

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

BARBARA AMATUZI
JÉSSICA LUIZA BOTEGA
LUANA SALETE CELANTE

**IMPLEMENTAÇÃO DE BANHEIRO SECO COMO PROPOSTA DE
SANEAMENTO ECOLÓGICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA – PR
2013

BARBARA AMATUZI
JÉSSICA LUIZA BOTEGA
LUANA SALETE CELANTE

IMPLEMENTAÇÃO DE BANHEIRO SECO COMO PROPOSTA DE SANEAMENTO ECOLÓGICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, como requisito essencial à obtenção do grau de Tecnólogo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Juliana Bortoli Rodrigues Mees.

MEDIANEIRA - PR

2013



TERMO DE APROVAÇÃO

IMPLEMENTAÇÃO DE BANHEIRO SECO COMO PROPOSTA DE SANEAMENTO ECOLÓGICO

Por

BARBARA AMATUZI
JÉSSICA LUIZA BOTEGA
LUANA SALETE CELANTE

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 10:20 h do dia 12 de abril de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. As candidatas foram arguidas pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dra. Juliana Bortoli R. Mees
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientador)

Prof. Dra. Carla Daniela Câmara
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. *M.Sc.* Eduardo Borges Lied
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. *M.Sc.* Thiago Edwiges
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

* As devidas assinaturas encontram-se no Termo de Aprovação impreso, entregue na Coordenação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, por nos conceder o privilégio da vida, nos guiar e dar força nas horas difíceis ao longo do período da graduação.

Aos nossos pais e irmãos pelo amor incondicional, por sempre nos apoiarem durante toda a caminhada da faculdade, por nos incentivarem a não desistir, por terem paciência conosco nos momentos de dificuldade e por nos darem força e equilíbrio para a consolidação dessa pesquisa.

Aos nossos amigos e namorados por sempre estarem ao nosso lado nos apoiando em todas as horas, pelo amor, cumplicidade e companheirismo.

Em especial agradecemos à nossa orientadora, Juliana Bortoli Rodrigues Mees, pelos ensinamentos fornecidos, pelo apoio, pela dedicação em nos ajudar sempre que precisamos e solicitamos, pela paciência e pelo companheirismo ao longo desse trabalho, sem você a consolidação dessa pesquisa não seria possível, muito obrigado.

*“A grandeza não consiste em receber honra
mas em merecê-las.”*

Aristóteles

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo, implementar um Banheiro seco de compartimentos móveis, seguindo as recomendações de Berger (2010). Essa tecnologia de Banheiro Seco é uma alternativa de saneamento ecológico difundida em diversos países. Partindo-se da premissa de não utilizar a água em seu sistema, a forma mais recomendada para se tratar os dejetos humanos é a compostagem. Deste modo, o banheiro seco se apresenta como uma opção viável, se manuseado de forma correta, poderá equacionar os problemas de saneamento básico, principalmente em comunidades rurais e pequenos centros urbanos, onde não há rede coletora de esgoto. Pela tecnologia de banheiro seco ser difundida no mundo, mas pouco difundida no Brasil é necessário ter um bom conhecimento em relação a sua operação, pois se manuseado de forma incorreta podem ocasionar doenças nocivas à saúde humana. Desta forma, foi implantada em propriedade rural localizada no município de Santa Helena, Estado do Paraná, a tecnologia de banheiro seco de recipientes móveis, com o objetivo de analisar a viabilidade de utilizar o composto final como adubo na agricultura através da compostagem. O composto final foi separado em 16 experimentos e submetido à 4 diferentes substratos, sendo eles: restos de alimentos, esterco de cavalo, cinzas e urina. Após 60 dias de compostagem, foram separados em amostras e analisados em laboratório. Os resultados mostraram que o processo de compostagem tem papel importante na eficiência do banheiro seco, em decorrência das propriedades dos substratos, o parâmetro pH diferenciou-se dos demais, pois apresentou significância de 5% pelo teste de Tuckey. Ainda em relação a esses resultados, foram verificados a presença de coliformes termotolerantes, o que indica que é preciso maior tempo de compostagem e que alcance uma maior temperatura.

Palavras chaves: Banheiro Seco, Saneamento Ecológico, Compostagem e Água.

ABSTRACT

The current research had the objective to implement a composting toilet of movable compartments, following the recommendations of Berger (2010). This technology of composting toilet is an alternative of ecological sanitation broadcast in several countries. Starting from the proposition of not using water in its system, the best way recommended to treat the human feces is the composting. In this way the composting toilet presented as a viable option, handling in the right way, it will be able to equate the problems of basic sanitation, especially in rural communities and small urban center where there is no sewage collector. Due to the technology of composting toilet been broadcast in the world, but little broadcast in Brazil it is necessary to have good knowledge about its operation, because if handles in the wrong way, it will cause harmful disease to the human health. So, it has been implanted in a rural property located in the city of Santa Helena, State of Parana, the technology of composting toilet of movable recipients, with the objective of analyze the availability of using the final compost as fertilizer in the agriculture thru composting. The final compost was separated in 16 experiments and subordinated to 4 different substratums. They are leftover, horse's dung, ash and urine. After 60 days of composting, they were separated in samples and analyzed in laboratory. The results showed that the process of composting has an important role at the efficiency to composting toilet in result of properties of the substratum. The parameter ph differed in relation to the others, because it presented significance of 5% by the test of Tuckey. Also, in relation to this result, the presence of thermo-tolerant coliforms what indicates that it is necessary more time of composting and reaches a higher temperature.

Key-words: composting toilet, Ecological Sanitation, Composting and Water.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - BANHEIRO DE RECIPIENTES MÓVEIS.	26
FIGURA 2 - VASO SANITÁRIO SECO.	26
FIGURA 3 - VASO SANITÁRIO E COMPARTIMENTO COM AS CÂMARAS DE COMPOSTAGEM.....	28
FIGURA 4 - CÂMARAS DE COMPOSTAGEM DE UM BANHEIRO COM SISTEMA CARROSSEL.....	28
FIGURA 5 - BANHEIRO COMPOSTÁVEL COM DUAS CÂMARAS.....	30
FIGURA 6 - ESQUEMA DO MODELO BASON.....	31
FIGURA 7 - ESQUEMA DAS ETAPAS DA COMPOSTAGEM.....	36
FIGURA 8 - LOCALIZAÇÃO DO BANHEIRO SECO.....	40
FIGURA 9 - PLANTA BAIXA DO BANHEIRO SECO.....	41
FIGURA 10 - BANHEIRO SECO DE COMPARTIMENTOS MÓVEIS IMPLEMENTADO NA PROPRIEDADE RURAL.....	41
FIGURA 11 - VISTA INTERIOR DO BANHEIRO SECO DE COMPARTIMENTOS MÓVEIS IMPLEMENTADO NA PROPRIEDADE RURAL.....	42
FIGURA 12 - VISTA DA PARTE DE TRÁS DO BANHEIRO DE RECIPIENTES MÓVEIS IMPLEMENTADO.....	44
FIGURA 13 - COMPARTIMENTO DE ARMAZENAMENTO DA SERRAGEM E A CANECA.....	45
FIGURA 14 - FEZES COM SERRAGEM COLETADOS NO BANHEIRO SECO.....	45
FIGURA 15 - COMPOSTO ORIUNDO DO BANHEIRO SECO IMPLEMENTADO SENDO DISPOSTOS NOS VASOS PARA A COMPOSTAGEM.....	46
FIGURA 16 - FEZES COM SERRAGEM + CINZAS.....	46
FIGURA 17 - FEZES COM SERRAGEM + ESTERCO DE CAVALO.....	47
FIGURA 18 - FEZES COM SERRAGEM + RESTOS DE ALIMENTOS.....	47
FIGURA 19 - FEZES COM SERRAGEM + URINA.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PERCENTUAL DE DOMICÍLIOS ATENDIDOS POR REDE GERAL DE ESGOTO EM ORDEM DECRESCENTE, SEGUNDO AS UNIDADES DA FEDERAÇÃO – 2008	16
GRÁFICO 2 - NÚMERO DE PESSOAS SEM ACESSO À REDE COLETORA DE ESGOTO SEGUNDO AS GRANDES REGIÕES – 2008	17

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CONJUNTO DE DOENÇAS RELACIONADAS AO SANEAMENTO AMBIENTAL INADEQUADO.....	19
TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS	21
TABELA 3 - TIPOS DE TRATAMENTOS EMPREGADOS NA COMPOSTAGEM....	43
TABELA 4 – VALORES DE MATÉRIA ORGÂNICA (MO), CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT), NITROGÊNIO TOTAL (NT), PH, RELAÇÃO COT/NT E COLIFORMES TERMOTOLERANTES (CTT).....	49
TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS OBTIDOS.....	50
TABELA 6 - TEOR DE NT(%) EM ADUBOS DE ORIGEM ANIMAL.....	52

SÚMARIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 SANEAMENTO	13
2.1.2 Esgoto Doméstico	20
2.1.3 Consumo de Água.....	22
2.2 BANHEIRO SECO	24
2.2.1 Banheiro de recipientes móveis.	25
2.2.2 Banheiro com sistema carrossel	27
2.2.3 Banheiros Compostáveis com duas câmaras	29
2.2.4 Modelo Bason	30
2.3 RECOMENDAÇÕES PARA O USO DO BANHEIRO SECO.....	32
2.4 COMPOSTAGEM.....	33
2.4.1 Temperatura.....	35
2.4.2 Umidade	37
2.4.3 Aeração	38
2.4.4 Relação C/N.....	38
2.4.5 pH.....	39
3 MATERIAL E MÉTODOS	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
6 REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

O Banheiro seco é conhecido por ser uma técnica de saneamento que não utiliza água para remover os dejetos, estes são armazenados em uma câmara onde passam por processo de compostagem, deste modo o composto final pode ser utilizado como adubo.

Este tipo de banheiro reduz consideravelmente, ou totalmente, o uso excessivo de água para o transporte, armazenamento e tratamento destes resíduos, assim economizando a grande quantidade que é desperdiçada pelos sistemas de abastecimento de água e coletas de esgoto. Tem-se investido cada vez mais em novas tecnologias de tratamento que são feitas preferencialmente mais perto da fonte onde foram gerados os resíduos, evitando assim um maior desperdício.

Trata-se ainda de uma tecnologia que não interfere no ciclo natural de nutrientes, pois é adotada a compostagem como forma de tratamento deste material fecal. Portanto, como não há mistura de água com os dejetos, não existe geração de esgoto doméstico, evitando possíveis doenças relacionadas a ela, assim como a possível contaminação de mananciais hídricos pela má disposição desse esgoto. Sendo ainda, que o acesso à água limpa seja considerado como uma necessidade e direito básico do ser humano, mesmo que a grande parte da população não usufrua desta água potável. Uma vida digna é baseada no acesso à água limpa, pois a água potável em conjunto com o saneamento adequado, contribui para o aumento do bem-estar e saúde da vida do ser humano, além de uma melhoria contínua na economia.

Esta tecnologia já é conhecida e conseqüentemente consagrada em vários países dos continentes da América do Norte e Europa, sendo utilizada de formas semelhantes, com o mesmo intuito de armazenamento e tratamento dos resíduos sem a empregabilidade da água. Deste modo, é contribuída, para a saúde mundial, uma nova forma de saneamento sustentável.

