

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

PROSPECÇÕES E APLICAÇÕES PARA O SANEAMENTO SECO NO BRASIL

Lucas Augusto Makoto Ota

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia

Rio Claro (SP)

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

LUCAS AUGUSTO MAKOTO OTA

PROSPECÇÕES E APLICAÇÕES PARA O SANEAMENTO
SECO NO BRASIL

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP

2018

628.2 Ota, Lucas Augusto Makoto
O87p Prospecções e aplicações para o saneamento seco no
Brasil / Lucas Augusto Makoto Ota. - Rio Claro, 2018
76 f. : il., figs., gráfs., quadros, fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas

Orientador: Marcelo Loureiro Garcia

1. Esgotos. 2. Banheiro seco. 3. Banheiro compostável. 4.
Sanitário seco. 5. Saneamento sustentável. 6. Tecnologia
social. I. Título.

LUCAS AUGUSTO MAKOTO OTA

PROSPECÇÕES E APLICAÇÕES PARA O SANEAMENTO
SECO NO BRASIL

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia (orientador)

Dr. João Gabriel Thomaz Queluz

Eng. Ambiental Felipe Machado Rodrigues de Oliveira

Rio Claro, 08 de Junho de 2018.

Dedico esta monografia a todas e todos que lutam pela universalização do saneamento no Brasil e no mundo.

“Nunca é tarde demais para abandonar nossos preconceitos. Não se pode confiar às cegas em nenhuma maneira de pensar ou agir, por mais antiga que seja. O que hoje todo mundo repete ou aceita em silêncio como verdade amanhã pode se revelar falso, mera bruma de opinião que alguns tomam como uma nuvem de chuva que fertilizaria seus campos.”

Henry David Thoreau

RESUMO

Graves problemas ambientais relacionados ao esgotamento sanitário são uma realidade para grande parte da população brasileira, sendo o saneamento um dos maiores desafios sociais e ambientais no país. O banheiro seco tem sido utilizado como solução ao esgotamento sanitário centralizado, assim, o trabalho buscou verificar um cenário preliminar do atual panorama do saneamento seco descentralizado pela tecnologia do banheiro seco a partir da pesquisa com os usuários deste tipo de saneamento, e servir como base para futuros trabalhos de análise do estado da arte sobre o tema. A busca deste cenário consistiu na aplicação e posterior análise de questionários com usuários brasileiros de alguns modelos de banheiro seco sobre suas percepções de implantação e uso da tecnologia social. Diante do cenário pesquisado, quase todos os banheiros pesquisados encontram-se em meio rural ou em áreas urbanas de cidades de pequeno e médio porte. O uso do banheiro seco com adequada compostagem dos dejetos humanos é muito recente no país, sendo que 79% dos respondentes possuem o banheiro há menos de quatro anos. As fontes de informação utilizadas entre os usuários não são uníssonas, o que leva a diferentes abordagens na implantação e no uso do banheiro seco. Todos os usuários recomendam o uso do banheiro seco e 68% dos respondentes diz que as ações mais importantes para a difusão do uso desta alternativa estão na divulgação de mais informações sobre o assunto que possam facilitar a conscientização da população. O cenário apresentado na pesquisa não representa o panorama do uso do banheiro seco no Brasil, mas sim um painel preliminar, destacando-se o pioneirismo do trabalho em realizar prospecções do uso do banheiro seco no país para a compreensão da difusão da tecnologia social como alternativa para o saneamento. O estudo e o acompanhamento aprofundado do estado da arte da instalação e uso do banheiro seco no Brasil e em outros países podem trazer ganhos no avanço da difusão desta tecnologia social.

Palavras-chave: banheiro seco. banheiro compostável. sanitário seco. saneamento sustentável. tecnologia social.

ABSTRACT

Serious environmental problems related to sewage are a reality for most of the Brazilian population, and sanitation is one of the greatest social and environmental challenges in the country. The dry toilet has been used as a solution to the centralized sanitary sewage, so the work sought to verify a preliminary scenario of the current panorama of dry sanitation decentralized by dry toilet technology from the research with users of this type of sanitation, and to serve as a basis for future works of analysis of the state of the art on the subject. The search for this scenario consisted in the application and subsequent analysis of questionnaires with Brazilian users of some dry toilet models on their perceptions of implantation and use of the social technology. In view of the researched scenario, almost all the bathrooms surveyed are located in rural areas or in urban areas of small and medium-sized cities. The use of the dry toilet with adequate composting of human waste is very recent in the country and 79% of the respondents have the bathroom for less than four years. The sources of information used among users are not unison, which leads to different approaches in the deployment and use of the dry toilet. All users recommend the use of the dry toilet and 68% of the respondents say that the most important actions for the diffusion of the use of this alternative are in the dissemination of more information about the subject that can facilitate the awareness of the population. The scenario presented in the research does not represent the panorama of the use of the dry toilet in Brazil, but rather a preliminary scene and the pioneering work of prospecting the use of the dry toilet in the country to understand the diffusion of the social technology as an alternative to sanitation. The study and in-depth follow-up of the state of the art of the installation and use of the dry toilet in Brazil and in other countries can bring gains in the advancement of its diffusion.

