

Monitoramento automatizado de temperatura em processo de compostagem com biopolímeros

Automated temperature monitoring in composting process with biopolymers

Andressa Ferreira Pimenta

rosandressa_1609@yahoo.com.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Rafaela Gasparotto Moser

rafaelagmoser@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Giovanni Terra Peixoto

gtpeixoto@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Marcos Candido da Silva

marcos.1993@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Ana Beatriz de Melo Sagatelli

anabsagatelli@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Tatiane Cristina Dal Bosco

tatianedalbosco@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Roger Nabeyama Michels

rogernmichels@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Janksyn Bertozzi

janksynbertozzi@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

RESUMO

OBJETIVO: Monitorar, de forma automatizada, o comportamento da temperatura em reatores de compostagem de resíduos orgânicos domiciliares, poda de árvores, na presença de biopolímeros. **MÉTODOS:** Foram montados seis reatores contendo 36L de resíduos orgânicos e 60L de poda de árvores. Em dois reatores, considerados como tratamento Testemunha (T0), manteve-se apenas esta composição; em dois reatores foram inseridos biopolímeros a base de amido, glicerol e PLA (poli ácido láctico) (T1) e em outros dois reatores, biopolímeros com a mesma composição, porém acrescidos de casca de aveia (T2). O estudo foi conduzido por 60 dias e realizou-se o monitoramento da temperatura de forma automatizada em cinco pontos de cada reator. Os sensores foram ligados em uma placa arduino com sistema registrador de dados, junto a um sistema de tempo real, permitindo a coleta e armazenamento de dados de temperatura a cada 10 minutos. Monitorou-se também a temperatura ambiente. **RESULTADOS:** A fase termofílica teve início logo no segundo dia após o início da compostagem mantendo-se até o 6º dia para T1 e T2, se estendendo até o 7º dia para T0. T2 apresentou o maior pico de temperatura, 46,7ºC no 7º dia de compostagem. Notou-se diferença entre os pontos amostrados no mesmo reator, com oscilações de até 18,7 °C num mesmo horário. **CONCLUSÃO:** A presença dos biopolímeros não interferiu negativamente no desempenho dos reatores de compostagem, no que diz respeito à temperatura. É fundamental o controle da temperatura com alta frequência de tomada de dados para subsidiar as decisões quanto ao manejo.

PALAVRAS-CHAVE: Compostabilidade. Sacolas Biodegradáveis. Sacolas Plásticas. Tratamento de Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To monitor, in an automated manner, the behavior of temperature in composting reactors of household organic waste, pruning of trees, in the presence of biopolymers. **METHODS:** Six reactors containing 36L of organic waste and 60L of tree pruning were installed. In two reactors, considered as control treatment (T0), only this composition was maintained; in two reactors it were inserted biopolymers based on starch, glycerol and PLA (T1) and on two other reactors, biopolymers with the same composition, but with oat bark (T2). The study was conducted for 60 days and the temperature monitoring was automated in five points of each reactor. The sensors were connected in an arduino board with data recording system, next to a real time system, allowing the collection and storage of temperature data every 10 minutes. It was also monitored the room temperature. **RESULTS:** The thermophilic phase started on the second day after the beginning of the composting, remaining until the 6th day for T1 and T2, extending to the 7th day for T0. T2 presented the highest temperature peak, 46.7°C on the 7th day of composting. It was observed a difference between the points sampled in the same reactor, with oscillations up to 18.7°C at the same time. **CONCLUSION:** The presence of biopolymers did

Recebido: 27 agos. 2018.

Aprovado: 04 out. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.





not adversely affect the performance of composting reactors, in terms of temperature. It is essential to control the temperature with a high frequency of data collection to support management decisions.

KEYWORDS: Compostability. Biodegradable bags. Plastic bags. Treatment of Solid Waste.

INTRODUÇÃO

O setor alimentício possui cerca de 33,5 mil empresas no Brasil (IBGE, 2014). Estas empresas são responsáveis pela comercialização de grande quantidade de produtos e sua utilização pelo mercado consumidor resulta na geração de mais de 1 kg de resíduo por habitante por dia, sendo que destes, aproximadamente 50% em massa são resíduos orgânicos (RO) (ABRELPE, 2018).

