



USO DA PLATAFORMA ARDUINO PARA A INSTRUMENTAÇÃO DE UMA CÂMARA DE COMPOSTAGEM DE UM SANITÁRIO SECO

David Wálif Santos Carvalho¹, Paulo Luciano Machado Ferraz², Julio Cesar Dainezi de Oliveira², Alex Sander Dias Machado³, Thiago Parente Lima^{1*}

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Instituto de Ciência e Tecnologia, Diamantina, MG, Brasil, 39100-000.

² Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Mecânica, Maringá, PR, Brasil, 87020-900.

³ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Faculdade de Medicina, Diamantina, MG, Brasil, 39100-000.

***e-mail:** thiago.parente@ufvjm.edu.br

Resumo: No sanitário seco, fezes e urina humana são tratadas por meio de um processo de decomposição e evaporação, sem o uso de água, podendo ser transformados em um composto final seguro e livre de patógenos. No processo de decomposição, a temperatura e umidade do composto são fatores importantes e afetam a qualidade do composto final. O objetivo desse trabalho é instrumentar a câmara de compostagem de um sanitário seco, utilizando a plataforma Arduino, para a medição da temperatura e umidade do ar da câmara e da temperatura e umidade do composto. A temperatura do composto e a temperatura e a umidade do ar da câmara foram medidas com sucesso. O sensor utilizado para medir a umidade do composto não foi capaz de apresentar resultados satisfatórios. As temperaturas alcançadas pelo composto sugerem a atividade de micro-organismos mesofílicos no processo de decomposição.

Palavras-chave: SANISECO; SANEAMENTO BÁSICO; TEMPERATURA.

1. INTRODUÇÃO

No sistema centralizado de tratamento de resíduos, que envolve o uso de água potável nas descargas, não é economicamente viável levar toda a estrutura de saneamento às regiões isoladas ou de difícil acesso. Nessas regiões, o sanitário seco surge como uma alternativa promissora de saneamento básico descentralizado [1, 2, 3]. Diferente dos sistemas convencionais, o sanitário seco não utiliza água no tratamento de fezes e urina humana. Estes resíduos são armazenados em uma câmara de compostagem e tratados por um processo de decomposição e evaporação, tendo como resultado um composto seguro e

higienizado. Assim, o sanitário seco representa uma solução que evita a contaminação de recursos hídricos e reduz o risco de doenças transmitidas por fezes e urina humana.

A temperatura, umidade e outros fatores ambientais, dentro da câmara de compostagem do sanitário seco, influenciam diretamente na atividade microbiana que ocorre no processo de decomposição dos resíduos, afetando a eficiência do processo e a qualidade e segurança do composto produzido. O monitoramento desses fatores pode ajudar a identificar possíveis problemas no funcionamento do sanitário seco e orientar ajustes necessários para otimizar o processo de compostagem [4, 5, 6].

O objetivo desse trabalho é instrumentar a câmara de compostagem de um sanitário seco, utilizando a plataforma Arduino, para a medição da temperatura e umidade do ar e da temperatura e umidade do composto.

2. METODOLOGIA

Os dispositivos utilizados para a instrumentação da câmara foram: sensor DHT22 para medição da temperatura e umidade do ar; sensor DS18B20 para medição da temperatura do composto; sensor LM393 de umidade do composto; relógio de tempo real RTC DS1307 para registro de tempo das medições; módulo leitor e gravador de cartão SD, utilizado para armazenar os dados obtidos; microcontrolador Arduino UNO. O microcontrolador foi alimentado por uma fonte externa de energia ligada à rede elétrica.

