



## Avaliação da presença de biopolímeros no processo de compostagem de resíduos de hortifrúti e maravalha

### Evaluation of the presence of biopolymers in the composting process of vegetable waste and wood shavings

Caroline Arisa Goto<sup>1</sup>, Ane Louise Dionizio Mendes<sup>2</sup>, Abner de Oliveira Sgobi<sup>3</sup>, Haldane de Araujo Lôbo Junior<sup>4</sup>, Tatiane Cristina Dal Bosco<sup>5</sup>

#### RESUMO

Boa parte dos resíduos sólidos urbanos são compostos por plásticos, tornando-se um grande problema mundial, devido aos seus possíveis impactos. Uma solução é substituir os plásticos pelos biopolímeros, que podem ser compostados juntamente aos resíduos orgânicos devido à sua biodegradabilidade. No entanto, a viabilidade desta prática está atrelada ao não comprometimento do processo de compostagem em si. Objetivou-se, portanto, comparar o comportamento da temperatura de um processo de compostagem de hortifrúti e maravalha na presença e ausência de biopolímeros. Foram montadas duas leiras, sendo que em uma delas foram adicionados biopolímeros, produzidos com bagaço de malte. Para monitorar a temperatura utilizou-se 10 sensores e um sistema automatizado para o registro dos dados, por 120 dias. A temperatura máxima obtida foi de 45,5°C no segundo dia do processo, na leira com biopolímeros, e a mínima obtida foi de 17°C, no 59º dia, na leira sem biopolímeros. Já a temperatura média foi de 27,4°C e 28,4°C, respectivamente, para as leiras com e sem biopolímeros. Conclui-se que os biopolímeros não influenciaram no processo de compostagem, no que diz respeito à temperatura, indicando a viabilidade da sua compostabilidade juntamente aos resíduos orgânicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compostabilidade; Controle de temperatura; Resíduos orgânicos.

#### ABSTRACT

A large part of urban solid waste is made up of plastics, making it a major global problem due to its potential impacts. One solution is to replace plastics with biopolymers, which can be composted together with organic waste due to their biodegradability. However, the viability of this practice is linked to not compromising the composting process itself. The aim was therefore to compare the temperature behavior of a composting process involving vegetables and wood shavings in the presence and absence of biopolymers. Two beds were set up, one of which added biopolymers made from malt bagasse. The temperature was monitored using 10 sensors and an automated data recording system for 120 days. The maximum temperature obtained was 45.5°C on the second day of the process, in the bed with biopolymers, and the minimum obtained was 17°C on the 59th day, in the bed without biopolymers. The average temperature was 27.4°C and 28.4°C, respectively, for the beds with and without biopolymers. It can be concluded that the biopolymers did not influence the composting process in terms of temperature, indicating that they are viable for composting with organic waste.

**KEYWORDS:** Compostability; Temperature control; Organic waste.

<sup>1</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: carolinearisagoto@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1593498199897877.

<sup>2</sup> Bolsista do CNPQ. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. Email: anelouise@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 6893427811305041.

<sup>3</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: sgobi@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1683055586173161.

<sup>4</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: haldanejunior@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 5128283773245636.

<sup>5</sup> Docente no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: tatianebosco@utfpr.edu.br. ID Lattes: 5366505130911021.



## INTRODUÇÃO

Após a Revolução Industrial houve um aumento da população e da industrialização, aumentando, conseqüentemente, a geração de resíduos sólidos (MAGERA, 2003). Em 2021 o Brasil gerou 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) (ABRELPE, 2022). Para Pereira Neto (1996), historicamente, a maioria dos resíduos gerados pelo ser humano é constituído pela fração orgânica e, segundo a ABRELPE (2020), este índice, no Brasil, é de 45,3%.

Apesar de apresentarem potencial de aproveitamento, esses resíduos geralmente acabam sendo destinados inadequadamente. Em sua maior parte, têm como destinação final, aterros sanitários, controlados e lixões, visto que segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), estima-se que, no Brasil, haja apenas 73 usinas de compostagem declaradas pelos municípios (SNIS, 2019).

