



II-281 – DESENVOLVIMENTO DE UM SANITÁRIO SECO/SEGREGADOR PARA AS PRÁTICAS DO SANEAMENTO ECOLÓGICO

Thais Cardinali Rebouças⁽¹⁾

Bióloga - Faculdade de Saúde e Meio Ambiente - FAESA (2004), com Especialização em Biotecnologia - UFES (2005), Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFES, Bolsista da CAPES.

Leonardo Zandonadi Moura

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Bolsista de Iniciação Científica (IC-CNPq) do Programa PROSAB 5, Tema 5.

Camila Procópio de Souza

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo CEFET-ES.

Caio Cardinali Rebouças

Graduando em Química pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Pesquisador de Iniciação Científica (IC) do LABSAN-DEA-CT do Programa de Engenharia Ambiental da UFES.

Ricardo Franci Gonçalves

Engenheiro Civil e Sanitarista - UERJ (1984), pós-graduado em Eng. de Saúde Pública - ENSP/RJ (1985), DEA Ciências do Meio Ambiente - Universidade Paris XII, ENGREF, ENPC, Paris (1990), Doutor em Engenharia do Tratamento e Depuração de Águas - INSA de Toulouse, França (1993), Prof. Adjunto do DEA e do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental – UFES.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade Federal do Espírito Santo – Av. Fernando Ferrari, S/N Goiabeiras - Vitória – ES – CEP: 29060-970 – Brasil – Tel.: +55-(027) 3335 2069 - Fax: +55-(027) 3335 2165 e-mail: franci@npd.ufes.br / thaiscardinali@gmail.com

RESUMO

A maioria das estações de tratamento encontra-se trabalhando acima de sua capacidade e requerendo um aumento de vazão em função da demanda que aumenta dia após dia. Uma grande parte dessas estações utiliza tradicionalmente o sulfato de alumínio como coagulante primário e poucas vezes usam algum tipo de polímero como auxiliar de floculação. Na escolha desses produtos nem sempre a qualidade da água a ser tratada é levada em consideração. Procurando atender aos padrões de qualidade exigidos e a sobrecarga que muitas vezes é inevitável, observa-se que em cada caso haverá um coagulante e/ou um auxiliar de floculação mais adequado a essas situações. De posse de tal constatação, faz-se necessário que se investigue em laboratório por meio novas metodologias, os vários produtos que aplicados à água bruta possibilitam obter água tratada com qualidade, em quantidade satisfatória, visando sempre o menor custo.

Sendo assim, o presente trabalho vem relatar um estudo realizado em uma estação de tratamento de água projetada para a vazão nominal de 120 L/s porém, funcionando com 158 L/s, apresentando por esse motivo, água decantada com altos valores de turbidez e cor, o que sobrecarrega os filtros.

Os estudos realizados nessa estação resultaram não só a melhoria da qualidade da água decantada e filtrada como também possibilitou o aumento de sua capacidade com razoável economia dos produtos químicos que atuam na coagulação. A estação trata atualmente a vazão de até 280 L/s, mantendo a qualidade da água conforme os padrões exigidos pela portaria 36/GM, de 1990.

PALAVRAS-CHAVE: Fezes humanas, reúso, saneamento ecológico, compostagem.

INTRODUÇÃO

O Saneamento Ecológico (Ecosan) se refere ao sistema de gestão de águas residuárias focalizado no princípio de reciclar ao máximo a água e os nutrientes de volta a fonte geradora, o que contribui também com a conservação da água. Uma das características básicas nos projetos de saneamento ecológico é a segregação da urina e das fezes evitando-se que elas sejam misturadas.

As fezes humanas obtidas após a separação da urina, através da utilização de sanitários segregadores ou de sanitários secos e compostadores, possuem qualidades valiosas para a melhoria do solo (particularmente melhorar a estrutura do solo e aumentar a sua capacidade de retenção de água). A principal preocupação na



reciclagem dos seus nutrientes para o seu condicionamento no solo é a associação desta fração a agentes patogênicos de origem entérica. A urina contém poucos patógenos e pode ser facilmente desinfetada por estocagem (HÖGLUND, 2001; SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004). Entretanto, as fezes apresentam risco higiênico por conter organismos patogênicos. Elas contêm cerca de 10^{10} microrganismos por grama de matéria seca, sendo que alguns deles podem ser patogênicos.