Keywords: Dry toilet. Composting toilet. Dry sanitation. Sustainable sanitation. Social technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Interrompido de Nutrientes	22
Figura 2. O Ciclo de Nutrientes.....	23
Figura 3. A flor da permacultura	26
Figura 4. Banheiro simples de recipientes móveis em Araquari/SC.....	31
Figura 5. Banheiro seco em Guaraciaba/SC.....	32
Figura 6. Interior do banheiro com duas câmaras, em Ravena/MG.....	34
Figura 7. Banheiro seco modelo Bason, em Rio Claro/SP.....	36
Figura 8. Banheiro modelo Multrum.....	37
Figura 9. Instalação do sistema do banheiro Multrum	38
Figura 10. Componentes do sistema de vaso sanitário.....	39
Figura 11. Sistema de banheiro com central de coleta e compostagem	39
Figura 12. Processo de compostagem termofílica controlada com suas transformações bioquímicas, faixas de temperatura e pH.....	43
Figura 13. Distribuição geográfica dos banheiros secos mapeados na pesquisa.....	57
Figura 14. Banheiro seco com duas câmaras alternadas com rampa em Ravena/MG	58
Figura 15. Número de usuários diários do banheiro seco.....	59
Figura 16. Tempo de uso dos banheiros secos	60
Figura 17. Banheiro seco caseiro no RS.....	62
Figura 18. Sanitário Seco Ecológico da MARCO 27.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Organismos patogênicos que podem estar presentes nas fezes	20
Quadro 2. Sobrevivência de patógenos à compostagem ou aplicação ao solo.....	45
Quadro 3. Relações Carbono/Nitrogênio.....	51
Quadro 4. Principais perguntas do questionário	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

Plansab - Plano Nacional de Saneamento Básico

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2. Objetivos.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3. Revisão Bibliográfica	15
3.1. Saneamento	15
3.2. Riscos de Patógenos	18
3.3. Saneamento Sustentável	21
3.4. Permacultura.....	25
3.5. Banheiro Seco.....	27
3.6. Modelos de Banheiro Seco	29
3.6.1. Banheiro com Recipientes Móveis	30
3.6.2. Banheiro com Duas ou Mais Câmaras.....	33
3.6.3. Banheiro Modelo Bason	35
3.6.4. Banheiro Seco no Mundo.....	36
3.7. Operação e Manutenção do Banheiro Seco	40
3.7.1. Compostagem.....	41
3.7.2. Processo de compostagem.....	42
3.7.3. Características essenciais para a boa compostagem.....	46
3.7.3.1. Temperatura	46
3.7.3.2. Umidade	47
3.7.3.3. Aeração	48
3.7.3.4. Tamanho das partículas (granulometria)	49
3.7.3.5. Relação Carbono e Nitrogênio (C/N)	50
3.7.3.6. pH	52
3.7.4. Benefícios da Produção e Aplicação do Composto	52
4. Metodologia	53
5. Resultados.....	56
6. Conclusão.....	67
7. Considerações Finais.....	68
8. Referências Bibliográficas.....	70
ANEXOS.....	73

1. Introdução

A relação humana com os recursos naturais data desde a sua existência no planeta. Essa relação é dinâmica e está em constante mudança com os diferentes períodos da humanidade. Ao fim do século XX, o estilo de vida da humanidade de consumo e desperdício trouxe um quadro difícil de alta degradação da biosfera causando diversos problemas ambientais, tais como a perda de biodiversidade, a redução de fertilidade do solo, a escassez de água e as mudanças climáticas (JENKINS, 1999).

A água é um fator-chave para a existência da vida no planeta. Ela é essencial para o desenvolvimento sustentável e seus serviços providos dos recursos hídricos contribuem para a redução da pobreza, para o crescimento econômico e para a sustentabilidade ambiental (WWAP, 2015).

A população mundial conta com mais de 7,6 bilhões de pessoas (WORLDMETERS, 2018) e apesar da importância desse recurso para a sobrevivência da vida, ainda hoje 748 milhões não possuem acesso à água potável e é estimado que 1,8 bilhão utilizam uma fonte de água contaminada por coliformes termotolerantes. Por volta de 2,5 bilhões de pessoas no mundo não têm acesso a um esgotamento sanitário de qualidade. Além disso, aproximadamente 1 bilhão de pessoas defecam a céu aberto e dessas, a cada 10 pessoas, 9 vivem na zona rural (WHO/UNICEF, 2014).

A população brasileira também é afetada pela falta de tratamento dos esgotos domésticos urbanos, sendo um dos maiores problemas ambientais e sociais do país. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010) a partir de seus critérios de pesquisa, no Brasil, 39% da população não possui rede coletora de esgoto nem ao menos fossa séptica.

De acordo com o último relatório publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) em 2017, mais de 4,1 milhões de brasileiros de áreas rurais, ou 2% da população do país não têm acesso a banheiros e precisam defecar ao ar livre. Contaminação das águas e do solo e conseqüentemente o adoecimento da população são conseqüências da falta de políticas efetivas de saneamento básico.

A urgência para a resolução da problemática junto à importância da água, saneamento e higiene para a saúde pública está refletida nos fóruns e discussões internacionais que vêm sendo realizados com frequência.

Em Nova Iorque (EUA), 2015, na Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, ocorrida durante a 70ª sessão da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), chegou-se a uma proposta de objetivos e metas do desenvolvimento sustentável. O marco da “Agenda 2030” define um plano de ação que lista os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) divididos ao longo de 169 metas e considera as dimensões social, ambiental e econômica de forma integrada, o tripé do desenvolvimento sustentável. O horizonte temporal, acordado entre os 193 países-membros das Nações Unidas, para o cumprimento dos objetivos é de 15 anos, sendo 2030 o ano final.