Portanto, a presente pesquisa teve como objetivo descrever a tecnologia banheiro seco de compartimentos móveis como proposta de saneamento ecológico para sanitizar os excrementos humanos. O banheiro seco de compartimentos móveis foi implementado em uma propriedade rural no município de Santa Helena,

com o objetivo de analisar a viabilidade de utilizar o composto, com adição de diferentes substratos, como destinação final empregada na agricultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SANEAMENTO

Ao longo do tempo a questão saneamento estava inteiramente ligada a proteção da saúde, como forma de controle de doenças e práticas sanitárias coletivas. Os exemplos mais marcantes da época foram às construções de aquedutos, os banhos públicos e os esgotos de Roma.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social. Já para o Ministério da Saúde, saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e à produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica.

Segundo Heller (1998) o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) define saneamento básico como apenas as ações de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Por outro lado, algumas definições de saneamento ambiental, ao lado das áreas mais clássicas, incluem ações como o saneamento dos alimentos, das habitações e dos locais de trabalho, além da higiene industrial e o controle da poluição atmosférica e sonora. Para efeito de padronização, a tendência predominante no Brasil tem sido a de considerar como integrantes do saneamento as ações de (HELLER, 1998):

- abastecimento de água, caracterizado como o fornecimento às populações de água em quantidade suficiente e com qualidade que a enquadre nos padrões de potabilidade;
- esgotamento sanitário, compreendendo a coleta dos esgotos gerados pelas populações e sua disposição de forma compatível com a capacidade do meio ambiente em assimilá-los;
- limpeza pública, incluindo todas as fases de manejo dos resíduos sólidos domésticos, até sua disposição final, compatível com as potencialidades ambientais;

- drenagem pluvial, significando a condução das águas pluviais, de forma a minimizar seus efeitos deletérios sazonais sobre as populações e as propriedades;
- controle de vetores de doenças transmissíveis, especialmente artrópodes e roedores.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2006), Saneamento ambiental é entendido como o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, ou seja, saneamento tem a finalidade de proteger e melhorar as condições da vida urbana e rural, na relação saneamento-saúde-ambiente.

De acordo com Souza (2007), há vários enfoques sobre essa relação, em que destacam-se dois grupos: um associado às ideias de prevenção de doenças, segundo o qual cabe ao saneamento higienizar o ambiente e com isso evitar as doenças; e outro que se aproxima dos pressupostos da promoção da saúde, de acordo com o qual o saneamento assume ações para a melhoria da qualidade ambiental e para a erradicação das doenças.

Atualmente cerca da metade da população mundial não tem acesso a nenhuma forma de saneamento (ONU e UNICEF 2000), e segundo os dados do Relatório da Organização Mundial da Saúde e UNICEF: “Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation (JMP) – 2012”, cerca de 780 milhões de pessoas (11%) ainda não possuem acesso à água potável, dessas 216 milhões residem na China ou Índia; 2,5 bilhões de pessoas (37%) vivem sem saneamento adequado, sendo 40 milhões são brasileiros. Em áreas rurais, 1,8 bilhão de pessoas não têm acesso a saneamento básico, representando 72 % do total de pessoas sem este serviço e 15 % da população mundial não tem acesso a banheiro.

E o restante da humanidade depende de sistemas convencionais de saneamento, que se limita a duas categorias: em sistemas baseados em redes de transporte de água, ou em sistemas de fossa séptica. Ambas as tecnologias - a da descarga e a da acumulação - foram concebidas a partir da premissa de que os nutrientes que nós eliminamos não têm valor significativo, e devem ser descartados. Conseqüentemente, o meio ambiente é poluído, os nutrientes são perdidos, e uma ampla gama de problemas de saúde é criada (ESREY, 2000).

No Brasil, o saneamento básico é um direito garantido pela Constituição e definido pela Lei nº. 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. A lei nº. 11.445/2007 ainda estabelece nos municípios a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico como instrumento de planejamento para a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, e ainda determina os princípios dessa prestação de serviços; as obrigações do titular, as condições para delegação dos serviços, as regras para as relações entre o titular e os prestadores de serviços, e as condições para a retomada dos serviços (Instituto Trata Brasil, 2012)

Segundo os dados levantados em 2008 pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2010), a situação do esgotamento sanitário dos municípios, desde a última pesquisa realizada em 2000, ainda é pouco satisfatória. Em 2000, 47,8% dos municípios brasileiros não possuíam coleta de esgoto, e em 2008, o quadro não é muito diferente, 44,8% dos municípios não apresentavam rede de esgoto, sendo que apenas 28,5% do que é coletado recebe tratamento. A região norte do país concentra a maior proporção de municípios sem coleta (86,6%), seguida das regiões Centro-Oeste (71,7%), Sul (60,3%), Nordeste (54,3%) e Sudeste (4,9%).

No estado do Paraná, apenas 46,3% domicílios são atendidos por rede geral coletora de esgoto, acima da média nacional, conforme Gráfico 01.

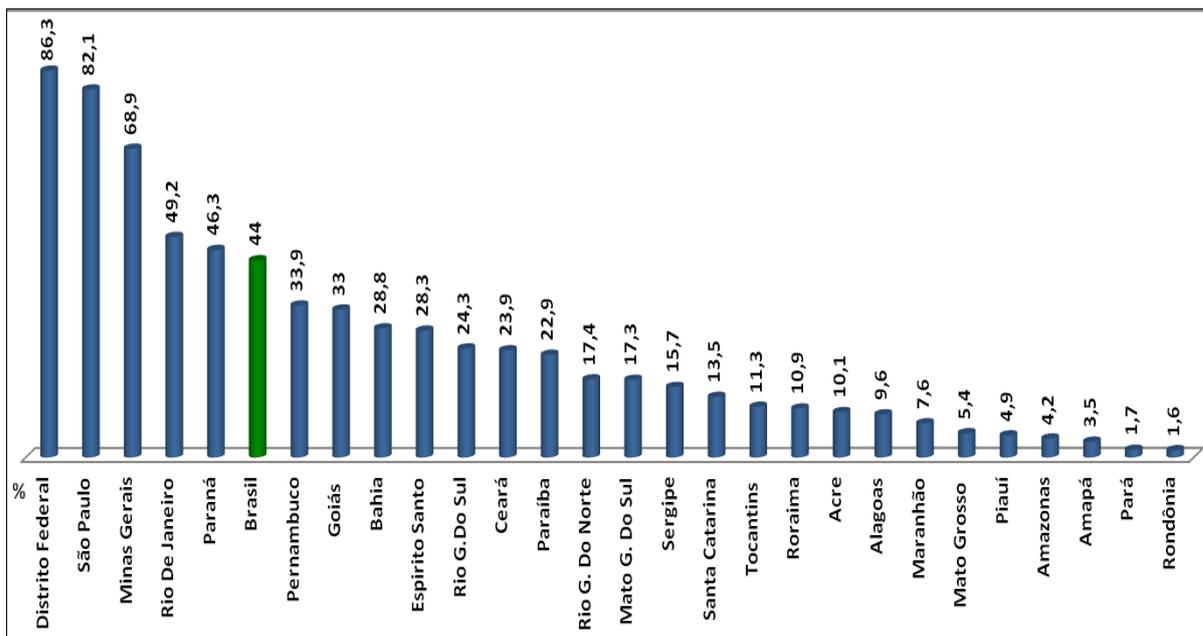


Gráfico 1 – Percentual de domicílios atendidos por rede geral de esgoto em ordem decrescente, segundo as Unidades da Federação – 2008

Fonte: IBGE, 2008

Ainda segundo a pesquisa, cerca de 55,2% dos municípios tinham serviço de rede de esgoto em 2008, mas esse índice refere-se apenas à existência do serviço no município, sem considerar a extensão da rede, a qualidade do atendimento, o número de domicílios atendidos, ou se o esgoto sofreu algum tratamento. O número de brasileiros sem a cobertura desse serviço, considerando-se apenas os municípios sem rede coletora, era de aproximadamente 34,8 milhões de pessoas, cerca de 18% da população, conforme Gráfico 2.

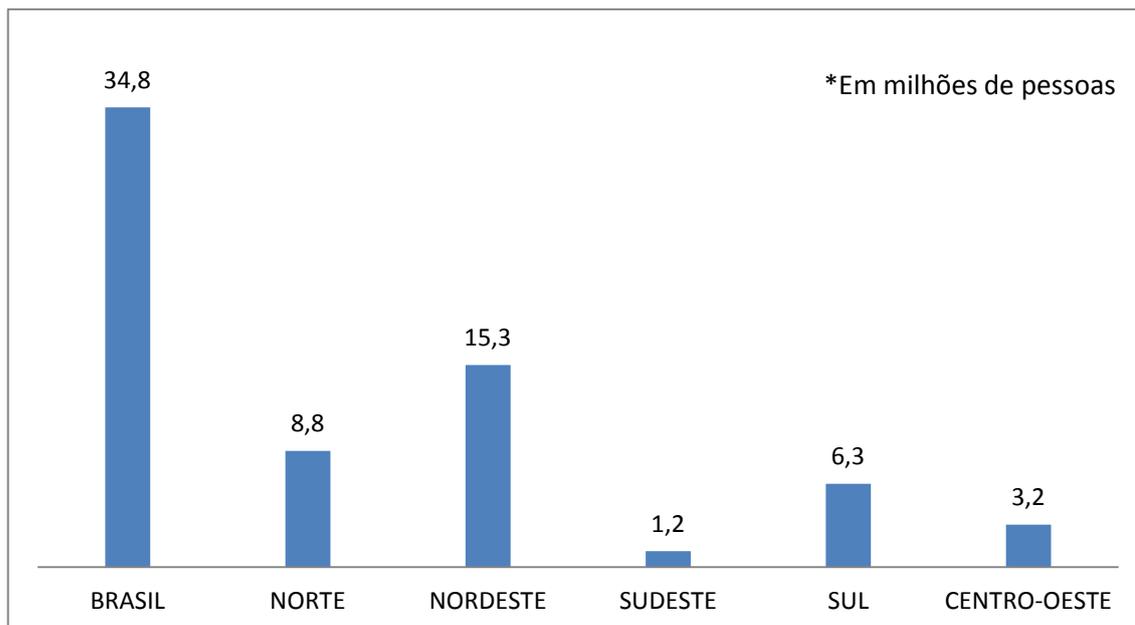


Gráfico 2 - Número de Pessoas sem acesso à rede coletora de esgoto segundo as grandes regiões – 2008

Fonte: IBGE, 2008.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Santa Helena (2012), no Município seu sistema de esgotamento sanitário atende a 83,56% da população urbana da sede urbana do município, com disponibilidade de rede coletora de esgoto.

Em relação ao Saneamento Rural, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE/2010, no Brasil cerca de 29,9 milhões de pessoas residem em localidades rurais, em aproximadamente 8,1 milhões de domicílios.

A lei nº. 11.445/2007 que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, em seu Art. 48, garante meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares e ainda no Art. 49 proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados.

Os serviços de saneamento prestados a esta parcela da população apresentam elevado déficit de cobertura. Conforme dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD/2009, apenas 32,8% dos domicílios nas áreas rurais estão ligados a redes de abastecimento de água com ou sem canalização interna. O restante da população (67,2%) capta água de chafarizes e poços protegidos ou não,

diretamente de cursos de água sem nenhum tratamento ou de outras fontes alternativas geralmente insalubres (FUNASA, 2012).