Os riscos para a saúde a partir de sistemas de saneamento básico são principalmente associados com as fezes. Portanto, sua coleta e seu tratamento são da maior importância para proteção da saúde de qualquer comunidade. O tratamento seguro é ainda mais importante nas sociedades que reutilizam as excretas humanas na agricultura.

A compostagem é o tratamento mais comum para se obter a desinfecção das fezes quando se tem como objetivo sua aplicação como condicionante do solo (VINNERÅS, 2007). No entanto, até a presente data, dados sobre tratamentos eficazes, simples e de baixo custo para reúso de fezes humanas com segurança são escassos na literatura.

Estudos sobre a compostagem de fezes separadas da urina na fonte têm demonstrado que uma temperatura suficientemente elevada para desinfecção ($> 50^{\circ}\text{C}$) é difícil de alcançar, já que normalmente só aumentam em $10\text{-}15^{\circ}\text{C}$ acima da temperatura ambiente (BJÖRKLUND, 2002; KARLSSON; LARSSON, 2000). As fezes nesses estudos foram compostadas com cinzas e nenhum isolamento térmico foi fornecido ao sistema. Vinnerås e outros (2003) alcançaram altas temperaturas ($> 60^{\circ}\text{C}$) para desinfecção do material compostando fezes humanas com resíduos alimentares em escala de laboratório com *Dewar vessels* de 1-L e 2-L e, em escala piloto (90 litros) com isolamento de 200 milímetros em células plásticas.

Niwagaba e outros (2008) estudaram a compostagem de fezes humanas com resíduos alimentares em reatores de madeira de 78 litros revestidos de isopor e obtiveram temperaturas acima de 50°C , que resultaram na redução de *E. coli* e *Enterococcus* spp. a níveis aceitáveis para aplicação do material compostado no solo.

A Universidade Federal do Espírito Santo, desde 2004, através do Programa de Saneamento Básico (PROSAB), realiza pesquisas com reúso de águas cinza e desenvolve soluções para coleta, tratamento e aproveitamento das excretas humanas como fertilizantes na agricultura. Assim, este trabalho pretende contribuir com tal temática, caracterizando quali-quantitativamente as fezes humanas sob o ponto de vista físico-químico e biológico e estudando o gerenciamento sem água de excretas humanas e a compostagem das fezes com serragem atuando como suplemento carbonáceo.

MATERIAIS E MÉTODOS

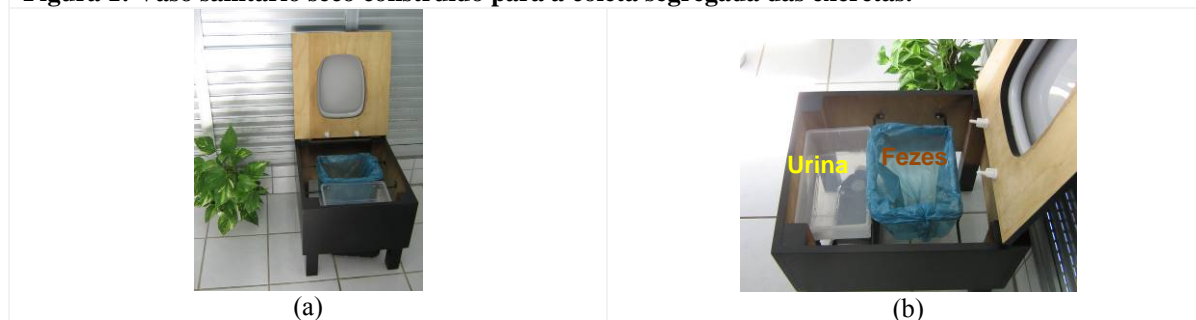
A pesquisa foi dividida em duas etapas principais sendo que a primeira delas compreendeu a caracterização quali-quantitativa das fezes humanas e a segunda o gerenciamento de excretas sem água através do estudo do processo da compostagem com serragem.

PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO DAS FEZES

A coleta das amostras de fezes para a caracterização quali-quantitativa foi realizada através de quatro vasos sanitários secos (Figura 1a) instalados nos banheiros do prédio do Parque Experimental de Saneamento Básico, sendo dois deles no banheiro feminino e outros dois no banheiro masculino.

