

# 7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS COM FILME BIODEGRADÁVEL À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E ÁLCOOL POLIVINÍLICO INCORPORADO COM EXTRATO DE BAGAÇO DE MALTE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.XII-012>

**Bruna Barendrechte, Maiza Karine Barcia, Juliana Bonametti Olivato, Tatiane Bonametti Veiga**  
Universidade Estadual do Centro-Oeste, brunabaren@gmail.com

### RESUMO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece a técnica de compostagem como uma forma de destinação ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos. O presente estudo teve como objetivo analisar a eficiência do processo de compostagem desses resíduos, com adição de material biodegradável à base de amido de mandioca e álcool polivinílico incorporado com extrato de bagaço de malte. Para o desenvolvimento da pesquisa foram montadas duas composteiras domésticas, com as seguintes proporções: 70% de materiais secos e 30% de orgânico e 10% de filme biodegradável. O monitoramento das composteiras foi realizada em um período de 90 dias, sendo analisados parâmetros físico-químicos como a matéria orgânica, pH, temperatura e umidade. Após a realização do experimento, foi possível constatar que a compostagem foi menos eficiente devido a flutuações de temperatura entre 16°C e 52°C, afetando a atividade microbiana e a velocidade de decomposição. O pH foi mantido dentro do padrão sugerido, de 7,5 e 9,0. Não foram atendidas todas as exigências sanitárias de temperatura acima de 55°C por mais de 15 dias. A umidade teve variações significativas entre as composteiras, com o mês de novembro apresentando a maior queda. O filme biodegradável demonstrou uma eficiente desintegração. Durante as primeiras duas semanas de monitoramento na composteira de teste, os vestígios do material em análise foram detectados. No entanto, após esse intervalo de tempo, observou-se uma degradação completa, culminando na impossibilidade de identificar o filme biodegradável entre os compostos resultantes. Concluindo assim, que a adição do material biodegradável não interferiu no processo, apresentando boas características de compostabilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compostagem, materiais biodegradáveis, matéria orgânica.

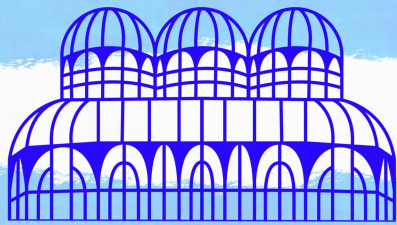
### ABSTRACT

The National Solid Waste Policy establishes the composting technique as an environmentally appropriate way of disposing of organic waste. The present study aimed to analyze the efficiency of the composting process of this waste, with the addition of biodegradable material based on cassava starch and polyvinyl alcohol incorporated with malt bagasse extract. To carry out the research, two domestic compost bins were set up, with the following proportions: 70% dry materials and 30% organic and 10% biodegradable film. Monitoring of the compost bins was carried out over a period of 90 days, analyzing physical-chemical parameters such as organic matter, pH, temperature and humidity. After carrying out the experiment, it was possible to verify that composting was less efficient due to temperature fluctuations between 16°C and 52°C, affecting microbial activity and decomposition speed. The pH was maintained within the suggested standard of 7.5 and 9.0. All sanitary requirements for temperatures above 55°C were not met for more than 15 days. Humidity had significant variations between composters, with the month of November showing the biggest drop. The biodegradable film demonstrated efficient disintegration. During the first two weeks of monitoring in the test composter, traces of the material under analysis were detected. However, after this time interval, complete degradation was observed, culminating in the impossibility of identifying the biodegradable film among the resulting compounds. In conclusion, the addition of biodegradable material did not interfere with the process, presenting good compostability characteristics.

**KEY WORDS:** Composting, biodegradable materials, organic matter.

### INTRODUÇÃO

Ao contrário do que o esperado, a crise econômica não causou alterações impactantes na quantidade de resíduos sólidos produzidos e, conseqüentemente, descartados pela população demonstrando que o impacto no consumo não teve correlação direta com a geração de resíduos. Contudo, grande parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU) continua tendo



# 7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

uma destinação inadequada com impacto significativo quando se refere a saúde pública e a integridade do meio ambiente. Nesse contexto, diversas frentes de pesquisas científica tem buscado o preenchimento de lacunas na gestão de diferentes tipos de resíduos com vistas a um desenvolvimento mais sustentável (Gouveia, 2012).