A situação é mais crítica quando são analisados dados de esgotamento sanitário: apenas 5,7% dos domicílios estão ligados à rede de coleta de esgotos e 20,3% utilizam a fossa séptica como solução para o tratamento dos dejetos. Os demais domicílios (74%) depositam os dejetos em “fossas rudimentares”, lançam em cursos d’água ou diretamente no solo a céu aberto (PNAD/2009).

2.1.1 Saneamento *versus* Saúde Pública

Segundo a Constituição Federal (1988), em seu artigo 196, a saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação.

Deste modo, segundo o artigo 3º da Lei Orgânica da Saúde, que Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências (Lei 8.080/90) a saúde tem como fatores definitivos e condicionantes, entre outros, a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais; os níveis de saúde da população expressam a organização social e econômica do País.

A oferta de saneamento básico é constitucional e essencial em termos de qualidade de vida, pois sua ausência acarreta em poluição dos recursos hídricos, trazendo riscos à saúde humana, principalmente o aumento da mortalidade infantil.

Segundo Fonseca e Vasconcelos (2011) um dos mais importantes problemas de saúde do mundo, encontrados principalmente em países em desenvolvimento, são as doenças infectoparasitárias. Na sua grande maioria relacionada à água, estas doenças são típicas de ambientes precários onde não há saneamento básico ou, quando existe, é inadequado.

Ainda de acordo com Fonseca e Vasconcelos (2011), nos anos de 2001 e 2002 foi realizada uma pesquisa financiada pela FUNASA que definiu as Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), (Quadro 01)

representada pelo conjunto de doenças infectoparasitárias de importância epidemiológica relacionadas ao saneamento.

Tabela 1 - Conjunto de doenças relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado.

Categorias e doenças	CID – 10 (1)
Doenças de transmissão feco-oral Diarreias (2) Febres entéricas Hepatite A	A00; A02 –A04; A06-A09 A01 B15
Doenças Transmitidas por inseto vetor Dengue Febre Amarela Leishmanioses (L. tegumentar e L. visceral) Filariose linfática Malária Doença de Chagas	A90; A91 A95 B55 B74 B50-B54 B57
Doenças Transmitidas através do contato com a água Esquistossomose Leptospirose	B65 A27
Doenças relacionadas com a higiene Doenças dos olhos Tracoma Conjuntivites Doenças da pele Micoses superficiais	A71 H10 B35;B36
Geo-helminthos e teníases Helminthíases (3) Teníases	B68;B69;B71;B76-B83 B67

Fonte: COSTA, A. M. et al.. 2002 apud IBGE (2006)

(1) Código da Classificação Internacional de Doenças, revisão 1996, divulgada pela OMS, em 1997.

(2) Diarreias: *Balantidium ooli*; *Cryptosporidium SP*; *Etamoeba histolytica*; *Giardia lamblia*; *Isospora belli*; *Campylobacter jejunic*; *Esoheriohia ooli*; *Salmonela não tifoide*; *Shigella disenteríae*; *Yersinia enterocolitico*; *Vibrio cholerae*; *Astrovirus*; *Calicivirus*; *Adenovirus*; *Norwalk*; *Rotavirus*. (3) Helminthíases: *ancilostomíase*; *ascaridíase*; *enterobiase*; *estrongiloidíase*; *tricuriase*; *teníase*; *cisticercose*; *equinococose*.

Partindo deste pressuposto o saneamento ambiental é um dos fatores decisivos para a saúde e a qualidade de vida da população. Quanto maior a cobertura dos municípios com saneamento ambiental, menor é o índice de mortalidade infantil e de outras doenças.

2.1.2 Esgoto Doméstico

De acordo com a NBR 9648 (1986), esgoto doméstico é um despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Deste modo, caso não haja destinação adequada ao mesmo, este acaba constituindo em um perigoso risco ao meio ambiente e a foco de disseminação de doenças.

Segundo Jordão e Pessoa (1995), o esgoto doméstico compõe-se basicamente de resíduos gerados pelo homem (fezes e urina), papel, restos de comida, sabão e águas de lavagem. Contém muitos sólidos flutuantes: grandes (fezes, plásticos, pedaços de pano, pedaços de madeira), pequenos (papéis, grãos, etc.) e microscópicos (matéria coloidal). O esgoto fresco é cinza, turvo e com pouco, mas desagradável odor. Em climas quentes, o esgoto perde rapidamente o oxigênio dissolvido, tornando-se séptico. Este tem um odor mais forte, devido à presença de gás sulfídrico.

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9 % de água e 0,1 % de sólidos. Destes 70 % são sólidos orgânicos (proteínas, carboidratos, gorduras) e 30 % sólidos inorgânicos (areia, sais e metais). A água em si nada mais é que um meio de transporte das inúmeras substâncias orgânicas, inorgânicas e microrganismos eliminados pelo homem diariamente (JORDÃO & PESSOA, 1995).

Parâmetros importantes na caracterização do esgoto são: matéria orgânica, cor, turbidez, pH e temperatura. A investigação da presença de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, torna-se importante para o controle do processo de eutrofização (VON SPERLING, 1996).

A Tabela 2 apresenta alguns parâmetros encontrados nos esgotos domésticos, segundo Kiely (1998), Bertolino (2008) e Von Sperling (2005).

Tabela 2 - Características dos esgotos domésticos

Parâmetros	Concentração	Concentração	Concentração
	(mg/L ⁻¹) KIELY (1998)	(mg/L ⁻¹) BERTOLINO, <i>et al</i> (2008)	(mg/L ⁻¹) VON SPERLING (2005)
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO⁵	150-400	300-55	250-400
Demanda Química de Oxigênio - DQO	500	670-94	450-800
Sólidos Suspensos Totais	150-400	296-121	200-450
Fósforo Total	5-15	5,8-1,1	4-15
Nitrogênio Total	40-80	56,2-25,7	35-60
Nitrogênio Amoniacal	25	32,6-16,6	20-30

Segundo Ávila (2005), dependendo da carga orgânica distribuída, os esgotos provocam a degradação do ambiente (solo, água e ar). Em alguns casos, o meio demonstra ter condições de receber e decompor os contaminantes até alcançar um nível que não cause problemas ou alterações que prejudiquem o ecossistema local e circunvizinho.

Tratar esgotos é efetivamente aplicar energia para separar e reduzir em águas servidas (esgotos sanitários) as concentrações de materiais e substâncias que a elas foram adicionados por seus usos. Um sistema de tratamento dos esgotos é usualmente classificado através dos níveis preliminar, primário, secundário e terciário (AVILA, 2005).

Ainda segundo a autora, o tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e, conseqüentemente, parte da matéria orgânica. O tratamento secundário visa à remoção de matéria orgânica e eventualmente de nutrientes. Já o tratamento terciário, objetiva a remoção de nutrientes e poluentes específicos, como compostos não biodegradáveis ou tóxicos.

No Brasil, são empregadas várias técnicas de tratamento de esgotos, desde sofisticados sistemas até processos simples. Entre as tecnologias de baixo custo e

pequenas vazões desenvolvidas nos últimos vinte anos, destacam-se: reatores anaeróbios de fluxo ascendente por meio de lodo, tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios e formas de disposição controlada no solo, (AVILA, 2005).

O destino final do esgoto é, geralmente, o encaminhamento a um corpo de água, muitas vezes em sua forma bruta. Em consequência desse lançamento, podem aparecer alguns inconvenientes, como o desprendimento de maus odores, a presença de sabor na água potável, a mortandade de peixes e a ameaça à saúde pública. Via de regra, tais impactos são mitigados ou evitados quando o esgoto é submetido a tratamento prévio adequado (ALMEIDA, *et al*, 2010).

2.1.3 Consumo de Água

A água, um dos elementos mais importantes para a sobrevivência humana, dispõe de aproximadamente 1,39 bilhão de quilômetros cúbicos de água no planeta, abrangendo 70% da superfície terrestre. Entretanto 2,59% dessa quantia são de água doce, sendo que aproximadamente 99% desse volume estão concentrados em aquíferos profundos de difícil acesso ou no estado sólido em regiões polares. Restando assim uma pequena porcentagem de águas superficiais para atividades humanas.

Entre todos os países, o Brasil é o que mais se destaca no quesito água, pois possui cerca de 12% de toda água disponível no planeta. Sendo que 70% de todo esse volume encontra-se na região da Amazônia, 15% no Centro Oeste, 6% no Sul, mais 6% no Sudeste e apenas 3% no Nordeste. Apesar de possuir uma das maiores quantias de água doce, o país não está imune em relação aos problemas e dificuldades que envolvem esse elemento. Entretanto, mesmo sendo o país mais rico em água, sua distribuição é desigual. Há fartura em regiões pouco habitadas, como a Amazônia, e escassez nas áreas mais populosas, contando ainda com as regiões que sofrem com a seca.

Segundo Tundisi (2003), do ano de 1900 a 2000, o uso total da água no planeta aumentou em dez vezes. De acordo com ele, há 26 países com escassez de água e pelo menos 4 países (Kuwait, Emirados Árabes Unidos, Ilhas Bahamas,

Faixa de Gaza – território palestino) com extrema escassez. Existe ainda uma estimativa que cerca de 232 milhões de pessoas são afetadas por esse problema.

De acordo com Adeodato (2008), a disputa pela água escassa poderá se transformar em guerras. A maior preocupação é com os países que compartilham o uso de rios e lagos. Até 2030, a água será o grande motivo de guerra na África. As principais causas dos conflitos são a incapacidade dos países de gerenciar a água, a falta de financiamento, o despreparo técnico e a destruição dos mananciais pelo uso irracional e pela poluição.

A luta pelo acesso à água já começa a ser uma das principais fontes de conflitos internacionais, sobretudo nas regiões semiáridas e áridas. A ONU reconhece a existência de, pelo menos, 15 grandes disputas internacionais envolvendo a utilização de recursos hídricos. Os conflitos internos chegam a milhares (ANTUNES, 2008).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), é recomendado um consumo médio de 50 litros diários por habitante. Entretanto existem alguns países em que esse índice não passa de 5 litros. Já em regiões mais desenvolvidas, uma pessoa chega a usar em média 400 litros de água por dia. No Brasil essa média *per capita* consumida diariamente é de 187 litros de água.

A menos que sejam tomadas medidas radicais para modificar o modo como às águas são manipuladas, as perspectivas são desanimadoras. Por volta de 2025, o mundo pode enfrentar uma grave falta de água. A consequência disso será a queda na produção de alimentos, o que levará à desnutrição, às doenças e a um desastre ecológico (CLARKE e KING, 2003). Ainda de acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2012), se continuar inalterada a tendência atual, 1 bilhão e 800 milhões de pessoas estarão vivendo com escassez absoluta de água, e 2/3 da população mundial pode passar a viver sob condições de escassez moderada, por volta de 2025.

Através das estimativas acima, é possível observar que a tecnologia e os sistemas de serviço de saneamento público, em particular nas nações industrializadas ricas, permitem que as pessoas usem mais água do que elas realmente necessitam. Um exemplo desse fato é a descarga de banheiro, que é considerada uma grande prova de desperdício. As médias variam de 6 a 30 litros de água usados, dependendo do tipo de descarga, considerando ainda que a água foi tratada antes de ser utilizada para esse propósito.

