ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO DE COMPOSTEIRAS EM ESCALA PILOTO

Eduardo Antonio Maia Lins (1)
Engenheiro Civil pela Universidade de Pernambuco (2000). Tecnólogo em Gestão Ambiental pelo SENAC de São Paulo (2022). Doutor pela Universidade Federal de Pernambuco (2011) em Engenharia Civil. Professor Adjunto da Universidade Católica e Instituto Federal de Pernambuco. Conselheiro Fiscal do CREA-PE.
Paulo Victor de Melo Telles (2)
Engenheiro Civil pelo Instituto Federal de Pernambuco.
Sérgio Carvalho de Paiva (3)
Doutor em Engenharia civil na área de concentração Geotecnia na Universidade Federal de Pernambuco. Mestrado em Engenharia Civil na Universidade Católica de Pernambuco (2008). Especialização em biotecnologia ambiental e Engenharia Química (2005) pela UNICAP.
Yann Lucas de Aguiar Arruda (4)
Engenheiro Civil pelo Instituto Federal de Pernambuco.
Camilla Borges Lopes da Silva (5)
Graduanda em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Pernambuco.

Endereço (1)**:** Rua Guilherme Salazar, 151, Cond Quinta dos Portos, apto 501, Poço, Recife, PE, CEP: 52061-275 - Brasil - Tel: +55 (81) 999653819, email: eduardomaialins@gmail.com

RESUMO

A crescente emissão de poluentes atmosféricos, associada à intensificação da urbanização e disposição inadequada de resíduos, tem contribuído para a formação de chuvas ácidas, que comprometem a qualidade do solo e a produtividade agrícola. Neste contexto, o presente trabalho investiga a influência de compostos orgânicos produzidos por composteiras sobre a acidez de solos submetidos à simulação de chuva ácida. Foram analisadas amostras de solo arenoso, argiloso e de húmus provenientes de leiras de compostagem aeróbia e anaeróbia. A variação do pH ao longo de 48 horas de exposição a uma solução ácida (pH 5,0) foi monitorada. Cada ponto experimental representou a média de três repetições. Os resultados apontam que os compostos orgânicos apresentaram maior capacidade tampão, mantendo valores de pH mais próximos da neutralidade em comparação aos solos. Esses dados indicam o potencial uso de compostos orgânicos na reabilitação de solos ácidos em áreas urbanas e periurbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Chuva ácida, compostagem, solos urbanos, capacidade tampão, pH**.**

INTRODUÇÃO

De acordo com a ABREMA (2024), a geração média de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) per capita no Brasil foi estimada em 1,047 kg por dia em 2023, resultando em uma geração anual aproximada de 81 milhões de toneladas, o que corresponde a mais de 221 mil toneladas diárias ou cerca de 382 kg de RSU por habitante por ano. Apesar desse volume expressivo, apenas 300 mil toneladas foram destinadas a unidades de compostagem, de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2023). O restante foi encaminhado, majoritariamente, para aterros sanitários ou descartado de maneira inadequada em lixões e aterros controlados.

A compostagem surge como uma prática essencial na gestão sustentável de resíduos orgânicos, permitindo a transformação desses materiais em adubo natural e contribuindo significativamente para a redução do impacto ambiental. Diversos estudos recentes têm abordado métodos e benefícios dessa técnica. Por exemplo, Parajara (2021) destaca a importância de parâmetros como umidade e relação carbono/nitrogênio (C/N) no processo. Segundo o autor, a umidade ideal varia entre 50% e 60%, enquanto a relação C/N inicial deve estar entre 26:1 e 35:1 para garantir uma decomposição eficiente pela atividade microbiana.

Monteiro e Machado (2023) investigaram a produção de composto orgânico a partir de resíduos gerados no Instituto Federal do Amazonas. Esse estudo resultou na obtenção de compostos de qualidade satisfatória e na criação de uma cartilha para promover a compostagem como alternativa viável para reciclagem de resíduos orgânicos em pequena escala.