Um dos grandes desafios para os municípios além de tratar o RO, é destinar a grande geração de podas de árvore (PA) que são geradas diariamente devido a manutenção paisagística e manejo da vegetação urbana. A compostagem é uma técnica que utiliza fontes de carbono e nitrogênio em sua composição para que ocorra a degradação acelerada da matéria. O RO é rico em nitrogênio e a PA rica em carbono, o que permite a utilização do processo de compostagem como reciclagem (GUIDONI et al., 2013; TAIATELE, 2017).

No Brasil há grande adesão ao uso de sacolinhas plásticas para acondicionamento das compras. Estima-se que cerca de 1,2-1,5 milhão de sacolas plásticas são distribuídas por hora no comércio em todo o Brasil e pequena parte destas sacolinhas são recicladas (MMA, 2018). Estas são utilizadas, em grande parte, para acondicionar os resíduos gerados pela população. A sacola plástica tem característica de impermeabilidade e baixa degradabilidade (MMA, 2018).

No entanto, existe uma dificuldade operacional em usinas de compostagem para a segregação de resíduos das sacolas que os acondicionam. Deste modo, uma solução seria a fabricação de sacolas biodegradáveis e compostáveis, a partir de biopolímeros, que permitiram a compostagem de ambos os resíduos juntos. No Brasil estudos já vem sendo realizados para avaliar a viabilidade da compostabilidade de biopolímeros de diferentes fontes, tais como: polímero de amido a base de milho, mandioca, batata e trigo; polilactatos a base de ácido láctico (produzido por bactérias) e polihidroxialcanoato tendo como base as bactérias que consomem cana de açúcar, milho, óleo vegetal, dentre outros (SILVA, 2017; TAIATELE, 2017).

O monitoramento da temperatura na compostagem é de grande importância, pois permite identificar as fases do processo (fase mesofílica, termofílica e de estabilização) e possibilita verificar a necessidade de intervenções, como por exemplo, a intensificação de revolvimentos, umidificação, balanço da relação C/N, entre outros. Esse parâmetro, de forma geral, reflete a evolução da atividade microbiana e pode proporcionar a eliminação de microrganismos patogênicos durante a fase termofílica (KIEHL, 1985; DAL BOSCO, 2017).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi monitorar, ao longo de 60 dias, o comportamento da temperatura em reatores de compostagem, por meio de um sistema automatizado de coleta de dados, com frequência de coleta a cada 10min e em 5 pontos em cada reator.

MÉTODO

O processo de compostagem foi realizado na Estufa de Resíduos Sólidos e as análises no Laboratório de Saneamento, ambos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina.

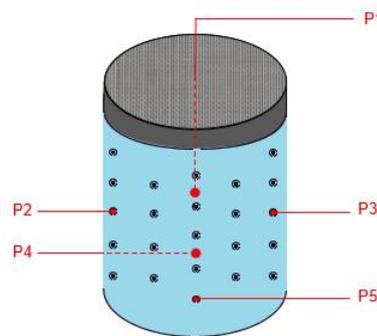
Foram montados 6 reatores de 96 L cada, contendo 36L de resíduos orgânicos e 60L de poda de árvores. Em dois reatores, considerados como tratamento Testemunha (T0), manteve-se apenas esta composição; em dois reatores foram inseridos biopolímeros a base de amido, glicerol e PLA (poli ácido láctico) (T1) e em

outros dois reatores, biopolímeros com a mesma composição, porém acrescidos de casca de aveia micronizada (T2). Em T1 e T2 foram inseridos 400g de biopolímero, em fragmentos de dimensões entre 6 e 8 cm. Os filmes foram fabricados e disponibilizados pela Universidade Estadual de Londrina.

O processo de compostagem durou 60 dias. Os reatores foram revolvidos 2 vezes por semana para garantir a aeração do composto e a umidade foi avaliada pelo “Teste da mão” (NUNES, 2009), corrigindo-se sempre que necessário.