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP (2010), uma bacia sanitária com válvula de pressão e tempo de acionamento de 6 segundos gasta a média de 12 a 16 litros de água. Já bacias sanitárias por acionamento e com válvulas acopladas (fabricadas a partir de 2001), necessitam um tempo de acionamento 50% menor para efetuar a limpeza, neste caso pode-se chegar a volumes de 6 litros por descarga. Existe ainda o sistema da bacia com duplo acionamento, que controla a quantidade de água para cada função. Com dois botões distintos, o acionamento se dá de duas formas: com a utilização de três litros de água para a remoção de dejetos líquidos e de seis litros para dejetos sólidos. Entretanto, se a válvula estiver defeituosa ou desregulada, pode-se chegar a gastar 30 litros de água por descarga.

De acordo com Manual da PEGAE – Programa Estadual de Gestão de Águas e Esgotos, um banheiro gasta por volta de 75% da água consumida em uma residência, sendo 40% gastos pelo vaso sanitário. Com base nessas informações, é possível observar que há um grande desperdício de água em relação às descargas dos sanitários.

2.2 BANHEIRO SECO

O banheiro compostável, também conhecido como banheiro seco ou sanitário ecológico é uma técnica de saneamento que não utiliza água para remover os dejetos, estes ficam armazenados em uma câmara onde passam por um processo de compostagem e o produto final pode ser utilizado como adubo (SÁ, 2011).

Um dos principais benefícios da utilização desta tecnologia é a solução de problemas dos sistemas hídricos sanitários, como a contaminação e desperdício de água, e a transformação dos dejetos em adubo orgânico e húmus. Essa tecnologia funciona sem a necessidade de água e não é ligada a rede de esgoto. No banheiro seco os dejetos vão para uma câmara onde a matéria orgânica passa por um processo de compostagem e se decompõe e o produto final é utilizado como adubo. Conseqüentemente os resíduos são utilizados como nutrientes e não há uso de água para diluir nem transportar as fezes, assim não contaminando o subsolo e nem os cursos d'água (TEIXEIRA e MOTTA, 2008).

O banheiro seco é uma tecnologia já consagrada em diversos países do mundo como os Estados Unidos, Canadá, Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália, e, basicamente, utiliza processos para tratar e sanitizar os dejetos humanos que reduzem consideravelmente, ou totalmente, o uso de água para o transporte, armazenamento e tratamento destes resíduos (ALVES, B. 2009).

A implantação de banheiros secos compostáveis em áreas onde não existe coleta de esgoto, principalmente zonas rurais, se apresenta como uma alternativa simples, de baixo custo e que não agride o meio ambiente. O sanitário compostável não utiliza água, os dejetos ficam armazenados em uma câmara e passam por um processo de compostagem. O composto obtido pode ser usado em jardins, ou como recurso agrícola. Esta alternativa respeita o ciclo natural dos elementos, contribui para a redução do consumo de água, e evita a contaminação desta por dejetos humanos (SÁ, 2011).

2.2.1 Banheiro de recipientes móveis.

Segundo Berger (2010) banheiros com recipientes móveis não são considerados um sanitário compostável, mas sim compartimento para coleta de excreta, a qual pode ser compostada sequencialmente. Para isso, as fezes coletadas devem ser transportadas até uma pilha maior de compostagem, ou uma câmara designada para esse fim, como mostra a figura 1 e 2.

Tal modelo sanitário é composto por um compartimento móvel (como barril ou semelhante) localizado abaixo do assento sanitário, designado a receber a excreta. Após completo o volume útil do compartimento fecal, este é substituído por outro semelhante e carregado para um local adequado de modo a ser esvaziado. Muitos são compostos por sistemas de ventilação, a fim de prevenir odores desagradáveis.



Figura 1 - Banheiro de recipientes móveis.

Fonte: Basic overview of composting toilets (with or without urine diversion, GTZ 2010).



Figura 2 - Vaso sanitário seco.

Fonte: Alves, 2009 *apud* Home Grown Evolution, 2010.

Ercole (2003) afirma que esse sistema é o mais simples entre as tecnologias de banheiro seco, que consiste em coletar as excretas com um pequeno tonel ou balde colocado no interior de sua estrutura sobre a qual está o assento sanitário. Sempre que o sanitário é usado, cobrem-se as excretas com terra, cinzas, serragem ou outro material adequado. Quando o recipiente está cheio, este é substituído por outro e colocado em uma local apropriado até que a compostagem se complete, sendo então esvaziado, e o seu conteúdo aplicado como fertilizante.

2.2.2 Banheiro com sistema carrossel

O sistema carrossel de banheiro seco, desenvolvido por EcoTech (*Ecological Engineering Group*) utiliza o processo biológico da compostagem rápida decomposição aeróbia por micro-organismos do ar e calor para quebrar resíduos orgânicos.

A velocidade do carrossel de compostagem superior e a eficiência são o resultado de seu design patenteado, que possui quatro câmaras de compostagem rotativos (Figura 3). O recipiente é constituído por um composto exterior e um recipiente interno rotativo. O recipiente interno é dividido em quatro câmaras, que são perfurados na parte inferior (Figura 4). Papel, excrementos, e, se desejado, resíduos de cozinha orgânicos são eliminados em uma câmara de cada vez. O líquido drena para o fundo do recipiente exterior, onde o ar aquecido, aspirado para dentro do recipiente, se evapora. O vácuo resultante assegura que nenhum odor escape para o quarto. Quando uma câmara está cheia, o próximo é transformado em posição, assegurando que os resíduos frescos não perturbem o material de compostagem mais avançado (ECOLOGICAL-ENGINEERING,2008).



Figura 3 - Vaso sanitário e compartimento com as câmaras de compostagem.
Fonte: ECOLOGICAL-ENGINEERING (2008).



Figura 4 - Câmaras de compostagem de um banheiro com sistema carrossel
Fonte: ECOLOGICAL-ENGINEERING (2008).

Ercoles (2003), define a tecnologia de banheiro seco carrossel em um recipiente com vários compartimentos, quando um compartimento enche, este recipiente é girado de forma a posicionar outro compartimento sob o assento

sanitário então os recipientes cheios são esvaziados após o período necessário para a compostagem, sendo um sistema de uso contínuo.

2.2.3 Banheiros Compostáveis com duas câmaras

O sanitário compostável, também conhecido por fossa seca, sanitário seco e 'composting toilet', fecha o ciclo de nutrientes, transformando as fezes humanas em composto orgânico seguro, sem problemas com odores e sem contaminação do solo e da água (SETELOMBAS, 2006).

No modelo com duas câmaras a cabine com os vasos sanitários está acima das câmaras de compostagem. Entre o assento sanitário e a câmara, existe uma rampa por onde descem os dejetos. A construção deve ser realizada deixando sempre as câmaras voltadas para a face Norte, aqui no hemisfério Sul, onde recebe mais irradiação solar, favorecendo o aquecimento da câmara. Na parte de trás do banheiro, onde estão as câmaras, há uma chapa metálica preta para garantir mais aquecimento do sistema. Existe também uma chaminé para a circulação do ar, que entra frio pela abertura do assento, é aquecido na câmara e sai pela chaminé (Figura 5) (SÁ, 2011).

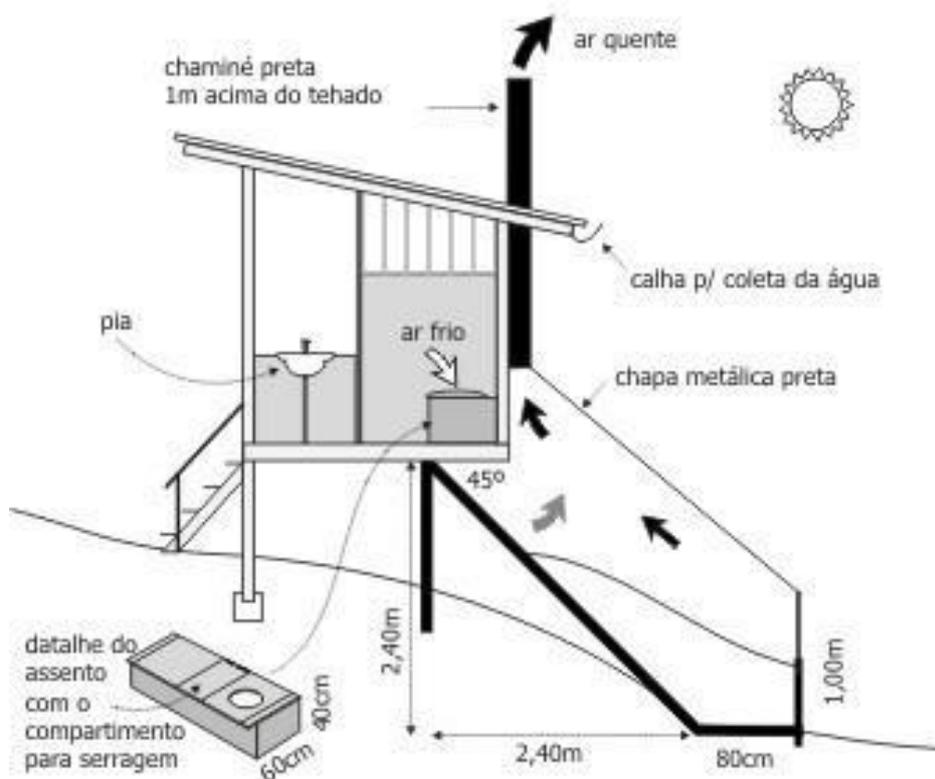


Figura 5 - Banheiro compostável com duas câmaras.
 Fonte: SETELOMBAS (2006).

2.2.4 Modelo Bason

O modelo Bason de banheiro seco foi criado pelo holandês Johan van Lengen que afirma que existem dois tipos de sanitários, o que usa água para eliminar os dejetos e o seco (LENGEN, 2004).

O banheiro consiste em uma câmara dividida em duas partes, a da frente recebe os dejetos juntamente com serragem e outros materiais orgânicos, como resíduos de alimentos e a parte de trás é onde ocorre a compostagem com os materiais já misturados (Figura 6).

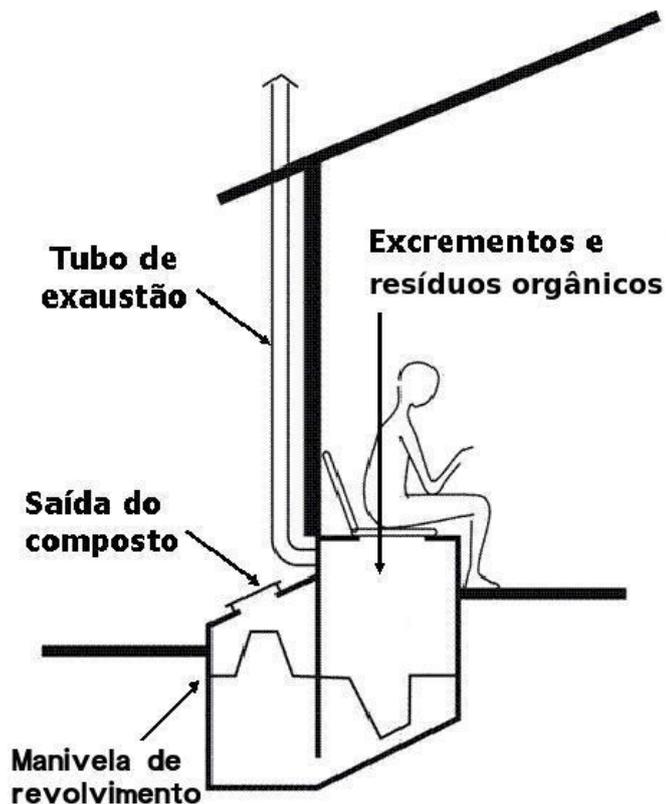


Figura 6 - Esquema do modelo Bason
Fonte: Adaptado de Lengen, 2004.