A Figura 1 mostra a configuração final do dispositivo. Os sensores foram instalados na câmara a partir de uma abertura realizada no centro da pilha de compostagem. Assim, três sensores de temperatura e umidade do composto ficaram cobertos pela pilha de composto, enquanto os sensores de temperatura e umidade do ar ficaram expostos ao ar da câmara. Uma superfície de papelão coberta com papel-alumínio foi utilizada para minimizar os efeitos da radiação térmica sobre o sensor de temperatura e umidade do ar da câmara. Após a inserção do dispositivo na pilha, a câmara foi fechada com uma chapa metálica pintada na cor preta. Os dados instantâneos de temperatura, umidade do composto e do ar foram coletados em intervalos de 30 min., durante o período de

24/12/2023 a 25/03/2024. O sanitário seco está localizado na cidade de Diamantina/MG.

Figura 1. Disposição dos sensores e sua inserção na pilha de compostagem



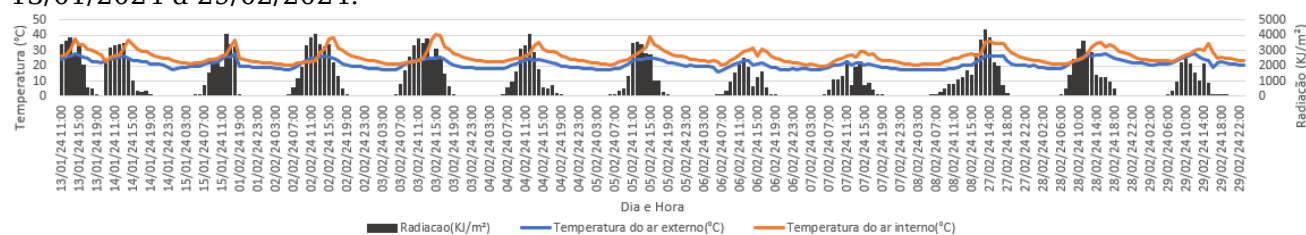
Fonte: próprio autor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de temperatura do ar interno da câmara, de 13/01/2024 a 29/02/2024, são apresentados no Gráfico 1. Dados de temperatura ambiente e irradiação solar da estação meteorológica automática A537, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a cerca de 4,2 km de distância da câmara, foram adicionados ao gráfico para comparação.

O Gráfico 1 mostra que a temperatura do ar no interior da câmara se manteve acima da temperatura do ar ambiente externo e seguiu o mesmo padrão de picos e vales. A temperatura mínima e máxima do ar da câmara foi de 19°C e 47°C, enquanto que a ambiente foi de 16°C e 31°C, respectivamente, considerando o período total de medição. Também pode ser observado um atraso entre o pico de irradiação solar e as temperaturas da câmara. Esse atraso é esperado, considerando a inércia térmica do material construtivo da câmara: cimento e tijolos cerâmicos. O comportamento da temperatura do ar no interior da câmara sugere que este parâmetro está sendo diretamente influenciado pelas condições ambientais externas, devido às aberturas e infiltrações da câmara, e pela capacidade térmica do material construtivo da câmara.

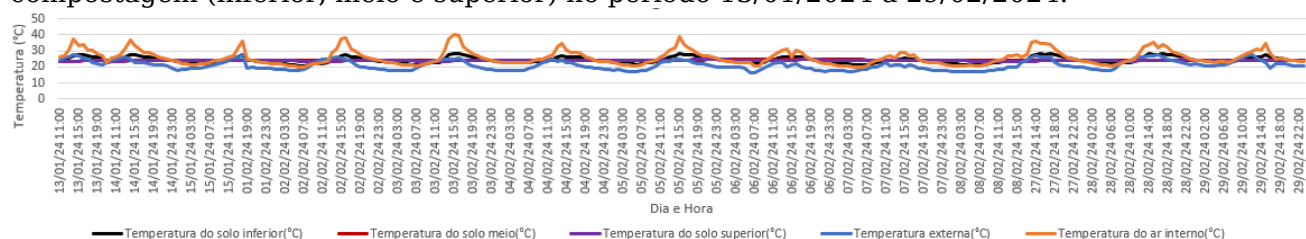
Gráfico 1: Temperatura do ar interno e externo à câmara e irradiação solar no período 13/01/2024 a 29/02/2024.