No Brasil, os dados apurados mostram que a geração de RSU, no Brasil, durante o ano de 2022, alcançou um total de aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. Com isso, cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos por dia (ABRELPE, 2022), esse aumento na geração de resíduos tem intensificado nas últimas décadas em consequência dos processos de urbanização e desenvolvimento tecnológico, ocasionando mudanças nos padrões de consumo da população.

A disposição inadequada dos resíduos no solo, em “lixões” ou aterros controlados, representa um grande passivo ambiental, sendo fonte de exposição humana a inúmeras substâncias tóxicas e patogênicas, além de comprometer a qualidade do solo, da água e do ar.

A poluição e demais efeitos adversos causados pelos resíduos, podem ser observados muito além da local origem, afetando amplas áreas. No Brasil, a disposição inadequada dos resíduos, sem nenhum fundamento técnico para conservação do meio ambiente, ainda é uma atividade comum, sendo essa uma prática que desrespeita a legislação vigente (BRASIL, 2010a; 2020).

A falta da destinação adequada na gestão de resíduos ocorre tanto no setor público, como privado. No decorrer de seus processos de fabricação e operação, as indústrias geram diferentes tipos de resíduos, demandando assim estudos, investimentos, políticas e práticas, a fim de que estes resíduos não sejam passivos ambientais.

Empresas que trabalham com a produção de bebidas devem estar adequadas aos moldes sustentáveis, como, por exemplo, armazenamento, coleta e tratamento dos resíduos gerados, sendo importante destacar que, os resíduos sólidos, quando descartados inapropriadamente, após a fabricação das bebidas, podem ocasionar sérios danos ambientais.

Dentre os resíduos, os materiais plásticos representam uma parcela significativa dos RSU gerados diariamente nas sociedades, estando presentes em diversas formas, como embalagens e na composição de inúmeros produtos. Os plásticos são polímeros oriundos do petróleo e gás natural, os quais possuem características diversas, com grande versatilidade e aplicabilidade (Michaeli et al., 2018), sendo considerados materiais passíveis de reciclagem, mas assim, como em muitos países, o Brasil não possui índices satisfatórios de reciclagem e reaproveitamento deste material (ABRELPE, 2019).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pelo decreto nº 10.936, estabelece a técnica de compostagem de resíduos orgânicos como uma das formas de destinação ambientalmente adequada para esses resíduos (BRASIL, 2022). Durante este processo ocorre uma aceleração da decomposição aeróbia dos resíduos orgânicos por populações microbianas, esta técnica pode ser utilizada para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos em adubo, o qual pode melhorar as características físicas, físico-químicas e biológicas do solo.

A compostagem de resíduos orgânicos apresenta diversas vantagens ambientais dentre as quais podem ser destacadas: a decomposição de matéria orgânica potencialmente putrescível para um estado estável, a reciclagem de nutrientes, o aumento da vida útil de aterros sanitários e a redução na emissão de gás metano resultante de processos anaeróbicos de decomposição, entre outras (Fresca et al., 2008).

Conforme a NBR 13.591, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a compostagem consiste no processo de decomposição biológica da matéria orgânica, em condições controladas que incluem as fases de degradação ativa e de maturação (ABNT, 1996).

Na PNRS, a compostagem é definida como uma forma de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos. Além disso, essa lei propõe a implantação de novas técnicas de compostagem, com subsídios e incentivos fiscais a essas unidades (BRASIL, 2010). No processo de compostagem, a degradação aeróbica da matéria orgânica presente no composto, ocorre devido a ação de microrganismos (principalmente bactérias, fungos e actinomicetes), que liberam dióxido de carbono e água; tendo como produto gerado, um composto estável e sanitariamente seguro (Campitelli; Velasco; Ceppi, 2012; Domínguez; Edwardse; Subler, 1997; Kiehl, 1985), sendo essa uma das técnicas mais utilizadas para tratamento de resíduos orgânicos no Brasil.

