

Eliminação de microrganismos patogênicos utilizando compostagem e vermicompostagem como alternativa de tratamento de resíduos alimentares

Elimination of pathogenic microorganisms using composting and vermicomposting as an alternative treatment of food waste

Juliane Donel Pletsch¹, David Brito Negrisoni², Márcia Bartolomeu Agustini³ Cristiane Rohde⁴ Thiago Edwiges⁵

RESUMO

O gerenciamento inadequado de resíduos urbanos e dejetos animais é uma fonte significativa de impacto ambiental e riscos à saúde pública, pois resíduos orgânicos urbanos contribuem para problemas em aterros e ambientes urbanos, enquanto dejetos animais são fontes de poluição e propagação de doenças. Este estudo avaliou o processo de compostagem como solução sustentável para tratar esses resíduos, convertendo-os em compostos utilizáveis na agricultura. Foram coletados resíduos alimentares de um restaurante universitário e dejetos de animais de uma área rural, ambos em Medianeira, Paraná. A compostagem foi realizada em uma leira montada em camadas, com revolvimento duas vezes na semana e monitoramento de temperatura e pH. Análises microbiológicas foram realizadas a cada 15 dias, para *Salmonella* spp. com resultado no início da compostagem de 1,08 NMP/g e ao final 0,907 NMP/g, e coliformes termotolerantes, com o mesmo valor no início e no final: $>1,6 \times 10^5$ NMP/g massa seca, utilizando o método do Número Mais Provável Miniaturizado (mNMP), não adequando-se a Legislação Vigente.

PALAVRAS-CHAVE: Patógenos; Resíduos; Análises Microbiológicas; Contagem.

ABSTRACT

Inadequate management of urban waste and animal waste is a significant source of environmental impact and public health risks, as urban organic waste contributes to problems in landfills and urban environments, while animal waste is a source of pollution and the spread of disease. This study evaluated the composting process as a sustainable solution to treat these residues, converting them into compounds usable in agriculture. Food waste from a university restaurant and animal waste from a rural area were collected, both in Medianeira, Paraná. Composting was carried out in a windrow mounted in layers, with turning twice a week and temperature and pH monitoring. Microbiological analysis were performed every 15 days for *Salmonella* spp. with a result at the beginning of composting of 37.75 NMP/mL and at the end, and thermotolerant coliforms, with the same value at the beginning and at the end: $>1.6 \times 10^5$ NMP/g dry mass, using the Miniaturized Most Probable Number (mNMP) method), not complying with Current Legislation.

¹ Voluntária da CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: julianepletsch@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1320947891790826.

² Voluntário da CNPq. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: davidnegrisoni@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1389607204375005.

³ Docente no Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: marciaagustini@utfpr.edu.br. ID Lattes: 2647557534582483.

⁴ Docente no Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: cristhianerohde@utfpr.edu.br. ID Lattes: 9394152590946639.

⁵ Docente no Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: thiago@utfpr.edu.br. ID Lattes: 7643832070860943.

KEYWORDS: Pathogens. Waste. Microbiological Analysis. Score.

INTRODUÇÃO

A fração orgânica dos resíduos urbanos é responsável pela geração de impactos ambientais importantes em áreas de aterros sanitários e depósitos irregulares, e impactos à salubridade dos ambientes urbanos pela atração de vetores de doenças. Por sua vez, no meio rural, “os dejetos de animais constituem uma fonte de poluição dos recursos hídricos e são um meio de proliferação de insetos” (Carlesso, 2012).

Os animais são os maiores reservatórios de *Salmonella* spp. “Dentro deste gênero, distinguem-se sorologicamente mediante provas bioquímicas cerca de 2.000 sorotipos de salmonelas considerados na atualidade como patógenos” (Pardi, 1995). “O gênero *Escherichia*, juntamente com os gêneros *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*, formam o grupo denominado coliforme” (FRAZIER, 1976) (SILVA, 1995), em que a Resolução CEMA N° 90 de 2013 estabelece condições, critérios e dá outras providências, para compostagem de resíduos sólidos, onde deve atender aos limites máximos de contaminantes admitidos no composto final, como *Salmonella* e Coliformes Termotolerantes.

A compostagem surge como possibilidade de tratar os resíduos acima descritos de maneira sustentável, gerando uma considerável redução de impacto negativo ao meio ambiente, além do composto como produto final, o qual pode ser utilizado posteriormente como fertilizante para o solo.

