

Análise de resíduos estruturantes e recipientes para compostagem doméstica sem revolvimento

Analysis of bulking agents and containers for home composting without mixing

• **Data de entrada:**
05/08/2019


• **Data de aprovação:**
10/02/2021


Luciane Mara Cardoso Freitas^{1*} | Ronaldo Stefanutti¹ | Renata Carlos Freire¹ | Ari Clecius Alves de Lima² | Fernando José Araújo da Silva¹ | Geísa Vieira Vasconcelos Magalhães²

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.040>


ORCID ID


Freitas LMC  <https://orcid.org/0000-0002-5486-6198>

Stefanutti R  <https://orcid.org/0000-0002-6776-0413>

Freire RC  <https://orcid.org/0000-0003-3773-3980>

Lima ACA  <https://orcid.org/0000-0002-1220-5260>

Silva FJA  <https://orcid.org/0000-0002-3260-8876>

Magalhães GVV  <https://orcid.org/0000-0003-3974-2477>

Resumo

Este trabalho propõe uma metodologia de compostagem doméstica em que se utilizam materiais de baixo custo e não há mistura dos resíduos. Testaram-se três recipientes (45, 70 e 135L) com os resíduos estruturantes (RE): grama, poda e serragem. Restos de alimentos foram inseridos em camadas sendo recobertos pelos RE. Nos testes, incluíram-se unidades-controle sem a presença de ME. As variáveis foram: temperatura, pH, condutividade elétrica, carbono orgânico, nitrogênio total e C/N. Verificou-se que, em 300 dias, a massa total adquiriu qualidade homogênea e satisfatória. Com 90 dias, a região de fundo já se encontrava decomposta e sem odor. O melhor recipiente, em termos operacionais, foi o de 70L; no entanto, o de 135L obteve melhores resultados de temperatura. Serragem e poda foram os RE mais viáveis quanto à qualidade final e operação. A redução mínima do volume de resíduos atingida foi de 83% ao final do tratamento, portanto este método contribui para a gestão de resíduos sólidos municipais como alternativa para resíduos enviados a aterros sanitários ou lixões.

Palavras-chave: Compostagem doméstica. Resíduos estruturantes. Sem revolvimento.

Abstract

This work proposes a methodology of home composting in which the waste is not mixed and the materials used are inexpensive. In this methodology, three containers (45, 70 and 135L) were tested along with the bulking agents (BA): grass, pruning and sawdust. Food waste was layered and covered by BA. In the tests, control units were included without the presence of BA. The variables measured were temperature, pH, electrical conductivity, organic carbon, total nitrogen and C/N. We verified that in 300 days the total mass acquired had homogeneous and satisfactory quality. In day 90, the bottom region of the containers was already decomposed and odorless. The best container, in operational terms, was 70L; however, the 135L reached better temperature results. Sawdust and pruning were the BA most viable, concerning final quality and operation. The smallest reduction in waste volume achieved was 83% at the end of treatment; therefore this method contributes to the management of municipal solid waste as an alternative to waste being sent to landfills or dumping ground.

Keywords: Home composting. Bulking agents, Without mixing.

¹ Universidade Federal do Ceará (UFC) - Fortaleza - Ceará - Brasil.

² Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC) - Fortaleza - Ceará - Brasil.

* **Autora correspondente:** luciane.maracf@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A destinação dos resíduos sólidos tem sido muito discutida, principalmente em países não desenvolvidos que ainda estão envolvidos na problemática da extinção de lixões. No Brasil, a Lei no. 12.305/2010 determinou a substituição desses lixões por aterros sanitários. A necessidade da implantação de meios alternativos de tratamento dos resíduos sólidos ganha maior ênfase devido a questões como as emissões de gases poluentes, disposição de grandes áreas e custos de implantação/operação que envolvem a instalação desses aterros.

Os investimentos em tecnologia de aterro sanitário são onerosos e difíceis de serem implantados em países mais pobres, onde há verdadeiros impasses em relação à acessibilidade de tarifas e esperar que a população pague é problemático. Na verdade, é apenas nos países de alta renda que as cobranças dos usuários são calculadas com base nos custos reais incorridos (RODIC e WILSON, 2017).

Em se tratando da disponibilidade de áreas, muitas cidades têm atingido sua capacidade máxima de ocupação, e a busca de novos locais de destinação está se tornando difícil devido à escassez de espaços dentro dos limites municipais e à recusa das comunidades de ter aterros em sua vizinhança (YENNETI e GAMARALALAGE, 2012).

A compostagem vem, nesse contexto, como meio alternativo de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, aumentar a vida útil de aterros, atingir áreas de baixa densidade populacional, gerar produto com valor agregado e a baixo custo de operação, reduzir vetores de doenças resultantes da falta de saneamento e proporcionar melhorias na qualidade de alimentação. Segundo Abu Qdais et al. (2019), a compostagem é uma opção que pode levar à mitigação das mudanças climáticas.

A compostagem doméstica é uma vertente indicada para soluções individuais e se baseia na ge-

ração da própria residência. Conforme Tatano et al. (2015) e Storino et al. (2016), a opção combinada de segregar o resíduo doméstico biodegradável na fonte e destiná-lo diretamente à compostagem doméstica pode ser vista como uma valiosa ação de prevenção que contribui para reduzir a geração de resíduos. A compostagem caseira encerra o *loop* de descarte de material diretamente no local de origem, não implica em qualquer ação externa de coleta, transporte ou gerenciamento de resíduos (com os custos relacionados) e promove a redução da emissão de gases (BARRENA et al. 2014; TATANO et al., 2015; GUIDONI et al., 2018).

Existe uma gama de materiais entre guias, *folders* e trabalhos científicos que orientam os usuários do sistema em sua utilização; entretanto, muitas vezes o processo não é prático, não acompanha a geração diária dos resíduos, não utiliza todos os tipos de resíduos de alimentos gerados, o custo do recipiente utilizado é alto, resultando na repulsão e desistência daqueles que adotam a ideia. Exemplos de trabalhos que apresentam uma ou mais dessas características são propostos por Karnchanawong e Nissakla (2014), Benjawan et al. (2015), Margaritis et al. (2017), Guidoni et al. (2018), entre outros estudos.

Como desenvolver uma metodologia de baixo custo e simplificada que possa atrair moradores para adotar a compostagem como forma de tratamento dos resíduos orgânicos produzidos em suas residências? Este trabalho tem o objetivo de analisar o uso de recipientes de baixo custo aliados a tipos de resíduos estruturantes para propor uma metodologia de compostagem doméstica sem revolvimento do material, comprovando sua eficiência pelo monitoramento da temperatura e avaliação da qualidade do produto final. Essa proposta tem como fundamento ser uma alternativa complementar à gestão pública dos resíduos sólidos municipais, contribuindo para a redução da quantidade de resíduos orgânicos enviados a aterros sanitários.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento caracterizou-se pelo teste realizado com diferentes volumes de recipientes e resíduos estruturantes na compostagem de resíduos de alimentos. Os restos de alimentos foram coletados em restaurante universitário, compostos de arroz, carne, frutas, cascas, ossos, feijão, macarrão, farinha, etc. Os estruturantes utilizados foram poda de árvores urbanas trituradas sem folhas, serragem e grama seca, adquiridos por meio de empresas e da operação de capinagem da Universidade Federal do Ceará.