As coletas eram feitas logo após a utilização do sanitário pelo usuário e realizadas dentro do horário de funcionamento do prédio (08:00 às 18:00h). Após coletadas, as amostras eram encaminhadas ao laboratório para pesagem. Para tal efeito, contou-se com a participação de voluntários, entre eles estudantes e pesquisadores da Universidade.

Os sanitários secos construídos possuem sistema de segregação entre as fezes e a urina, que consiste em suporte de aço com sacola plástica e contêiner que é conectado a um reservatório temporal através de uma mangueira (Figura 1b). Para garantir o uso adequado do vaso sanitário confeccionou-se um guia de uso.

**Figura 1: Vaso sanitário seco construído para a coleta segregada das excretas.**

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados e as referências aos métodos que foram utilizados estão descritos na tabela 1. Todos os métodos laboratoriais obedeceram aos procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 19ª Edição (APHA et al., 1995).

Tabela 1: Parâmetros, métodos e referências para a caracterização das águas residuárias.

Parâmetros	Métodos	Protocolo APHA
pH	Determinação em água	-
Sólidos totais (ST) e sólidos voláteis e fixos (SV e SF)	Método gravimétrico	2540-B e 2440-E, 1995
Demanda química de oxigênio (DQO)	Oxidação por dicromato de potássio em meio ácido	5220 D, 1995
Fósforo total	Método do ácido ascórbico pela oxidação em meio ácido	4500 P, 1995
Nitrogênio total (NTK)	Método Semi-Micro Kjeldahl	4500 C, 1995
Coliformes termotolerantes	Método dos tubos múltiplos	9221 E, 1998
Ovos de helmintos	-	10750 B, 1995

SEGUNDA ETAPA: COMPOSTAGEM

Devido à necessidade de maior volume de amostra, a coleta de fezes humanas para a realização da segunda etapa da pesquisa foi feita através da parceria com o Laboratório Central da Secretaria Municipal de Saúde. O laboratório atende a pacientes encaminhados pelo SUS – Sistema Único de Saúde, residentes do município de Vitória - ES de ambos os sexos, variadas faixas etárias, situação econômica e grau de escolaridade.

As amostras encaminhadas para exames no Laboratório Central foram separadas e no final do dia foram recolhidas em carro oficial e trazidas até a UFES. Posteriormente, foram armazenadas em freezer a -4°C e no dia seguinte foram retiradas dos frascos de coleta individuais e serão misturadas compondo uma única mistura de fezes.

A compostagem foi realizada em reatores de compostagem, confeccionados em fibra de vidro e isolados termicamente com caixas de poliestireno expandido (isopor) com volume de 40 litros. Cada um dos reatores possui a seguinte dimensão interna 395x305x350 mm e paredes com espessura de 25 mm.

O isolamento térmico, mesmo na região dos trópicos, é recomendado pela literatura para compostagem em pequena escala para evitar a perda, por condução ou radiação, do calor gerado internamente.

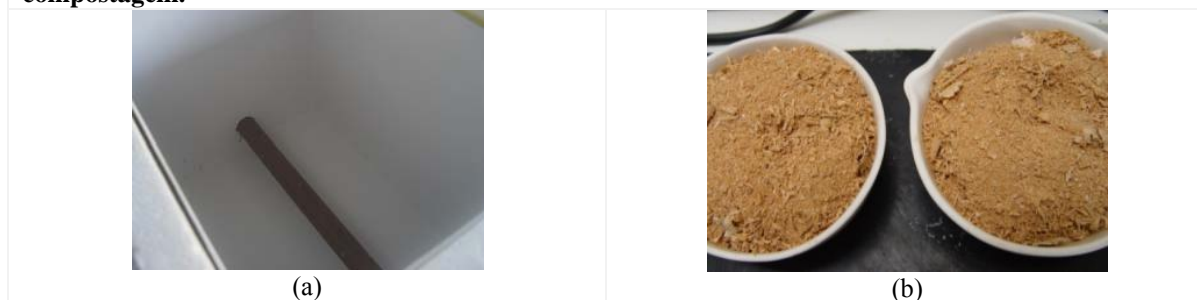
Os reatores foram colocados sob sombra e protegidos da chuva.

Foi colocado na base do reator um tubo de PVC com 20 mm de diâmetro e com várias perfurações ao longo do seu comprimento. O intuito foi permitir a difusão do ar exterior no material em compostagem. A tampa do

reator ainda conta com um tubo de 20 mm de diâmetro para a saída do ar. A Figura 2 mostra o reator de compostagem.