No mundo contemporâneo, outro resíduo que chama muito a atenção em função da sua representação na composição gravimétrica e os efeitos causados ao meio ambiente devido ao uso constante e exagerado, são os plásticos, caracterizados por sua resistência e longo tempo para degradação (ROSA et al., 2022). Uma alternativa a estes materiais são os biopolímeros, cuja degradação pode ser feita por microrganismos (FORTUNA, 2020) e que apresentam um menor tempo de degradação comparado aos plásticos convencionais.

Nota-se, portanto, que a compostagem tem potencial para o tratamento dos resíduos orgânicos e dos biopolímeros, conforme apontam alguns estudos. Moser et al. (2017) analisaram a adição de casca de aveia em biopolímeros compostados com resíduos orgânicos e podas de árvores, e não observaram alteração no comportamento do parâmetro temperatura comparando-se composteiras com e sem o biopolímero. Taiatele Jr et al. (2017) avaliaram o processo de compostabilidade de embalagens biodegradáveis e, como resultado, houve redução de sólidos voláteis, da relação C/N, além do volume e da massa do composto, e ainda, tanto as embalagens quanto os resíduos apresentaram boa descaracterização.

Uma preocupação referente ao tratamento de biopolímeros via compostagem é se a presença destes materiais pode afetar o desempenho do processo. A temperatura é um dos principais parâmetros indicativos da eficiência da compostagem e é resultante do processo exotérmico de degradação dos resíduos orgânicos pelos microrganismos presentes nos próprios resíduos (BARREIRA, 2005). A compostagem passa por diferentes fases de temperatura. De acordo com Inácio e Miller (2009) pode-se dividi-las em: fase de aquecimento, fase termófila, fase mesófila e de maturação.

Neste trabalho objetivou-se comparar o comportamento das temperaturas ambientes, máximas, médias e mínimas do processo de compostagem de maravalha e hortifrúti na presença e ausência de biopolímeros produzidos a partir de bagaço de malte.

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se duas leiras de 200 litros: uma de controle e outra com a inserção de biopolímeros. Ambas foram compostas por 132 litros de maravalha e 66 litros de resíduos de hortifrúti, seguindo uma proporção de 1:2 em volume. A primeira e a última camada foram constituídas apenas por maravalha, a fim de evitar o mau odor, atração de vetores e absorver o chorume produzido. Já as três camadas intermediárias foram misturadas de modo que houvesse um maior contato com os biopolímeros adicionados.

Neste experimento, foram utilizadas 24 amostras de biopolímeros, com dimensões de 5 x 5 cm, produzidas a partir do bagaço de malte em diferentes proporções (2,5%, 5% e 7,5%). Contudo, antes de serem colocadas nas leiras, as amostras foram identificadas e inseridas em meias finas de *Lycra(R)*, visando evitar a perda do material.

Realizou-se revolvimentos nas leiras, ao longo dos 75 primeiros dias de experimento, com frequência semanal. Além disso, monitorou-se o comportamento da temperatura, ao longo de 120 dias, com o auxílio de um *datalogger* construído com uma placa Arduino Mega 2560 e *Shields* para determinação de data/hora e para armazenamento dos dados em cartão Micro SD. Foram utilizados dez sensores de temperatura DS18B20 encapsulados, sendo nove instalados e distribuídos em posições estratégicas no interior das leiras (Figura 1) e um que coletou a temperatura ambiente. A frequência do registro dos dados foi de 15 minutos (DAL BOSCO et al., 2020).

