

III-095 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE DISPOSITIVOS EM UM SANITÁRIO COMPOSTÁVEL DE BANCADA

Bernardo Nascimbeni de Brito⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa

Marco Aurélio Araujo Santiago

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa

Prof. Ana Augusta Passo Rezende

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Doutora em Engenharia Agrícola pela UFV. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil da UFV.

Felipe Jacob Pires

Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa

Endereço⁽¹⁾: Av. Ph Holfs, s/nº - Campus Universitário. Departamento de Engenharia Civil – Viçosa –MG – CEP: 36570-000 – Brasil – Tel: (31) 3899-1481 - e-mail: bernardonbrito@gmail.com

RESUMO

O sanitário compostável apresenta-se como uma tecnologia potencial no contexto de sistemas de saneamento descentralizado, podendo abranger realidades distintas, desde grandes aglomerados urbanos a comunidades isoladas, independente de classe social. Porém, o tratamento pelo processo de compostagem exige mudança nos hábitos e maior responsabilidade por parte do usuário, necessitando que o sistema apresente facilidades na operação e garanta eficiência de tratamento. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar em escala de bancada, o desempenho de dispositivos que promovessem maior eficiência no processo de tratamento das fezes humanas pela compostagem, buscando inovações tecnológicas que tornem o sanitário compostável uma possibilidade sustentável e viável para promoção da saúde. Os resultados obtidos foram satisfatórios para os dispositivos avaliados, permitindo atingir temperaturas termofílicas mesmo com pequenos volumes, gerando um bio sólido de classe A, de acordo com os padrões exigidos pela CONAMA 375/2006.

PALAVRAS-CHAVE: Sanitário Compostável, Compostagem, Banheiro seco, Inovação tecnológica, Bio sólido.

INTRODUÇÃO

O sanitário compostável é uma tecnologia já consagrada em diversos países do mundo, em muito dos casos como forma apenas de destinação dos desejos humanos. Porém, a pouco vem se discutindo no meio científico suas implicações e tecnologias apropriadas como forma de tratamento e sanitização dos resíduos gerados em um processo de compostagem.

O sistema em si consiste de duas unidades básicas: um local de assento e outro de armazenamento dos dejetos, sendo que este último pode ser o local onde ocorre o processo de degradação biológica. Já existem vários modelos que propõe formas diferentes de manejo dos resíduos, porém no Brasil, as pesquisas a respeito ainda são escassas, necessitando, portanto de mais estudos acerca do assunto que torne o sanitário compostável viável dentro do contexto de um país tropical em desenvolvimento.

O trabalho buscou simular um sanitário compostável, comparando as eficiências de tratamento em um reator isolado termicamente e outro com dispositivos levantados como interessantes para melhorias no processo de compostagem. Os dispositivos de ventilação, aquecimento e revolvimento utilizados, apresentaram ganhos no processo de sanitização do material compostado.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio financeiro da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nos laboratórios de Engenharia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil e de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, durante o período de maio a outubro de 2012.

O trabalho de pesquisa compreende a simulação em escala laboratorial de um sanitário compostável utilizando serragem como fonte de carbono para o tratamento das fezes humanas. Para avaliação dos dispositivos estão sendo monitorados os parâmetros físicos, químico e microbiológico de dois reatores que possuem as mesmas dimensões. Porém em um dos reatores, Reator I, isolou-se o fator ambiente, enquanto no segundo reator (Reator II) foram introduzidos mecanismos que pudessem promover a otimização do processo de compostagem.

O Reator I foi montado em uma caixa de 17 litros feita de poliestireno expandido (isopor), revestido internamente por papel alumínio para evitar perdas de calor por radiação, e externamente com espuma de poliuretano flexível para garantir maior isolamento.

O Reator II constituiu-se de uma caixa confeccionada “em madeirite”, na qual foi introduzida uma chapa de zinco, pintado de preto, na parte superior, com uma angulação de 30°, direcionada para o norte geográfico, a fim de que o reator recebesse a maior incidência solar possível. Utilizou-se um tubo de 40 mm, com furos na parte inferior para que facilitasse as trocas gasosas com o meio e instalou-se uma manivela dentada para realizar os reviramentos do material. A Figura 1 ilustra os detalhes dos dois reatores.