A serragem utilizada foi adquirida junto a uma madeireira da cidade de Vitória-ES, proveniente de madeira não tratada, para evitar a presença de componentes químicos que possam interferir na atividade microbiana (Figura 2).

Figura 2: (a) Vista interna do reator de compostagem fabricado em fibra de vidro dotado de isolamento térmico com isopor e (b) Serragem utilizada como complemento carbonáceo na compostagem.



Os experimentos foram realizados simultaneamente. A tabela 2 apresenta detalhes dos experimentos.

Tabela 2: Condições experimentais dos quatro testes com compostagem de fezes humanas.

Experimento Número	S/F ¹ (%)	Peso úmido de serragem, em kg	Peso úmido das fezes, em kg
1	35%	1,40	4
2	50%	2,00	4
3	65%	2,60	4

1: S/F = serragem/fezes.

Monitoramento da compostagem

Durante a etapa de degradação ativa, os reatores de compostagem foram monitorados e avaliados, sendo anotadas todas as características do composto, a frequência de revolvimento, além das análises de temperatura, pH e relação C/N. O acompanhamento destes parâmetros é descrito detalhadamente na Tabela 3.

**Tabela 3: Parâmetros, métodos, referências, frequência de análise e observações referentes à compostagem.**

Parâmetros	Métodos	Referências	Frequência de análise	Observações
pH	Determinação em água	KIEHL, 1985	Diária	
Temperatura	Termômetro digital	-	Diária	A medição será feita em 5 pontos do reator
Sólidos totais (ST) a 103 - 105°C	Método gravimétrico	STANDARD METHODS 2540 B, 1995	Semanal	Fornecerá o teor de umidade do material
Sólidos voláteis (SV) e sólidos fixos (SF) a 550°C	Método gravimétrico	STANDARD METHODS 2540 E, 1995	Semanal	Fornecerão dados para analisar a degradação da matéria orgânica
Carbono Orgânico	-	KIEHL, 1985	Quinzenal	A análise fornece três informações: teor de matéria orgânica compostável, de matéria orgânica resistente à compostagem e a demanda química de oxigênio
Fósforo total (Pt)	Método do ácido ascórbico pela oxidação em meio ácido	STANDARD METHODS 4500-P F, 1995	Quinzenal	-
NTK	Método Semi-Micro Kjeldahl	STANDARD METHODS 4500-N _{org} C, 1995	Semanal	-
Potássio total	Método do fotômetro de chama	STANDARD METHODS 3500-K B, 1995	Quinzenal	-
<i>E. coli</i>	Método da determinação do número mais provável (NMP)	-	Semanal	Será utilizado meio cromo-fluorogênico (LMX), com quantificação por meio de cartelas

Foram realizados dois revolvimentos manuais diários na fase de degradação ativa e medidas de temperatura foram tomadas duas vezes ao dia, no início da manhã e outra no final da tarde.

A temperatura ambiente foi obtida através da Estação Meteorológica Automática localizada na própria Universidade no campus de Goiabeiras, Vitória (LAT: 20°19' S; LONG: 40°19' W; ALT: 9 metros).

O teor de matéria orgânica encontrado possibilitou calcular a percentagem de carbono e, conseqüentemente, calcular a relação carbono/nitrogênio, conforme descrito por Lanarv (1998), da seguinte maneira: %C = teor de matéria orgânica/ 1,8.

A degradação do material foi calculada a partir do aumento da porcentagem de sólidos fixos na matéria seca da compostagem conforme descrito por Haug (1993):

$$km = \frac{(Ash\ p\ \% - Ash\ m\ \%) 100}{Ash\ p\ \%(100 - Ash\ m\ \%)}$$



onde:

km = porcentagem de matéria orgânica degradada durante o tratamento

Ash_p % = porcentagem de sólidos fixos ao final do experimento

Ash_m % = porcentagem de sólidos fixos da mistura, inicial.

As amostras para análise foram coletadas de diferentes partes do reator e misturadas para a obtenção de uma amostra mais homogênea e representativa.

Escherichia coli foi o parâmetro microbiológico escolhido para analisar a eficiência do processo na higienização do material, conforme sugere Niwagaba (2007).