Os recipientes escolhidos foram cestos de plásticos perfurados utilizados em domicílios para armazenar roupas e uma bag, tipo de sacola fabricada em polipropileno com pequenos furos quadrangulares de 5 mm de aresta (Fig. 1). Foram utilizados diferentes volumes 45L (R2), 70L (R1) e 135L (R3). Utilizou-se tela mosquiteiro extrafina, fio 0,25 mm e malha 6x6 em volta dos cestos. Os custos foram: R\$ 16,00 (cestos), R\$ 30,00 (bag), R\$ 5,00 (100L de serragem). A grama e a poda foram adquiridas gratuitamente.

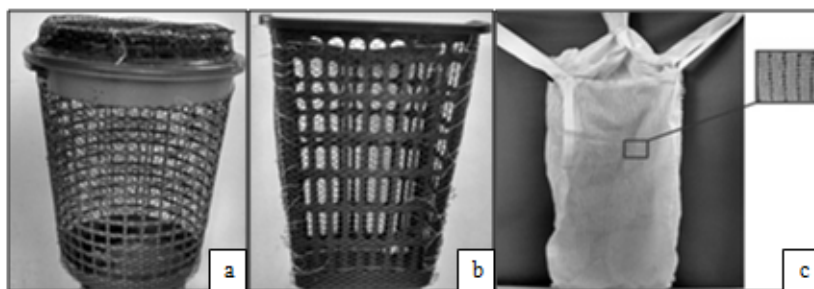


Figura 1 - Recipientes utilizados na compostagem. (a) Cesto de 70L – R1 (b) Cesto de 45L – R2 (c) Bag de 135L – R3 com zoom para os furos.

Fonte: Autores (2019).

Além dos testes com os resíduos estruturantes, foram montadas unidades-controle sob o uso das mesmas condições de operação das outras, mas sem a adição de estruturante, apenas o resíduo de alimentos. A metodologia de compostagem proposta caracterizou-se pela introdução de resíduos de alimentos acompanhando o ritmo de sua geração; o oxigênio era fornecido naturalmente pela entrada de ar através dos furos do recipiente. Foram depositadas cinco vezes por semana quantidades equivalentes à produção diária de resíduo orgânico por uma família de 4 pessoas, cerca de 2,7 Kg, conforme dados de Brasil (2011).

Para controle de umidade, adicionava-se água duas vezes por semana. Nesta metodologia, o resíduo de alimentos foi adicionado em camadas. A cada camada de alimento introduzida, colocava-se

uma camada de quantidade não fixa de material estruturante suficiente para cobrir os alimentos.

O monitoramento da compostagem foi executado por meio da coleta de 250g da amostra a 15cm do fundo dos recipientes nos dias 0, 90 e 120. Após o fim da alimentação diária das composteiras que durou 67 dias (tempo de preenchimento do maior recipiente), foram coletadas amostras de superfície em 240 e 270 dias, tempo contado desde o início da montagem das composteiras.

Aos 300 dias, realizou-se mais uma coleta com fundo e superfície homogeneizados. Vale ressaltar que o sistema é heterogêneo, possuindo características e tempo de decomposição diferentes entre superfície e fundo, por isso a compostagem nesse sistema é mais lenta, ao avaliar as características finais da massa total.

Os métodos de análises foram baseados em Brasil (2007) para as variáveis pH, umidade, condutividade elétrica (CE), nitrogênio total e carbono orgânico. As temperaturas foram medidas com termômetro do tipo termopar com sonda de haste de 1m. O delineamento experimental foi do tipo fatorial 3x4x3 (3 tipos de recipientes, 4 tipos materiais e 3 repetições) considerado completamente casualizado. Entre os tipos de materiais considerados têm-se os controles (sem resíduo estruturante) e aqueles com estruturantes (grama, serragem e poda). No tratamento estatístico, foi utilizado o teste Anova para determinar a presença de tratamento discrepante entre os demais e Tukey para localizar as diferenças significativas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Temperatura

Percebeu-se que valores acima de 40°C correspondentes à fase termofílica foram registrados até cerca de 71 dias. Esse resultado corrobora os resultados de Meira et al. (2003); Arvanitoyannis, Kassaveti e Ladas (2008); Silva, Lemos e Nunes (2009). Entretanto, não se observaram valores acima de 55°C; essa situação indicou que não havia a necessidade de revolvimento dos materiais em processo de compostagem em termos de temperatura.

Na fase termofílica ocorre degradação máxima e estabilização da matéria orgânica (ARVANITTOYANNIS, KASSAVETI e LADAS, 2008). Notou-se que as fases termofílicas e mesofílicas apresentaram-se de forma oscilatória. A variação ocorreu entre 25°C e 53°C. Isso se deve à alimentação diária; o material mais antigo (do fundo) recebia influência do material mais recentemente depositado (na superfície). Colón et al. (2010) atribuem essa variação ao baixo isolamento térmico

das composteiras, devido ao baixo volume que em geral composteiras domésticas apresentam.

Ao analisar o comportamento dos recipientes R1 (70L), notou-se que os materiais apresentaram valores acima de 40°C até 71 dias. Após esse período, a fase mesofílica iniciou-se sem variação, representando a maturação do composto. Entre as composteiras R1, os materiais grama (G) e serragem (S) apresentaram maiores temperaturas máximas, 53,40°C ± 1,47 e 53,00°C ± 3,97, respectivamente, comparadas à poda (P) e controle (C), 50,17 ± 4,86 e 41,30°C ± 2,08, respectivamente.

As temperaturas obtidas em R2 tiveram valores mais baixos em relação a R1, atingindo valores máximos de 40,6°C ± 1,04, 45,17°C ± 2,87, 48,53°C ± 2,64, 46,77°C ± 3,72, respectivamente para C, G, P e S. O fim da fase termofílica ocorreu em 57, 64, 71 e 64 dias, respectivamente para a mesma ordem dos materiais dada anteriormente.

Os valores máximos alcançados em R3 foram 39,88°C ± 6,63 para C, 51,47°C ± 3,72 para G, 47,43°C ± 5,31 para P e 49,67°C ± 10,06 para S. A fase termofílica durou 71 dias para G e S, e 66 dias para P. Essa fase não foi registrada para C, pois esta não alcançou temperaturas acima de 40°C.