## OBJETIVOS

Avaliar a eficiência do processo de compostagem de resíduos orgânicos, com a incorporação de filme biodegradável a base de amido de mandioca e álcool polivinílico com extrato de bagaço de malte.

## METODOLOGIA

Para montar as composteiras, foram determinadas as quantidades de materiais necessárias, levando em conta a altura, profundidade e comprimento para mensurar o volume total da composteira. Ao definir esse volume, foi considerada uma redução de aproximadamente 40% para facilitar o revolvimento manual e a aeração durante o processo.

A distribuição dos materiais orgânicos na composteira foi calculada com base em proporções específicas: 70% do volume total para resíduos orgânicos secos e 30% para resíduos orgânicos verdes. Essa divisão foi feita para garantir um equilíbrio adequado no processo de decomposição.

Além disso, foi adotada uma proporção de cerca de 10% do material alvo para garantir sua participação significativa na degradação. O processamento dos materiais foi realizado para uniformizar as dimensões dos resíduos, acelerando assim o processo de decomposição. Esse processamento foi feito manualmente utilizando tesouras e facas.

Para os resíduos secos, foi utilizado capim seco, enquanto para os resíduos orgânicos foram utilizados materiais residenciais e do restaurante universitário. A montagem da composteira iniciou-se com a adição de metade do volume de resíduos orgânicos secos na parte inferior, seguido pela adição dos resíduos orgânicos e, por fim, o restante do material seco foi colocado sobre os resíduos orgânicos.

As análises foram conduzidas conforme os parâmetros de controle do processo de compostagem estabelecidos neste estudo, os quais estão detalhados no quadro 1 e baseiam-se nos critérios delineados no Manual de Métodos de Análise de Solos (Teixeira *et al.*, 2017). Esses parâmetros são essenciais para a avaliação do composto resultante da compostagem dos materiais orgânicos, conforme orientações da Nota Técnica do Paraná (PARANÁ, 2020).

É importante ressaltar que é possível realizar adaptações nas técnicas e nos materiais utilizados, de acordo com a disponibilidade de recursos na instituição para a realização das análises necessárias.

#### Quadro 1. Parâmetros monitorados nas composteiras e sua frequência

Fonte: Adaptado de Teixeira *et al.* (2017)

Parâmetros	Unidade	Frequência
Matéria Orgânica	%	Semanal
pH	-	Diário
Temperatura	°C	Diário
Umidade	%	Diário

Para avaliar a eficiência do processo de compostagem de resíduos orgânicos com a inclusão de um filme biodegradável à base de amido de mandioca e álcool polivinílico, adicionando extrato de bagaço de malte, realizamos análises da matéria orgânica, do pH, da temperatura e da umidade ao longo de um período de 90 dias.

A matéria orgânica durante a compostagem sofre o processo de mineralização, diminuindo sua quantidade à medida que ocorre a degradação (Budziak; Maia; Mangrich, 2004). A metodologia para determinar esse parâmetro consiste em calcular (Equação 1) a diferença do peso da amostra seca (exposição do composto a uma temperatura de 105°C, durante 24 horas) e após incineração na mufla (550°C durante 01 hora) (Teixeira *et al.*, 2017).

$$M(\%) = \frac{(M_i - \text{tara}) - (M_f - \text{tara})}{(M_i - \text{tara})} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

**Tara** = tara do cadinho (g).

**M<sub>i</sub>** = massa inicial após 24 horas na estufa (peso do cadinho + amostra) (g).

**M<sub>f</sub>** = massa final após 1 hora na mufla (peso do cadinho + amostra) (g).

Para determinar o pH, utilizamos um potenciômetro com um eletrodo imerso na mistura da amostra com água destilada, conforme descrito por Teixeira *et al.* (2017).