As temperaturas foram obtidas a cada 10 min por meio de um sistema de coleta de dados automatizado, onde 5 sensores de temperatura, distribuídos conforme a Figura 1, foram ligados a uma placa arduíno que registrava os dados em um *Datalogger*.

Figura 1: Posicionamento dos sensores de temperatura.

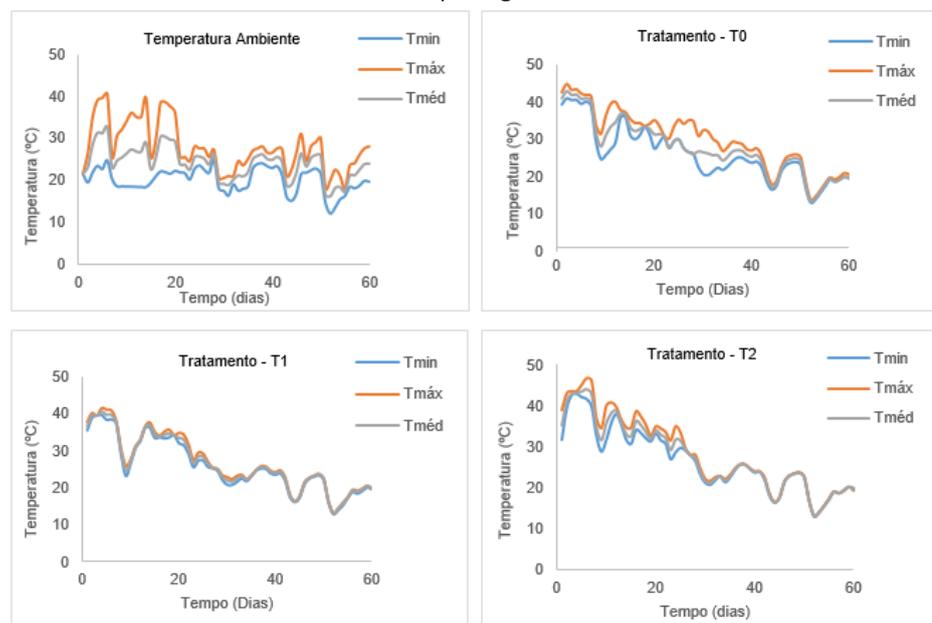


Fonte: Próprios autores, 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 pode-se observar a variação de temperatura no decorrer do experimento, para a temperatura ambiente (T_{amb}), T0, T1 e T2.

Figura 2 – Variação de temperatura ambiente e dos reatores no processo de compostagem.



Fonte: Próprios autores, 2018.

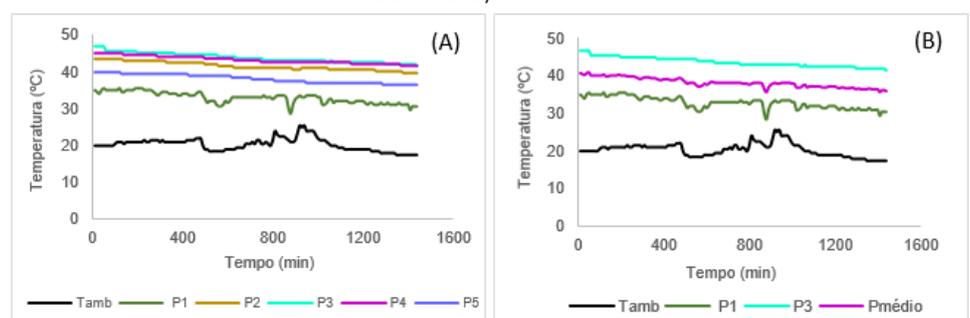
Foi possível a visualização de todas as fases do processo de compostagem nos três tratamentos. Para que a compostagem seja efetiva, temperaturas entre 40-60°C devem ser registradas (FERNANDES & SILVA, 1999), o que ocorreu em T0, T1 e T2 (Figura 2). A primeira fase do processo de compostagem é a mesofílica com temperaturas entre 30 e 40°C, identificada nos três primeiros dias de compostagem neste estudo. Segundo TRAUTMANN et al. (2005) e INÁCIO (2009), neste processo ocorre a expansão das colônias de microrganismos mesófilos, onde prevalecem as bactérias que fazem a quebra dos nutrientes, ou seja, degradação das moléculas mais simples (EMBRAPA, 2009).