Usando o teste de variância Anova, compararam-se as médias de temperaturas desenvolvidas durante a fase termofílica e percebeu-se que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) na maioria dos 32 tempos medidos, sendo que em 69% deles houve diferença significativa entre estruturantes utilizados, em 37% houve diferenças entre recipientes e em 4% ocorreu na interação entre recipientes/estruturantes, ou seja, essa interação pouco influenciou nas temperaturas desenvolvidas e o fator que obteve maior influência foi o tipo de estruturante utilizado. Com base neste fato, apenas os dados do teste de Tukey realizado entre estruturantes, serão apresentados neste artigo (Tabela 1).

Pelo teste de Tukey feito com temperaturas médias que obtiveram $p < 0,05$ entre os estruturantes, observou-se que em 17 casos o controle apresentou as menores médias, enquanto G, P e S eram semelhantes. Em 4 casos, G se destacou com as maiores médias. Registrou-se também nesta comparação que G e S tiveram maiores médias em 2 casos, em 1 foi a vez de P e, em mais 1 caso, P e S tiveram as maiores médias. Portanto, na maioria dos dias não havia diferença entre os tipos de estruturantes e, quando havia, a grama se destacou.

A respeito do teste de Tukey referente a R1 (70L), R2 (45L) e Bag (R3) em que se obteve $p < 0,05$ no teste Anova, verificou-se que o R3 destacou-se com maiores médias de temperaturas. Esperava-se que R3, por ter um volume e altura maior, atingisse valores máximos de temperatura maiores, provocando um maior aquecimento da massa. Entretanto, o recipiente R1 apresentou valores mais elevados.

Entre os estruturantes utilizados, a grama e a serragem apresentaram maiores máximas de temperatura, porém a grama apresentou as maiores médias na comparação estatística. Tal resultado pode se dever ao fato de esse estruturante provocar baixa perda de calor à medida que se adicionava água preenchendo espaços livres. Tal fato é comprovado pelo aparecimento de condições anaeróbias, como odor e formação de chorume, em 60 dias.

Os valores verificados nos controles foram os mais baixos; o fato já era esperado, devido à ausência do material estruturante que possui também a função de isolamento térmico. Em relação à poda, uma hipótese é que a sua granulometria era bem maior em relação aos outros, e isso possibilitou perda maior do calor gerado.

Guidoni et al. (2013) realizaram um experimento com composteiras cilíndricas domésticas de 200L com perfurações para entrada de ar, revol-

vimento semanal e alimentação diária. Os valores de temperatura medida a meia profundidade foram em torno de 30 e 50°C, durante as 10 primeiras semanas de compostagem, com a utilização de casca de arroz como estruturante.

Karnchanawong e Suriyanon (2011) também testaram composteiras com alimentação diária e volume de 200L. Foram propostas diferentes formas de aeração diferindo pelo número de perfurações, estrutura com entrada de ar facilitada e tubo perfurado inserido no recipiente, todos comparados a um recipiente sem entrada de ar.

Os autores verificaram que as temperaturas variaram de 25 a 55°C. O recipiente com melhor forma de aeração alcançou maior duração da fase termofílica. Neste experimento, a duração da fase termofílica não pode ser atribuída à forma de aeração, pois os recipientes são semelhantes em relação às entradas de ar. É possível constatar apenas que o R1 proporciona a mesma duração da fase independente do resíduo estruturante.

Adhikari et al. (2013) enfatizam que uma maior superfície de exposição proporciona maior aeração, influenciando na atividade microbiana e desenvolvimento da fase termofílica. Os autores confirmaram esse fato testando recipientes fechados, um feito com madeira ripada e outro de plástico com perfurações. O primeiro (com mais entradas de ar) desenvolveu melhor temperatura; a fase termofílica iniciou-se mais rapidamente e durou um período semelhante ao outro.

Em se tratando deste experimento, os recipientes foram expostos ao ar em toda superfície; isso representa uma vantagem na comparação com Adhikari et al. (2013). Quanto ao início da fase termofílica, a maioria dos recipientes utilizados iniciou entre 2 e 3 dias, assemelhando-se ao resultado obtido com o primeiro recipiente dos autores citados, diferindo do segundo, que se iniciou entre 6 e 7 dias.

Tabela 1 - Médias de temperaturas da fase termofílica com diferenças significativas entre estruturantes.

Tempo (dias)	Estruturantes			
	Controle (C)	Gramma (G)	Poda (P)	Serragem (S)
2	37,02 ± 3,41 b	37,64 ± 4,20 ab	42,09 ± 5,00 a	38,93 ± 3,97 ab
7	31,25 ± 3,59 b	40,84 ± 4,10 a	45,02 ± 5,56 a	45,97 ± 3,60 a
8	33,58 ± 3,89 b	43,59 ± 3,21 a	45,21 ± 7,47 a	48,30 ± 3,32 a
9	33,61 ± 4,22 b	40,13 ± 3,12 a	45,67 ± 7,03 a	46,06 ± 5,28 a
10	33,81 ± 3,71 b	40,62 ± 3,78 a	44,73 ± 5,87 a	45,99 ± 4,98 a
13	33,90 ± 3,59 b	41,40 ± 5,23 a	42,43 ± 5,32 a	43,91 ± 5,25 a
15	33,97 ± 4,55 b	39,78 ± 3,83 ab	44,32 ± 8,16 a	44,32 ± 3,58 a
17	30,84 ± 2,59 b	40,12 ± 5,26 a	40,36 ± 5,67 a	42,46 ± 4,08 a
20	30,23 ± 1,90 b	40,64 ± 4,70 a	38,68 ± 7,34 a	37,84 ± 5,20 a
21	31,71 ± 3,56 b	39,27 ± 2,76 a	40,12 ± 5,90 a	40,59 ± 3,25 a
22	31,86 ± 3,58 b	40,87 ± 3,40 a	39,39 ± 5,42 a	39,07 ± 4,75 a
23	33,45 ± 3,48 b	39,22 ± 3,61 a	39,6 ± 4,13 a	40,46 ± 3,60 a
28	33,55 ± 3,53 b	42,14 ± 3,17 a	41,90 ± 4,28 a	40,79 ± 5,06 a
29	33,01 ± 3,10 b	39,70 ± 5,01 a	40,63 ± 3,89 a	41,63 ± 5,97 a
30	33,17 ± 4,22 b	41,54 ± 5,27 a	38,54 ± 3,15 a	39,49 ± 4,06 a
31	33,88 ± 4,80 c	43,94 ± 3,07 a	38,04 ± 2,91 bc	40,81 ± 4,52 ab
34	35,14 ± 6,06 b	46,66 ± 5,94 a	40,70 ± 4,82 ab	44,10 ± 7,90 a
35	33,02 ± 3,79 b	42,71 ± 3,80 a	34,20 ± 3,90 b	39,89 ± 5,75 a
37	30,61 ± 8,98 c	45,38 ± 3,58 a	36,79 ± 3,38 bc	40,97 ± 4,61 ab
38	33,66 ± 5,12 c	44,74 ± 5,08 a	36,18 ± 3,40 bc	39,78 ± 7,51 b
41	31,32 ± 4,69 c	41,80 ± 3,25 a	35,44 ± 4,95 b	36,34 ± 5,23 b
42	32,20 ± 3,98 b	39,27 ± 4,01 a	37,14 ± 3,46 a	38,30 ± 6,49 a
44	34,29 ± 3,50 b	40,54 ± 4,88 a	37,53 ± 3,46 ab	36,52 ± 3,12 ab
45	32,98 ± 3,64 b	41,94 ± 3,83 a	38,66 ± 3,16 a	38,48 ± 3,34 a
48	33,55 ± 2,65 b	41,36 ± 3,67 a	35,98 ± 3,64 b	36,67 ± 2,58 b
49	35,62 ± 2,95 b	42,27 ± 4,34 a	36,48 ± 3,28 b	37,16 ± 3,16 b
58	35,60 ± 4,75 b	39,98 ± 4,15 ab	41,14 ± 2,98 a	38,71 ± 3,68 ab
59	37,01 ± 3,18 b	40,42 ± 2,69 ab	41,36 ± 5,48 a	40,07 ± 3,34 ab
62	34,66 ± 3,50 b	41,30 ± 4,26 a	40,00 ± 2,37 a	40,72 ± 4,60 a
64	35,67 ± 3,27 b	43,06 ± 4,45 a	41,62 ± 2,30 a	42,27 ± 4,52 a
66	34,12 ± 3,26 b	40,27 ± 3,20 a	40,38 ± 1,98a	38,92 ± 1,95 a
68	33,00 ± 3,41 b	39,42 ± 3,04 a	39,07 ± 2,92 a	37,98 ± 2,32 a