É importante observar que a compostagem aeróbia tende a elevar o pH. Nos estágios iniciais, o composto estará ácido, mas ao longo das fases de compostagem, o pH se aproxima da neutralidade, conforme observado por Kiehl (1985). A faixa ideal de pH para o composto final deve estar entre 7,5 a 9,0, conforme sugerido por Pereira Neto (2007).

A temperatura foi verificada com um termômetro de mercúrio em profundidade entre 15 e 20 cm, de acordo com Kiehl (1985) devem ser consideradas algumas informações sobre esse parâmetro. Ressalta-se que a temperatura ótima durante a compostagem deve encontrar-se entre 40 e 60°C.

- Na primeira fase (início da compostagem), mesófila, a temperatura se eleva até 40 a 45°C;
- Na segunda fase (bioestabilização), a termófila, a temperatura alcança 70°C ou até mais;
- Na terceira fase (humificação), o retorno a mesófila, a temperatura cai novamente, em torno de 45°C;
- Na quarta e última fase, a temperatura do substrato entra em equilíbrio com a temperatura ambiente, indicando que esta humificado.

Para o cálculo da umidade (Equação 2), foi utilizada a diferença gravimétrica entre o peso da amostra e após a sua secagem na estufa, com temperatura de 105°C, durante 24 horas. Para esse parâmetro, destaca-se que Pereira Neto (2007) indica que teores de umidade na faixa de 55% são satisfatórios para todos os processos.

$$U(\%) = \frac{(M_i - \text{tara}) - (M_f - \text{tara})}{(M_i - \text{tara})} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

**Tara** = tara do cadinho (g).

**M<sub>i</sub>** = massa inicial (peso do cadinho + amostra) (g).

**M<sub>f</sub>** = massa final após 24 horas na estufa (peso do cadinho + amostra) (g).

Os dados foram coletados e analisados ao longo de um período total de 90 dias, utilizando uma planilha comparativa. Com base nesses parâmetros, foi viável realizar uma análise descritiva dos dados.

## RESULTADOS

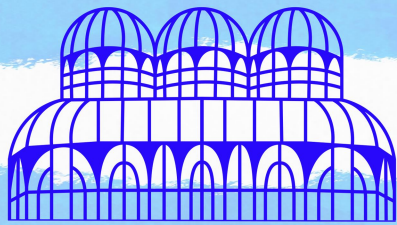
Para os ensaios de biodegradação dos compostos, empregamos o método de compostagem aeróbica em um sistema simulado. Nesse sistema, adicionamos uma variedade de resíduos e substâncias, buscando substratos com alta carga orgânica. A ação dos microrganismos sobre um material pode ser avaliada aproximadamente através da análise gravimétrica gradual. Durante o processo de biodegradação, parte do material é convertida em água, dióxido de carbono e outras substâncias, resultando na redução do peso do material. Além disso, a alteração na coloração também pode indicar a taxa de degradação dos materiais poliméricos, relacionando-se ao início da biodegradabilidade e à fragilização, como mencionado por Yang *et al.* (2015).

É importante ressaltar que a eficiência do processo de degradação também depende das dimensões do material em questão, conforme destacado por Brozio e Masek (2020). A avaliação da biodegradação de compostos pode ser realizada de forma mais precisa através de análises que medem as emissões de dióxido de carbono e/ou o consumo de oxigênio pelos microrganismos degradadores, em condições controladas de compostagem, como sugerido por Barrena *et al.* (2011). Para avaliar o processo de decomposição, os resultados foram organizados de modo a observar a evolução dos parâmetros de matéria orgânica, pH, temperatura e umidade ao longo do tempo.

O processo de compostagem envolve transformações de natureza bioquímica, impulsionadas por milhões de microrganismos presentes no próprio material ou introduzidos por meio de um pré-inóculo. Esses microrganismos utilizam a matéria orgânica *in natura* como fonte de energia, nutrientes minerais e carbono, resultando na mineralização de parte do material e na humificação de outra parte, como descrito por Dores (2013).

Para calcular a quantidade de matéria orgânica, realizamos medições semanais após a montagem do sistema. Essas medições foram feitas pela diferença gravimétrica entre o peso da amostra seca em estufa e seu peso após incineração na mufla, conforme ilustrado nos resultados apresentados na Figura 1.