O objetivo 6 da Agenda almeja “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos” (ONU, 2015), com a seguinte meta que envolve o saneamento:

“6.2 Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade.” (ONU, 2015)

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado na Constituição de 1988. Desde 2007 existe a Lei 11.445/07 que instituiu as diretrizes nacionais e a política federal do saneamento básico, sancionada no dia 05 de janeiro desse mesmo ano. Conhecida como a Política Nacional de Saneamento Básico, a legislação federal prevê a universalização dos serviços de abastecimento de água e tratamento da rede de esgoto para garantir a saúde dos brasileiros. Em relação ao esgotamento sanitário, contempla as ações de coleta, transporte, tratamento e a disposição final adequada dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente. Em seu artigo 52º, a lei atribui ao Governo Federal, sob a coordenação do Ministério das Cidades, a responsabilidade pela elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) (BRASIL, 2007). Vale destacar que a Política contempla nos incisos de seu artigo 2º os princípios fundamentais aos quais os serviços públicos de saneamento devem ser prestados:

“I - universalização do acesso;

II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico,

propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente.” (BRASIL, 2007)

Apesar do caráter robusto que a legislação federal traz, o país está muito aquém da universalização do acesso ao saneamento básico. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2016), com estudo mais recente e diferentes critérios, mostra que apenas 51,92% da população brasileira têm acesso à coleta de esgoto, o que significa que mais de 100 milhões de brasileiros não têm acesso a este serviço. Além disso, apenas 44,92% dos esgotos do país são tratados, indicando que grande parte dos dejetos gerados por humanos são jogados de maneira bruta em fontes de recursos hídricos do país.

A partir deste cenário, vê-se a necessidade de encontrar soluções diferentes das que estão sendo amplamente utilizadas pelo poder público atualmente para sanar os problemas encontrados em relação ao esgotamento sanitário, tanto no meio urbano quanto em meio rural.

O sanitário seco compostável, popularmente conhecido como “banheiro seco”, atualmente vem sendo estudado e incorporado como uma tecnologia social em saneamento sustentável em habitações unifamiliares, em diferentes modelos e formatos. O banheiro seco consiste numa tecnologia e solução de baixo custo, eficiente para a descentralização do saneamento em relação ao esgotamento sanitário em diferentes áreas rurais (JENKINS, 1999).

Um dos principais benefícios da utilização desta tecnologia é a solução de problemas dos sistemas hidrossanitários, como a contaminação e desperdício de água. Os sanitários convencionais gastam em média 13 litros de água a cada descarga, podendo chegar a 30 litros se estiver desregulada. O banheiro seco contribui ainda com a transformação dos dejetos em adubo orgânico e húmus. O saneamento seco é uma adaptação moderna da antiga prática de gestão de dejetos, sem a utilização de água e, portanto, sem esgotos. Os principais objetivos na utilização do sistema do sanitário seco são: a compostagem, que permite destruir organismos que causam infecções humanas (patógenos), reduzindo assim o risco de infecção humana para níveis aceitáveis sem contaminar o ambiente; a eliminação da necessidade de utilização de água potável para diluição dos dejetos; e a solução de problemas nas áreas que não possuem tratamento de esgoto (IMPAGLIAZZO, 2011). Vale ressaltar a vantagem do seu uso em locais com escassez de recursos hídricos e como esta tecnologia pode estar contemplada nos incisos V e VIII do artigo 2º da Política Nacional de Saneamento Básico:

“V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

[...]

VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas.”
(BRASIL, 2007)

Esta pesquisa se justifica dentro do contexto dos graves problemas ambientais relacionados ao esgotamento sanitário e pela necessidade de uma mudança no conceito de utilização dos recursos naturais. Além disso, a importância da pesquisa é ressaltada quando considerada a atual difusão de protótipos de sanitários secos no Brasil e a pouca existência na literatura acadêmica brasileira de trabalhos com abordagem sobre o banheiro seco em comparação com outras temáticas do saneamento, sendo observada uma defasagem sobre estudos das condições de uso da tecnologia, de sua manutenção e real eficácia. A pesquisa é realizada para o incentivo do uso e difusão do saneamento seco descentralizado com a utilização do sanitário seco envolvendo sua maior vantagem no âmbito ambiental e econômico.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho busca verificar um cenário preliminar do atual panorama do saneamento seco descentralizado pela tecnologia do banheiro seco, utilizado como solução ao esgotamento sanitário centralizado, e servir como base para futuros trabalhos de análise do estado da arte sobre o tema.

2.2. Objetivos Específicos

Para a realização do objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Mapear quantitativamente e qualitativamente usos de banheiro seco pelo território nacional;
- Desenvolver um painel preliminar qualitativo do panorama do saneamento seco no país;

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Saneamento

Segundo 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. É o conjunto de medidas adotadas em um local para melhorar a vida e a saúde dos habitantes, impedindo que fatores físicos de efeitos nocivos possam prejudicar as pessoas no seu bem-estar físico mental e social.” (WHO/UNICEF, 2017)

A lei federal nº. 11.445/2007 (BRASIL, 2007) define o saneamento básico 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 quantidade e a qualidade dos recursos de água potável pelo mundo estão diminuindo a cada ano e seus problemas consequentes estão cada vez mais sérios. Nos grandes aglomerados urbanos, onde hoje vive a maior parte da população mundial, a situação é ainda mais grave. Nos seus centros e em suas periferias, a população de menor renda é a que mais sofre com o decréscimo das fontes de água potável disponíveis, com as doenças que se relacionam com o saneamento e também com os impactos gerados a partir da degradação do meio ambiente (ALVES, 2009).