Figura 1 – Posicionamento dos sensores nas leiras sem e com biopolímeros



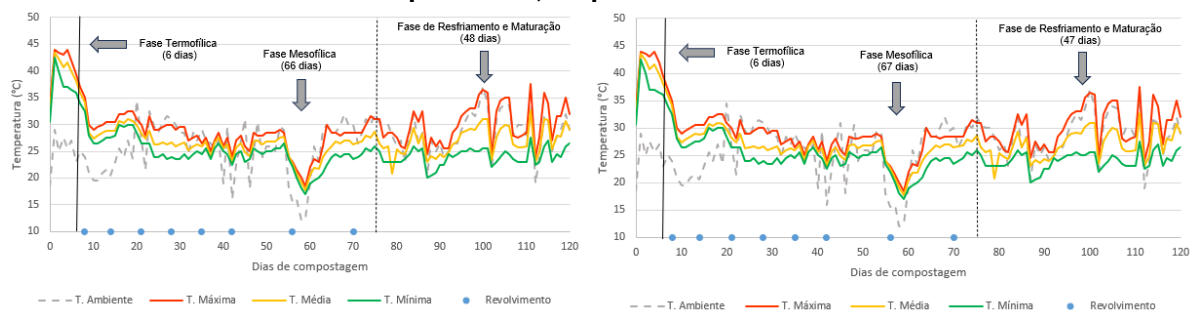
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Tais dados foram analisados considerando as temperaturas máximas, médias, mínimas, de ambas as leiras, e ainda a temperatura ambiente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentadas as temperaturas máximas, médias, mínimas e ambiente diárias e ainda as fases do processo de compostagem.

Figura 2 – Gráfico de temperaturas diárias e fases da compostagem das leiras com e sem biopolímeros, respectivamente



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No processo de compostagem, a temperatura é essencialmente importante, por ser o principal indicador de eficiência da degradação dos resíduos. De acordo com Fialho (2007), quanto mais acentuada a atividade microbiana, maior a temperatura na leira de compostagem.



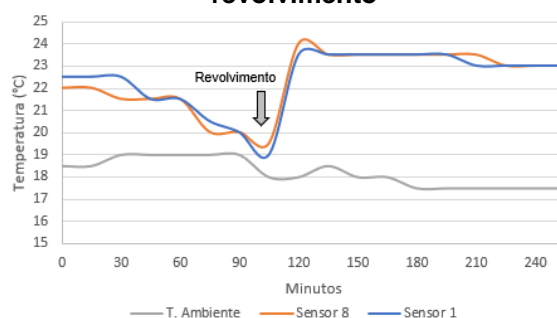
Observa-se na Figura 2 que a temperatura máxima atingida na leira com biopolímeros foi de 45,5°C, no 2º dia e na leira sem biopolímeros foi de 44°C, no primeiro dia. Segundo Kiehl (1985) esta é uma faixa de temperatura considerada ótima para o desenvolvimento das bactérias atuantes no processo. Cabe ressaltar, que para ambas as leiras, a temperatura máxima durou aproximadamente 45 minutos, e ocorreu 30 minutos após a temperatura máxima ambiente diária.

Nota-se ainda, que a temperatura mínima foi obtida no 59º dia do processo, registrando 17°C, na leira sem biopolímeros e 18,5°C na leira com biopolímeros. Tal comportamento está associado à queda da temperatura ambiente, que neste dia foi de 12,5°C.

Verificou-se que as temperaturas médias foram de 27,4°C e 28,4°C, respectivamente, para as leiras sem e com biopolímeros. Observa-se, portanto, que para ambas as leiras os valores de temperatura (máxima, média e mínima) foram semelhantes, indicando que a presença de biopolímeros não interferiu no processo de compostagem.

Na Figura 2 é possível observar também que sempre após os revolvimentos houve um aumento das temperaturas no interior das leiras, indicando sua eficiência no estímulo à atividade microbiana. Na Figura 3, apresenta-se com detalhes um recorte do 42º dia, em ambas as leiras, quando se realizou o revolvimento.

**Figura 3 – Temperatura ao longo do 42º dia de compostagem, em ambas as leiras, após o revolvimento**



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Nota-se, na Figura 3 que a temperatura se elevou em aproximadamente 5° C após 15 minutos da realização do revolvimento. Kiehl (1985) afirma que a abundância de ar acelera a decomposição e isso reflete na temperatura do processo.

Em relação às fases da temperatura, segundo Kiehl (1998), tipicamente, pode-se observar, no processo de compostagem, três fases de temperatura: a inicial, de aquecimento, que é rápida, seguida da fase de bioestabilização, com altas temperaturas e, posteriormente, a fase de humificação/maturação.