A fase posterior é a termofílica, onde a temperatura normalmente ultrapassa 55°C. Kiehl (1985) afirma que a fase termofílica, além de garantir a aceleração da biodegradabilidade do composto, pode permitir que ocorra a eliminação dos microrganismos patogênicos. Taiatele (2017), em seu estudo de biodegradabilidade e compostabilidade de biopolímeros com RO e PA, obteve fase termofílica durante 23 dias, dos 60 dias que durou o estudo. De acordo com a Figura 2, a fase termofílica teve início logo no segundo dia após o início da compostagem mantendo-se até o 6º dia para T1 e T2, se estendendo até o 7º dia para T0. Todos os tratamentos apresentaram temperaturas semelhantes às observadas por Taiatele (2017), sendo inferior apenas na quantidade de dias em que durou a fase termofílica. Taiatele (2017) observou temperatura ambiente máxima de 42,8°C (no 1º dia de compostagem) e mínima de 19°C (no 4º dia de compostagem), valores estes que diferem dos encontrados neste estudo, sendo a máxima de 46,7°C (no 6º dia de compostagem) e mínima de 12,3°C (no 52º dia de compostagem).

A fase mesofílica se repete após a termofílica, mas no processo inverso, pois o reator passa a perder calor (TRAUTMANN et al., 2005; INÁCIO, 2009). Esta ocorreu do 8º dias até 26º dias para T0 e do 7º dias até 26º dias para T1 e T2. Por fim, nota-se que a partir do 27º dia iniciou-se a fase de estabilização. Nesta fase a taxa de decomposição é baixa, tendo em vista que a atividade microbiana diminui significativamente (KIEHL, 1985; DAL BOSCO, 2017).

Na Figura 3 pode-se observar a oscilação térmica de T2 ao longo do sexto dia de compostagem, contido na fase termofílica e quando se registrou o maior pico de temperatura entre todos os tratamentos. Pode-se notar também a diferença entre os pontos de temperatura amostrados.

Figura 3 – Gráfico (A) Variação de temperatura máxima nos cinco sensores ao longo do dia de maior pico de temperatura no processo de compostagem (T2 - 6º dia) – Gráfico (B) Variação de P3 (sensor que monitorou as maiores temperaturas do processo - 6º dia) P1 (sensor que monitorou as menores temperaturas do processo - 6º dia) e Pmédio (média entre P3 e P1) em T2 (tratamento que apresentou maior pico de temperatura no decorrer do estudo).



Fonte: Próprios autores, 2018.



Dal Bosco et al. (2017) salientam a importância do monitoramento da temperatura no processo de compostagem e afirmam que na fase termofílica microrganismos degradam compostos de fácil decomposição, o que influencia diretamente no aquecimento das leiras. Além disso são eles os agentes responsáveis pela disponibilização de nutrientes e fixação de nitrogênio. Dal Bosco et al., (2017) ratificam a possível eliminação dos microrganismos patogênicos que ocorre na fase termofílica, explicando que ocorre, neste momento, também a competição por alimento, o que leva à diminuição dos microrganismos mesófilos, abrindo espaço para a evolução dos microrganismos termofílicos, responsáveis pela máxima degradação dos compostos.

Dada a importância da fase termofílica em um processo de compostagem na Figura 3 evidencia-se o comportamento dos sensores de máxima, mínima e a média, no 6º dia de compostagem (dia que obteve a maior temperatura no decorrer do processo), durante – 24h, a cada 10min. P1 (sensor inserido no meio do reator) apresentou temperaturas superiores a P3 (sensor inserido na lateral do reator) em todo o dia. P3 se manteve entre P1 e P5, ou seja temperaturas no interior e no fundo do reator são mais elevadas, quando comparadas a temperaturas laterais que recebem maior influência direta da temperatura externa.