Fonte: Autores (2019).

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Quanto às temperaturas medidas na superfície das composteiras, devido a um atraso no conserto do equipamento, não foram medidas logo após o encerramento da alimentação, sendo medida com quase 60 dias após o término, verificando-se já temperaturas mesofílicas (abaixo de 40°C) a partir desse período. Dessa forma, comparando-se essa duração da fase termofílica nas duas alturas, constata-se que no fundo foi bem maior entre 57 e 71 dias. Isso pode ser justificado pelo maior volume presente acima dos pontos medidos: como na su-

perfície o volume era menor, provocou-se menor aquecimento.

3.2 Qualidade do composto produzido

Percebeu-se que aos 300 dias de compostagem da massa total é que a maioria das unidades experimentais apresentava-se com características indicativas de boa qualidade do produto, de acordo com os resultados de condutividade elétrica (CE) (Tabela 2), em relação aos valores médios finais encontrados nas unidades experimentais R1, R2 e R3.

Tabela 2 - Valores médios dos parâmetros obtidos em 300 dias de compostagem da massa total nos recipientes R1, R2 e R3 com o respectivo material estruturante

Recip.	Estrut.	pH	Umidade (%)	NT (%)	CO (%)	C/N	CE (mS/cm)
R1	C	7,77 ± 0,25	28,89 ± 1,62	3,96 ± 0,36	34,21 ± 6,15	8,70 ± 1,82	9,78 ± 2,32
R1	G	7,13 ± 0,21	45,51 ± 1,29	2,49 ± 0,04	21,25 ± 10,85	8,57 ± 4,54	2,46 ± 2,12
R1	P	6,26 ± 0,47	57,74 ± 0,80	2,47 ± 0,30	32,43 ± 4,13	13,21 ± 1,75	2,40 ± 1,85
R1	S	5,94 ± 0,42	63,72 ± 2,35	2,37 ± 0,70	28,46 ± 2,29	13,03 ± 5,33	2,85 ± 1,65
R2	C	7,38 ± 0,45	26,76 ± 0,98	4,96 ± 0,11	42,02 ± 5,95	8,49 ± 1,38	12,61 ± 0,18
R2	G	7,66 ± 0,28	55,27 ± 6,97	3,32 ± 0,97	25,00 ± 2,63	8,27 ± 3,79	5,21 ± 3,49
R2	P	6,09 ± 0,23	63,77 ± 3,80	1,82 ± 0,29	21,50 ± 4,33	11,80 ± 1,55	2,32 ± 1,08
R2	S	6,41 ± 0,55	53,13 ± 1,50	3,24 ± 0,65	31,99 ± 2,51	10,07 ± 1,44	2,63 ± 1,25
R3	C	6,87 ± 0,20	16,25 ± 5,16	3,14 ± 1,07	20,81 ± 6,14	6,03 ± 0,74	8,30 ± 2,28
R3	G	6,04 ± 0,46	35,72 ± 6,26	2,59 ± 0,46	27,15 ± 2,68	10,63 ± 1,40	4,42 ± 1,09
R3	P	6,01 ± 0,25	55,49 ± 0,52	2,68 ± 0,56	20,75 ± 0,87	7,97 ± 1,68	3,50 ± 1,36
R3	S	6,62 ± 1,37	35,00 ± 5,12	2,61 ± 0,25	29,56 ± 18,36	10,96 ± 6,23	3,26 ± 2,89

Fonte: Autores (2019). Nota: C: controle; G: grama; P: poda; S: serragem; NT: nitrogênio total; CO: carbono orgânico; CE: condutividade elétrica.

De acordo com a Instrução Normativa (IN) no 25 (Brasil, 2009), a classificação do composto obtido neste experimento é a Classe A, pois durante a compostagem não foram inseridos metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos. Compostos dessa classe devem possuir no mínimo 15% de CO; 0,5% de NT (limite mínimo), pH ≥ 6, umidade e C/N máximas de 50% e 20, respectivamente.

Verificou-se que, quanto ao pH, apenas R1-S encontrava-se abaixo do limite; entretanto, considerando o valor bem próximo ao da normativa, acredita-se que não seja negativo para o sistema. Muitos trabalhos com compostagem de resíduos de alimentos e agentes estruturantes revelam que, ao final do processo, encontra-se pH na faixa entre 7 e 8 (Maragno, Tronbin e Viana, 2007; Karnchanawong e Suriyanon, 2011; Karnchanawong e Nissaiakla, 2014; Benjawan et al. 2015). Entretanto, Guidoni et al. (2013), Lima (2015) e Tatano et al. (2015), na compostagem de resíduos de alimentos, encontraram valores na mesma faixa do presente trabalho (entre 6 e 7,6) considerando-a adequada.