Ante o exposto, este trabalho teve como objetivo caracterizar os resíduos alimentares a partir de parâmetros microbiológicos e quantificar os microrganismos patogênicos após a compostagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos alimentares (RA) foram coletados todos os dias durante uma semana, no Restaurante Universitário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizado em Medianeira, na Avenida Brasil, 4232, Parque Independência. Esses resíduos eram formados basicamente por verduras e legumes como alface, cenoura e repolho. O dejetos bovino fresco (DB) foi coletado de uma propriedade rural de produção leiteira, também na cidade de Medianeira, na Linha Alegria. Foi coletado também resíduos de poda de grama (RP) da UTFPR Medianeira e a galharia (RG) também utilizada é proveniente de experimentos anteriores que já estavam no pátio de compostagem da Universidade.

A leira de compostagem foi montada em um pátio específico para este fim, sendo coberto, em piso impermeável contendo uma lona plástica. Sua montagem aconteceu em camadas, iniciando por uma camada de grama, em seguida dejetos e resíduo vegetal, nessa ordem; e ao fim, foi adicionada poda de grama para cobrir a leira e evitar o acesso a vetores. A leira foi montada dia 23/06/2023 e revolvida duas vezes na semana (segundas e quintas) e corrigida a umidade quando necessário. Após a montagem, a massa da leira foi de 169 kg, sendo 14% de poda de grama, 54% de dejetos bovinos, 21% de resíduos alimentares, além de 11% de água. As medidas da leira totalizaram 0,9m³.

A temperatura da leira de compostagem foi aferida duas vezes na semana com o uso de sete termômetros de vidro, utilizando seis com profundidade de 10cm ao redor da

leira, a fim de obter a média das temperaturas externas, e feita uma cavidade no centro, um termômetro para medição da temperatura máxima.

Foram realizadas análises de pH semanalmente, utilizando a metodologia sugerida pelo caderno de metodologias APHA 2005, onde, pesou-se 20,0 g de uma amostra retirada da pilha, triturou-a, e adicionou-se 80,0g de cloreto de cálcio. Essa mistura foi colocada sob agitação por 05 minutos e posteriormente deixada em repouso por 10 minutos. Após esse tempo, foi realizada a determinação do ph no phmetro HANNA.

Para as análises microbiológicas (SANTOS, 2015), as coletas foram realizadas no momento da montagem da leira, e a cada 15 dias. Foi coletada a amostra após o revolvimento, para obtenção de uma amostra homogênea e após, foi levada para o laboratório, onde realizou-se as análises, pesando 25g do composto e adicionando-o ao frasco de Água Peptonada Tamponada (ATP) e incubando a 37°C por 24 horas (APHA, 2005).

Para a quantificação de *Salmonella* spp. foi utilizado o método do Número mais Provável Miniaturizado (mNMP) proposto por (Fravallo et al., 2003) e adaptado por (Colla et al., 2014), que contém as mesmas fases da microbiologia convencional mas executadas em placas de 24 poços com capacidade para 2,5 mL.

Transferiu-se 20uL de cada poço para a cavidade correspondente em outra placa contendo 2 mL de o meio de cultura Rappaport-Vassiliadis (MSRV), incubando-as por 24 horas a 41°C. Após, a viragem da cor azul do meio para a cor branca era indicativa de crescimento bacteriano, o que era confirmado pela semeadura do conteúdo destes poços em Ágar *Salmonella Shigella* (SS).

A partir destes resultados foram estabelecidos os poços positivos e negativos usados para o cálculo do número mais provável (mNMP) de diluições seriadas não decimais utilizando uma fórmula simplificada (Thomas, 1942), conforme a Equação 1:

$$\text{NMP / g ou mL} = P / \sqrt{NT}$$

Equação 1- Cálculo do Número mais provável

Sendo:

P = número de tubos positivos;

N = soma da quantidade de amostra inoculada em todos os tubos negativos;

T = soma da quantidade de amostra inoculada em todos os tubos.