Dados microbiológicos e parasitológicos

Para caracterização das fezes humanas utilizadas nos experimentos de compostagem, dados epidemiológicos estão sendo obtidos através da parceria estabelecida com o Laboratório Central da Secretaria Municipal de Saúde.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Os resultados quantitativos estão expressos na tabela 4. A quantidade de fezes excretadas diariamente pelo corpo humano depende da composição do alimento consumido, além da idade do indivíduo, metabolismo, saúde física, etc. Nesse aspecto, o peso úmido médio das fezes por pessoa foi de 130 gramas diárias.

Tabela 4: Taxa de geração de fezes humana (peso úmido), g/pessoa.dia.

Amostra	Média (g/pessoa.dia)	Desvio padrão	Máx	Mín	Coef. Variação
Masculino (n= 38)	134	66,75	386	69	49,8%
Feminino (n= 8)	104	48,71	218	55	46,9%
Total (n = 46)	130	64,12	386	55	49,2%

Na tabela 5 são apresentados valores encontrados por diversos autores para a taxa de geração em diferentes países. O valor médio de 130 gramas foi semelhante as médias mundiais.

Tabela 5: Taxa de geração de fezes humana (peso úmido), g/pessoa.dia, em diferentes países e regiões (adaptado de SCHOUW *et al.*, 2002).

País ou Região	Produção (g/pessoa.dia)	Referências
Média mundial	150	Del Porto; Steinfeld (1999)
	100 – 150	Aires (2008)
	134	Almeida <i>et al.</i> (1999)
América e Europa	100 – 200	Niwagaba (2007)
Países em desenvolvimento	350 (áreas rurais)	Feachem <i>et al.</i> (1983)
	250 (áreas urbanas)	
China	315	Gao <i>et al.</i> (2002)
Quênia	520	Pieper (1987)
Sul da Tailândia	120 – 400	Schouw <i>et al.</i> (2002)
Suécia	140	Vinnerås <i>et al.</i> (2006)
Vietnã	130 – 140	Polprasert <i>et al.</i> (1981)
Japão e China	116 – 200	Polprasert <i>et al.</i> (1981)



Segundo a OMS (1992), dieta com altos teores de proteína em clima temperado produzem 44 kg/cap/ano enquanto dieta vegetariana em climas tropicais produzem 146 kg/cap.ano.

Não foram encontrados ovos de helmintos nas amostras analisadas. Tal resultado justifica-se pelo nível socioeconômico dos colaboradores, já que as doenças parasitárias estão relacionadas às práticas inadequadas de higiene e deficiência nos sistemas de saneamento.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

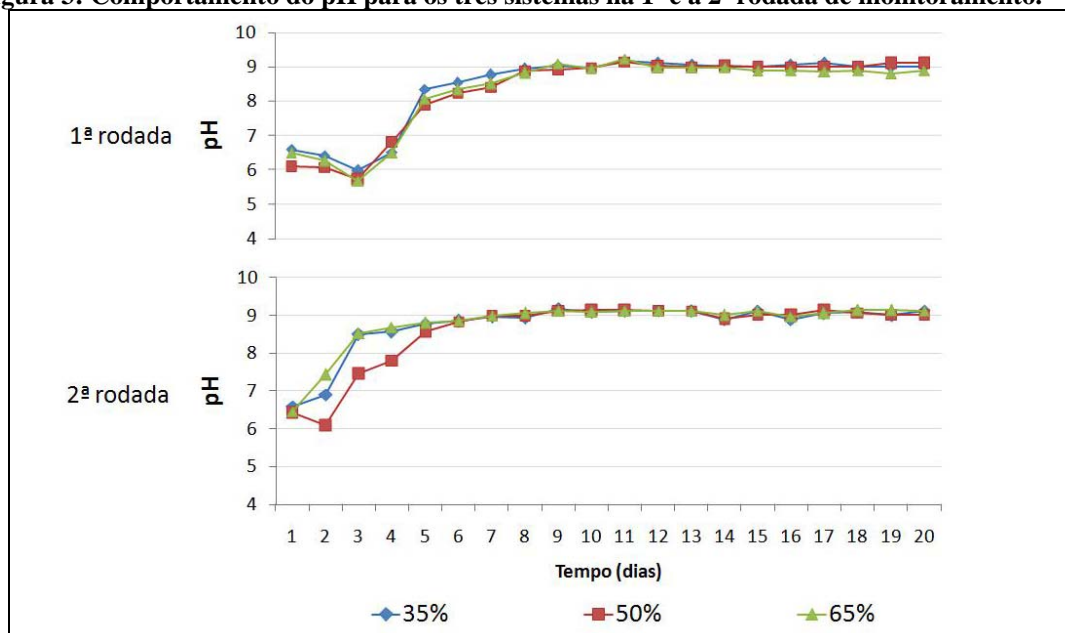
Os gráficos da figura 3 apresentam o comportamento do pH do material em compostagem ao longo de 20 dias para os três sistemas. Os valores iniciais do pH para 35%, 50% e 65% apresentaram-se semelhantes nas duas rodadas realizadas. Na primeira rodada foram, respectivamente, 6,57, 6,10 e 6,50, enquanto na segunda rodada foram 6,58, 6,41 e 6,45. Para as duas rodadas realizadas o pH 9,0 foi alcançado em torno do 9º e do 11º dia.