A qualidade do recurso hídrico disponível às populações reflete diretamente na saúde pública. A água é essencial para a sustentação da vida e o fornecimento seguro e adequado deve estar disponível a todos; ao facilitar o acesso à água potável é possível obter grandes benefícios à saúde (WHO, 2014). Ainda hoje, 633 milhões de pessoas no mundo continuam sem acesso a uma fonte de água potável. Porém, mesmo entre as pessoas com acesso a fontes

de água potável, 1,2 bilhão usam água de fontes que têm sérios riscos sanitários e pelo menos uma em cada quatro pessoas em todo o mundo (1,8 bilhões de pessoas) bebe água contaminada por coliformes fecais (WHO/UNICEF, 2017).

O cenário do saneamento adequado para o esgotamento sanitário é mais grave ainda por todo o mundo. São 2,4 bilhões de pessoas no mundo que vivem sem um saneamento adequado. Em 2014, apenas 68% da população mundial tinha acesso ao saneamento adequado, contra os 77% esperados dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Mais de um bilhão de pessoas no mundo ainda não possui acesso a um banheiro, sinalizando que continuam a fazer suas necessidades fisiológicas ao ar livre, uma prática muito problemática, por representar um foco contínuo de doenças e de contaminação da água (WHO, 2014).

No Brasil, a situação não difere muito ao do resto do mundo; ainda há muitos desafios em torno do saneamento e sua universalização à população.

O SNIS (2016) mostra que apenas 51,92% da população brasileira têm acesso à coleta de esgoto, o que significa que mais de 100 milhões de brasileiros não têm acesso a este serviço. Além disso, são 4 milhões de brasileiros sem acesso a um banheiro.

Apenas 44,92% dos esgotos coletados no país são tratados, retratando que grande parte dos dejetos gerados por humanos é jogada de maneira bruta em fontes de recursos hídricos do país. Em termos de volume, as capitais brasileiras lançaram 1,2 bilhão de m³ de esgotos brutos na natureza em 2013. A região Norte do Brasil é a que está em pior situação nos dados de saneamento: apenas 18,3% do esgoto são tratados e o índice de coleta é de 10,45%; seguida pela região Nordeste, com apenas 36,22% do esgoto tratado e com índice de coleta de 26,79% (Instituto Trata Brasil, 2015).

No mesmo ano de 2013, foram 391 mil internações por conta de doenças gastrointestinais infecciosas. Se 100% da população tivesse acesso à coleta de esgoto haveria uma redução, em termos absolutos, de 74,6 mil internações, 56 por cento dessa redução ocorreria no Nordeste (Instituto Trata Brasil, 2017).

A parte da população que possui um banheiro depende de sistemas convencionais de esgotamento sanitário. Esrey et al. (1998) define que os sistemas convencionais se limitam a duas categorias: os baseados em redes de transporte de água (sistemas de descarga) e os que centram em sistemas de fossa séptica (sistemas de acumulação). Em ambos os sistemas o

meio ambiente é poluído, os nutrientes são descartados e diversos problemas de saúde são criados porque os sistemas baseiam-se na premissa de que os resíduos que nós eliminamos não têm valor significativo e devem ser descartados.

O sistema convencional centralizado de esgotamento sanitário traz benefícios à saúde pública devido ao afastamento dos esgotos da proximidade e contato da população em suas residências, porém existem impactos negativos originários de sua implantação. Além dos possíveis vazamentos na rede coletora, o principal aspecto negativo está na concentração da poluição em toda a rede do sistema e sua disposição no corpo hídrico receptor. Caso não possua tratamento adequado ou até mesmo nenhum tipo de tratamento como visto nos dados citados anteriormente, o sistema de esgotamento sanitário poderá induzir à deterioração do corpo receptor e prejudicar outros usuários da água ou outras espécies de animais e vegetais, chegando a inviabilizar a vida aquática (PIMENTEL e CORDEIRO NETTO, 1998 e TCHOBANOGLIOUS e SCHROEDER, 1985, apud SÁ, 2011).

Além disso, em casos como no meio rural fica impraticável a implantação do sistema público de esgoto com destino final adequado, e em muitas comunidades urbanas e suburbanas, por motivos principalmente econômicos, a sua aplicação é correntemente dificultada. Nesses casos são indicadas soluções individuais para cada domicílio (FUNASA, 2006, apud SÁ, 2011). Ainda assim, segundo Malisie, Prihandrijanti e Otterpohl (2007) apud Alves (2009), os tratamentos domésticos de águas residuais individuais locais que não são integralmente planejados como as latrinas e as fossas sépticas não representam a alternativa mais sustentável. Tais sistemas, se não forem implantados adequadamente e bem geridos, podem poluir a água subterrânea, comprometendo mais fontes de recursos hídricos e ameaçar a saúde pública local. Para as áreas mais adensadas, estes sistemas são mais problemáticos, já que o efluente parcialmente tratado ou até mesmo não tratado é comumente transportado por drenos abertos ou lançado diretamente em corpos d'água.