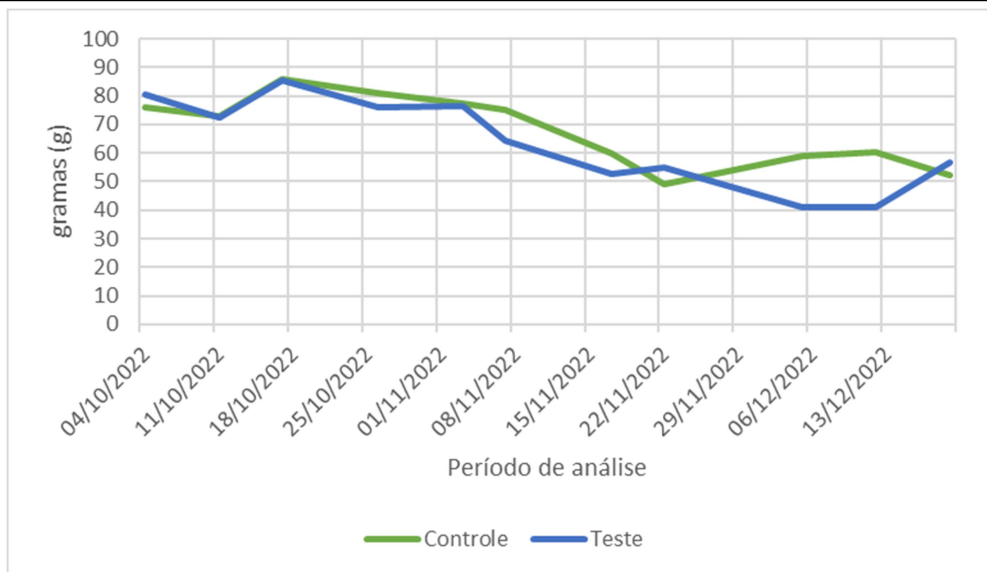
**Figura 1. Variação de matéria orgânica durante o processo da compostagem**  
**Fonte: Próprio autor, 2024.**



# 7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

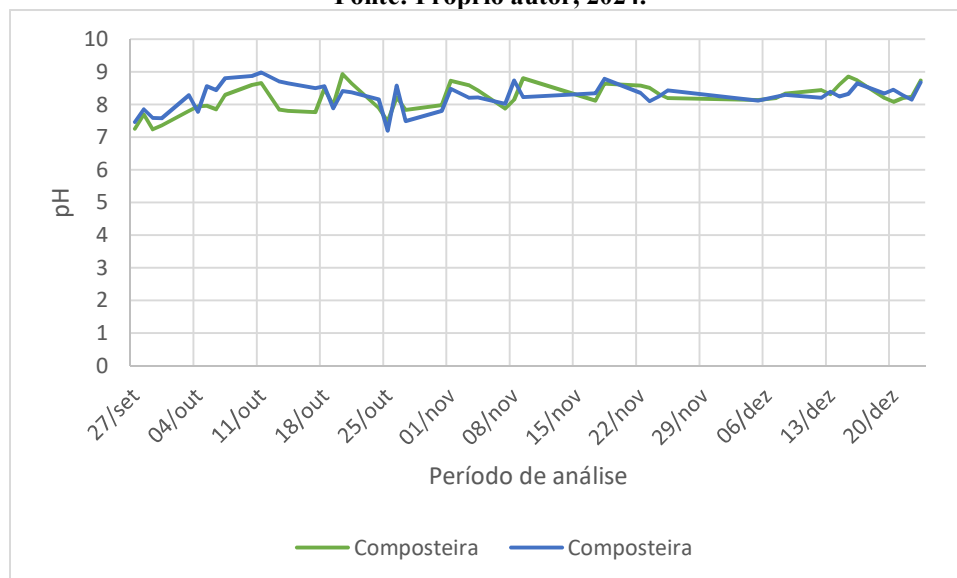


Durante o processo de compostagem, ocorre a mineralização da matéria orgânica, o que implica na diminuição da sua quantidade à medida que ocorre a degradação, conforme discutido por Kiehl (1998). Ao analisar os resultados obtidos, observamos que a eficiência da compostagem em termos de decomposição da matéria orgânica não foi tão alta quanto o esperado. Essa menor eficiência pode ser atribuída a variações na temperatura e umidade ao longo do processo, pois esses fatores têm um impacto significativo na atividade microbiana e na velocidade de degradação.