Amaral et al. (2023) abordaram a compostagem como solução para a gestão de resíduos sólidos orgânicos na agricultura e silvicultura sustentável, destacando benefícios como a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, os autores ressaltam que a compostagem diminui a dependência da extração de novas matérias-primas para fertilizantes, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida.

Em 2023, outros estudos reafirmaram a relevância da compostagem. Brinck (2023) explorou essa prática como uma ferramenta de educação ambiental e redução de resíduos. Vidigal et al. (2023) apresentaram técnicas para produzir adubo orgânico a partir de resíduos agrícolas, evidenciando sua eficiência na transformação de resíduos em recursos valiosos. Já Silva et al. (2024) relataram a realização de oficinas de compostagem como instrumento educativo, reforçando o potencial da técnica na promoção da sustentabilidade e da conscientização ambiental.

Esses trabalhos evidenciam a importância da compostagem tanto como prática sustentável quanto como instrumento educativo, contribuindo para a redução de resíduos e para a conscientização ambiental. O presente estudo visa avançar nesse campo, gerando compostos orgânicos de alta qualidade com o objetivo de reabilitar solos pobres em nutrientes e promover práticas agrícolas mais sustentáveis, além de avaliar o desempenho de das composteiras.

METODOLOGIA

- Caracterização da matéria orgânica.

Para a implantação das composteiras, foram utilizados resíduos orgânicos de alimentos e folhas secas de plantas nativas da vegetação de Mata Atlântica. Parte dos insumos orgânicos, por sua vez, foi coletada nas proximidades da Universidade Católica de Pernambuco e parte foi trazida pelo grupo de pesquisa das suas casas. Os resíduos escolhidos para o melhor desenvolvimento das composteiras precisam ser ricos em nitrogênio e carbono em sua composição, com o intuito de fornecer os nutrientes capazes de melhorar o processo da compostagem. Conforme Brietzke (2016), a regulação da relação C/N está diretamente ligada como o tipo de material que vai ser adicionado no composto. Geralmente, resíduos palhosos, como por exemplo, folhas secas, restos de podas, galhos de árvores, papel, aparas de madeira, dentre outros, são ricos em carbono. Já os legumes frescos, restos de frutas, verduras, borra de café, casca de ovo, são fonte de nitrogênio. Segundo Carvalho (2020) é importante evitar colocar elementos, tais como: vidros, metais, plásticos, couro, tecidos, papel higiênico, fezes de animais, tocos de cigarro, fraldas, gorduras, queijos, carvão, tintas e produtos químicos, frutas cítricas, bagaço ou casca de laranja, limão, flores e produtos de limpeza, pois atrapalham no desenvolvimento e formação do húmus.

- Preparo das composteiras:

Foram preparadas duas composteiras (Figura 1), sendo aeróbia e outra anaeróbia. A composteira aeróbia foi inserida em uma bacia plástica com capacidade de 25 Litros e a composteira anaeróbia foi inserida em um balde plástico com capacidade de 15 Litros. Abaixo, descreve-se como foram montadas as composteiras.

<u>Composteira 1 - Aberta:</u>

75% folhas secas (746 gramas);
12,5% de matéria orgânica (124,5 gramas);
12,5% de húmus (124,5 gramas).

<u>Composteira 2 - Fechada:</u>

75% folhas secas (746 gramas);
12,5% de matéria orgânica (124,5 gramas);
12,5% de húmus (124,5 gramas).

As composteiras foram montadas e analisadas durante 59 dias, e, foram configuradas para criar uma harmonização entre seus elementos constituintes, imitando assim, um ambiente mais próximo ao natural. A tendência natural levará os resíduos de alimentos a se misturarem com as folhas secas, gerando um recurso

valioso na agricultura, melhorando a acidez do solo. A compostagem ocorre naturalmente no ambiente através da degradação de matéria orgânica. Porém, a produção tradicional do composto é demorada podendo alcançar um período entre 2 a 3 meses, dependendo de inúmeras variáveis.