Conforme Maciel Filho et al. (2001) apud Sá (2011), as condições sanitárias precárias aliadas à não disponibilidade de água, em quantidade e qualidade, são fatores que contribuem para a permanência da cólera e outras doenças entéricas, principalmente na região nordeste do país. A maioria das infecções causadas por bactérias é decorrente da contaminação da água pelos dejetos, o que tem sido demonstrado com a ocorrência de epidemias, sendo na maioria das vezes de grandes proporções. Para Sá (2011), fica:

“... evidente que deve haver ações integradas de tratamento de água e esgoto para se obter resultados positivos na saúde pública e no meio ambiente, sendo que estas ações devem ser planejadas levando em consideração as necessidades e as condições locais, que irão influenciar nos resultados.” (SÁ, 2011)

3.2. Riscos de Patógenos

O ponto mais importante sobre o esgotamento sanitário é o risco de organismos patogênicos contidos nos resíduos orgânicos de um ser humano. A contaminação fecal do ambiente pode oferecer riscos à saúde humana, pois as fezes podem conter uma variedade de organismos causadores de doenças que podem contaminar o ambiente quando estes são descartados como lixo com tratamento parcial ou nenhum tipo de tratamento. A OMS estima que 80% de todas as doenças estão relacionadas ao saneamento inadequado e à água poluída (STERRITT, 1988, apud JENKINS, 1999).

A ampla gama na diversidade de problemas de saúde causados pelo contato dos resíduos humanos com a água potável e com o ambiente diário das pessoas é grave e presente no Brasil e no mundo. Em todo o planeta, 361 mil crianças menores de cinco anos morrem em razão de diarreia, como resultado do baixo acesso à água tratada, ao saneamento e a condições adequadas de higiene (WHO/UNICEF, 2017). O estudo do Instituto Trata Brasil (2017), por exemplo, mostrou que o Brasil convive com centenas de milhares de casos de internação por diarreias todos os anos (400 mil casos em 2011, sendo 53% de crianças de 0 a 5 anos), muito disso devido à falta de saneamento.

Os organismos patogênicos que podem estar contidos nos dejetos humanos podem ser divididos em quatro grupo gerais: vírus, bactérias, protozoários e vermes (helmintos). Em relação ao seu potencial de infecção, estes organismos: podem ser imediatamente infecciosos após serem excretados; podem tornar-se infecciosos após um período de tempo fora do corpo humano; ou podem se tornar infecciosos através de um hospedeiro intermediário (ESREY et al., 1998).

Os vírus são infecciosos imediatamente após serem excretados. Durante um período de infecção de um indivíduo, um grama de material fecal pode conter de cem milhões a um trilhão de vírus. Eles podem não se reproduzir fora de uma célula hospedeira, porém podem

sobreviver por algumas semanas no ambiente após serem excretados, especialmente em temperaturas abaixo de 15°C. São mais de 140 tipos de vírus ao redor do mundo que podem ser transmitidos através das fezes humanas, nestes estão incluídos os muito encontrados: coxsackievírus (causa meningite e miocardite), echovirus (causa meningite e enterite), reovírus (causa enterite), adenovírus (causa doença respiratória) e o vírus da hepatite infecciosa (causa icterícia) (PALMISANO, 1996, apud JENKINS 2005).

As bactérias são outros organismos que, após serem excretados, são imediatamente infecciosos. Em áreas com deficiência de saneamento e contaminação fecal, há muitos riscos com o contato de organismos causadores de febre tifoide, febre paratifoide e distúrbios gastrointestinais (*Salmonella*), cólera (*Vibrio cholerae*), disenteria e diarreia (*Shigella*). E também há o risco de se contrair tuberculose por micobactérias (FEACHEM, 1980 apud JENKINS, 2005). As bactérias do tipo coliforme, principalmente a *E. coli*, são muito utilizadas como indicadores de poluição por material fecal humano por estarem sempre presentes com 100 a 400 bilhões de coliformes/habitante.dia na excreção e também pela sua fácil identificação e determinação (JORDÃO e PESSÔA, 1975, apud SÁ, 2011).

Os protozoários são excretados como cistos, seu meio primário de disseminação, e podem ser imediatamente infecciosos ou se tornarem infecciosos após um período de tempo fora do corpo humano. Os cistos precisam ser mantidos úmidos para que permaneçam vivos por longos períodos. Muitas de suas espécies podem infectar o ser humano; os mais comuns são os causadores de diarreia e disenteria, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli* e *Entamoeba histolytica* (FEACHEM, 1980, apud JENKINS, 2005).

Por último, os vermes parasitas ou os ovos de helmintos requerem um período de tempo fora do corpo humano para tornarem-se infecciosos. Além disso, alguns parasitas também requerem um hospedeiro intermediário antes de tornarem-se infecciosos. Esses ovos de vermes patogênicos tendem a ser resistentes a condições ambientais podendo sobreviver por anos, devido à sua cápsula resistente, e são extremamente resistentes ao processo de digestão do sedimento, comum em estações de tratamento de esgoto. Grande parte dos helmintos apresenta o ciclo biológico com três estágios: ovo, larva e verme adulto. Para muitos, o ciclo biológico ocorre pela ingestão de ovos ou larvas que leva ao desenvolvimento da larva no organismo do hospedeiro: a sua reprodução, a produção de ovos, crescimento de novas larvas e vermes adultos e, assim, a excreção de ovos e larvas junto com as fezes. Normalmente, a dose necessária para infecção é baixa, sendo suficiente um ovo ou uma larva

para o desenvolvimento de vermes adultos no organismo do hospedeiro, desencadeando o processo infeccioso (ESREY et al., 1998).