Em relação à umidade, R1-P, R1-S, R2-G, R2-P e R3-P apresentaram valores acima de 50%. Segundo Kiehl (1985), se a umidade estiver

abaixo de 40% na fase final, não há comprometimento da qualidade do composto. Diaz et al. (2007) recomendam que o teor de umidade seja inferior a 50% para manter o manuseio, transporte e aplicação viável, entretanto, de acordo com Andersen et al. (2011), isto não se torna um problema, uma vez que o objetivo é usar o composto diretamente no jardim ou em hortas da própria residência.

A respeito da relação C/N, Tatano et al. (2015) aplicaram a compostagem doméstica em uma região da Itália usando recipientes com capacidade de 310L, aeração natural proporcionada por aberturas, fendas e a presença de um cone com furos no interior das composteiras. Além disso, a alimentação era realizada duas vezes por semana, e constituída de resíduos de alimentos e estruturantes diversos. Esses autores verificaram que as composteiras montadas em uma casa urbana e em uma universidade apresentaram uma relação C/N entre 15-20 a partir de 12 meses de compostagem. Os recipientes montados em uma casa do meio rural e em um edifício residencial apresentaram valores finais de 5-10. Os autores atribuíram esses resultados à variação da relação C/N dos materiais introduzidos, tanto dos resíduos de cozinha como dos de jardim. No presente trabalho, obteve-se uma variação de 6

a 13,21, sendo os menores valores atribuídos às composteiras com resíduos de baixa C/N (grama e controle).

Para os valores de CO e NT, Tatàno et al. (2015) encontraram variação aproximadamente de 19 a 23% para os dois primeiros tipos de composteiras e aproximadamente 35 a 38% para as do segundo tipo. Quanto aos resultados de NT, tiveram aproximadamente 1,8% para a primeira categoria, 2,5 para as composteiras da casa no meio rural e 4% nas do edifício. No presente trabalho, a variação foi de 20,75 e 42,02% para CO e 1,82 a 4,96% para NT. As variações de CO, NT e relação C/N deste trabalho foram similares aos resultados encontrados pela literatura citada; no entanto, percebeu-se que o tempo de compostagem desta pesquisa foi maior, o que pode se dever à aeração mais eficiente proporcionada pela presença de um cone com furos dentro das composteiras de Tatàno et al. (2015).

Quanto à CE, esse parâmetro não é regulamentado pela IN no 25 de 2009; entretanto, R1-C, R2-C, R3-C, R2-G e R3-G, desta pesquisa, apresentaram valores acima do recomendado por Kiehl (1998) e Lasaridi et al. (2006). Segundo os autores, o limite considerado tolerável para plantas de média sensibilidade é de 4 mS/cm. Para Manios (2004), Farrel e Jones (2009), os processos de compostagem com uso de resíduos sólidos municipais podem apresentar um nível relativamente elevado de sais inorgânicos se comparados com outros substratos (lodos, resíduos agrícolas, entre outros). Isso pode ser explicado pelo elevado grau de decomposição de materiais orgânicos, especialmente ricos em proteínas, o que leva à acumulação de vários sais solúveis em água.

Faverial e Sierra (2014) compararam parâmetros de qualidade final de adubo em composteiras domésticas de 400L, com alimentação contínua

e revolvimento do material, em 10 diferentes localidades de Guadalupe, no Caribe. Após 12 semanas de compostagem, eles encontraram um valor médio de 3,4 mS/cm; valor abaixo do limite de recomendação seguido por alguns países europeus, 6 mS/cm. Os autores recomendam adição de estruturante para redução de sais.

Karnchanawong e Nissaikla (2014) encontraram valores entre 4,2 e 5 mS/cm após 150 dias de compostagem doméstica em recipientes de 200L, com alimentação contínua durante os primeiros 60 dias e revolvimento diário. Apesar do maior tempo de compostagem, atingiu-se na presente pesquisa valores menores utilizando serragem e poda.

Segundo Manios (2004), a CE pode ser um fator limitante na qualidade final do composto. Adubos com alto teor podem apresentar comportamento fitotóxico quando usado em grandes quantidades. Para os materiais que resultaram em CE acima do limite, recomenda-se o uso do composto na medida de até 30% em volume.

Comparando-se as diferenças entre as composteiras e materiais, por meio da análise de variância verificou-se que em relação ao pH e à umidade, os recipientes diferiram entre si ($p < 0,05$), assim como os estruturantes; e houve diferença significativa ao se tratar da combinação entre recipiente/estruturante para pH.

Quanto ao CO e C/N, não há diferenças significativas ($p > 0,05$). Em se tratando de NT e CE, há diferenças significativas entre estruturantes, mas não entre recipientes. Pelo teste de Tukey apresentado na Tabela 3, realizado apenas com os parâmetros que resultaram em $p < 0,05$, verificou-se que, em relação ao pH, o controle e as composteiras com grama apresentaram comportamento semelhante, assim como as de poda e serragem entre si.

Tabela 3 - Comparação das médias finais com diferenças significativas entre estruturantes, em seguida, entre recipientes aos 300 dias de compostagem.

Parâmetros	Estruturantes			
	Controle (C)	Grama (G)	Poda (P)	Serragem (S)
pH	7,33 ± 0,31 a	6,94 ± 0,77 a	6,12 ± 0,31 b	6,13 ± 0,44 b
Umidade (%)	31,69 ± 5,77 c	45,50 ± 9,21 b	59,00 ± 7,58 a	50,62 ± 16,16 ab
Nitrogênio total (%)	4,23 ± 0,62 a	2,80 ± 0,66 b	2,32 ± 0,52 b	2,74 ± 0,63 b
Condutividade Elétrica (mS/cm)	10,44 ± 2,31 a	4,03 ± 2,43 b	2,74 ± 1,39 b	2,91 ± 1,80 b
Parâmetros	Recipiente			
	R1	R2	R3	
pH	6,70 ± 0,72 a	6,75 ± 0,75 a	6,03 ± 0,32 b	
Umidade (%)	48,96 ± 14,92 ab	55,66 ± 7,87 a	42,07 ± 14,48 b	

Fonte: Autores (2019). Nota: Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Tratando-se de umidade, não foi possível detectar diferenças entre os materiais, apenas o controle apresentou valor menor. Em relação ao NT e CE, as composteiras com estruturantes não apresentaram diferenças significativas. Em termos de diferenças entre recipientes, apenas o pH e a umidade apresentaram $p < 0,05$; no entanto, em relação à umidade não foram identificadas diferenças.

Na análise da interação recipientes/estruturantes, apesar de ter resultado em $p < 0,05$ para os valores de pH, não foi possível identificar as di-

ferenças entre os componentes comparados. Entretanto, os valores apresentados estão dentro do considerado aceitável.

Analisando-se a Tabela 4, que se refere ao material compostado coletado na região inferior das composteiras em 90 dias de processo, verificou-se que a maioria das composteiras atende aos parâmetros estabelecidos pela IN no 25 para pH, NT, CO e C/N. A exceção é a umidade, porém tal efeito não é negativo para as condições do estudo.