Fonte: Próprio Autor.

O Gráfico 2 mostra a comparação entre as três temperaturas medidas na pilha de compostagem, a temperatura interna do ar da câmara e a temperatura do ar ambiente externo. As temperaturas mínima e máxima na pilha foram encontradas no sensor inferior, sendo de 21°C e 33°C. A temperatura média nos três sensores foi de 24°C, com maior desvio padrão de 2°C, registrado no sensor inferior. A faixa de temperatura registrada na pilha indica que o composto pode ainda estar sendo degradado por organismos mesofílicos, que se mantêm ativos nas temperaturas de 19-45°C [6]. Entretanto, o calor gerado pela atividade destes micro-organismos não foi suficiente para que o composto apresentasse atividade de micro-organismos termofílicos, cuja atividade se dá sob temperaturas acima de 45°C [7].

Gráfico 2: Temperatura do ar interno e externo à câmara e temperaturas da pilha de compostagem (inferior, meio e superior) no período 13/01/2024 a 29/02/2024.



Fonte: Próprio Autor.

Os dados de umidade relativa do ar da câmara, não mostrados aqui, foram medidos com sucesso, com máxima de 100%, mínima de 37% e média de 81%. A máxima umidade está relacionada com dias chuvosos, típicos dessa época do ano na região de Diamantina/MG. Assim como a temperatura do ar da câmara, a umidade relativa apresentou o mesmo padrão de picos e vales que a umidade relativa do ar externo à câmara, medida pela estação do INMET. Esta umidade apresentou máxima de 97% e mínima de 29% e média de 81%. Os sensores de umidade do composto não foram capazes de registrar dados satisfatórios.

Acredita-se que o material da câmara: pó de serra e material decomposto, não foi capaz de produzir um bom contato com a superfícies desses sensores.

4. CONCLUSÃO

A plataforma Arduino se mostrou capaz de ser utilizada na medição de temperatura e umidade relativa do ar e temperatura da pilha de composto de uma câmara de compostagem de um sanitário seco. O sensor de umidade do composto, tipo LM393, não é recomendado para a medição da umidade do composto.

As temperatura e umidade relativa do ar da câmara é influenciada principalmente pelas condições ambientais externas a câmara e pelo seu material construtivo. As temperaturas alcançadas pelo composto sugerem a atividade de micro-organismos mesofílicos no processo de decomposição.

REFERÊNCIAS

- [1] L.O.S. Porto, L.G.S.R. Simões, Banheiro seco como solução sanitária para comunidades em extrema pobreza. Dissertação. (Graduação em Engenharia Ambiental), Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2016.
- [2] D.F. Mantovanelli, B.G. Aguiar, Banheiros secos da UFRRJ; Poupança água, produzindo adubo e ensinando sustentabilidade à baixo custo, Caderno de Agroecologia, 13 (2018) 5.
- [3] GODOY, PEDRO PINTO et al.. Avaliação da eficiência de protótipo de sanitário seco de compostagem enquanto tecnologia sanitária. In: Anais da Semana de Integração: Ensino, Pesquisa e Extensão da UFVJM. Anais...Diamantina(MG) UFVJM, 2021.
- [4] B. Amatuzy, J.L. Botega, L.S. Celante, Implementação de banheiro seco como proposta de saneamento ecológico. Dissertação (Graduação em Gestão Ambiental), Graduação em Gestão Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFP), Medianeira, 2013.
- [5] M. Hilgert, Análise da economia de água e percepção de utilização de sanitário seco modelo bason. Dissertação (Graduação em Gerenciamento Ambiental), Graduação em Gerenciamento Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFP), Medianeira, 2011.
- [6] Depledge, D., 1997. Design Examples of Waterless Composting Toilets. South Pacific Applied Geoscience Commission. Report 249.
- [7] ANAND, Chirjiv K.; APUL, Defne S. Composting toilets as a sustainable alternative to urban sanitation-A review. Waste management, v. 34, n. 2, p. 329-343, 2014.