No Quadro 1 podem-se observar os organismos patogênicos virais, bacterianos e protozoários que podem estar presentes nas fezes e sua possibilidade de estar hospedado no indivíduo de forma assintomática.

Quadro 1. Organismos patogênicos que podem estar presentes nas fezes

<u>Vírus</u>	<u>Doença</u>	<u>Possibilidade de infecção assintomática</u>
Adenovírus	varia	sim
Coxsackievírus	varia	sim
Echovírus	varia	sim
Hepatite A	Hepatite infecciosa	sim
Poliovírus	Poliomelite	sim
Reovírus	varia	sim
Rotavírus	Diarréia	sim
<u>Bactérias</u>	<u>Doença</u>	<u>Possibilidade de infecção assintomática</u>
Campylobacter	Diarréia	sim
E. coli	Diarréia	sim
Salmonella typhi	Febre tifóide	sim
Salmonella paratyphi	Febre paratifóide	sim
Outras salmonelas	Intoxicação alimentar	sim
Shigella	Disenteria	sim
Vibrio cholerae	Cólera	sim
Outros Vibrios	Diarréia	sim
Yersinia	Yersiniose	sim
<u>Protozoários</u>	<u>Doença</u>	<u>Possibilidade de infecção assintomática</u>
Balantidium coli	Diarréia	sim
Entamoeba histolytica	Disenteria, ulceração colônica, abscesso hepático	sim
Giardia lamblia	Diarréia	sim

Fonte: adaptado de Feachem et al., 1980, apud Jenkins, 2005.

Segundo Huuhtanen e Laukkanen (2006) apud Sá (2011), as infecções por todos estes patógenos podem ocorrer por diferentes rotas de transmissão, frequentemente por falta de condições adequadas de saneamento e higiene. A transmissão de patógenos pode ocorrer por: contato direto com excretas; ingestão de água contaminada; alimentos expostos a água ou solo contaminados; inalação de poeiras ou aerossóis contaminados com água de reúso; contato com indivíduos infectados; contato com animais hospedeiros de parasitas, entre outros.

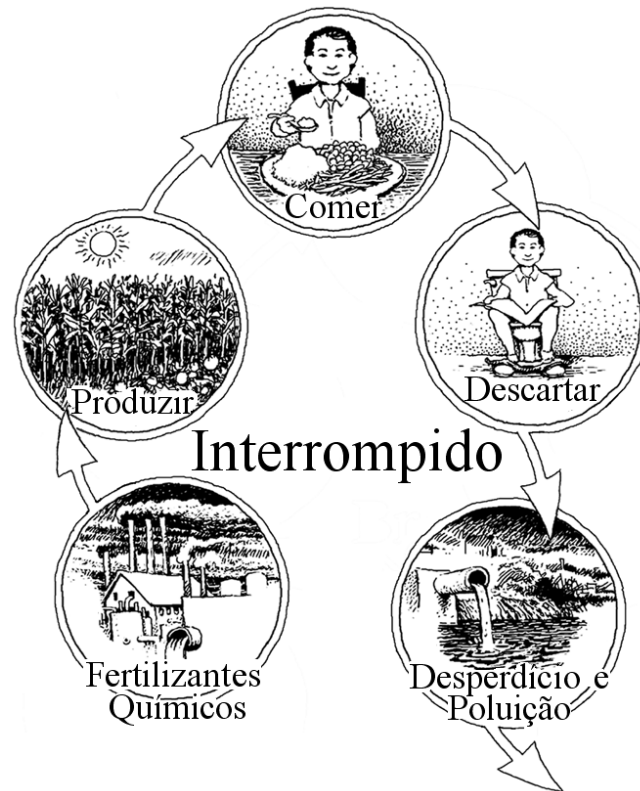
A propagação de patógenos pode ser reduzida ou eliminada através do uso de barreiras de prevenção que inibem o transporte de patógenos. Uma barreira primária inibe o contato das fezes com veículos de transmissão como água, solo, mãos, alimentos ou insetos e outros animais. Caso ocorra o contato, devem ser usadas barreiras secundárias, geralmente ligadas à higiene, como lavagem das mãos, lavagem e cozimento adequado dos alimentos, e outros cuidados (ESREY, 1998). Sá (2011) complementa que o banheiro seco é um exemplo de barreira primária, prevenindo o contato dos dejetos com a água e sua contaminação.

3.3. Saneamento Sustentável

Os sistemas convencionais de saneamento utilizam enormes quantidades de recursos hídricos para o transporte dos resíduos. A adaptação e a inovação de tecnologias de saneamento para formas mais sustentáveis em locais que convivem com a diminuição e a escassez da água são cada vez mais necessárias. Especialmente em países em desenvolvimento, onde além da menor disponibilidade hídrica e conseqüente escassez de água, existe a falta de recursos econômicos para investir no fornecimento de serviços de água e saneamento e no tratamento adequado dos efluentes (ZIMBELMANN e LEHN, 2007). Segundo Bakir (2001), os sistemas convencionais de tratamento centralizados ainda são os mais amplamente difundidos, apesar deste cenário não ser o mais adequado em pequenas comunidades de países em desenvolvimento.

A partir do sistema convencional de saneamento, o ciclo de nutrientes configura-se da maneira colocada na Figura 1. O ciclo natural de nutrientes é quebrado e os resíduos orgânicos são descartados como lixo, o que cria problemas ambientais como a poluição, a perda de fertilidade do solo e sobrecarga dos recursos hídricos (JENKINS, 2005).