Lengen (2004) afirma que para facilitar a decomposição inicial, deve-se colocar no piso, antes de selar as tampas dos recipientes, uma camada de 30 cm de folhas secas, cinzas ou serragem, pois essa camada absorve os desperdícios humanos líquidos e nenhum outro líquido deve ser jogado na câmara de compostagem. Logo que entrar em funcionamento, podem aparecer moscas, e por isto todas as entradas e saídas de ar devem ter uma tela de mosquiteiro e quando não estiverem em uso, as tampas da câmara de adubo e do sanitário devem estar sempre fechadas.

2.3 RECOMENDAÇÕES PARA O USO DO BANHEIRO SECO

É importante que durante o uso do banheiro seco sigam-se algumas recomendações de funcionamento, evitando maus odores e contribuindo para a compostagem, no qual se destacam a separação de urina e adição de serragem.

De acordo com Kvarnström *et al* (2006) a separação de urina como uma tecnologia de saneamento é importante de várias formas, alguns exemplos são: melhora as instalações de saneamento seco reduzindo odores e facilitando a manutenção do sistema; contribui para melhorar a saúde sendo uma maneira mais fácil e higiênica de manusear as fezes; reduz o risco de contaminação das águas subterrâneas com patógenos; provê soluções permanentes contribuindo para o esvaziamento simplificado aumentando a vida útil do sanitário; facilita o ciclo dos nutrientes, possibilitando o aumento da segurança alimentar pois a urina contém a maioria dos nutrientes encontrados na excreta e é um excelente fertilizante, apropriado para todos os cultivos que necessitam ação rápida de nitrogênio; a instalação de sistemas secos de separação de urina são mais econômicas em relação às tecnologias de banheiro seco que não separam a urina das fezes; sistemas de separação de urina contaminam menos o meio ambiente que os sistemas convencionais de saneamento e reduzem o risco de contaminação de águas já que não usa descarga com água.

Schönning e Stenström (2004) afirmam que o mau cheiro no banheiro será menor se a urina e as fezes forem mantidas separadas e isto resultará em um uso mais conveniente e aceitável do sanitário e manejo da excreta.

O armazenamento da urina à temperatura ambiente é considerado uma opção viável de tratamento. O tempo recomendado de armazenamento a temperaturas de 4 a 20° C variam entre um e seis meses para sistemas de grande escala dependendo do tipo de cultivo a ser fertilizado. Para residências individuais, a urina pode ser aplicada diretamente a qualquer cultivo sem ser armazenada contanto que transcorra um mês entre a fertilização e a colheita, se a contaminação fecal cruzada for evitada. Deve-se evitar diluir a urina (SCHÖNNING E STENSTRÖM, 2004).

Jenkis (2005) afirma que a urina contém muito nitrogênio e pouco carbono, sendo pouco atrativo para os microrganismos. A celulose das plantas é rica em

carbono e, portanto produtos vegetais tais como palha, ervas ou mesmo papel, se picados a uma consistência apropriada, fornecerão o carbono necessário. Restos de cozinha são geralmente balanceados em carbono e nitrogênio, e podem ser adicionados diretamente à compostagem de *humanure* (material fecal humano e urina). A serragem (preferencialmente não torrada) é uma boa fonte de carbono para balancear o nitrogênio do *humanure*.

2.4 COMPOSTAGEM

Uma das formas de tratar fezes humanas provenientes de banheiros secos é através da compostagem. Segundo Kiehl (1985), a compostagem é “um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas (composto), com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem. O composto, acima de tudo, é um condicionador de solos, classificado pelo fato de sua matéria orgânica umidificada estar em maior proporção e que corresponde a cerca de 40 a 70%”.

Compostar significa converter material orgânico em solo ou, mais precisamente, húmus. Húmus é uma substância marrom ou preta, resultado da degradação de material orgânico ou restos vegetais. É um material estável que não atrai insetos nem incomoda animais. Ele pode ser manuseado e armazenado sem problemas, e é benéfico para o crescimento de plantas. Húmus retém umidade, e portanto aumenta a capacidade do solo de absorver e conter água. Diz-se que o composto contém nove vezes o seu peso em água (900%), enquanto a areia contém apenas 2%, e a argila 20% (JENKIS, 2005).

Pereira Neto (1987), afirma que a compostagem é definida como um processo aeróbio controlado, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termolíticas; a segunda ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação.

Jenkis (2005) afirma que “Resíduos humanos” é um termo que tem sido usado para se referir aos excrementos humanos, ou seja, fezes e urina, que são

subprodutos da digestão e metabolismo e uma das formas de lidar com excremento humano é compostá-lo lentamente por um período prolongado de tempo.

O autor ainda afirma que o esterco humano (*humanure*) “diferentemente de resíduos humanos, não é nenhum tipo de resíduo ou lixo – é um recurso material orgânico rico em nutrientes para o solo. O *Humanure* origina-se a partir do solo, e pode ser devolvido ao solo bem rapidamente, especialmente se convertido a húmus através do processo de compostagem e que resíduos humanos (fezes e urinas descartados), por outro lado, criam problemas ambientais significativos, asseguram a rota de transmissão de doenças, e privam a humanidade da importantíssima fertilidade do solo. São ainda um dos ingredientes principais dos esgotos, sendo responsáveis por boa parte da poluição das águas por todo o mundo.

Uma distinção clara deve ser feita entre *humanure* e esgoto sanitário, porque são duas coisas muito diferentes. Esgoto sanitário pode incluir dejetos de muitas fontes – indústrias, hospitais e oficinas, por exemplo. Esgotos sanitários também podem conter uma vasta gama de contaminantes, tais como químicos industriais, metais pesados, óleos e graxas, entre outros. O *humanure*, por outro lado, é estritamente material fecal humano e urina (JENKIS,2005).

Para se obter uma boa compostagem de excremento humano é preciso seguir algumas recomendações. Schönning e Stenström (2004) afirmam que para compostar fezes é necessário adicionar material volumoso, como lascas de madeira/cascas de árvore para permitir a aeração. Caso tenha sido adicionado cinzas ou cal na coleta primária, é necessário adicionar materiais ricos em energia, como restos de alimentos, e material ácido para uma boa compostagem. Já Jenkis (2005) diz que o esterco humano pode ser misturado com outros materiais orgânicos resultantes das atividades humanas, tais como restos de alimentos, cascas, restos de podas, folhas de árvores e aparas de grama, papéis e serragem. Esta mistura de materiais é necessária para que a compostagem ocorra apropriadamente, e produzirá um aditivo de solo adequado para a agricultura e horticultura.

Para que a compostagem de material fecal humano seja eficaz, vários fatores devem ser considerados, como: temperatura, umidade, aeração, relação C/N e pH.

2.4.1 Temperatura

Zavala e Funamizu (2006), afirmam que “o processo de compostagem deve ser conduzido dentro da gama de temperaturas termofílicas, quase a 60°C, para aumentar a biodegradabilidade e biodegradação de fezes, para inibir e matar microrganismos patogênicos e para aumentar a velocidade de secagem. Temperaturas até 70 ° C vão destruir tanto patogênicos quanto microorganismos úteis. Temperaturas mais baixas vão desacelerar o processo de decomposição”.

Jenkis (2005) define quatro fases para a compostagem em relação a temperatura, sendo elas: 1) fase mesofílica; 2) fase termofílica; 3) fase de resfriamento; e 4) fase de cura.

No primeiro estágio, as bactérias do composto combinam carbono com oxigênio para produzir dióxido de carbono e energia. Parte da energia é usada pelos microrganismos para reprodução e crescimento; o restante é liberado na forma de calor, nesse processo bactérias mesofílicas proliferam, aumentando a temperatura da massa do composto a até 44°C. Conforme as bactérias termofílicas assumem o comando na fase de transição de 44 a 52°C iniciam o segundo estágio do processo, quando microrganismos termofílicos estão muito ativos e produzem calor. Este estágio pode então continuar até cerca de 70°C. Este estágio de aquecimento começa rápido e pode durar apenas alguns dias, semanas ou meses.

A terceira fase inicia após o período de aquecimento termofílico, quando o *humanure* parecerá já ter sido digerido, mas os materiais orgânicos mais grosseiros não, essa é a fase do resfriamento, no qual os microrganismos que foram expulsos pelos termófilos migram de volta para o composto e põem-se a trabalhar digerindo materiais orgânicos mais resistentes. O estágio final do processo de compostagem é chamado de cura ou processo de maturação, e trata-se de um período longo e importante. Um longo período de cura, como um ano após o período termofílico, aumenta a segurança na destruição de patógenos.

Bidone e Povinelli (2009) afirmam que a compostagem deve realizar-se nas faixas mesófilas, 45°C a 55°C, e termófilas, acima de 55°C. Temperaturas acima de 65°C são desaconselháveis, uma vez que mantidas por longos períodos, eliminam os microrganismos bioestabilizadores responsáveis pela transformação do material bruto em húmus.

A figura 7 esquematiza as quatro fases da compostagem segundo Bidone e Povinelli (1999).

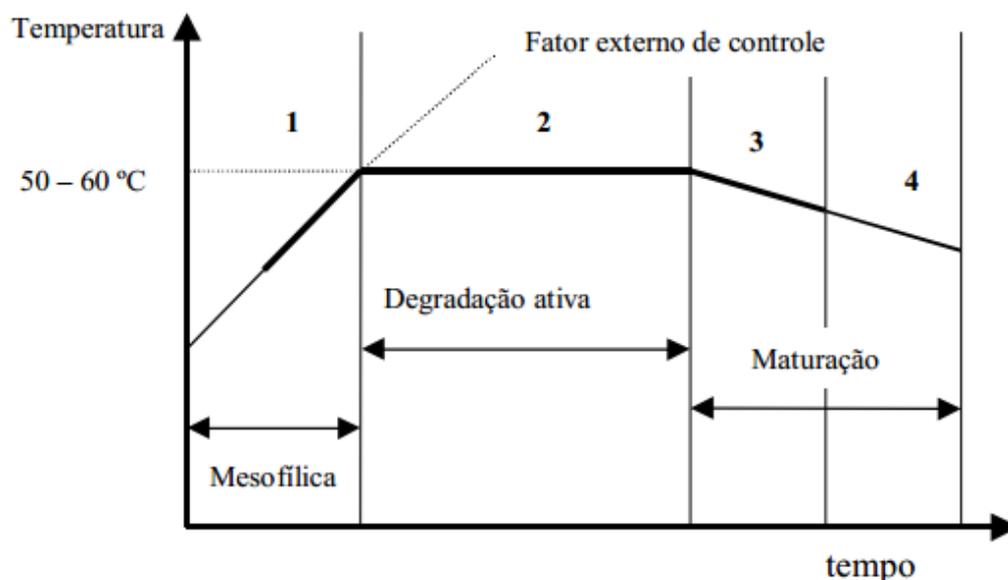


Figura 7 - Esquema das etapas da compostagem
 Fonte: Bidone,1996.