Figura 1: Composteiras abertas e fechadas. Fonte: Os Autores (2025)

- Monitoramento do pH, Temperatura e Umidade das composteiras

Os parâmetros utilizados para avaliar o sistema de compostagem foram o pH, temperatura e umidade sendo todas medições realizadas em campo diariamente. A análise de pH foi realizada por um phmetro digital, introduzido em um ponto médio da massa de resíduos. Já a temperatura e a umidade foram verificadas utilizando um termo-higrômetro digital, introduzindo-o também em um ponto médio da massa de resíduos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Análise e Discussão das Composteiras 1 e 2:

A temperatura é considerada um importante indicador de eficiência no processo de compostagem em relação à atividade dos microrganismos e à oxigenação, o que a torna um elemento importante no processo (VALENTE *et al.,* 2009). Além disso, a compostagem é um processo microbiológico, que provoca a elevação da temperatura no interior das leiras, em decorrência da geração de calor, pelo metabolismo microbiológico de oxidação da matéria orgânica, que é um processo exotérmico (KIEHL, 2004). É necessário e importante que exista calor no interior da biomassa durante o processo, pois é por meio dele que os resíduos serão estabilizados e transformados em húmus e por consequência, facilitarão a evaporação de água e reduzirão a carga de patógenos (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Segundo Gouveia (2012) o processo de compostagem é divido em 2 fases distintas, onde a primeira é a bioestabilização ou semi-maturação, e ocorre quando as reações bioquímicas mais intensas são predominantemente formadas por micro-organismos termófilos, e são responsáveis pela eliminação das bactérias patogênicas, porém existem micro-organismos mesófilos que estão em menor número; a segunda fase, da maturação, é quando se dá o processo de humificação (conversão de resíduos orgânicos em húmus), que são formadas por micro-organismos mesófilos. As temperaturas dos microrganismos mesófilos variam entre 15 – 40° C e os termófilos entre 40 – 65°C (FERNANDES; SILVA; 1996).

Com base nos dados obtidos nas Figuras 2 e 3, percebe-se que as composteiras anaeróbia e aeróbia tiveram uma variação de temperatura, respectivamente, entre 22,3°C a 31,7°C e 21,8°C a 32,1°C, ao longo dos 59 dias. Foi possível observar que não chegaram à temperatura referente à fase dos termófilos, porém, foi possível perceber que nos primeiros dias a temperatura da composteira anaeróbia estava baixa e no decorrer dos vinte primeiros dias ela foi variando pouco e em seguida, decrescendo um pouco até a temperatura de 22,3°C.

Percebeu-se que no final do segundo mês apresentou-se um maior pico de temperatura, representando uma maior atividade microbiana e consequentemente uma maior intensidade no processo da compostagem.