É possível visualizar essas fases na Figura 2, em que o aquecimento se deu em poucas horas após o início do processo. Em seguida, nota-se que a fase de bioestabilização durou cerca de 6 dias, em ambas as leiras. Logo no segundo dia do experimento as temperaturas atingiram valores acima de 40°C, o que é caracterizado, por Barreira (2005), como fase termofílica. Nesta fase ocorre a degradação ativa dos resíduos (PEREIRA NETO, 2010), resultante da ação dos microrganismos existentes nos próprios resíduos.

Na sequência, observa-se a fase mesofílica (INÁCIO e MILLER, 2009), com temperaturas entre 20°C e 40°C, com duração de aproximadamente 66 dias, acabando por volta do 72º dia. Nesta fase, ocorre a degradação de substâncias orgânicas resistentes,



mesmo com a redução da atividade microbiológica refletida na queda de temperatura e perda de umidade (INÁCIO e MILLER, 2009).

Em relação à última fase, ela ocorre quando há a produção de um composto maturado, estabilizado e com características diferentes do material de origem. De acordo com Kiehl (1985) as temperaturas dos reatores se mantêm próximas ou igual à temperatura ambiente. No presente experimento, esta fase se deu, aproximadamente, a partir do 75º dia do processo, em que as temperaturas se aproximaram da temperatura ambiente, com duração aproximada de 48 dias, quando o experimento foi finalizado. Neste sentido, na Figura 2 pode-se observar que a temperatura ambiente exerce influência na temperatura da leira, como por exemplo, no 100º dia, em que a temperatura ambiente se elevou para 37°C e a temperatura da leira com biopolímero foi de 38,5°C e a sem biopolímero foi de 36,5°C.

## CONCLUSÕES

Neste experimento foi possível identificar as fases da compostagem de acordo com a literatura e observou-se que as temperaturas das leiras apresentaram comportamentos muito semelhantes, prevalecendo, na maior parte do tempo, as temperaturas mesófilas. Conclui-se, portanto, que os biopolímeros estudados não interferiram no processo de compostagem, no que se refere ao parâmetro temperatura, permitindo, assim, que esses materiais sejam tratados junto com os resíduos sólidos orgânicos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, pelo apoio institucional para a realização das ações de Iniciação Científica e ao CNPQ pela bolsa concedida à segunda autora.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020.

ABRELPE, 2022, **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função do composto e processos de produção**. 2005. 204f. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental). Universidade de São Paulo, São Paulo 2005.

DAL BOSCO, T. C.; MICHELS, R. N.; BERTOZZI, J.; TAIATELE J., I.; HASHIMOTO, E. M. The ideal frequency of temperature data collection in compostability experiments on



domestic organic residues. **Environmental Technology**, Londres, vol.41, n.9, p.1160-1166, 2020.

FIALHO, L.L. **Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos**. 2007. 170f. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) – Universidade de São Paulo, São Carlos. 2007.

FORTUNA, A. L. L.; **Impactos ambientais dos plásticos: estratégias para redução do acúmulo de embalagens flexíveis de Polipropileno no meio**. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2020.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 492p. 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1998.

MAGERA, M. C.; **Os empresários do lixo: um paradoxo da modernidade: análise interdisciplinar das cooperativas de reciclagem de lixo**. Campinas SP: Átomo, 2003.

MOSER, R.G. **Efeito da adição de casca de aveia em biopolímeros compostados com resíduos orgânicos e poda de árvores**. 2017. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso - (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**. UNICEF. Belo Horizonte-MG, 1996. 56p.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem: processo de baixo custo**. UFV. Viçosa. 81 p. 2010.

ROSA, Derval S. et al. **Avaliação da Biodegradação de Poli- -(Hidroxibutirato), Poli- -(Hidroxibutirato-co-valerato) e Poli- -(caprolactona) em Solo Compostado**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, [S.L], v. 12, n. 4, p. 311-317, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/yFLZDcMwBvdDPRTz5p38k8h/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 mar. 2022.

SNIS - **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2018. 2019.

TAIATELE, I. Jr; DAL BOSCO, T. C; BERTOZZI, J; OLIVEIRA, S. M; MICHELS, R. N; "Compostabilidade de embalagens biodegradáveis", p. 109 -134. In: **Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas**. São Paulo: Blucher, 2017.