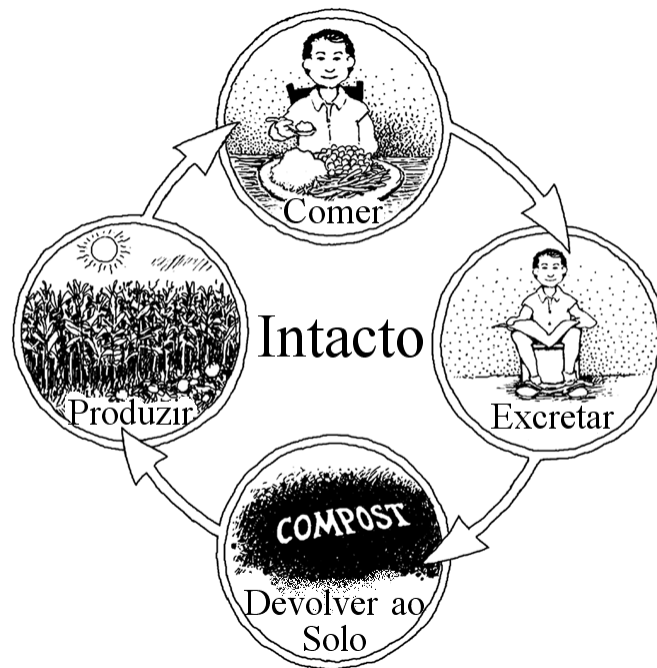
Figura 1. Ciclo Interrompido de Nutrientes



Fonte: Jenkins (2005).

Para Jenkins (2005), o ciclo de nutrientes (Figura 2) é um ciclo natural e infinito. Se o ciclo for mantido intacto, não há resíduos sendo descartados como lixo e gerando desperdício e poluição. Ele segue da seguinte maneira: o ser humano produz a comida; ele alimenta-se da comida produzida; os resíduos orgânicos (fezes, urina, restos de comida e materiais agrícolas) são coletados e processados; e, por fim, os materiais orgânicos processados são devolvidos ao solo, assim enriquecendo o solo e possibilitando a produção de mais comida.

Figura 2. O Ciclo de Nutrientes



Fonte: Jenkins (2005).

Nesta perspectiva, é necessário tratar de sistemas de saneamento que reduzam o consumo de água e solucionem a poluição gerada. Uma alternativa está no saneamento sustentável (ESREY et al., 1998), que representa uma mudança na maneira como as pessoas pensam e agem com relação às fezes humanas. Trata-se de uma abordagem que valoriza o fechamento do ciclo de nutrientes e evita a abordagem linear de “jogá-los fora”. É baseada no ecossistema que reconhece a necessidade e o benefício de se promover o bem-estar e a saúde da população ao mesmo tempo em que recupera e recicla os nutrientes.

Malisie (2008) destaca em seu estudo, realizado com saneamento em áreas de vulnerabilidade social da Indonésia, que um sistema de saneamento, para que seja sustentável, além de promover a sociedade a ser mais igualitária e sustentável, deve cumprir (ou ao menos estar a caminho de cumprir) os seguintes pontos:

1. Prevenção de doenças: um sistema de saneamento deve ser capaz de destruir ou isolar patógenos do contato humano;
2. Acessibilidade: ser acessível a todas as pessoas, principalmente as mais pobres;
3. Proteção Ambiental: prevenir a poluição, retornar os nutrientes ao solo e preservar os recursos hídricos;

4. Aceitabilidade: ser esteticamente aceitável e compatível com os valores culturais e sociais da localidade;
5. Simplicidade: ser robusto o suficiente para o fácil manuseio mesmo com limitações de capacidade técnica, de estruturas e de recursos econômicos.

O saneamento seco, quando bem dimensionado, entra nestes critérios e minimiza o uso de água ou dispensa por completo a sua necessidade. Para Zimbelmann e Lehn (2007), o saneamento seco possui benefícios diretos e indiretos para o desenvolvimento sustentável. Entre eles, pode-se destacar que o saneamento seco opera sem o uso de água, portanto não produz efluente, e pode ser facilmente utilizado dentro de sistemas de recuperação de nutrientes (fechando o ciclo de nutrientes).

A maior vantagem de não utilização de água para a operação do sistema de saneamento seco está na possibilidade de que o uso da água limita-se ao suprimento das necessidades básicas. Essa vantagem é de grande interesse e importância em locais onde a água é escassa e o potencial de resiliência dos recursos hídricos é baixo.

Outro ponto vantajoso da não utilização de água é a redução da contaminação do solo e da água ou do despejo da carga de efluente em corpos d'água superficiais, principalmente se não há tratamento adequado. Assim, os riscos de transmissão de doenças por patógenos são reduzidos drasticamente.

Ainda, Zimbelmann e Lehn (2007) também complementam as vantagens de se fechar o ciclo de nutrientes. Com a facilidade de separar o material de interesse na fonte, os nutrientes podem ser reutilizados na agricultura, em ambientes paisagísticos ou para a produção de energia: como a urina, que é rica em fósforo e que, se utilizada corretamente, pode substituir fertilizantes químicos. Além disso, os resíduos orgânicos, as fezes humanas e as fezes de animais podem ser tratados por processos de compostagem ou de produção de energia. O composto ou o material desidratado deve ser sanitizado de maneira satisfatória e, assim, pode ser aplicado na agricultura e ajudar a manter ou melhorar a fertilidade do solo sem qualquer risco para saúde. Os resíduos desidratados ou compostados também podem ter a finalidade de produção de biogás e essa mesma energia gerada pode retornar à comunidade local.