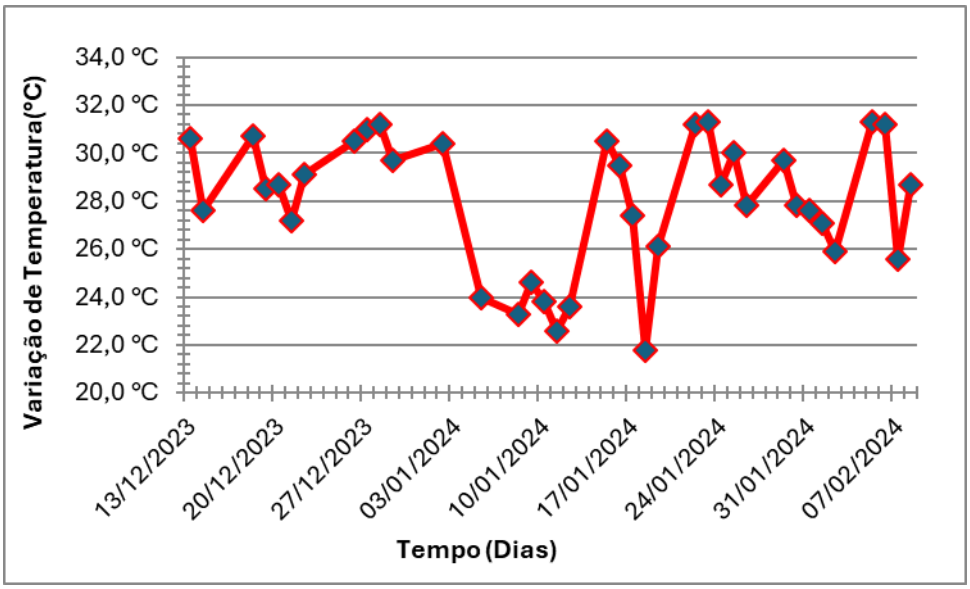

Figura 2 – Variação de Temperatura – Composteira 1(Aeróbia). Fonte: Os Autores (2025).

Observando a temperatura da composteira aeróbia, percebe-se que ela se comportou de forma semelhante a anaeróbia, tendo uma maior estabilidade ao longo do primeiro mês e metade do segundo, variando em torno de 20°C a 30°C. Entre a metade e o final do segundo mês, apresentou-se um maior pico de temperatura, contudo, a temperatura média ficou em torno dos 30°C.

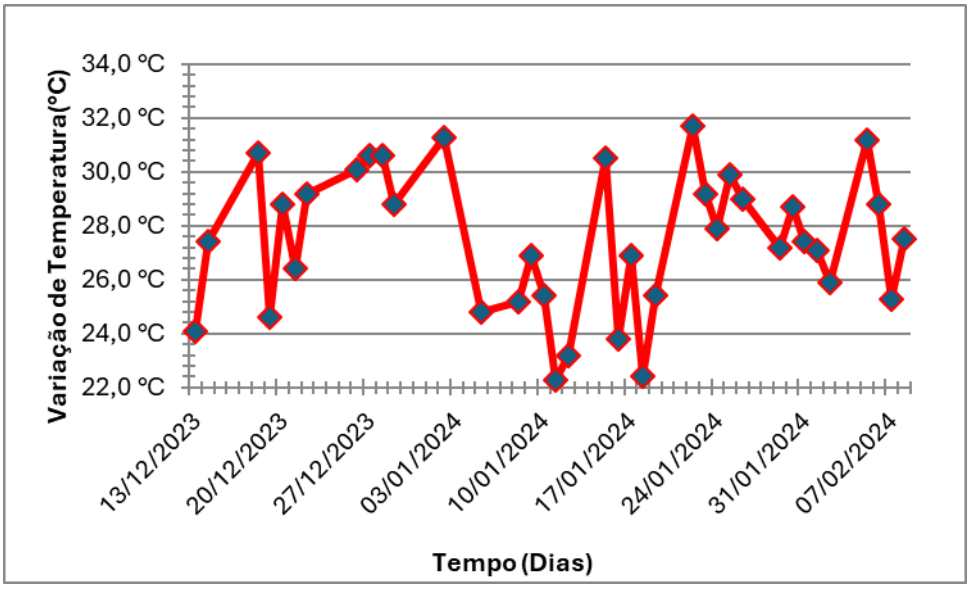

Figura 3 – Variação de Temperatura – Composteira 2 – Anaeróbia. Fonte: Os Autores (2025).

Quanto ao pH, a sua importância se deve a possibilidade de inibição dos microrganismos, onde valores muito baixos ou altos podem reduzir ou até inibir a ação microbiana. Além disso, o pH é um fator decisivo na indicação a bioestabilização do composto durante a compostagem.

Observando a variação do pH das composteiras ao longo dos 59 dias, notou-se que as composteiras aeróbia e anaeróbia apresentaram um pH entre 7 e 8 (Figuras 4 e 5) ao longo de todo o processo. Segundo Pereira Neto (1998), quando o pH de um composto encontra-se em torno de 7 a 8, geram-se benefícios como sua utilização

na correção dos solos ácidos. Assim, ao analisar o pH das composteiras percebe-se que o composto estaria apto para reduzir a acidez do solo.