A fase 1, de elevação de temperatura até o limite preconizado como ótimo na compostagem, pode levar algumas horas (entre 12 e 24 horas), ou alguns dias, dependendo das condicionantes ambientais na região onde se encontra o pátio de processamento. Atingida a temperatura entre 55°C e 60°C, introduz-se um fator externo de controle, o revolvimento com ou sem umidificação, ou a aeração mecânica com ou sem umidificação, ou aeração mecânica realizada na forma intermitente, conduzindo-se então a bioestabilização na faixa de aquecimento adequado. A fase 2 de degradação ativa do material orgânico, no método convencional *windrow method*, pode demorar entre 60 e 90 dias: quando as leiras são operadas na forma estáticas aeradas, o período resulta significativamente menor da ordem de 30 dias. A fase 3 é aquela em que inicia-se o resfriamento do material e em condições normais leva de 3 a 5 dias. A fase 4, de maturação ou cura do material compostado, com a formação de ácidos húmicos, leva de 30 a 60 dias.

2.4.2 Umidade

Em seus estudos sobre a compostagem de “bio-WC”, Zavala e Funamizu (2006) afirmam que “o reator de compostagem deve ser operado a um nível de humidade perto de 60%, mas evitando valores próximos ou superiores a 65% para assegurar um desempenho elevado na biodegradação de fezes, evitando problemas de odores e emissões anaeróbicas. Os teores de humidade inferior a 50% deve ser evitado para assegurar o ambiente adequado para os microrganismos e, conseqüentemente, a estabilização mais rápida e completa da matéria orgânica contida nas fezes”.

O teor de umidade considerado como ótimo para a compostagem, situa-se entre 50 e 60%, podendo ser controlado com uma mistura criteriosa de componentes ou ainda pela adição de água e valores de umidade abaixo de 40% inibem a atividade biológica (FERNANDES E SILVA, 1999).

A umidade constitui-se em um fator que afeta sobremaneira o processo de compostagem. Baixos teores (menor que 30%) diminuem consideravelmente a atividade microbiológica aumentando o período da compostagem e, valores elevados (maiores que 60%) bloqueiam a porosidade da leira causando anaerobiose e todas as suas conseqüências, levam à produção de chorume, e atração de vetores. Em ambos os casos o produto final será de baixa qualidade. Trabalhos recentes, de pesquisa, demonstram que a umidade ideal para a compostagem deva situar-se em torno de 55%. Valores abaixo de 40% mantém menor atividade microbiológica e conseqüentemente aumentam o período de compostagem. Uma conclusão, de grande importância científica, relaciona-se à retomada das atividades de degradação, com registro de temperaturas termofílicas, quando da correção da umidade, da massa de compostagem submetida ao completo ressecamento do teor de umidade inferior a 5% (PEREIRA NETO e LELIS, 2010).

2.4.3 Aeração

Fernandes e Silva (2006) afirmam que durante a compostagem, a demanda por oxigênio pode ser bastante elevada e a falta deste elemento pode se tornar em fator limitante para a atividade microbiana e prolongar o ciclo de compostagem.

A circulação de ar na massa do composto é, portanto, de importância primordial para a compostagem rápida e eficiente. Esta circulação depende da estrutura e umidade da massa e também da tecnologia de compostagem utilizada. A aeração também influi na velocidade de oxidação do material orgânico e na diminuição da emissão de odores, pois quando há falta de aeração o sistema pode tornar-se anaeróbio (FERNANDES E SILVA, 2006).

A presença de oxigênio na compostagem confere ao processo duas características importantes do ponto de vista da biossegurança: a elevação da temperatura e a aceleração da decomposição (COSTA et al., 2005).

2.4.4 Relação C/N

Silva e Fernandes (2006) afirmam que os microrganismos necessitam de carbono, como fonte de energia, e de nitrogênio para síntese de proteínas. É por esta razão que a relação C/N é considerada como fator que melhor caracteriza o equilíbrio dos substratos.

Teoricamente, a relação C/N inicial ótima do substrato deve se situar em torno de 30. Na realidade, constata-se que ela pode variar de 20 a 70 de acordo com a maior ou menor biodegradabilidade do substrato. Tanto a falta de nitrogênio quanto a falta de carbono limita a atividade microbiológica. Se a relação C/N for muito baixa pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia. Se a relação C/N for muito elevada os microrganismos não encontrarão N suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado. Como resultado, o processo de compostagem será mais lento. Independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem a relação C/N converge para um mesmo valor, entre 10 e 20, devido à perdas maiores de carbono que de nitrogênio, no desenvolvimento do processo (SILVA E FERNANDES, 2006).

2.4.5 pH

A compostagem aeróbia provoca a elevação do pH da massa em biodegradação. Ao início do processo, o material produzido pode tornar-se mais ácido (de 5 a 6), devido a formação de ácidos minerais e gás carbônico. Estes logo desaparecem, dando lugar aos ácidos orgânicos, que reagem com as bases liberadas da matéria orgânica, neutralizando e transformando o meio em alcalino, chegando a valores de 8 a 8,5. Isto é devido principalmente a decomposição das proteínas bem como pela eliminação do gás carbônico. Assim é que independentemente do uso de corretivos, a compostagem conduz à formação de matéria orgânica húmica com reação alcaliza (BIDONE E POVINELLI, 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Santa Helena – PR, no distrito de Sub-Sede, próximo à BR 495, coordenadas geográficas 24°46'54.37"S 54°16'30.43"O (figura 8).



Figura 8 - Localização do banheiro seco
Fonte: Google Earth.

No local foi construído um banheiro de compartimentos móveis, seguindo as recomendações de Berger (2010). O banheiro seco construído foi feito com madeira, nas dimensões de 1,30 m de largura e 1,40 de comprimento, conforme figura 9. Em seu interior se encontram o assento sanitário e o compartimento que abriga a serragem (figura 10 e 11). Na parte de trás do banheiro foi colocado um tambor de plástico onde o material fecal ficou armazenado até ser disposto nos vasos de compostagem (figura 12).

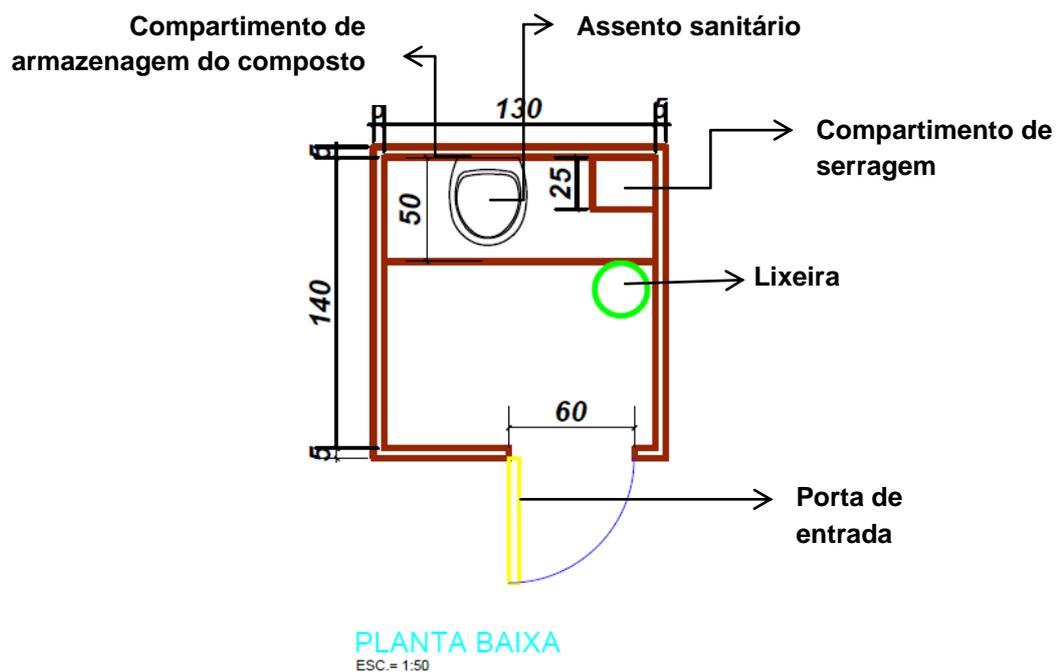


Figura 9 - Planta Baixa do Banheiro Seco



Figura 10 - Banheiro seco de compartimentos móveis implementado na propriedade rural



Figura 11 - Vista interior do banheiro seco de compartimentos móveis implementado na propriedade rural

O banheiro implementado foi usado diariamente por uma família de 5 pessoas que sempre após cada uso do banheiro despejaram 1 caneca de 100 gramas de serragem sobre os dejetos servindo como fonte de carbono para os dejetos. Após 1 mês de uso o compartimento que abrigava os dejetos (barril de 8 litros) foi esvaziado e como destino final para esse composto foi empregado a compostagem, que ocorreu da seguinte forma: os dejetos com a serragem foram distribuídos em 16 recipientes com a adição de diferentes substratos (cinzas, esterco de cavalos, restos de alimentos e urina) como mostra a tabela 3. A compostagem durou um período de 60 dias.

Tabela 3 - Tipos de Tratamentos empregados na compostagem

TRATAMENTO	SUBSTRATO UTILIZADO	REPETIÇÕES POR TRATAMENTO
T1	500 gramas de fezes com serragem + 500 gramas restos de alimentos	4
T2	500 gramas de fezes com serragem + 500 gramas de excremento animal (cavalos)	4
T3	500 gramas de fezes com serragem + 500 gramas de cinzas	4
T4	500 gramas de fezes com serragem e 500 ml de urina	4

A pesagem foi feita usando uma balança analítica. Os recipientes (vasos de compostagem) foram expostos ao sol durante o dia e guardados em ambiente fechado durante a noite (dentro do próprio banheiro). Não ficaram expostos à chuva.

Efetuuou-se o monitoramento semanal da temperatura, utilizando-se um termômetro digital. O reviramento do composto foi realizado manualmente a cada 7 dias com o auxílio de uma pá, para facilitar a aeração e contribuir com a compostagem. Os vasos de compostagem foram regados 1 vez a cada 15 dias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O banheiro implementado na propriedade rural foi usado no período de 1 mês pelos cinco integrantes da família. Durante o tempo de uso do banheiro foi feita a separação de urina, essa foi armazenada em tambores durante 1 mês e aplicadas em pequenos arbustos e árvores na propriedade. Foi constatado que não houve maus odores oriundos dos excrementos do banheiro, possivelmente devido à adição de serragem que serviu de fonte de carbono, equilibrando a relação C/N, inibindo odores. As figuras 12 e 13 mostram alguns aspectos operacionais do banheiro seco implementado e as figuras 14 e 15 mostram o composto oriundo após o período de um mês



Figura 12 - Vista da parte de trás do banheiro de recipientes móveis implementado



Figura 13 - Compartimento de armazenamento da serragem e a caneca



Figura 14 - Fezes com serragem coletados no banheiro seco



Figura 15 - Composto oriundo do banheiro seco implementado sendo dispostos nos vasos para a compostagem

. As figuras 16, 17, 18 e 19 ilustram os diferentes tratamentos empregados para realizar a compostagem.



Figura 16 - Fezes com serragem + cinzas



Figura 17 - Fezes com serragem + Esterco de cavalo



Figura 18 - Fezes com serragem + restos de alimentos



Figura 19 - Fezes com serragem + urina

No término dos 60 dias de compostagem, foram coletados 500 gramas de cada um dos 16 vasos de compostagem e enviados para o laboratório A3Q Análises de Qualidade – Cascavel-PR, no qual foram avaliados os seguintes parâmetros: Carbono Orgânico Total (COT), Matéria Orgânica (MO), Nitrogênio Total (NT), pH, relação COT/NT e foi feita a análise microbiológica de coliformes termotolerantes.