Tabela 4 - Valores médios dos parâmetros obtidos em 90 dias de compostagem na região inferior dos recipientes R1, R2 e R3 com respectivo material estruturante

Recip.	Estrut.	pH	Umidade (%)	NT (%)	CO (%)	C/N	CE (mS/cm)
R1	C	6,95 ± 1,12	35,97 ± 9,87	4,74 ± 0,91	27,15 ± 15,74	5,83 ± 4,57	3,65 ± 1,23
R1	G	7,94 ± 0,23	63,60 ± 1,23	2,89 ± 0,57	25,04 ± 3,72	5,67 ± 2,34	6,74 ± 5,92
R1	P	7,05 ± 0,21	43,13 ± 25,69	2,23 ± 0,22	33,61 ± 6,87	9,63 ± 4,79	3,87 ± 0,89
R1	S	7,14 ± 0,79	47,43 ± 11,34	1,78 ± 0,23	35,55 ± 6,73	12,38 ± 5,10	3,16 ± 1,15
R2	C	6,61 ± 0,90	15,12 ± 4,64	3,73 ± 1,36	25,36 ± 9,61	10,37 ± 0,53	6,97 ± 2,91
R2	G	8,05 ± 0,30	54,79 ± 2,73	4,13 ± 0,49	28,20 ± 3,43	9,25 ± 0,17	3,32 ± 3,11
R2	P	6,97 ± 0,14	53,93 ± 11,21	2,27 ± 0,46	32,63 ± 5,39	9,83 ± 5,36	2,39 ± 1,27
R2	S	6,64 ± 0,34	56,92 ± 9,89	2,04 ± 0,13	26,82 ± 1,98	12,39 ± 0,80	3,84 ± 0,78
R3	C	7,59 ± 0,28	24,31 ± 4,72	4,16 ± 0,19	30,63 ± 5,22	7,14 ± 1,01	5,71 ± 2,36
R3	G	6,89 ± 0,89	50,49 ± 10,42	3,38 ± 0,18	28,95 ± 6,29	9,37 ± 1,80	9,98 ± 1,13
R3	P	7,19 ± 0,86	30,62 ± 18,93	3,23 ± 0,75	27,76 ± 7,45	7,82 ± 1,56	5,26 ± 4,34
R3	S	6,54 ± 0,16	43,89 ± 6,83	2,05 ± 0,38	34,28 ± 1,87	12,97 ± 3,26	2,98 ± 1,27

Fonte: Autores (2019). Nota: C: controle; G: grama; P: poda; S: serragem; NT: nitrogênio total; CO: carbono orgânico; CE: condutividade elétrica.

Ao realizar o teste estatístico, percebeu-se que não houve diferenças significativas entre recipientes, nem entre recipientes e estruturantes

juntos, para os parâmetros pH, umidade, NT, CO, C/N e CE. Houve diferenças significativas apenas para estruturantes. No caso da umidade,

obteve-se $p > 0,05$ em todos os testes. A Tabela 5 apresenta valores médios dos parâmetros com $p < 0,05$ entre os estruturantes.

A partir da Tabela 5, observou-se que, quanto ao pH, a poda se assemelha à serragem e às unida-

des-controle à grama. Quanto ao CO, NT e C/N, todos possuem resultados significativamente diferentes $p < 0,05$. Essas diferenças podem estar relacionadas ao tempo de compostagem de 90 dias, considerado ainda baixo, mas que já atende aos parâmetros da IN.

Tabela 5 - Comparação das médias finais com diferenças significativas entre estruturantes entre recipientes com 90 dias de compostagem.

Parâmetros	Estruturantes			
	Controle (C)	Grama (G)	Poda (P)	Serragem (S)
pH	5,51 ± 1,28 b	6,95 ± 1,26 a	7,21 ± 1,01 a	7,00 ± 1,10 a
Nitrogênio Total (%)	4,26 ± 0,85 a	3,33 ± 1,00 b	2,84 ± 0,84 c	2,36 ± 0,66 d
Carbono Orgânico (%)	35,00 ± 7,44 b	34,20 ± 8,77 b	38,93 ± 7,66 a	40,19 ± 7,36 a
C/N	8,54 ± 2,48 d	10,89 ± 3,62 c	14,82 ± 4,99 b	18,49 ± 6,96 a

Fonte: Autores (2019).

Nota: Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Referindo-se à CE aos 90 dias (Tabela 4), verificou-se que R1-G, R2-C, R3-C, R3-G, R3-P não atingiram o limite mínimo definido pela literatura de 4mS/cm. Apesar dessa condição inferior aos resultados apresentados na Tabela 2 (resultado de 300 dias), percebeu-se que aos 90 dias a massa retirada na região inferior encontrava-se com aspecto de composto tratado, massa uniforme, indicando que ele pode ser utilizado. Porém, deve-se atentar ao tipo de destinação que se pretende, ou seja, se a qualidade não for essencial ao processo, não há problemas; caso contrário, é necessário esperar mais tempo para que o composto seja maturado e estabilizado ou reduzir a quantidade a ser utilizada.

3.3 Balanço de massa

Em se tratando de produção de composto, a Tabela 6 apresenta os valores de massa inicial, final e a redução total da massa compostada. Percebeu-se que a quantidade de material resultante é baixa, principalmente quando se trata de materiais com baixa C/N, como a grama e controle. Entretanto, levando-se em consideração a redução dos resíduos que seriam enviados para aterros sanitários produzindo gases poluentes, o processo de compostagem aeróbia foi muito eficaz como tratamento, visto que os valores de redução de massa foram consideravelmente altos, variando de 83 a 98%.

Tabela 6 - Massas iniciais, finais e redução total da massas inseridas nos recipientes R1, R2 e R3

Recip.	Estrut.	Massa Inicial (Kg)	Massa Final* (Kg)	Redução (%)
R1	C	90,15 ± 0,02	1,14 ± 0,19	98,18 ± 0,22
R1	G	71,20 ± 1,45	1,27 ± 0,52	96,68 ± 0,79
R1	P	73,87 ± 8,37	4,766 ± 3,90	83,67 ± 3,96
R1	S	99,07 ± 1,93	3,37 ± 4,50	90,06 ± 4,78
R2	C	85,14 ± 0,50	1,21 ± 0,38	98,01 ± 0,46
R2	G	65,48 ± 3,179	1,03 ± 0,33	96,43 ± 0,34
R2	P	68,33 ± 12,60	3,18 ± 2,91	87,01 ± 2,15
R2	S	53,73 ± 2,02	2,15 ± 1,86	91,19 ± 3,85
R3	C	117,71 ± 0,95	1,05 ± 0,31	98,94 ± 0,27
R3	G	98,89 ± 1,06	4,44 ± 1,93	92,85 ± 1,95
R3	P	165,62 ± 0,52	12,83 ± 6,58	82,84 ± 4,03
R3	S	150,95 ± 0,36	14,32 ± 2,90	84,83 ± 1,95

Fonte: Autores (2019). Nota: *Massa seca. C: controle; G: grama; P: poda; S: serragem.

