), foram inseridas as principais informações relacionadas à pesquisa, como nome dos pesquisadores, perguntas a serem respondidas durante o processo, os idiomas, as palavras-chave e a string de busca, visando os objetivos traçados. Também foram definidos os critérios de inclusão e exclusão dos estudos.

Para a RSL foram realizadas buscas nas principais bases de dados relacionadas ao tema de estudo, tais como: Scopus e Web of Science. Os descritores utilizados foram: “aeração”, “ventilação”, “composteira doméstica”, “resíduos orgânicos” e “instituições de ensino”. O levantamento considerou os intervalos de tempo de 10 e 20 anos, após análise dos resultados optou-se por considerar os resultados dos últimos 10 anos para a sumarização dos resultados, com uso do Start. Como critério de inclusão: (1) estudos que apresentavam características físicas e operacionais das composteiras utilizadas e (2) estudos de revisão sistemática. Como critérios de exclusão: (1) estudos focados na educação ambiental e/ou conscientização ambiental dos envolvidos e (2) estudos com score avaliado menor do que 3.

Os dados obtidos sobre soluções para ventilação e aeração em composteiras domésticas foram categorizados considerando os parâmetros do Quadro 1. Os resultados obtidos foram sumarizados na forma de quadro e tabelas, com a finalidade de facilitar a visualização, a comparação e a proposição de melhorias nas soluções utilizadas para ventilação e aeração em composteiras com base nos exemplos estudados.

Quadro 1 - Parâmetros utilizados na coleta de dados acerca das soluções para aeração e ventilação utilizadas nas composteiras avaliadas nos artigos selecionados.

DESCRIÇÃO	PARÂMETROS RELACIONADOS
Características físicas	. Material de fabricação . Formato/ geometria da base
Características operacionais	. Existência de abertura distintas para alimentação e retirada do composto . Posição e funcionamento da tampa . Existência de dreno para retirada do chorume . Forma de revolvimento do composto durante o processo.
Soluções para aeração e ventilação	. Existência de orifícios para entrada de ar . Existência de tubos de ventilação no Interior da composteira . Forma de Aeração utilizadas (passiva ou ativa)
Outras características	. Utiliza acelerador de compostagem

Fonte: autores

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados da busca avançada se destacaram em relação à busca por assunto sendo utilizados nas discussões. Optou-se por baixar os artigos relacionados à palavra-chave “composteira” nos últimos 10 anos visando identificar soluções de aeração de uso mais recente, totalizando 70 estudos. Os dados levantados foram organizados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Artigos selecionados, segundo características físicas e operacionais

Título - artigo	Referência	Material/Estrutura da Composteira	Operada com revolvimento	Aeração	Drenagem chorume
A1 - Avaliação de aproveitamento energético composteira doméstica	LIMA, R. G. DE S. et al., 2017	Caixa retangular em PEAD e laterais em geotêxtil, núcleo drenante plástico sob pallets	não	passiva	sim
A2 - Compostagem caseira: estudo em residência	SILVA, A.L.G., et al, 2018	Três baldes plásticos com vários furos pequenos na borda e maiores no fundo	sim	ativa	sim
A3 - Avaliação de diferentes técnicas de compostagem, com uso de abordagem Multicritérios	SOARES, L.M., et al, 2018	Quatro sistemas de composteiras (2 leiras, 1 térmica (DECOMPOSER) e 1 com caixas plásticas (vermicompostagem)	sim/não	passiva/ativa	não
A4 - Compostagem: proposta ambiental lixo doméstico	DE SOUZA, L. P. M., et al, 2020	Quatro sistemas de composteiras em caixas plásticas (2 com uso de lona no fundo e 2 sem)	sim	ativa	não
A5 - Vermicompostagem de RO e hortas em instituições	LANZANO VA, M.E. et al., 2020	Caixa d'água em PVC de base circular	não	passiva	sim
A6 - Desempenho de composteira artesanal	MOURA J. et al., 2020	Galão 20L, acoplado em estrutura de ferro e com manivela para revolvimento	sim	ativa	não informado
A7 - Tecnologias para tratamento aeróbico de RO domiciliares	GOMES, I. et al., 2021	Composteira em alumínio e inox (retangular) e em polietileno (cilíndrica)	sim	ativa	não informado
A8 - Análise da qualidade de composto orgânico de compostagem	SILVA, M.J., et al, 2021	Três composteiras móveis retangulares de concreto com dois compartimentos para revolvimento dos RO	sim	ativa	sim
A9 - Enterobactérias em sistemas de tratamento aeróbico de RO domiciliares	GOMES, I., et al, 2021	Dois sistemas de composteiras móveis (1 retangular - alumínio/inox e outra cilíndrica - polietileno)	sim	ativa	não
A10 - Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos provenientes de composteiras domésticas	BERSAN, J. L. M.; KELMER, G. A. R.; DE ALMEIDA, J. R, 2022	Duas composteiras de plástico com base circular, sendo uma de 5 e outra de 3 andares	sim	ativa	sim

Fonte: autores

Dos estudos selecionados e baixados, 48 foram rejeitados e 8 eram duplicatas, 14 foram considerados e lidos na íntegra para coleta de informações e avaliação mais criteriosa quanto à inclusão. Os artigos analisados foram publicados entre 2017 e 2022.