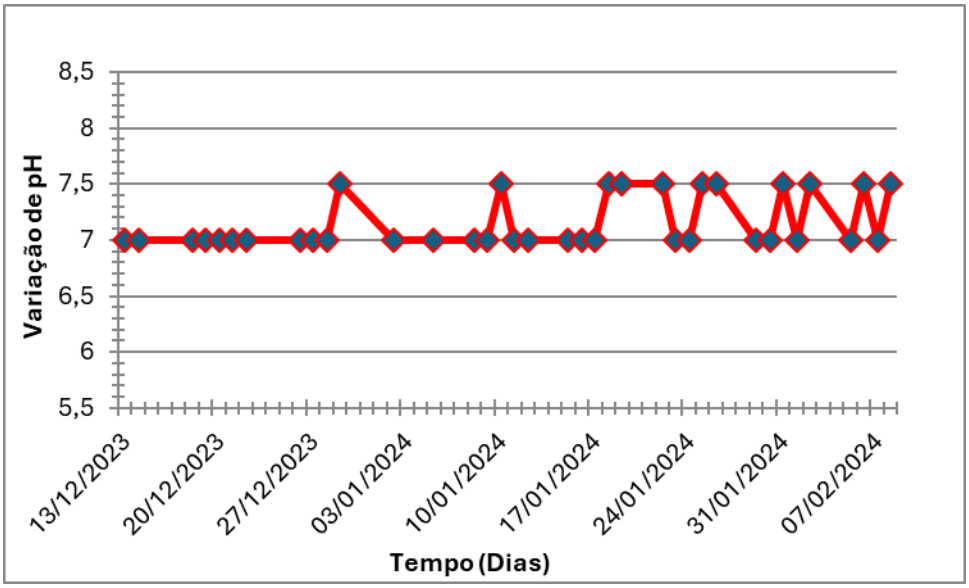

Figura 4 – Variação de pH – Composteira 1 (Aeróbia). Fonte: Os Autores (2025).

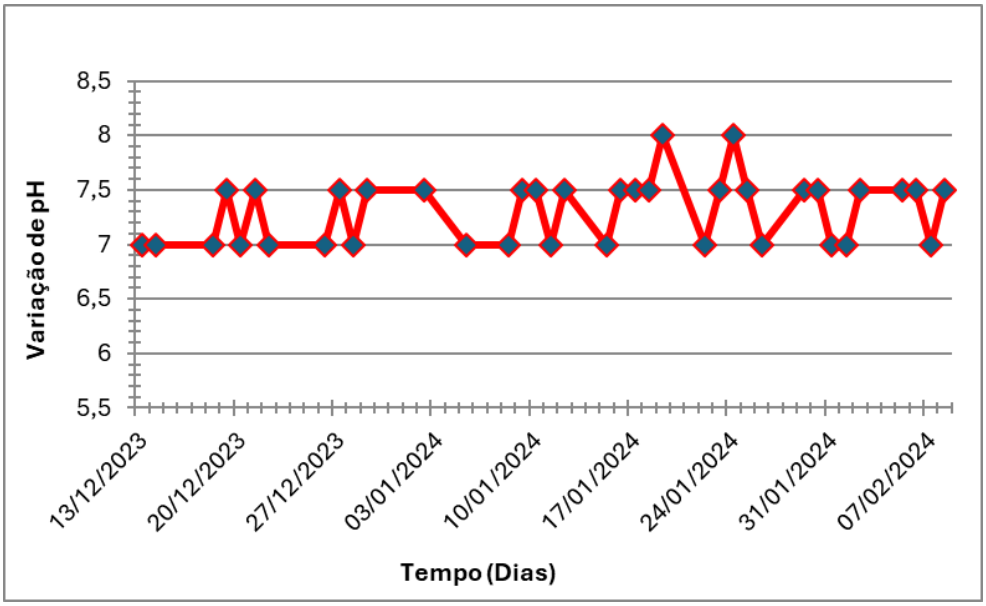

Figura 5 – Variação de pH – Composteira 2 (Anaeróbia). Fonte: Os Autores (2025).