Para analisar o pH e os ácidos orgânicos, o resíduo foi misturado com água destilada na proporção de 1:3. A mistura foi agitada e deixada em repouso por 1 hora, e em seguida o pH foi analisado na fase líquida, utilizando um pHmetro. Em comparação com a composteira controle, observamos que as variações foram mínimas, conforme mostrado na Figura 2.

**Figura 2. Variação do pH durante o processo da compostagem**

Fonte: Próprio autor, 2024.

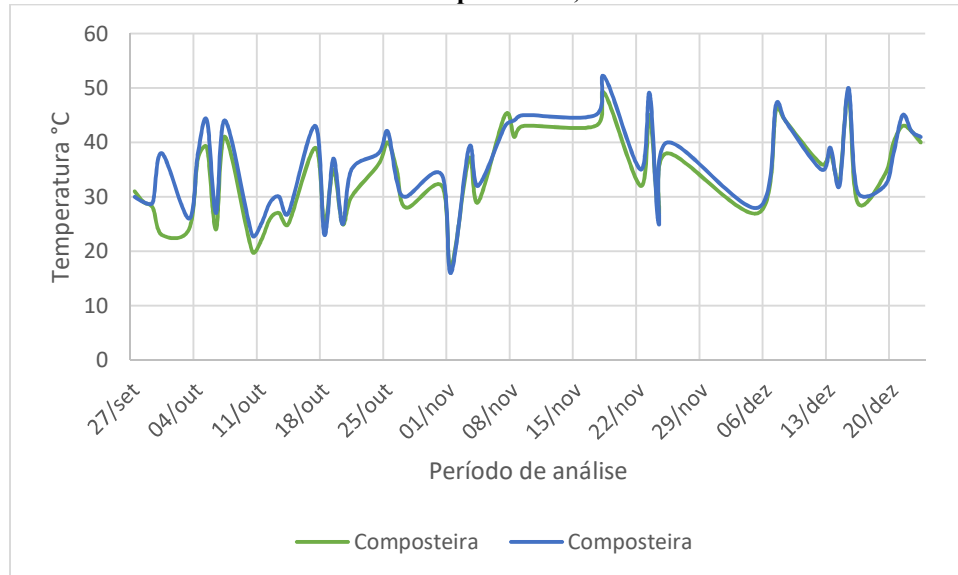


Conforme destacado por Pereira Neto (2007), a faixa considerada ideal para o pH do composto final é de 7,5 a 9,0. Ao longo de todo o processo de compostagem, conseguimos manter esse padrão, observando variações que oscilaram entre 7,0 e 9,0. Notamos tendências ligeiramente mais baixas no início da compostagem, com uma média de 9,0 ao final do processo.

Tanto a temperatura quanto a umidade desempenham papéis fundamentais no processo de compostagem. A temperatura foi monitorada no centro da composteira ao longo de todo o experimento, pois esse ponto geralmente

apresenta a maior temperatura. Durante o período de observação, a temperatura variou entre 16°C e 52°C, conforme mostrado na Figura 3.