Depois do 9º dia foi observado uma tendência à estabilização com valores de pH em torno de 8,9 e 9,1 para todos os sistemas.

No início do processo o pH normalmente declina devido a formação de ácidos orgânicos. Este comportamento é notado até o terceiro dia, quando o pH tem uma pequena queda. Bidone (2001) esclarece que esse fenômeno é provocado pela formação de ácidos orgânicos que logo são degradados gerando dessa forma o aumento do pH. Ácidos orgânicos são produzidos através da fermentação da matéria orgânica facilmente degradável. Durante este processo, o principal produto é geralmente ácido lático ou acético. O pH aumenta depois porque os ácidos são consumidos e amônio é produzido. A estabilização é entre 7,5 a 8,5 (Niwagaba, 2009).

Niwagaba (2009) realizando compostagem com fezes misturadas com cinzas, serragem e resíduos de alimentos obteve valores que variaram de 6,9 a 9,4, sendo que a estabilização foi observada após três semanas permanecendo entre 8,5 e 9,7. O autor ainda relata que compostos com pH inicial inferior a 6,5 não se auto-aqueceram.

Figura 3: Comportamento do pH para os três sistemas na 1ª e 2ª rodada de monitoramento.



O comportamento da temperatura para os três sistemas é apresentado na figura 4. Na primeira rodada a temperatura não atingiu 50°C em nenhum dos sistemas analisados. O revolvimento manual era realizado a cada três dias fator que justifica o insucesso do procedimento. A aeração do sistema é parâmetro de fundamental importância para a realização da compostagem, portanto para a segunda rodada a frequência de revolvimento foi alterada para ser realizada duas vezes por dia. O revolvimento do composto, ao mesmo

tempo em que introduz novo ar, rico em oxigênio, libera o ar contido na leira, saturado de gás carbônico gerado pela respiração dos microorganismos.

Na segunda rodada, o revolvimento foi realizado duas vezes por dia. A fase termofílica, que é definida por apresentar temperaturas acima dos 45°C, foi iniciada nos sistemas 50% e 65% no terceiro dia, enquanto no sistema de 35% só foi alcançada no quinto dia e permaneceu por apenas 3 dias. O sistema 50% permaneceu na fase termofílica até o oitavo dia. O melhor resultado apresentado foi para sistema de 65% contabilizando 9 dias nesta fase. Segundo Pereira Neto (1996), estas temperaturas são importantes para que ocorra a eliminação de microrganismos patogênicos.

A tabela 6 apresenta dados para eliminação de organismos patogênicos relatados na literatura.

Figura 4: Comportamento da temperatura da 2ª rodada de monitoramento.