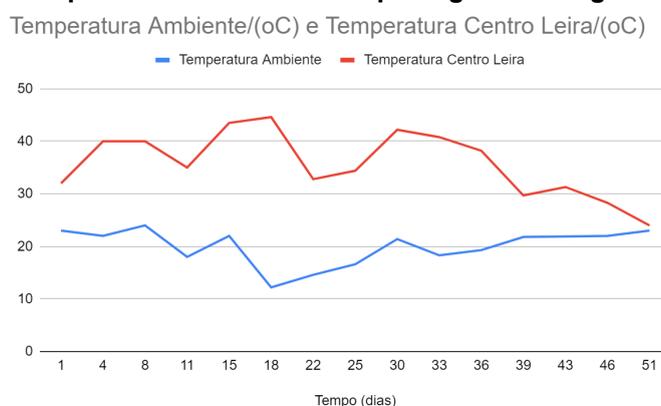
Para quantificação de coliformes termotolerantes foi utilizada a técnica do número mais provável (NMP/g) ou técnica dos tubos múltiplos conforme *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2017). Para a etapa denominada Etapa Presuntiva foram preparados 15 tubos contendo 9ml de caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), tomando apenas as três primeiras diluições da etapa de pré-diluição, (10^{-1} a 10^{-3}). Foram pipetados 100 uL, 10 uL e 1uL e incubados a 35°C por 24h. Transcorrido o período de incubação, foi analisado cada tubo individualmente, sendo separados aqueles com evidência de fermentação, considerados tubos positivos.

A confirmação de Coliforme Termotolerantes aconteceu mediante o preparo de tubos contendo 10ml de caldo *Escherichia coli* (EC). Os tubos positivos do caldo LST foram replicados para o caldo EC, através da técnica da difusão (líquido-líquido), foram transferidos com alça de platina e incubados por 24 horas a 45°C. A presença de tubos que turvaram com gás no interior do tubo de Durham são indicativos da presença de Coliformes Termotolerantes, e os resultados são apresentados em Número Mais Provável por grama de Massa Seca (NMP/gMS) e comparados com a tabela de Número mais provável.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A temperatura da leira de compostagem iniciou com 31 °C e no centro da leira 32°C, (Figura 1). Segundo (Malavolta, 1989) “o tempo de exposição dos resíduos orgânicos a altas temperaturas (60-70 °C) é fundamental para acelerar o processo de biodegradação”. Sendo assim, as baixas temperaturas apresentadas, não chegando até o 15° dia na fase termofílica, podem ser explicadas pelo volume insuficiente da leira, impedindo a retenção do calor gerado e também pela temperatura ambiente, tratando-se de um mês frio.

Figura 1. Temperatura da leira de compostagem ao longo do processo



Fonte: Autoria própria.

No início do processo de compostagem, o pH estava em 7,7 e manteve-se estável durante todo o processo de compostagem, sendo 7,8 na última análise. De acordo com (Costa 2015), “a matéria orgânica com pH variável entre 3 e 11 pode ser compostada”. No entanto, valores próximos a neutralidade como 5,5 a 8,0 são considerados ideais.

Durante o período de compostagem, a coleta de amostras foi a cada 15 dias, bem como realizada as análises para Coliformes Termotolerantes e *Salmonella* spp., indicadas pela Tabela 1.

Tabela 1. Resultados de C. Termotolerantes e *Salmonella* spp. durante o processo de compostagem.

	Coliformes Termotolerantes (NMP/gMS)	<i>Salmonella</i> spp. (NMP/g)
23/06	>1,6x10 ⁵	1,08
10/07	>1,6x10 ⁵	0,907
25/07	>1,6x10 ⁵	0,54
07/08	>1,6x10 ⁵	0,36
21/08	>1,6x10 ⁵	0,907

Fonte: Autoria própria.

Para *Salmonella* spp, o valor no início da compostagem foi de 1,08 NMP/g, não atendendo a Legislação vigente (Resolução CEMA n° 90, 2013), onde determina que o composto final seja ausente de *Salmonella* spp para uso em substrato para plantas. Esse

resultado é esperado, devido ao fato de ser um composto que não passou por nenhum tratamento, além da compostagem estar em sua fase inicial.

Nos testes para Coliformes Termotolerantes, o valor no início da compostagem e em todas as análises até o encerramento da leira foi o mesmo, de $>1,6 \times 10^5$ NMP/g massa seca, não atendendo a Legislação CEMA n°90, que define que o limite máximo de Coliformes Termotolerantes (NMP/gMS) para uso em substrato para plantas seja <1000 . Assim como o caso da presença de *Salmonella* spp, Coliformes Termotolerantes também são esperados pelo fato do dejetos bovino não ter passado por tratamento e por não ter atingido a temperatura ideal para eliminar os coliformes, de 45°C (CONAMA 357, 2005).