O acompanhamento da umidade é considerado um importante indicador no processo de compostagem por ser fundamental na vida microbiana. A umidade e o oxigênio tendem a ocupar o mesmo espaço poroso no material em compostagem (INÁCIO; MILLER; 2009). Logo é necessário promover o equilíbrio entre a relação água-ar, para obter um composto ideal. Para isso, o composto precisa ter um ótimo teor de umidade, de modo geral, situa-se entre 50 e 60% (FERNANDES; SILVA; 1996). Diante do exposto, ao analisar a Figura 6, foi possível perceber que a composteira aeróbia apresentou umidade, variando entre 44% e 86%. Na metade do primeiro mês até a metade do segundo, a umidade diminuiu e variando entre 44% e 54%. Avaliando a composteira anaeróbia (Figura 7), foi possível observar que sua umidade variou entre 45% e 83%. Na metade do primeiro mês até a metade do segundo, a umidade também diminuiu e ficou entre 45% e 53%. É importante observar que a umidade é um parâmetro fundamental no desenvolvimento das leiras, pois se o teor de umidade for inferior a 40%, a atividade microbiológica diminui bastante, tornando o processo de biodegradação do composto bem lenta, podendo comprometer a atividade microbiana (FERNANDES; SILVA; 1996). Logo, é necessário irrigar a leira de forma controlada, aumentando a sua umidade.

No início do processo, as composteiras apresentaram um alto valor de umidade, contudo, quando a umidade está com um teor acima de 65%, a água começa a ocupar os vazios do composto, impedindo a livre passagem do oxigênio, podendo causar anaerobiose no meio, por baixar o potencial de oxiredução e por fim reduzir a eficiência do processo (FERNANDES; SILVA; 1996), decompondo os resíduos de forma incompleta, baixando a temperatura, gerando um odor desagradável.

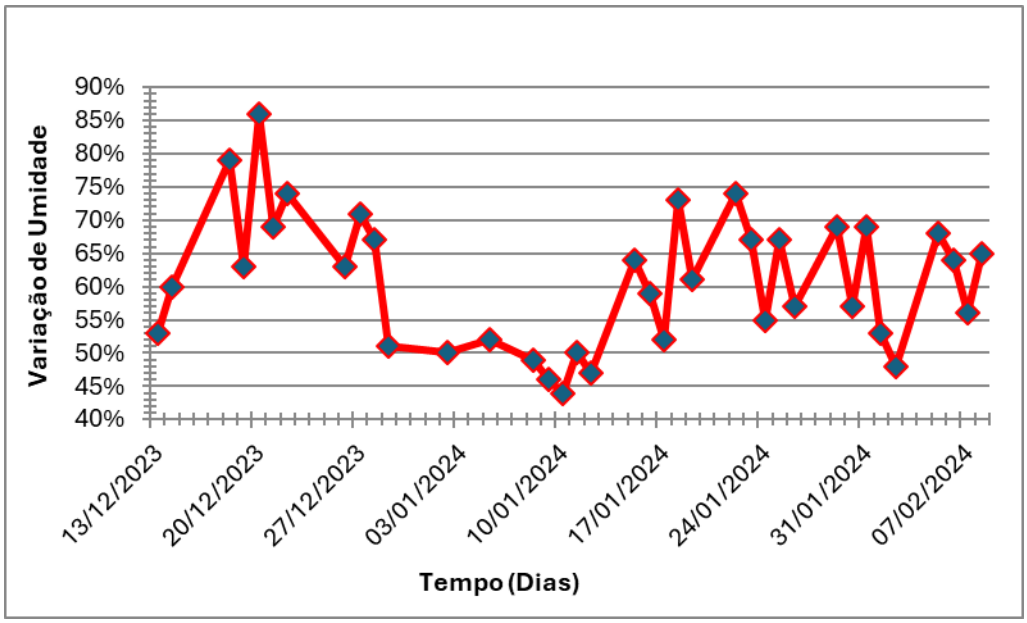

Figura 6 – Variação de Umidade – Composteira 1 (Aeróbia). Fonte: Os Autores (2025).