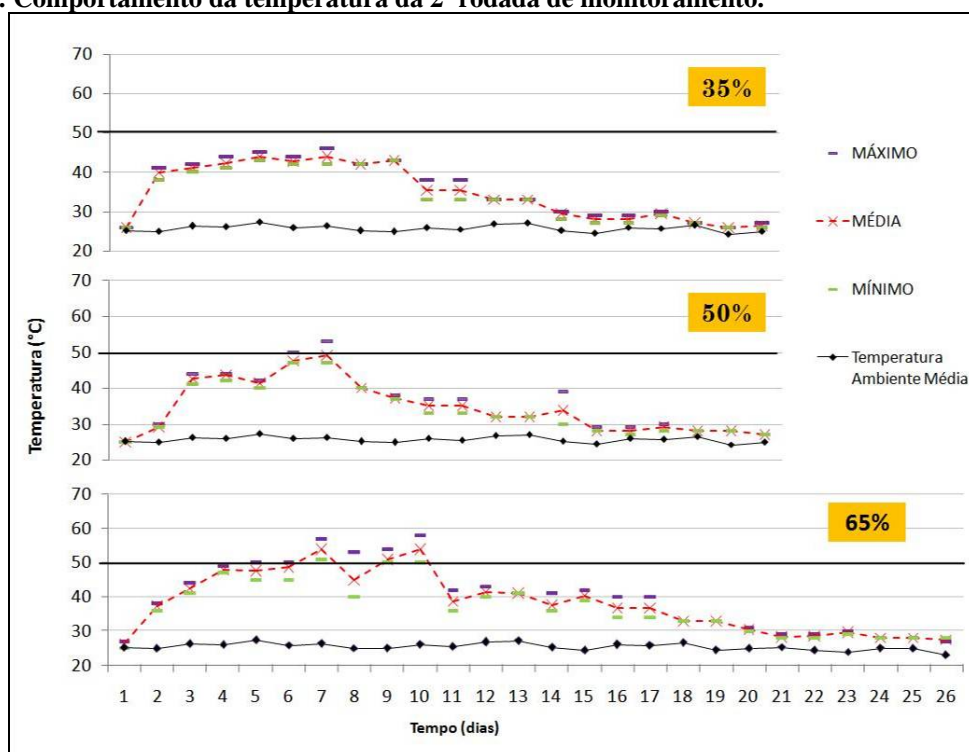


Tabela 6: Combinação temperatura-tempo relatada pela literatura para eliminação de organismos patogênicos.

Organismos	Temperatura-tempo	Referências
A combinação letal temperatura-tempo para todos os patógenos excretados nas fezes, incluindo o mais resistente <i>Ascaris</i>	1 hora em $\geq 62^{\circ}\text{C}$ 1 dia em $\geq 50^{\circ}\text{C}$ 1 semana em $\geq 46^{\circ}\text{C}$	(Feachem et al., 1983)
<i>Salmonella</i> spp. e <i>E. coli</i> são inativados ou indetectáveis	Dentro de 24 horas $> 50^{\circ}\text{C}$	(Lung et al., 2001; Hess et al., 2004)
<i>E. coli</i> , <i>Listeria</i> e <i>Salmonella</i> spp.	3 dias em 55°C	(Grewal et al., 2006)
<i>Salmonella</i> spp. e <i>E. coli</i>	Alguns dias a 2 semanas acima de 50°C	Cornell Waste Management Institute (2005) ^{1,2}
Para inativação dos patógenos	Acima de 50°C	(Schönning; Stenström, 2004; OMS, 2006).



CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Para a porcentagem de 65% de serragem obteve-se temperaturas de até 58°C, com permanência de 9 dias na fase termofílica, período importante para eliminação de organismos patogênicos.

A fase de degradação ativa dos processos analisados foi curta e durou de 3 a 9 dias. Por outro lado, a fase de resfriamento foi mais longa, levando de 12 a 18 dias para atingir a temperatura ambiente.

Parâmetro como pH para 35%, 50% e 65% apresentou comportamento satisfatório durante o desenvolvimento do processo de compostagem.