Figura 1: Detalhes do Reator II (A) e Reator I (B)

Foram realizadas análises para obter a relação C/N das fezes e serragem com objetivo de alcançar uma mistura ótima de 30:1, proposta por PEREIRA NETO (2007). As amostras de fezes foram cedidas por um laboratório particular que realiza exames clínicos. A serragem foi fornecida pela marcenaria da universidade. Os métodos de análise para determinação do carbono orgânico total (COT) e o nitrogênio total (Nt), seguiram os procedimentos propostos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – 20ª Edição (APHA *et al.*, 2005).

Na tentativa de se aproximar de uma condição real de um sanitário compostável, os reatores foram alimentados durante quatro dias seguidos, simulando o uso de uma família de cinco pessoas. A quantidade de fezes

excretadas pelo ser humano, de acordo com AIRES (2008), varia de 100 a 150g.pessoa/dia. No presente trabalho, adotou-se 100g.pessoa/dia como parâmetro para introdução da serragem. Como as fezes fornecidas pelo laboratório particular foram insuficientes, optou-se em utilizar cinco voluntários. A Tabela 1 apresenta detalhes da fase de alimentação dos reatores.

Tabela 1: Quantidade de fezes e serragem introduzidas ao reator. (1) Peso úmido.

Dia	Reator I (Fezes(g) ⁽¹⁾)	Reator II (Fezes(g) ⁽¹⁾)	Serragem(g) ⁽¹⁾
1º	490,4	673,52	500,0
2º	613,4	274,30	500,0
3º	394,3	564,36	500,0
4º	347,2	310,12	500,0
Total	1845,3	1822,3	2000,0

Procedeu-se o monitoramento diário do processo de compostagem incluindo análises físicas, químicas e microbiológica dos materiais, primeiramente do Reator I por um período de 36 dias. Em seguida, pelo mesmo período, mantiveram-se os mesmos procedimentos com o Reator II, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2: Detalhamento dos parâmetros analisados durante o processo de compostagem.

Parâmetros	Método	Frequência de análise	Referência	Observações
pH	Determinação em água	Diário, sendo reduzido ao fim do experimento	STANDARD METHODS 4500HB, (APHA <i>et al.</i> , 2005)	-
Temperatura	Termômetro de mercúrio	3 vezes ao dia, sendo reduzido a uma nos finais de semana	-	Medida em cinco pontos distintos
Sólidos Totais	Gravimétrico	Semanal	STANDARD METHODS 2540B, (APHA <i>et al.</i> , 2005)	Obtenção da umidade do composto
Sólidos Voláteis	Gravimétrico	Semanal	STANDARD METHODS 2540E, (APHA <i>et al.</i> , 2005)	Avaliar a degradação da matéria orgânica

Foram obtidos dados meteorológicos da estação local com intuito de analisar suas possíveis influências no processo de compostagem nos reatores. Análises microbiológicas do material final do Reator I e II realizaram-se para o parâmetro coliforme termotolerante, seguindo os procedimentos apresentados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – 20ª Edição (APHA *et al.*, 2005).

RESULTADOS OBTIDOS

Na Tabela 3 são apresentados resultados referentes a relação C/N dos materiais compostados (fezes e serragem). Foram encontrados valores de 11:1 e 178:1 para fezes e serragem, respectivamente. Em trabalhos desenvolvidos por Tare e Yadav (2009) obtiveram dados da relação C/N das fezes de 12:1, enquanto Comastri (1981) de 8:1. Essas variações nos resultados podem ter ocorrido pela composição dos alimentos consumidos, a idade dos indivíduos, metabolismo e a saúde física, influenciando na composição principalmente de nitrogênio.

Tabela 3: Valores da relação carbono e nitrogênio nos materiais compostados.

Material	COT (g/Kg)	N _{TOTAL} (g/Kg)	Relação C/N
Fezes	322,8	29,4	11:1
Serragem	656,6	3,7	178:1

No Reator I a umidade permaneceu predominantemente na faixa de 47%, como apresentado na Figura 2. De acordo com Pereira Neto (2007), teores na faixa de 55% são considerados satisfatórios para o processo de compostagem. Sendo que abaixo de 40%, pode haver restrição na atividade microbológica, e ainda valores acima de 60%, podem favorecer condição de anaerobiose pelo excesso de água.

No Reator II ocorreu uma maior perda da umidade, uma vez que possui um sistema de ventilação, podendo facilitar a perda de água com o aquecimento do material ao longo do tratamento. Com isso, foi necessário ajustar os valores de umidade para não comprometer o processo de compostagem.