A tabela abaixo nos apresenta os resultados obtidos para cada tratamento e cada parâmetro avaliado:

Tabela 4 – Valores de matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), pH, relação COT/NT e coliformes termotolerantes (CTT).

TRATAMENTO S		MO (g.dm ⁻³)	COT (g.dm ⁻³)	N _{total} (%)	pH	Relação COT/ N _{total}	CTT (UFC/g est.)
T1	1	355,43	206,65	1,78	7,94	11,61	6,5 x 10 ⁴
	2	273,41	158,96	1,37	7,64	11,60	8,6 x 10 ⁴
	3	307,58	178,83	1,54	7,64	11,61	4,7 x 10 ⁴
	4	259,74	151,01	1,30	7,58	11,62	4,0 x 10 ³
T2	1	192,16	111,72	0,96	8,00	11,17	4,3 x 10 ⁵
	2	267,69	155,63	1,33	8,54	11,70	1,5 x 10 ⁴
	3	164,27	95,50	0,82	7,85	11,64	1,5 x 10 ⁵
	4	134,75	78,34	0,67	8,39	11,69	2,8 x 10 ⁵
T3	1	198,22	115,24	0,99	9,67	11,64	<1,0 x 10 ¹
	2	259,74	151,01	1,29	9,79	11,70	<1,0 x 10 ¹
	3	252,90	147,03	1,26	9,76	11,66	<1,0 x 10 ¹
	4	252,90	147,03	1,26	9,76	11,67	<1,0 x 10 ¹
T4	1	300,75	174,85	1,50	7,28	11,66	9,6 x 10 ³
	2	157,03	91,29	0,79	7,38	11,56	<1,0 x 10 ¹
	3	161,16	93,70	0,80	7,19	11,71	5,0 x 10 ³
	4	276,42	160,71	1,38	7,22	11,64	<1,0 x 10 ¹

4.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados estatisticamente pelo Teste de Tukey, que segundo Guimarães e Sarsfield Cabral (2007), o método consiste na construção de intervalos de confiança para todos os pares de médias de tal forma que o conjunto de todos os intervalos tenha um determinado grau de confiança γ (por exemplo, se $\gamma = 0,95$, temos 95% de confiança de que os intervalos obtidos contêm todas as respectivas diferenças $m_k - m_l$).

Foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 5 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos compostos orgânicos obtidos.

Parâmetro	Tratamentos			
	T1	T2	T3	T4
Máteria orgânica	299,04 (42,64)a	189,72 (57,02)a	240,94 (28,66)a	223,84 (75,44)a
Carbono orgânico total	173,86 (24,79)a	110,30 (33,15)a	140,08 (16,66)a	130,14 (43,66)a
Nitrogênio total	1,50 (0,21)a	0,94 (0,28)a	1,20 (0,14)a	1,12 (0,38)a
pH	7,70 (0,16)a	8,20 (0,32)b	9,75 (0,05)c	7,27 (0,08)d
Relação COT/Ntotal	11,61 (0,01)a	11,55 (0,25)a	11,67 (0,03)a	11,64 (0,06)a

Valores entre parênteses representam o desvio padrão.

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na linha, não diferem ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Verificou-se que os tratamentos não foram considerados distintos quando avaliados pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância, portanto o substrato empregado em cada experimento para a compostagem não influenciou no resultado final, sendo indiferente empregar restos de comida, esterco de cavalo, cinzas ou urina. O único parâmetro que teve significância pelo teste de Tukey foi o pH, o que pode ter ocorrido devido ao pH de cada substrato adicionado ao excremento antes da compostagem.

O resultado final possivelmente foi influenciado pelas partículas não estarem homogêneas, já que a compostagem foi realizada em pequena escala, mesmo que se tenha feito o reviramento do composto a cada 7 dias.

Temperatura

As temperaturas observadas nos experimentos variaram entre 23°C e 26°C, tendo uma média de 24,5°C.

De acordo com Schönning e Stenström (2004), a compostagem é um processo natural que tem sido considerado uma opção viável para o tratamento da matéria fecal coletada separadamente. Entretanto, é difícil obter, em pequena escala, uma compostagem que alcance temperaturas termofílicas e degradação efetiva do material orgânico.

Em seus estudos Sá (2011) avaliou o composto de três banheiros secos em funcionamento. A média das temperaturas, em todos os banheiros visitados foi de

26°C. Tanto nas câmaras em uso, como nas câmaras em repouso, a temperatura dos materiais sempre foi mais baixa que a ambiente, com uma diferença que variou de um a nove graus a menos.

Em uma pesquisa realizada no Estado de Santa Catarina, Alves (2009), fez registros de temperatura em banheiros secos em funcionamento e diagnosticou uma média de 25°C.

Jenkis (2005) afirma que se o composto não atingir temperaturas adequadas (mínimo 43°C e máximo 65°C) não haverá a eliminação de coliformes termotolerantes. Como os experimentos dessa pesquisa permaneceram numa média de temperatura de 24,5°C e a compostagem não foi feita em leiras por um período de apenas 60 dias, não atingiu a temperatura ideal, e de acordo com os resultados obtidos não houve uma eliminação eficiente de coliformes.

Segundo Esrey *et al.* (1998), as baixas temperaturas em banheiros compostáveis podem ocorrer em relação aos seguintes fatores:

- Pequena quantidade de material na câmara, que não é suficiente para produzir calor na pilha e aumentar a temperatura;
- Falta de oxigênio dentro da pilha devido a falta de revolvimento;
- Falta de ajuste da umidade, pela adição de material seco ou água; e,
- Relação C/N desproporcional para o processo de compostagem.

Relação C/N

De acordo com a Instrução Normativa Nº 25 (MAPA, 2009), sobre fertilizantes orgânicos, que estabelece um limite para a relação C/N de no máximo 20/1, todas as amostras se enquadram na recomendação da norma, já que apresentaram uma relação de 11/1.

Em seus estudos sobre banheiros secos em funcionamento, Sá (2011) constatou que no banheiro implementado em Piracicaba – SP a relação C/N foi alta, nas duas amostras coletadas em períodos de tempo diferentes os valores obtidos foram de 22/1 e 40/1. A autora afirma que isso pode ser explicado pelo excesso de serragem depositada nas câmaras, pois a serragem é fonte de carbono dentro do processo de compostagem e leva mais tempo para ser decomposta o que interfere na umidade.

Nitrogênio total

Nos tratamentos o teor de nitrogênio foi de: 1,5% para o T1, 0,94% para o T2, 1,2% para o T3 e 1,12% para o T4, valores próximos aos de outros adubos de origem animal apresentados na tabela 6:

Tabela 6 - Teor de NT(%) em adubos de origem animal.

Adubos	Teor de NT(%)
Esterco de bovinos	1,7
Esterco de aves	3,0
Esterco de suíno	1,9
Esterco de equinos	1,4
Esterco de ovinos	1,4

Fonte: Adaptado de Kiehl (1985) e Botto *et al* (2010).

Os valores obtidos para o nitrogênio nos 4 tratamentos ficaram próximos dos teores de nitrogênio de origem animal, o que indica que o material fecal compostado também pode ser empregado como fertilizante orgânico.

Coliformes Termotolerantes

No que se refere aos coliformes termotolerantes (CTT) a **Resolução** do CONAMA 375 de 29 de agosto de 2006, classificou o lodo provenientes de esgotos, em duas classes, A e B, de acordo com seus indicadores, a classe A apresenta Coliformes Termotolerantes $<10^3$ NMP / g de ST, que podem ser utilizados para quaisquer culturas o B Coliformes Termotolerantes $< 10^6$ NMP / g de ST, restrita ao cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, com a aplicação mecanizada, em sulcos ou covas, seguida de incorporação.

Alves (2009) relata que é muito comum encontrar na literatura brasileira a determinação do tempo de 6 a 8 meses como necessário para a completa estabilização da matéria orgânica e a completa sanitização do composto, ou seja, a garantia que este seja seguro para a aplicação no solo. Entretanto, isto somente é verdade em situações onde o processo ocorre em condições ótimas ou quase ótimas. Em casos em que a temperatura não seja elevada ou a umidade não seja a

ideal, o processo de estabilização da matéria pode levar muito mais tempo para ocorrer. Somente com um monitoramento constante durante as fases do processo de compostagem é que se pode definir quando o composto produzido está bom ou não para a sua utilização.

De acordo com Schönning e Stenström (2004), a adição de cinza ou cal no tratamento primário das fezes é recomendada já que facilitará a inativação de patógenos e reduzirá o risco de transmissão de doenças durante a manipulação e reuso do material. Isso reduz também o risco de odor e moscas no sanitário. É necessária uma maior avaliação para estabelecer a quantidade e qualidade de aditivos que são necessários para uma redução eficaz dos patógenos e suas influências no tratamento secundário, o que pode ter influenciado no tratamento por cinzas ter apresentado uma menor quantidade de coliformes termotolerantes em comparação aos demais tratamentos.

Em seus estudos, Jenkis (2005) observou que a aplicação direta de excrementos não processados aos campos na Ásia representa um retorno dos nutrientes ao solo, assim recuperando um recurso valioso que é então utilizado na produção de alimentos para humanos. Cidades na China, Coréia do Sul e Japão reciclam os excrementos humanos ao redor de seus perímetros em cinturões verdes onde se produzem verduras e legumes. Xangai, na China, uma cidade com uma população de 14,2 milhões de habitantes em 2000, produziu um excedente exportável de vegetais dessa forma.

Segundo a Resolução 375 do CONAMA, acredita-se que a aplicação de excrementos humanos já compostados como adubo em hortaliças e tubérculos seja inviável, já que pode por em risco a saúde humana devido às doenças provenientes de coliformes termotolerantes, porém em jardins, gramados nos quais não haja contato direto com pessoas, atividades de reflorestamento, cultivo de café, silvicultura, culturas para produção de fibras e óleos, acredita-se que não é apresentado nenhum riscos de contaminação para humanos.

Em relação a presente pesquisa, não houve forma de comparação, devido às unidades de medidas das análises serem distintas das apresentadas pela legislação. As análises foram feitas empregando o método UFC - unidade formadora de colônias, sendo que a Legislação 375 do CONAMA apresenta suas limitações de coliformes termotolerantes em unidade de NMP - número mais provável.

pH

De acordo com a Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009 (MAPA, 2009), o pH deve ter um valor mínimo de 6 para fertilizante orgânico classe D, que é qualquer fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura. Conforme os resultados obtidos, os tratamentos apresentaram valores acima dos valores mínimos recomendados pela norma.

Muitos microrganismos estão adaptados a um pH neutro (7). As condições altamente ácidas ou alcalinas terão um efeito inativado. A adição de cal à excreta nos vasos sanitários secos e aos lodos residuais pode aumentar o pH e inativará os microrganismos. A velocidade de inativação depende do valor do pH, por exemplo, é muito mais rápido em um pH 12 do que em pH 9 (SCHÖNNING E STENSTRÖM 2004).