Michels et al., (2017) em seu estudo de biodegradabilidade e compostabilidade de biopolímeros, monitorou a temperatura em cinco pontos em seus reatores a cada 5min e conseguiu constatar que a cada revolvimento a temperatura demorava em torno de 3 horas para se reestabelecer. Neste sentido, nota-se a importância do monitoramento minucioso deste parâmetro, tendo em vista sua oscilação frente ao manejo e à influência da temperatura ambiente.

CONCLUSÃO

A presença dos biopolímeros não interferiram negativamente no desempenho dos reatores de compostagem, no que diz respeito à temperatura, visto que todas as fases puderam ser observadas. T2 destacou-se pelo maior aquecimento, atingindo a máxima de 46,7°C.

O monitoramento da temperatura no sistema, com alta frequência de amostragem, é de suma importância, tendo em vista a oscilação deste parâmetro ao longo do tempo e dentro de um mesmo reator. Isto auxilia no processo de tomada de decisão quanto ao manejo da compostagem e melhora o controle para a obtenção de um composto de boa qualidade para uso posterior no solo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária pela bolsa de iniciação científica e de extensão concedidas aos alunos envolvidos no projeto, ao CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa, a UTFPR-LD pelo apoio no desenvolvimento do estudo e à UEL pela concessão dos biopolímeros.



REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - 2018. São Paulo – SP. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br>>. Acesso em: 24 ago. 2018
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Gestão de resíduos orgânicos. 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/saco-e-um-saco/saiba-mais>>. Acesso em: 12 ago. 2018.
- COTTA, J. A. DE O., CARVALHO, N. L. C., BRUM, T. DA S., REZENDE, M. O. DE O. Compostagem X Vermicompostagem: Comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 20, p.1, 2015.
- DAL BOSCO, T. C. et al (Org.). COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS resultados de pesquisas acadêmicas. Londrina - Pr: Edgard Blucher Ltda, 2017. 266 p. Disponível em: <<https://www.blucher.com.br/autor/detalhes/tatiane-cristina-dal-bosco-1130>>. Acesso em: 24 ago. 2018.
- EMBRAPA. Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico em pequena propriedade, 2009. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf> . Acesso em: 12 ago. 2018.
- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. da. Manual Prático Para a Compostagem de Biossólidos. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). Rio de Janeiro : ABES, 91 p., 1999.
- GUIDONI, L. L. C., Bittencourt, G., Marques, R. V., Corrêa, L. B., Corrêa, E. K. Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. Tecno-Lógica, 17: 44-51. 2013.
- INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. Compostagem: Ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Brasil, Editora Agronômica Ceres, 1985, 492 p.
- MICHELS, R. N.; BERTOZZI, J.; HASHIMOTO, E. M.; TAIATELE, I. J.; DAL BOSCO, T. C. (Org.). COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS resultados de pesquisas acadêmicas. Londrina - Pr: Edgard Blucher Ltda, 2017. 266 p. Disponível em: <<https://www.blucher.com.br/autor/detalhes/tatiane-cristina-dal-bosco-1130>>. Acesso em: 24 ago. 2018.
- NUNES, M. U. C. Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade. Circular técnico – Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, n.59, 7p., dez. 2009. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2018.



SILVA, J. R. da; MORITZ, D. L.; SANTOS, E. T. dos; FAGUNDES, A. B.; BEUREN, F. H. Polímeros biodegradáveis e biopolímeros: uma opção de Produção mais Limpa para embalagens alimentícias de origem fóssil. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2017, Ponta Grossa-PR.

TAIATELE, I. J. Compostagem e hidrólise abiótica de blendas entre amido e outros polímeros biodegradáveis. 2017. 124 fls. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E.. Compost Microorganisms – The Phases of Composting. In: Cornell Composting, Science & Engineering. 2005. Disponível em: <<http://compost.css.cornell.edu/microorg.html> > Acesso em: 12 ago. 2018.