Tabela 2 – artigos selecionados para análise segundo principais resultados

Código	Descrição do artigo	Solução avaliada	Principais resultados
A1	Foram avaliados dois tipos de composteiras e quatro formas de manejo, uma com compartimento central (tubo) que simulava uma chaminé (aeração passiva)	Aeração passiva/ Ventilação natural	A chaminé não trouxe benefícios notáveis, mas ajudou na oxigenação passiva. O reator com adição de RSO e revolvimento foi eficiente no controle de moscas
A2	Os furos menores na borda da composteira contribuíram a entrada de oxigênio e os maiores (fundo) para coleta do chorume e migração das minhocas entre os reatores	Aeração Passiva	A queda de temperatura e a exposição à água e ao calor provocaram a morte das minhocas, alterando o pH do sistema e gerando odores. Houve necessidade de ajustes e novos testes
A3	Análise das técnicas de vermicompostagem, compostagem convencional e compostagens aceleradas com fungos e térmica com bactérias extremófilas	Aeração passiva/ Aeração ativa	O uso de minhocas resultou em boa aeração. A compostagem convencional exigiu cuidados com vetores e odores, enquanto a acelerada demandou menos tempo e espaço.
A4	Estudo da viabilidade da compostagem de RSO, destacando que o uso da lona trouxe eficiência na circulação do ar e a drenagem dos líquidos percolados	Aeração passiva	O reator com lona apresentou melhor desempenho, sem odores ou vetores. Já no sem lona, observou-se a perda de RSO e a necessidade de controle de umidade
A5	Avaliação de dois reatores aeradas com uso de minhocas e orifícios de 4mm em toda sua extensão	Aeração passiva	O uso de minhocas e orifícios resultou em composto maturado e com elevado teor de nutrientes
A6	Reator de materiais reutilizados, manivela de ferro e estrutura de madeira, com RSO do restaurante universitário e podas urbanas	Aeração ativa	A poda ajudou no controle do teor de água e aumento dos sólidos voláteis; a manivela, no entanto, não foi eficiente para a aeração e oxidou rapidamente
A7	Análise de dois modelos de composteiras com hélice e manivela para homogeneização e a aeração do material orgânico	Aeração ativa	Os modelos foram eficientes, mas é necessário aprimorar os sistemas e otimizar o reviramento para evitar o uso de outros acessórios
A8	Análise da sanitização do composto gerado em compostagem com movimentação manual dos RSO para homogeneizar e ativar a aerobiose	Aeração ativa	O sistema foi eficiente para higienização e a viabilidade do uso do composto em plantações sem riscos de contaminação do solo e de animais
A9	Avaliação de enterobactérias em sistemas aeróbicos de RSO com manivelas e ferramentas para revolvimento	Aeração ativa	A densidade e diversidade de enterobactérias variaram conforme o substrato. É necessário otimizar o reviramento e simplificar a operação
A10	Avaliação da qualidade do composto em composteiras com revolvimento, focando na viabilidade de comercialização	Aeração ativa	O composto não atendeu aos requisitos legais para uso comercial, mas apresentou ausência de patógenos e presença de macronutrientes

Fonte: autores.

Ao final, 4 estudos foram excluídos por insuficiência de informações, restando, 10 pesquisas que avaliaram 22 modelos e/ou formas diferentes de realizar a compostagem, incluindo processos sem uso do artefato composteira, para embasar a análise comparativa.

Quanto às 22 soluções de compostagem testadas nos experimentos relatados nos artigos, nove consideraram aspectos de aeração, duas de ventilação e 11 avaliaram as duas possibilidades. Já em relação ao tipo de aeração utilizado, 12 possuíam aeração passiva e 10 possuíam aeração ativa, sendo que nenhuma utilizava acelerador de compostagem. Em termos de rotina operacional das composteiras avaliadas constatou-se que a maioria dos 22 sistemas, 18 no total (82,0%) incluíam a rotina do revolvimento manual em sua operação (ativa), sendo que três eram dotadas de sistema de manivela, uma usava hélice e uma era dotado de sistema de aquecimento (térmico).

Soluções de compostagem com aeração passiva que podem trazer comodidade aos usuários no uso da técnica no dia a dia, como é o caso do uso de minhocas (vermicompostagem) e de componentes que facilitem a entrada de oxigênio (ventilação), também estavam representados em três dos sistemas avaliados pelos pesquisadores. Cabe destacar que aeração passiva se refere a ausência de equipamentos ou revolvimento manual para aeração da leira (BRASIL, 2017).

O trabalho ora apresentado identificou ainda que composteiras confeccionadas com estruturas de ferro ou hélice apresentaram problemas de oxidação e corrosão, a despeito de poderem trazer maior facilidade para o revolvimento dos orgânicos durante o processo de biodegradação. Tais estudos necessitam de continuidade visando superar tais gargalos com vistas aos potenciais ganhos de qualidade. Adicionalmente, a ineficiência de composteiras feitas a partir de materiais reutilizados como galões de água e ainda aquelas sem revestimento ficou evidenciada, sendo um fator que pode levar à descontinuidade da prática por parte dos cidadãos. Por sua vez, técnicas de compostagem com uso de minhocas e com aquecimento se mostraram eficientes, produzindo composto maturado com bom teor de nutrientes.