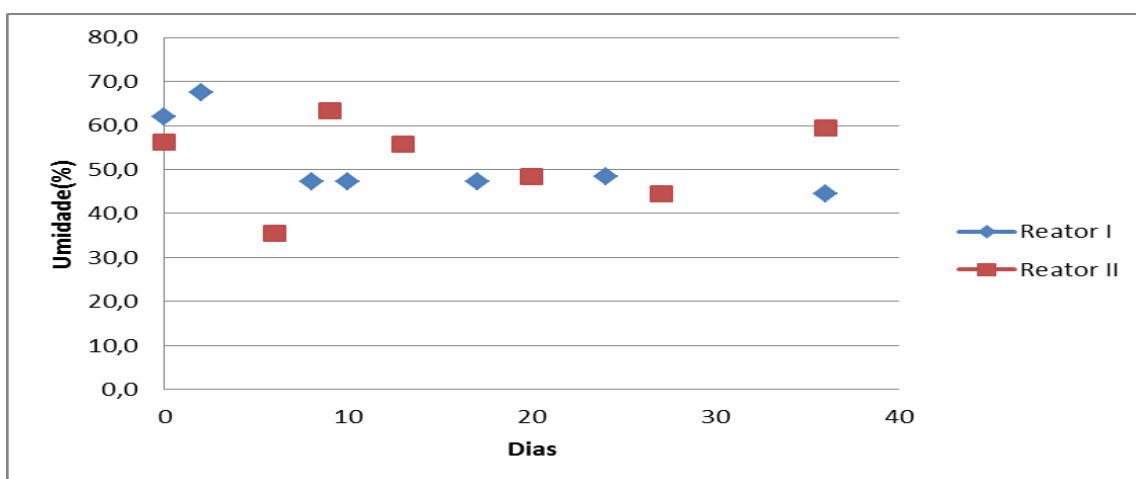


Figura 2: Variação dos teores de umidade do Reator I ao longo do experimento.

Na Figura 3 observou-se poucas variações de pH no Reator I nas primeiras 156 horas, com valores entre 5,0 e 6,0. Segundo Rebouças *et al.* (2011), o valor do pH das fezes humanas médio é entre 6,0 e 7,0. Quando são utilizadas misturas com pH próximo da neutralidade, o início da compostagem (fase mesófila) é marcado por uma queda sensível de pH, variando de 5,5 a 6,0, devido à produção de ácidos orgânicos (FERNANDES e SILVA, 1996). Após 365 horas de experimento houve uma constância de valores na faixa de 7,0 e 8,0. Isso se deve ao fato de provavelmente ter ocorrido com mais intensidade, a hidrólise de proteínas e liberação da amônia (FERNANDES e SILVA, 1996). Para o Reator II os dados obtidos demonstram um comportamento similar ao apresentado pelo Reator I, porém com valores sempre mais elevados.

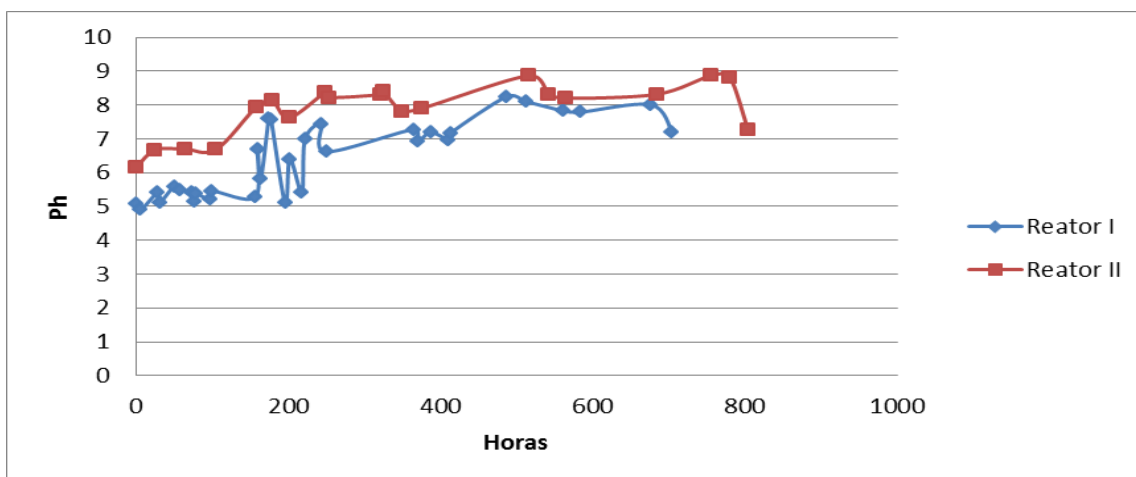


Figura 3: Variação pH ao longo do experimento.