**Figura 3. Variação da temperatura durante o processo da compostagem**  
Fonte: Próprio autor, 2024.

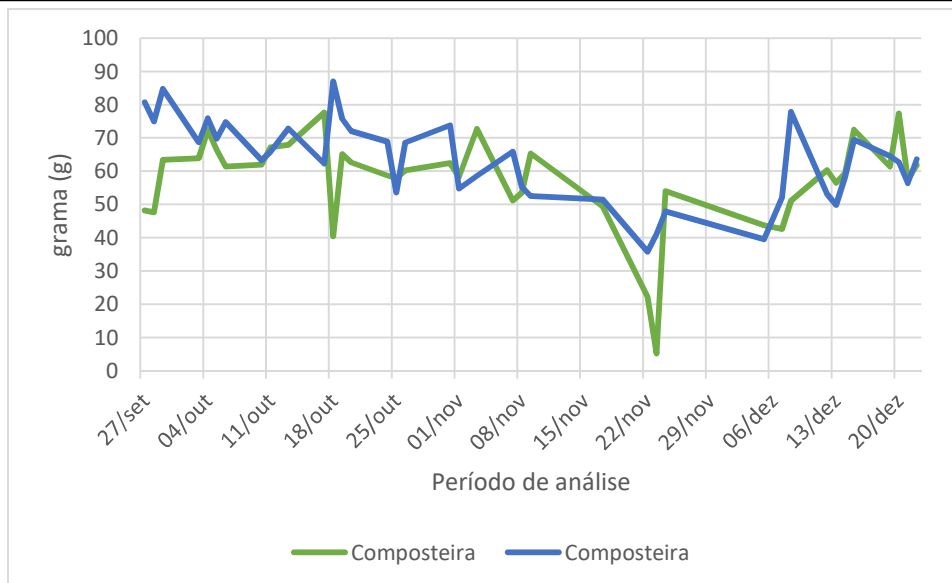
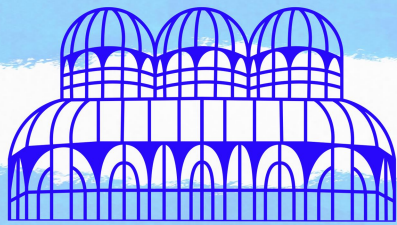


Com base nos resultados obtidos, observou-se que as temperaturas em ambas as composteiras permaneceram baixas e não alcançaram a faixa ideal contínua, que seria de 40°C a 45°C, conforme mencionado por Kiehl (1985). Para contornar esses problemas em condições de baixas temperaturas, foram utilizados métodos que ajudaram a aumentar a temperatura interna. Isso incluiu o revolvimento diário do material para melhorar a aeração e a conservação em um local fechado para reter o calor gerado pela atividade microbiana.

As maiores temperaturas registradas ocorreram nos dias 32 e 43 da análise, atingindo 49°C e 52°C, respectivamente, e 49°C e 50°C, respectivamente. No entanto, mesmo com esses picos de temperatura, não foi possível manter um padrão de temperatura contínuo ao longo do processo de compostagem.

Outro parâmetro crucial para o processo de compostagem é a umidade, pois ela desempenha um papel fundamental na formação do composto, buscando um equilíbrio na relação entre água e ar, para isso, é importante manter o teor de umidade dentro da faixa ideal de aproximadamente 55%. Teores abaixo de 40% podem inibir a atividade biológica, enquanto teores acima de 65% podem ocupar os espaços vazios com água, dificultando a aeração da massa, como ilustrado na Figura 4.

**Figura 4. Variação da umidade durante o processo da compostagem**  
Fonte: Próprio autor, 2024.



O controle da umidade desempenha um papel crucial no processo de compostagem. Em caso de excesso de umidade, a água ocupa os poros da massa, resultando na falta de oxigênio. Isso pode levar à geração de gases fétidos, atrair vetores indesejados e provocar a produção de líquidos lixiviados, comprometendo a sanitização e o aspecto ambiental do local. A faixa ideal de umidade varia de 45% (mínimo) a uma média de 55%, como mencionado por Neto e Tinoco (2007).

Durante o monitoramento, observamos uma variação significativa entre as composteiras Teste e Controle, sendo a última semana de novembro marcada pela maior queda de umidade. Em duas ocasiões, os níveis de umidade ficaram próximos ou abaixo de 40%, seguidos por padrões variando entre 50% e 75% de umidade, aproximadamente.

## CONCLUSÕES

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos ainda é comum no Brasil, pois em muitos municípios, cerca de metade dos resíduos coletados é composta por matéria orgânica, a qual frequentemente é destinada a aterros e lixões sem tratamento prévio.