Esses resultados alterados, indicando diminuição na quantidade de *Salmonella* spp. nas amostras dos dias 25/07 e 07/08, e novamente aumento na última amostragem, do dia 21/08, podem ter-se dado devido ao aumento da temperatura a partir do dia 30, fornecendo uma condição de estresse para as bactérias, e a partir do dia 39, a diminuição da temperatura, como a indicou a Figura 1, estabelecendo um ambiente favorável ao aumento de *Salmonella* spp., pois “a salmonela consegue crescer em ambientes com temperaturas entre 5°C e 46°C e tem uma temperatura ótima em torno de 38°C , sendo resistentes ao resfriamento e congelamento mas, destruídas quando submetidas a um tratamento térmico acima de 70°C ” (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação de *Salmonella* spp. no início da compostagem é indicativo de contaminação, que deve ser solucionada durante o processo, onde nota-se a importância de controlar os parâmetros em processos de compostagem em pequena escala. Para Coliformes Termotolerantes o valor inicial foi de $>1,6 \times 10^5$ NMP/g massa seca e manteve-se o mesmo durante todo o processo. Para a *Salmonella* spp., o valor é de 1,08 NMP/g e ao final, o resultado foi de 0,907 NMP/g, não obtendo o resultado esperado.

CONFLITO DE INTERESSE

Não houve conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Water Works Association, 2005.

APHA AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** 23rd ed. Washington: American Public Health Association, 2017.

BRASIL, Resolução CONAMA n°357, de 17 de março de 2005. **Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=102255>. Acesso em: 21 out. 2023.

CARLESSO, W; RIBEIRO, R; HOEHNE, L. **Tratamento de resíduos a partir de compostagem e vermicompostagem**, 2012. Disponível em:

<http://www.univates.com.br/revistas/index.php/destaques/article/view/131>. Acesso em: 21 out. 2023.

COLLA, F. L., MION L., PARIZOTTO L., RODRIGUES, L. B., PILOTTO, F., DICKEL E. L., NASCIMENTO V.P. & SANTOS L. R. 2014. **Miniaturized most probable number for the enumeration of Salmonella sp in artificially contaminated chicken meat**, 2014.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbca/a/JxYG8xMtNqWjFQG7V7ZKcyk/?format=pdf&lang=en>.

Acesso em: 21 out. 2023.

COSTA, A; et al. **O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos**, 2015. Disponível em:

<https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/503/1430>. Acesso em: 21 out. 2023.

Entenda melhor -Salmonela em carne de frango. Disponível em:

<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/arquivos-publicacoes-dipoa/entenda-melhor-salmonela-em-carne-de-frango#:~:text=As%20salmonelas%20conseguem%20crescer%20em>>. Acesso em: 11 set. 2023.

FRAVALLO, P., HASCOET, Y., LE FELLIC, M., QUEGUMER, S., Petton J. & SALVAT G. 2003. **Convenient method for rapid and quantitative assessment of Salmonella enteric contamination: the mini-MSRV MPN technique**, 2003. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1745-4581.2003.tb00031.x>. Acesso em: 21 out. 2023.

FRAZIER, N.C. **Microbiologia de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1976. Disponível em: <https://iselavictoria06wordpress.files.wordpress.com/2019/04/l33.pdf>. Acesso em: 21 out. 2023.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5ª ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 292 p, 1989.

Resolução CEMA Nº 90 de 03/12/2013. São Paulo: CEMA, 2013. Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=264908#:~:text=Estabelece%20condi%C3%A7%C3%B5es%20crit%C3%A9rios%20e%20d%C3%A1,o%20uso%20do%20compost%20gerado>. Acesso em: 21 out. 2023.

SANTOS, L; et al. **Número mais provável miniaturizado e microbiologia convencional para isolamento de Salmonella spp. em abatedouros de frangos de corte**, 2015.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pvb/a/FXwgnFt7FKSV4qjPvDRSWNH/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 21 out. 2023.

SILVA, N. & JUNQUEIRA, V.C.A. **Métodos de análise microbiológica de alimentos**.

Campinas: ITAL, 1995. 228 p.

THOMAS, H. A. 1942. **Bacterial densities from fermentation tube tests**. J. Am. Water Assoc, 1942. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41232832>. Acesso em: 23 out. 2023.