A Figura 4 apresenta o comportamento do Reator I e II, com a temperatura média em cinco pontos distintos no material, juntamente com as temperaturas médias ambientes. Observou-se no Reator I, temperaturas abaixo de 23°C durante as primeiras 80 horas, durante o período de alimentação. Em seguida, ocorrendo rápida elevação que se manteve constante, no entanto oscilando com quedas de temperatura durante a noite e aumento ao longo do dia.

A temperatura manteve-se durante todo o experimento na fase mesofílica (20°C a 45°C), tendo uma queda e tendência a valores mais constantes. A temperatura máxima alcançada foi de 37°C. Rebouças *et. al.* (2011), estudando a compostagem de fezes e serragem, obtiveram valores de temperatura, em reatores utilizando um volume maior do que neste trabalho, na faixa de 46 a 63,8°C após 60 horas, que foi mantida durante 7 dias. Niwagaba *et. al.* (2009), monitorando a compostagem de fezes com cinzas, obtiveram temperaturas superiores a 50°C de 2 a 14 dias.

As temperaturas alcançadas pelo Reator II foram superiores atingindo 48°C após 176 horas de monitoramento. Porém, os valores de temperatura se mostraram pouco homogêneos, havendo variações de até 9°C na mesma leitura.

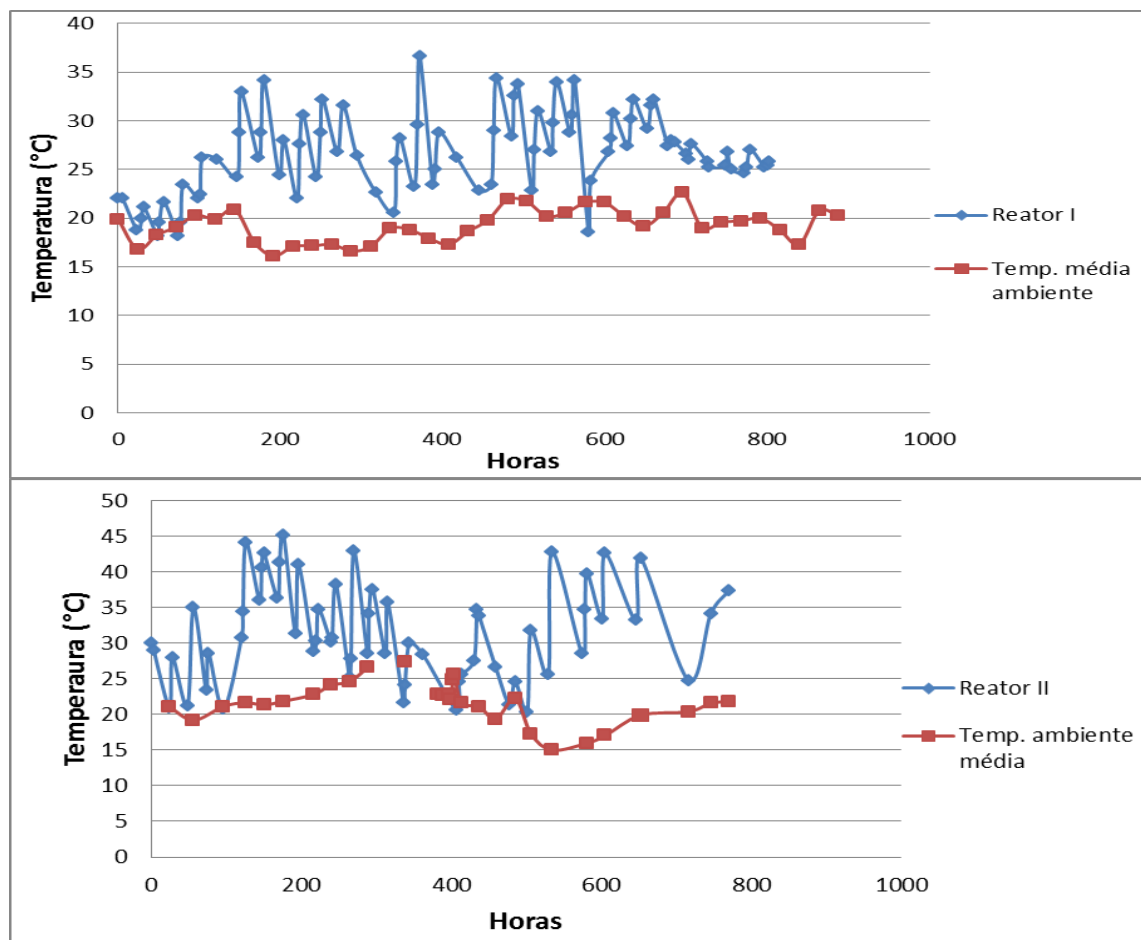


Figura 4: Variação da temperatura média dos reatores e ambiente ao longo do experimento