Este estudo buscou avaliar a compostabilidade de um filme biodegradável com resíduos orgânicos secos e verdes ao longo de um período de 90 dias, considerando parâmetros como matéria orgânica, pH, temperatura e umidade. Nem todos os parâmetros alcançaram os valores desejáveis para uma eficiente decomposição da matéria orgânica, possivelmente devido às flutuações de temperatura e umidade durante o processo, influenciando a atividade microbiana e a velocidade de degradação.

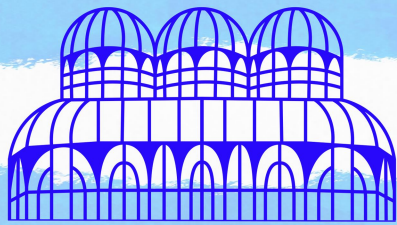
O pH em ambas as composteiras permaneceu dentro dos padrões sugeridos pela literatura, indicando uma neutralização adequada. No entanto, as exigências sanitárias para temperaturas acima de 55°C por mais de 15 dias não foram totalmente atendidas, principalmente devido às baixas temperaturas.

A umidade apresentou variações significativas ao longo do processo, com a maior queda ocorrendo no final. Houve duas situações em que a umidade ficou próxima ou abaixo de 40%, seguida por períodos entre 50% e 75%. O filme biodegradável se mostrou eficiente na descaracterização, com os resíduos desaparecendo completamente após algumas semanas na composteira teste.

Apesar das limitações encontradas, é importante destacar que ambas as técnicas de compostagem são aplicáveis em nível domiciliar, representando uma prática viável para minimizar a quantidade de resíduos orgânicos destinados aos aterros sanitários. A compostagem também é uma técnica recomendada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos e está alinhada com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, contribuindo para a geração de empregos, integração social e redução do impacto ambiental ao evitar a disposição inadequada de resíduos orgânicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2022. São Paulo: Abrelpe, 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 31.jul 2023.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.591: Compostagem -Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1996



# 7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

3. BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 12 jan. 2022.
4. BRASIL. Lei n. 12305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União. Brasília, 03 de agosto de 2010a.
5. BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. Química Nova, v. 27, p. 399–403, 1 jun. 2004.
6. CASAREJOS, FABRICIO; BASTOS, CLAUDIO R; RUFIN, CARLOS; FROTA, MAURICIO N.; "Repensando a Produção e o Consumo de Embalagens vis-à-vis a Economia Circular: Um Estudo de Caso de Material Compostável à Base de Amido de Mandioca". Journal of Cleaner Production, vol. 201, novembro de 2018, pp. 1019–1028.3
7. DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C.A.; SUBLER, S. A comparison of composting and vermicomposting. Biocycle, [S. I.], v.38, n.4, p.57-59, 1997.
8. DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. DE O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. Química Nova, v. 36, n. 5, p. 640–645, 2013.
9. FRESCA, F. R. C.; PUGLIESI, E.; MASSUKADO, L. M.; SCHALCH, V. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos. Revista DAE, n. 178, 48-57, 2008.
10. GOUVEIA, N. Resíduos Sólidos Urbanos: Impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência & Saúde Coletiva. V. 17, n. 6, 1503-1510, 2012.
11. KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985.
12. NETO, F. P.; TINOCO, J. MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARANÁ CENTRO DE APOIO OPERACIONAL ÀS PROMOTORIAS DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE NOTA TÉCNICA Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos Pilha Leira. [s.l: s.n.]. Disponível em: . Acesso em: 22 ago. 2023.
13. PARANÁ. Ministério Público do Estado do Paraná. Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Proteção ao Meio Ambiente. Nota Técnica - Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos.
14. PEREIRA NETO, J. T. Manual de Compostagem: processo de baixo custo. Viçosa, MG. UFV. 2007. 81 p.
15. TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p. TOKIWA, Y.; CALABIA, B.; UGWU, C.; AIBA, S. Biodegradability of Plastics. International Journal Of Molecular Sciences, [S.I.], v. 10, n. 9, p. 3722-3742, ago. 2009.