Sabe-se que a compostagem provoca uma redução do volume de 25 a 50%, devido tanto à evaporação de água como à transformação da matriz constituída por partículas grosseiras em partículas finas (VALLINI, 1995 *apud* CORDEIRO, 2010). O autor atribui a diminuição da umidade como principal fator responsável pela diminuição de massa dos materiais, que podem perder entre 40 a 80% da massa original, também contribuindo para essa redução a liberação de CO₂ devida à mineralização parcial da matéria orgânica.

Guidoni et al. (2018) utilizaram recipientes de 50L durante 60 dias de compostagem e tiveram como resultado porcentagens de 31,2%, 34% e 51,9%. Tais valores variaram em relação à proporção dos materiais utilizados na compostagem. Karnchanawong e Nissaikla (2014), utilizando composteiras de 200L com resíduos de alimentos e de folhas após 150 dias de compostagem, conseguiram reduções na faixa de 63,36 a 73,27. Lima (2015) trabalhou com pilhas de resíduos de alimentos, lodo, capim e serragem com combinações entre os resíduos e utilizando em cada pilha massas iniciais de 568, 567, 608 e 627 Kg; após um tempo de compostagem de 120 dias, encontrou reduções de 18,67, 32,63, 44,90 e 37,86%, respectivamente.

O resultado bem maior encontrado neste trabalho, comparado aos citados, pode ser devido ao tempo de compostagem utilizado de 300 dias. Nos trabalhos citados, o tempo mais curto de tratamento foi devido à adoção de mecanismos para aceleração da compostagem, como é o caso do revolvimento.

3.4 Operação do sistema de compostagem doméstica proposto

O sistema de compostagem proposto, neste trabalho, deve ser executado em residência com quintal ou uma região mais afastada da área de convivência, de modo que não haja problemas

com o aparecimento de alguns insetos e anelídeos inofensivos: embora o aparecimento dessa biota no experimento estivesse bem relacionada à área com muita vegetação, árvores e terra, essas condições podem favorecer a entrada em maior quantidade dessa biota. É necessário que as composteiras se localizem em espaços com cobertura, como embaixo de árvores ou estruturas com telhas, entre outras, para que, em épocas de chuva intensa, não haja excesso de umidade no material em compostagem.

Em relação ao preenchimento dos recipientes, o R1-C foi preenchido em média com $24 \pm 1,20$ dias, R1-G $19,33 \pm 0,58$, R1-P $12,00 \pm 4,36$ e R1-S $15,67 \pm 1,15$. Para os recipientes R2, o controle foi preenchido em $14,00 \pm 0,45$ dias, G $7,33 \pm 0,58$, P $9,33 \pm 4,93$, e S $6,00 \pm 0,00$. Para os recipientes R3, obtiveram-se dados apenas de P com $65,00 \pm 5,95$ dias e S com $67,00 \pm 0,57$. Os dados de C e G não foram quantificados devido ao fato de o volume dos materiais ser reduzido tão rapidamente a ponto de não ser possível preencher a bag.

Verificou-se que R3 (Bag de 135L) foi o recipiente com maior capacidade de armazenamento; entretanto, em se tratando de operação do sistema, o recipiente R1 foi o que apresentou maior facilidade de operação e possui um volume adequado para uso no cotidiano.

Na adoção desta metodologia, recomenda-se a utilização de mais de uma unidade de compostagem, ao se atingir o volume máximo do recipiente. Dessa forma, à medida que se preenche o volume de um, inicia-se a operação de um segundo e, após o alcance da capacidade do segundo, pode-se retornar a preencher o primeiro, visto que o volume do primeiro terá, durante esse intervalo, reduzido o suficiente para que haja essa alternância. Para facilitar a operação, a utilização de um recipiente com a mesma característica do

R1, mas volume maior (cerca de 135L) é sugerido para famílias maiores do que quatro integrantes.

Sugere-se também a utilização de materiais com C/N mais elevada, como foi o caso da serragem e poda. Se o uso de materiais de baixa C/N, como grama e folha seca, forem as únicas opções, é necessário que haja um corte ou trituração desse material, reduzindo-se seu volume, permitindo a sua adição em maior quantidade. É interessante que o poder público incentive esse tipo de tratamento, fazendo doações desses materiais triturados, pois há interesse mútuo no tratamento de resíduos sólidos municipais.

No caso da adição de água, é preciso verificar sempre se há indícios de condições anaeróbias, como formação de chorume e odor forte. A utilização de composteiras sem adição de material estruturante não é indicada devido ao desconforto em relação à operação, mau cheiro e baixa qualidade do produto final.

4 CONCLUSÕES

Dentre os resultados atingidos, constatou-se que, durante o monitoramento da temperatura, o recipiente R1 obteve maiores máximas, apesar de o R3 ter potencial de melhor desenvolvimento; no entanto, as condições da pesquisa não o favoreceram. Tratando-se dos agentes estruturantes, a grama resultou em maiores valores de temperatura e a poda se assemelhou à serragem. No entanto, a grama apresentou anaerobiose, dificultando seu manuseio. As composteiras sem agente estruturante obtiveram os resultados menos favoráveis.

Constatou-se que aos 300 dias de compostagem do material, analisado de forma homogênea, a maioria das variáveis apresentou resultados considerados adequados pela literatura e instrução normativa. A exceção basicamente se deu para a CE em composteiras contendo grama e aquelas

sem material estruturante. Concluiu-se que aos 90 dias é possível retirar o material da região inferior ao atingir o aspecto de massa decomposta e sem odor

Em relação à redução de massa, obteve-se grande êxito nesta pesquisa, visto que o menor valor foi de 83%. Para a questão de destinação final dos resíduos, a compostagem doméstica proposta oferece solução no que se refere à problemática dos efeitos negativos de geração de resíduos de alimentos quando enviado aos aterros sanitários ou lixões. Além disso, com esta metodologia, é possível realizar a compostagem sem mistura do material, uma forma mais simples reduzindo o repúdio e desconforto intrínseco a este tratamento.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao Cícero Paulo da Silva Júnior, Wangela Lima e Virgínia Eduarda por terem auxiliado nas análises químicas e no processo de compostagem. Além do professor Raphael de Tobias de Vasconcelos Barros pelo incentivo à publicação do texto.

6 FONTES DE FINANCIAMENTO

FINEP, CNPQ, FUNCAP e CAPES.