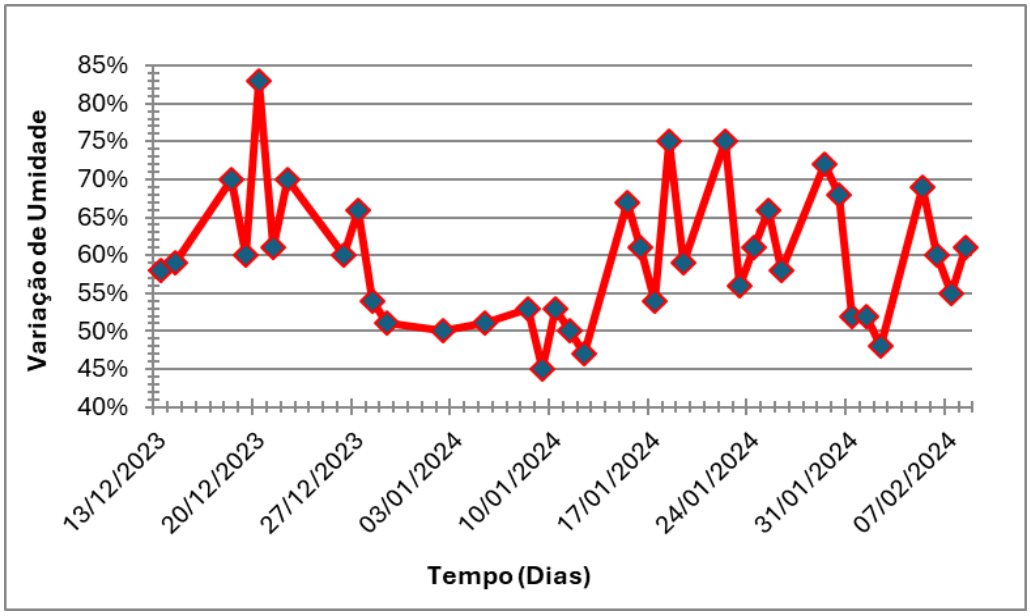

Figura 7 – Variação de Umidade – Composteira 2 (Anaeróbia). Fonte: Os Autores (2025).

- Análise do Desempenho das Composteiras 1 e 2:

A eficiência das composteiras foi avaliada a partir dos parâmetros de temperatura, pH e umidade ao longo de 59 dias de monitoramento. Ambas foram montadas com a mesma proporção de insumos orgânicos (75% de folhas secas, 12,5% de matéria orgânica fresca e 12,5% de húmus), diferindo apenas quanto à presença de oxigênio no processo (sistema aberto e fechado).

- Temperatura

A temperatura das composteiras variou entre 21,8 °C e 32,1 °C na composteira 1 (aeróbia) e entre 22,3 °C e 31,7 °C na composteira 2 (anaeróbia). Em ambas, observou-se estabilidade térmica nas fases iniciais, seguida por picos de temperatura ao final do segundo mês. Embora nenhuma das composteiras tenha atingido a faixa termofílica (40–65 °C), considerada ideal para higienização e aceleração do processo de compostagem, os dados indicam atividade microbiana constante ao longo do período (KIEHL, 2004; VALENTE et al., 2009).

- pH

O pH variou entre 7 e 8 em ambas as composteiras, mantendo-se dentro da faixa neutra e estável durante todo o ciclo. Segundo Pereira Neto (1998), valores de pH entre 7 e 8 favorecem a bioestabilização e permitem a aplicação do composto como corretivo em solos ácidos, o que evidencia a qualidade do composto gerado, mesmo na ausência de condições termofílicas ideais.