Assim, ficou evidenciada a existência de lacuna de conhecimentos sobre a interferência das características físicas de composteiras domésticas no processo de biodegradação dos RO. Estudos sobre a temática são fundamentais para a resolução do problema de manter os RO em processo de biodegradação devidamente aerados com uma frequência reduzida de revolvimento periódico, controle de odores e da atração de vetores.

O trabalho e a educação remota, o espaço da casa como ambiente multitarefa, o interesse em alimentação mais saudável são alguns legados no pós-pandemia de COVID-19 que podem contribuir com a disseminação da prática da compostagem em nível individual, entretanto ainda existem barreiras a serem superadas no contexto brasileiro para tornar a rotina de operação de tais artefatos mais funcional, sem elevação de custos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução da revisão sistemática de literatura ofereceu bons resultados no que tange um levantamento amplo de informações sobre características físicas e operacionais de composteiras. Com o auxílio do StArt foi possível alcançar os objetivos propostos e extrair informações a serem utilizadas para especificar requisitos de projeto de novos modelos de composteiras domésticas, auxiliando na construção de equipamentos de compostagem mais compatíveis com o perfil brasileiro, colaborando na disseminação desta prática sustentável.

O estudo evidenciou que a otimização das funcionalidades das composteiras domésticas, relacionadas a sua ventilação e aeração, deveria ser mais explorada no Brasil. Considerando que maior parte da população não faz a compostagem devido à falta de espaço, tempo e conhecimento, bem como não estaria disposta a pagar por um equipamento

automatizado, o tema explorado neste estudo também contribui para tornar o seu uso mais prático e disseminado nos centros urbanos.

A prática da compostagem dos RO no próprio local de geração deveria ser mais encorajada na forma políticas públicas setoriais de modo a educar, motivar e engajar as pessoas e a sociedade no processo, sendo essencial ainda para o alcance das metas de sustentabilidade traçadas neste início de século, como é o caso dos ODS.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação / Ministério do Meio Ambiente, Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio. -- Brasília, DF: MMA, 2017.

BRINGHENTI, J.R.; MILLER, K.; SANTOS, A.; REIS, L. Soluções de Aeração e Ventilação em Composteiras Domésticas: Características Físicas e Operacionais. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 32º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2023.

CHENG, Qiongyi et al. Airflow field simulation model building and application for aerobic compost using CFD. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v. 14, n. 4, p. 245-254, 2021.

COMETTI, R. R. Desenvolvimento e avaliação de protótipo de composteira para uso em ambientes domiciliares. 2021. 169 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Sustentáveis) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.

CRISTIANE, Maria et al. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA: CONCEITUAÇÃO, PRODUÇÃO E PUBLICAÇÃO SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW: CONCEPT, PRODUCTION AND PUBLICATION. [s.d.]. Disponível em: <<https://sites.usp.br/dms/wp-content/uploads/sites/575/2019/12/Revis%C3%A3o-Sistem%C3%A1tica-de-Literatura.pdf>>.

GOMES, I.; SILVA, M. M. P.; GOMES, R. B.; FARIAS, F. L. B.; ARAUJO, E.C. S.; BARROS, A. T.. Tecnologias para tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.1, p.544-557, 2021.

Karkanias C., Perkoulidis G. and Moussiopoulos N. (2016) Sustainable management of household biodegradable waste: lessons from home composting programmes, *Waste and Biomass Valorization*, 7, 659-665. (Q2, 0.411)

LANZANOVA, Mastrângello Enivar et al. Vermicompostagem de Resíduos Orgânicos e Hortas Domésticas em Instituições Assistencialistas de Três Passos – RS. *Extensão em Foco*, [S.l.], n. 21, ago. 2020.

Lima RG de S, Mahler CF, Dias AC, Luz WF da. Avaliação de novas práticas de compostagem em pequena escala com aproveitamento energético. *Eng Sanit Ambient [Internet]*. 2017 Mar;22(2):361–70.

ROSE, J. L.; MAHLER, C. F. e IZZO, R. L. S. Comparação entre as taxas de oxidação de CH₄ em quatro diferentes meios. *Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]*. 2012, v.36, n.3, p. 803-812.

RF, Sampaio; MANCINI MC, E. ESTUDOS DE REVISÃO SISTEMÁTICA: UM GUIA PARA SÍNTESE CRITERIOSA DA EVIDÊNCIA CIENTÍFICA. *Rev. bras. fisioter*, v. 11, n. 11, p. 83–89, 2007.

Moura, J.; Ribeiro, P.; Vielmo, H.; Szymczak, D.. (2020). DESEMPENHO DE COMPOSTEIRA DOMICILIAR CONFECIONADA A PARTIR DE MATERIAIS REUTILIZADOS. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*. 9. 425. 10.19177/rgsa.v9e02020425-440.