Para atingir temperaturas de desinfecção tornam-se necessários valores acima de 50°C (SCHÖNNING e STENSTRÖM, 2004). Valores de temperaturas próximos a este foram atingidos com o Reator II, onde encontra-se ao fim do experimento concentrações mais baixas de coliformes termotolerantes. Os resultados das análises do Reator I foram de $6,0 \times 10^3$ e $1,8 \times 10^2$ NMP/g e para o Reator II $5,5 \times 10^1$ e $1,0 \times 10^2$ NMP/g. O composto gerado no Reator II se enquadra nas exigências de biossólido classe A prevista pela CONAMA 375/2006, sendo possível sua aplicação em qualquer cultura, respeitada as restrições da resolução.

A partir desses resultados foi possível inferir alguns pontos importantes no desenvolvimento da tecnologia de sanitário compostável. Como a chapa de zinco pintada de preto que se mostrou como mecanismo importante de aquecimento para intensificar o processo de compostagem de pequenos volumes de fezes humanas. Sendo necessário desenvolver formas de evitar ocorram grandes quedas de temperaturas no período da noite.

A manivela dentada reduz o contato do usuário com o material, durante o reviramento do composto. Quando a umidade esteve abaixo dos 40°C, houve dificuldade em no seu manuseio, podendo ser um parâmetro de

operação, para que o usuário perceba a necessidade de umedecer o material. Além disso, a manivela dentada deixou o material mais homogêneo e com um aspecto mais agradável.

Por último, o sistema de ventilação demonstrou ser importante no processo de circulação de ar. Além de contribuir na aeração do composto, também reduz os maus odores gerados. No Reator I, que não possuía um sistema de ventilação, detectou-se um odor intenso causado pela volatilização da amônia, o que não ocorreu de maneira expressiva no Reator II.

CONCLUSÕES

Este trabalho foi conduzido no sentido de desenvolver mecanismos que tornem o processo mais agradável e funcional ao usuário. O uso da chapa de zinco pintada de preto, da manivela dentada e a tubulação para a ventilação trouxeram ganhos quanto à eficiência de tratamento e facilidade de operação, quando estes foram testados em escala laboratorial.

A incorporação de resíduos de alimentos, o aumento na frequência de reviramento ou ainda uma maior quantidade de massa de excretas, podem ser formas de alcançar temperaturas termofílicas mais contundentes, por um longo período de tempo.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros, recomenda-se pesquisas voltadas para materiais construtivos para a câmara de compostagem que evitem a perda de temperatura no período da noite. E ainda, pesquisas em inovação tecnológica para um modelo de vaso sanitário que contemple a segregação da urina, e facilite na sua instalação e operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIRES, M. de M. Fisiologia. 3a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1232 p. 2008.
2. APHA *et al.* Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20ª Edição. 2005.
3. COMASTRI, J. A. F. Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Corumbá, Corumbá, MS. CIRCULAR TÉCNICA N.º 9, Outubro, 1981.
4. NIWAGABA, C. Human Excreta Treatment Technologies: prerequisites, constraints and performance. 68p. Licentiate Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Engineering, Uppsala, 2007.
5. PEREIRA NETO, J. T. Manual de Compostagem: processo de baixo custo. Viçosa: Ed. UFV, 2007.
6. FERNANDES, F., SILVA, S. M. C. P. Manual prático para compostagem de biossólidos. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). Rio de Janeiro: FINEP. 1996.
7. REBOUÇAS, T.C., LIMOEIRO, K.S., FONTANA, G.H., REBOUÇAS, C.C. GONÇALVES, R.F. Estabilização de fezes humanas através de compostagem em regime de batelada. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. v.4, n.2, p.57-67. 2011
8. SCHÖNNING, C., STENSTRÖM, T.A. Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation. Report 2004-1. Ecosanres, SEI, Sweden. www.ecosanres.org, 2004.
9. TARE, V., YADAV, K. D. Fate of physico-chemical parameters during decomposition of human feces. Global Journal of Environmental Research, v.3, n.1, p.18-21. Índia: IDOSI Publications, 2009.