- Umidade

A composteira aeróbia apresentou variação de umidade entre 44% e 86%, enquanto a anaeróbia variou entre 45% e 83%. Em ambas, observou-se excesso de umidade nas fases iniciais, o que pode ter comprometido a oxigenação (FERNANDES; SILVA, 1996). No entanto, os valores se estabilizaram entre 50% e 60% ao longo do tempo, faixa considerada ideal para o desenvolvimento da atividade microbiana (PARAJARA, 2021). A manutenção da umidade adequada foi essencial para evitar anaerobiose indesejada na composteira aeróbia e para garantir a eficiência na degradação da matéria orgânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambas as composteiras apresentaram desempenho satisfatório, com estabilização da matéria orgânica, manutenção de pH neutro e controle gradual da umidade. No entanto, destaca-se que a composteira aeróbia apresentou leve superioridade no controle térmico e na constância dos parâmetros ambientais. Conclui-se, portanto, que ambas as técnicas são viáveis para a produção de composto orgânico, sendo que a aeróbia se mostra ligeiramente mais eficiente quanto à estabilidade e controle operacional do processo.

Apesar de as temperaturas das composteiras aeróbia e anaeróbia não atingirem a fase termofílica (superior a 45°C), observou-se uma variação de temperatura que reflete a atividade microbiana ao longo do processo de compostagem. Embora ambas as composteiras tenham registrado picos de temperatura, a ausência da fase termofílica sugere que o processo não atingiu condições ideais para eliminar patógenos ou acelerar a decomposição de matéria orgânica mais complexa, como seria esperado em processos termofílicos.

O controle rigoroso da umidade é fundamental para a eficiência do processo de compostagem. É necessário manter os níveis de umidade entre 50% e 60%, irrigando ou manejando a leira conforme necessário. Tanto em sistemas aeróbios quanto anaeróbios, a atenção ao equilíbrio hídrico foi indispensável para evitar condições adversas, garantindo a biodegradação eficiente dos resíduos e a prevenindo problemas como odores e baixa eficiência.

O composto gerado pelas composteiras está apto para ser aplicado na correção da acidez do solo, além de indicar que o processo de compostagem foi eficiente em estabilizar o material orgânico sem gerar condições adversas para os microrganismos.

REFERÊNCIAS

ABREMA. Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2024*. 2024. Disponível em: https://www.abrema.org.br. Acesso em: 12 nov. 2024.
Amaral, G. F., Pereira, J. C., & Oliveira, A. M. (2023). Compostagem na agricultura sustentável: Soluções práticas para resíduos sólidos orgânicos. *Cadernos de Pedagogia Aplicada*, 9(1), 32-48. Disponível em: https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11797.
Bidone, F.R.A.; Povinelli, J. *Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos*. São Carlos: EESC/USP, Projeto REENGE, 1999.

Brietzke, D. T. *Avaliação do processo de compostagem considerando a relação Carbono/Nitrogênio*. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Centro Universitário UNIVATES, 2016.

Ferreira, T. R., & Silva, A. P. (2023). Compostagem Doméstica como Solução Sustentável para Resíduos Orgânicos. *Revista Amigos da Natureza*. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/download/4163/4003/9108

Kiehl, E. J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. 4. ed. São Paulo: Degaspari, 2004. 173

Monteiro, L. S., & Machado, R. P. (2023). Produção de composto orgânico a partir de resíduos do Instituto Federal do Amazonas. *Cuadernos de Educação*, 12(3), 45-60. Disponível em: https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/download/2311/1825/5583

Parajara, F. C. (2021). *Parâmetros essenciais na eficiência da compostagem: Um estudo experimental.* Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/pgibt/sites/242/2021/09/tese_fulvio-cavalheri-parajara_dr_final-.pdf.

Silva, G. F., Oliveira, L. S., & Pereira, D. T. (2024). Oficinas de Compostagem com Materiais Recicláveis no Ensino Médio. *Revista Sala de Aula*. Disponível em: https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/2169

Valente, B. S. et al. *Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos.* Archivos de Zootecnia, Pelotas, 2009.

Vidigal, L. C., Santos, M. R., & Almeida, J. P. (2023). *Compostagem: Técnica Sustentável para o Aproveitamento de Resíduos Orgânicos*. Disponível em: https://www.livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/08/Compostagem-1.pdf