7 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Freitas LMC, Stefanutti R; **Administração do projeto:** Freitas LMC, Stefanutti R; **Metodologia:** Freitas LMC, Stefanutti R; **Redação – inicial:** Freitas LMC; **Investigação:** Freitas LMC, Freire RC; **Supervisão:** Freitas LMC, Stefanutti R; **Análise Formal:** De Lima ACA; **Curadoria de dados:** Freitas LMC; **Recursos:** Magalhães GVV; **Redação – revisão e edição:** Freitas LMC, Stefanutti R, Da Silva FJA.

8 REFERÊNCIAS

- ABU QDAIS, H.; WUENSH, C.; DORNACK, C.; NASSOUR, A. The role of solid waste composting in mitigating climate change in Jordan. **Waste Management & Research**, p. 1-10, 2019. DOI: 10.1177/0734242x19855424.
- ADHIKARI, B.; BARRINGTON, S.; MARTINEZ, J.; DAUMOIN, M. Gas emissions as influenced by home composting system configuration. **Journal of Environmental Management**, v. 116, p.163-171, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.008>
- ANDERSEN, J. K.; BOLDRIN, U.; CHRISTENSEN, T. H.; SCHEUTZ, C. Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: An environmental assessment using life cycle assessment-modelling. **Waste Management**, v. 32, n. 1, p.31-40, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.014>
- ARVANITOYANNIS, I. S.; KASSAVETI, A.; LADAS, D. **Food Waste Treatment Methodologies**. In: Arvanitoyannis, I. Waste Management for the Food Industries. Burlington: Elsevier Academic Press, p. 345-410, 2008.
- BARRENA, R.; FONTE, X.; GABARRELL, X.; SÁNCHEZ, A. Home composting versus industrial composting: Influence of composting system on compost quality with focus on compost stability. **Waste Management**, v. 34, n. 7, p.1109-1116, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.02.008>
- BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei No 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 03 de agosto de 2010, p.2. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acessado em: 11 abr. 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 28 de julho de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 28 jul. 2009. Seção 1. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229186>> Acessado em: 11 abr. 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 28, de 27 de julho de 2007. Aprova os métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organo-minerais e corretivos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 31 jul. 2007. Seção 1, p.11. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/in_28_07_anexo.pdf> Acessado em: 11 abr. 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos sólidos**. 2011. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/documents/10180/185386/253_publicacao02022012041757.pdf/d18_a7f4f-c2a3-4eef-a05c-286bfcfce7ea> Acessado em: 11 abr. 2019.
- BENJAWAN, L.; SIHAWONG, S.; WATCHARAPOL, C.; WARUNSAK, L. Composting of biodegradable organic waste from thai household in a semi-continuous composter. **Compost Science & Utilization**, v. 23, n. 1, p.11- 17, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/1065657X.2014.963742>
- COLÓN, J.; MARTÍNEZ-BLANCO, J.; GABARRELL, X.; ARTOLA, A.; SÁNCHEZ, A.; RIERADEVALL, J.; FONTE, X. Environmental assessment of home composting. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 11, p.893-904, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.01.008>
- CORDEIRO, N. M. **Compostagem de Resíduos Verdes e Avaliação da Qualidade dos Compostos Obtidos - Caso de Estudo da Algar S.A.** Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente – Tecnologias Ambientais) Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.
- FARRELL, M.; JONES, D. L. Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. **Bioresource Technol.**, v. 100, p. 4301-4310, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.029>
- FAVERIAL, J.; SIERRA, J. Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles). **Journal of Cleaner Production**, v. 83, p.238-244, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.068>
- GUIDONI, L. L. C.; BITTENCOURT, G.; MARQUES, R. V.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. **Tecno-Lógica**, v. 17, n. 1, p. 44-51, 2013.
- GUIDONI, L. L. C.; MARQUES, R. V.; MONCKS, R. B.; BOTELHO, F. T.; DA PAZ, M. F.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K. Home composting using different ratios of bulking agent to food waste. **Journal of Environmental Management**, v. 207, p.141-150, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.031>
- KARNCHANAWONG, S.; NISSAIKLA, S. Effects of microbial inoculation on composting of household organic waste using passive aeration bin. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 3, n. 4, p.113-119, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0072-0>
- KARNCHANAWONG, S.; SURIYANON, N. Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 5, p.548-553, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.01.006>
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Gráfica e Editora Degaspari, 1998.
- LASARIDI, K.; PROTOPAPA, I.; KOTSOU, H.; PILIDIS, L.; MANIOS, T.; KYRIACOU, U. Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. **Journal of Environmental Management**, 80, p. 58-65, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.08.011>

LIMA, L. C. **Avaliação de diferentes fontes de carbono e nitrogênio para compostagem de resíduos orgânicos do restaurante universitário da UFLA**. Dissertação (Mestrado em Hidrologia e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

MANIOS, T. The composting potential of different organic solid wastes: experience from the Island of Crete. **Environment International**, v. 29, n. 8, p.1079-1089, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00119-3](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00119-3)

MARGARITIS, M.; PSARRAS, K.; PANARETOU, V.; THANOS, A. G. D; SOTIROPOULOS, A. Improvement of home composting process of food waste using different minerals. **Waste Management**, v. 73, p.87-100, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.12.009>

MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. The use of sawdust in a little compounder system. **Eng. sanit. Ambient**, v.12, n. 4, p. 355-360, 2007.

MEIRA, A. M.; CAZZONATTO, A. C.; SOARES, C. A. **Manual básico de compostagem**. Piracicaba: USP Recicla, 2003.

RODIĆ, L.; WILSON, D. Resolving Governance Issues to Achieve Priority Sustainable Development Goals Related to Solid Waste Management in Developing Countries. **Sustainability**, v. 9, n. 3, p.404-424, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9030404>

SILVA, M. E.; LEMOS, L. T.; NUNES, O. C. Co-composting of poultry manure with low quantities of carbon-rich materials. **Waste Management & Research**, v. 27, n. 2, p.119-128, 2009.

STORINO, F.; ARIZMENDIARRIETA, J. S.; IRIGOYEN, I.; MURO, J.; APARICIO-TEJO, P. M. Meat waste as feedstock for home composting: Effects on the process and quality of compost. **Waste Management**, v. 56, p.53-62, 2016. DOI: <https://10.1177/0734242X08096693>

TATÀNO, F.; PAGLIARO, G.; GIOVANNI, P. D. I.; FLORIANI, E.; MANGANI, F. Biowaste home composting: Experimental process monitoring and quality control. **Waste Management**, v. 38, p.72-85, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.12.011>

VALLINI, G. **Il Compostaggio**. In: La protezione dell'ambiente in Italia. Ed. Bertini I, Cipollini R, Tundo P. In: Consiglionazionale delle ricerche, società chimica italiana e consorzio interuniversitario chimica per l'ambiente, Bologna, p. 83-91, 1995.

YENNETI, K.; GAMARALALAGE, P. J. D. Carbon finance and decentralized composting in Asia. Potential and future consideration. **Environment and Urbanization Asia**, v.3, n.2, p.303-323, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1177/0975425312473227>