Em estudos realizados por Alves (2009), no Estado de Santa Catarina, o valor do pH foi de 5,5 em um composto com mais de doze meses de compostagem. Valor abaixo do recomendado pela referida Instrução, Já no de Sá (2011), houve diferença entre os resultados do pH, em que somente algumas amostras atingiram valores satisfatórios, devendo-se ao fato de que além da serragem foi utilizado cal, que aumenta o pH.

Verificou-se que o pH em todas as análises variou ao nível de 5% de significância, o que pode ter ocorrido devido os pH de cada substrato empregado no processo de compostagem ser diferente um do outro. O pH que atingiu o valor mais alto foi o da amostra T3 (cinzas), já que as cinzas elevam o pH.

Economia de água

Diagnosticou-se também a economia de água feita no período de uso do banheiro seco, já que evitou as descargas do banheiro convencional. Teixeira et al afirmam que os sanitários convencionais gastam em média 13 litros de água a cada descarga, podendo chegar a 30 litros se estiver desregulada. Realizou-se o controle de cada uso do banheiro, totalizando 43 usos. Pela média de água utilizada na descarga do banheiro convencional, de 13 litros, podemos obter o valor em litros de água economizada nesse período, que foi totalizado em 559 litros de água.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se com os resultados obtidos, que os substratos utilizados entre si, quatro tratamentos não foram considerados estatisticamente distintos ao nível de 5% de significância, portanto a empregabilidade de qualquer um dos tratamentos é indiferente para melhorar da compostagem, porém nas amostras que foram empregadas as cinzas observou-se a redução quase que total dos coliformes termotolerantes, mostrando-se o substrato que mais apresentou resultados positivos.

Sobre os aspectos construtivos e operacionais, constatou-se que o banheiro foi bem aceito pelas pessoas, pois não apresentou odores. A quantidade de serragem empregada (100 gramas) equilibrou a relação COT/NT de 11/1 de acordo com os resultados laboratoriais, o que possivelmente inibiu o odor.

A economia de água também foi um aspecto positivo da pesquisa. Estima-se que 559 litros de água foram economizados em 1 mês, sendo que em um ano esses valores poderiam chegar a 6.708 litros, podendo ser destinada para outros fins mais nobres, como o consumo humano e preparo de alimentos.

Para trabalhos futuros recomenda-se que o tempo de compostagem de material fecal humano seja de no mínimo 120 dias, pois 60 dias não foi suficiente para eliminar consideravelmente os coliformes termotolerantes, outra recomendação é a realização da compostagem em leiras, aumentando as chances de se alcançar à temperatura ideal de no mínimo 45°C, já que na pesquisa em estudo a temperatura máxima foi de 26°C, sendo insuficiente para a eliminação desses coliformes.

6 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR. 9648** - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ADEODATO, Sérgio. **Líquido Precioso**. Revista Planeta Sustentável. Editora Abril S. A. São Paulo, 2009.

ALMEIDA, R. A.; Pitaluga, D. P. S.; REIS, R. P. A. **Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico**. Revista Biociências (Taubaté), v. 16, p. 73-81, 2010.

ALVES, B. S. Q. **Banheiro seco: Análise da eficiência de protótipos em funcionamento**. (Monografia de conclusão de curso). Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Água na medida certa: a hidrometria no Brasil**. Brasília – DF, 2012.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental** – 11 ed. Editora Lumen Juris. Rio de Janeiro, 2008.

ÁVILA, Renata Oliveira de. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte** [Rio de Janeiro] 2005 XIV, 166 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia Civil, 2005) Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

BARLOW, Maude & CLARKE, Tony. **O ouro azul. Como as grandes corporações estão se apoderando da água doce do planeta**. M. Books. São Paulo, 2003.

BERGER, Wolfgang. **Basic overview of composting toilets (with or without urine diversion)**. Technology Review “Composting toilets”. Eschborn, Alemanha: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2010.

BERTOLINO, SUELI M.; CARVALHO, CORNÉLIO F.; AQUINO, SÉRGIO F. **Caracterização e biodegradabilidade aeróbia e anaeróbia dos esgotos produzidos em campus universitário**. Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 271-277, jul/set. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n3/a05v13n3.pdf>> Acesso em: 26 Mar 2013, 09:00.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandyr. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos** / Francisco Ricardo Andrade Bidone, Jurandyr Povinelli. - São Carlos, São Paulo: EESC/USP, 1999.

BOTTO, M. P.; MOTA, F. S. B.; STEFANUTTI, R.; SANTOS, A. B. Estudo e Aplicação de Sanitários de Compostagem (Bason) em Comunidades Desprovidas de Saneamento Básico no Estado do Ceará. In: **X Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. SIBESA. Maceió, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2006. **Resolução Nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>>. Acesso em: 25 Mar 2013, 10:50.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição [da] Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal.

BRASIL. **Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990**. Lei Orgânica da Saúde. Dispõe sobre as Condições para Promoção, Proteção e Recuperação de Saúde, a Organização e o Funcionamento dos Serviços Correspondentes e dá Outras Providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, v.128, n.182, pp18055-18059, 20 set. Seção I, pt. 1.

BRASIL. **Lei 11.445, 5 jan. 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Publicado no DOU de 8.1.2007 e retificado no DOU de 11.1, 2007.

CLARKE, Robin; KING, Jannet. **O Atlas da Água. O mapeamento completo dos recursos mais preciosos do planeta**. Publifolha. São Paulo, 2003.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP **Uso Racional da Água**. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&temp2=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db=&docid=DAE20C6250A162698325711B00508A40> Acesso em: 14 Jan 2013, 10:20.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006. Disponível em: <<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Res-CONAMA-375-06.pdf>> Acesso em: 25 Mar 2013, 22:15.

COSTA et al. **Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves** / Mônica S. S. de M. Costa; Luiz A. de M. Costal; Dácio Olibone; Cinthia Röder; Alcione Burin; Anderson V. Kaufmann; Mara L. Ortolan. – Eng. Agríc. vol. 25 no.2 Jaboticabal May/Aug, 2005.

DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, Renato Arnaldo. **Administrando a água como se fosse importante**. 1. ed. SENAC. São Paulo, 2005.

ECOLOGICAL-ENGINEERING. **EcoTech Carousel Composting Toilet System**. Disponível em: <<http://www.ecologicalengineering.com/carousel.html>> Acesso em: 11 Dez. 2012, 10:57.

ERCOLE, L. A. S. **Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5529/000471937.pdf?sequen1>> Acesso em: 24 Mar 2013, 14:10.

ESREY SA. **Rethinking Sanitation: Panacea or Pandora's Box**. In: Chorus I, Ringelband U, Schlag G & Schmoll O (eds), Water, Sanitation and Health, International Water Association, London, 2000.

ESREY, S.A.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; HÉBERT, M. S.; VARGAS, J.; WINBLAD, U. **Ecological Sanitation**. Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden. 1998.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. (orgs.). **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos** (PROSAB – Tema 4). Rio de Janeiro, 1999.

FONSECA, Fernanda Rodrigues; VASCONCELOS, Célia Honório. **Análise espacial das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil**. Cad. Saúde Colet.: Rio de Janeiro, 2011.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/>> Acesso em: 14 Jan 2013, 10:30.

GUIMARÃES, R.C. e SARSFIELD CABRAL, J.A. (2007) Estatística (2ª edição) McGraw-Hill.

HUUHTANEN, S.; LAUKKANEN, A **A Guide to Sanitation and Hygiene for those Working in Developing Countries**. Global Dry Toilet Club of Finland. University of Applied Sciences.Tampere, 2006.

HELLER, L. **Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. Ciência e Saúde Coletiva** (Impresso), Rio de Janeiro, v. 3, n.2, p. 73-84, 1998.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de população e Indicadores Sociais, **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de população e Indicadores Sociais, **Pesquisa Nacional por amostra de domicílios**, 2009.

ISOLDI, L. A.; SOUZA, R. C.; OLIZ, C. M. **Tratamento de esgoto doméstico utilizando filtro anaeróbio com recheio de bambu**. Vetor (FURG), 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual de Saneamento: Entendendo Saneamento Básico Ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica**. Disponível em: <www.tratabrasil.org.br>. Acesso em: 22 Fev 2013, 21:00.

JENKIS, J. **The humanure Handbook: a guide to composting human manure**. EUA.2005. 255p.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo, Ceres, 1985.

KIELY, G., 1998, ***Environmental Engineering***, 1Ed. Boston, McGraw-Hill International Editions.

KVARNSTRÖM, Elisabeth et al., **Separação de urina: Um passo em direção ao saneamento sustentável** - Programa EcoSanRes e do Instituto Ambiental de Estocolmo, 2006.

LENGEN, J. V. **Manual do Arquiteto Descalço**. Livraria do Arquiteto. Rio de Janeiro, 2004.

MACCARI, Sílvia ROCKER, Cristiana **Monitoramento Da Qualidade Da Água Do Rio Jacutinga Por Meio De Bioindicadores E Da Participação Voluntária** XIII Encontro Paranaense de Educação Ambiental, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional da Saúde Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/>> Acesso em: 02 Mar 2013, 18:20.

MUNICÍPIO DE SANTA HELENA **Plano Municipal De Saneamento Básico Município De Santa Helena**, 2012.

OMS (Organização Mundial da Saúde). **Country protocol for developing the WHO quality of life (WHOQOL): HIV/Aids module**. MNH/PSF/97.3. WHO, Genebra, 1997.

ONU/UNICEF. **Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation**, 2000.

PEREIRA NETO, J. T. “**On the Treatment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting – A Low Cost Technology proach**”. University of Leeds, Inglaterra, 1987.

PEREIRA NETO, J.T., LELIS, M.P.N. **Variação da Composição Gravimétrica e Potencial de Reintegração Ambiental dos Resíduos Sólidos Urbanos por Região Fisiográfica do Estado de Minas Gerais**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro. Anais, Rio de Janeiro: ABES, 1999.

RODRIGUES, Ivana Mariza Benjamin. **Manual PEGAE - Programa Estadual de Gestão de Água e Esgotos**. Disponível em:

<http://www.planejamento2.mg.gov.br/governo/gestao_logistica/pegae/arquivos/Manual_PEGAE_VERSAO_FINAL.pdf> Acesso em: 12 Mar 2013, 11:40.

SÁ, Maira Cristina de. **Avaliação da qualidade do composto e dos aspectos construtivos e operacionais de banheiros compostáveis** / Maira Cristina de Sá. – Limeira, SP : [s.n.], 2011.

SCHÖNNING, C.; STENSTRÖM, T. A. **Guidelines on the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems** . EcoSanRes Programme, Stockholm Environment Institute. Sweden, 2004.

SETELOMBAS. **Sanitário Compostável**. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/2006/04/20/sanitario-compostavel/>>. Acesso em: 11 Dez. 2008, 14:34.

SOUZA, C. M. N. . **Relação Saneamento-Saúde-Ambiente: discursos preventivistas e da promoção da saúde**. Saúde e Sociedade (USP. Impresso) v. 16/3, p. 125-137, 2007.

TEIXEIRA, M. B.; MOTTA, A. L. T. S. **Sanitário Seco Compostável, uma Alternativa Viável de Saneamento Ambiental**. V Congresso Nacional de Excelência em Gestão. RJ, 2008.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos Hídricos: O Futuro dos Recursos**. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF> Acesso em: 15 Jan 2012, 13:35.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

ZAVALA, Miguel Angel Lopez; FUNAMIZU, Naoyuki. **“Design and operation of bio-WC”**. Hokkaido University, Japão, 2006.