Para este tipo de experimento, com pequena quantidade de resíduo fecal e utilizando serragem como matriz, estabeleceu-se uma frequência de revolvimentos baseada especialmente no comportamento das temperaturas que eram desenvolvidas. Assim, o revolvimento foi realizado duas vezes ao dia, na fase de degradação ativa, observando-se que o não revolvimento implicava na redução da temperatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIRES, Margarida de Mello. Fisiologia. 3a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 1232 p.
2. ALMEIDA, M.C.; BUTLER, D.; FRIEDLER, E. At-Source Domestic Wastewater Quality. Urban Water, v.1, p. 49-55, 1999.
3. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19a Edição. Washington: American Public Health Association, 1995.
4. BIDONE, F. R. A., REIS, M., SELBACH, P. Compostagem – Aspectos teóricos e operacionais, Apostila do curso realizado pela ABES/RS – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre: ABES, Julho 2003.
5. BJÖRKLUND, A., 2002. The potential of using thermal composting for disinfection of separately collected faeces in Cuernavaca, Mexico. Minor Field Studies No 200. Swedish University of Agricultural Sciences, International Office. ISSN 1402-3237.
6. DEL PORTO, D.; STEINFELD, C. The composting toilet system book. A practical guide to choosing, planning and maintaining composting toilet systems, an alternative to sewer and septic systems. The center for ecological sanitation prevention (CEPP), Concord, Massachusetts. 1999 ISBN: 0-9666783-0-3.
7. FERNANDES, F.; SILVA, S.M.C.P da. Manual Prático para Compostagem de Biossólidos. 1a Edição. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
8. GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). Ecosan— recycling beats disposal. Alemanha: Eschborn, 2002.
9. GUARDABASSI, L.; DALSGAARD, A.; SOBSEY, M. Occurrence and survival of viruses in composted human faeces. Dinamarca: Sustainable Urban Renewal and Wastewater Treatment, no 32, 2003.
10. GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. Tratado de fisiologia médica. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 973 p.
11. HÖGLUND, Caroline. Evaluation of Microbial Health Risks Associated with the Re-use of Source-separated Human urine. 2001. 78 f. PhD Thesis. Department of Biotechnology and Applied Microbiology, Royal Institute of Technology (KTH) and the Department of Water and Environmental Microbiology, Swedish Institute for Infectious Disease Control (SMI), Estocolmo, Suécia.
12. JÖNSSON, H.; BAKY, A.; JEPSSON, U.; HELLSTRÖM, D.; KÄRRMAN, E. Composition of Urine, Faeces, Greywater and Biowaste: for utilization in the URWARE model. Urban Water, Report 2005: 6, Gothenburg, Suécia, 2005.
13. KARLSSON, J.; LARSSON, M., 2000. Composting Latrine Products in Addis Ababa, Ethiopia. Minor Field Studies No. 32. Luleå: Luleå University of Technology.
14. LOPEZ ZAVALA, M.L.; FUNAMIZU, N.; TAKAKUWA, T. Modeling of aerobic biodegradation of feces using sawdust as a matrix. Water Research, v. 38, p. 1327-1339, 2004.
15. Niwagaba, C.; Nalubega, M.; Vinnerås, B.; Sundberg, C.; Jönsson, H. Bench-scale composting of source-separated human faeces for sanitation. Waste Management, v. 29, p. 585-589, 2009.
16. PEREIRA NETO, J. T. Manual de Compostagem – Processo de baixo custo. Belo Horizonte: Fundo das Nações Unidas para a Infância, UNICEF, 1996.



17. SCHÖNNING, C.; STENSTRÖM, T.A. Guidelines for the safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation System. Estocolmo: Stockholm Environment Institute, 2005. Disponível em: <<http://www.ecosanres.org>>. Acesso em: 20 jun. 2008.
18. SCHOUW, N.L.; DANTERAVANICH, S.; MOSBAEKA, H.; TJELLA, J.C. Composition of human excreta: a case study from Southern Thailand. *The Science of the Total Environment*, v. 286, p. 155-166, 2002.
19. VINNERÅS, Björn. Possibilities for Sustainable Nutrient Recycling by faecal Separation Combined with Urine Diversion. 2002. 88 f. PhD Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Engineering, Uppsala, Suécia.
20. Vinnerås, B.; Björklund, A.; Jönsson, H. Thermal composting of faecal matter as treatment and disinfection method – Laboratory-scale and pilot-scale studies. *Bioresource Technology*, v. 88, n. 1, p. 47-54, 2003.
21. VINNERÅS, B.; PALMQUIST, H.; BALMÉR, P.; WEGLIN, J.; JENSEN, A.; ANDERSSON, Å.; JÖNSSON, H. The characteristics of household wastewater and biodegradable waste – a proposal for new Swedish norms. *Urban Water*, v. 3, p. 3-11, 2006.
22. Vinnerås, Björn. Comparison of composting, storage and urea treatment for sanitising of faecal matter and manure. *Bioresource Technology*, v. 98, p. 3317-3321, 2007.
23. WHO, 2004. Water, Sanitation and Hygiene Links to Health. Facts and figures updated November 2004. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/en/>. Acessado em: 10 de outubro de 2007.
24. WHO, 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 4. Excreta and greywater use in agriculture. ISBN 92 4 154685 9.