3.4. Permacultura

Uma ciência prática e uma filosofia de vida, um modo de viver e um modo de ver. Segundo Mollison (1999), a permacultura é definida como:

“... a elaboração, implantação e manutenção de ecossistemas produtivos que mantenham a diversidade, a resiliência, e a estabilidade dos ecossistemas naturais, promovendo energia, moradia e alimentação humana de forma harmoniosa com o ambiente.” (MOLLISON, 1999)

A permacultura é uma prática e uma ciência para planejamento de assentamentos humanos sustentáveis. Utilizada para desenhar espaços com a visão sistêmica para que todos os elementos no ambiente estejam interligados onde tudo existe em relação com ciclos sustentáveis através da aproximação de inúmeras áreas de conhecimento. É uma ciência prática que reaproxima o ser humano e o ambiente que os cerca ao responsabilizá-lo pela produção e reprodução de suas necessidades básicas (FERREIRA NETO, 2017).

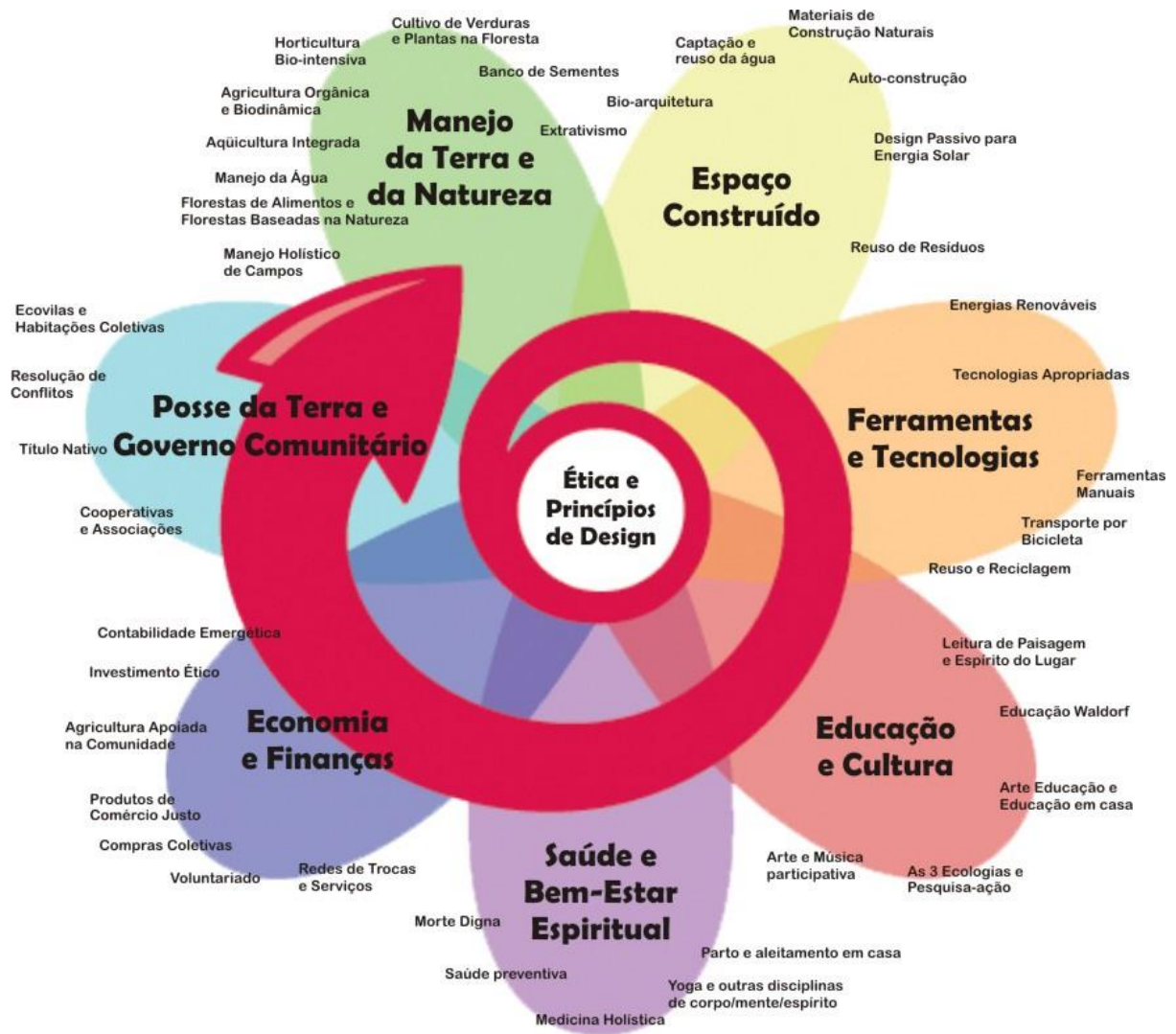
Inspirados nos modelos das comunidades tradicionais da Austrália, Bill Mollison e David Holmgren criaram o conceito da permacultura. Ela começou a ser difundida na década de 1970, momento em que o questionamento em relação ao aumento da exploração dos recursos naturais e do agravamento da desigualdade social gerados pelo crescimento desenfreado da revolução industrial, vindos da lógica linear do capitalismo, levou ao crescimento e fortalecimento de uma série de correntes e movimentos abordando a questão ambiental (FERREIRA NETO, 2017).

Como metodologia, a permacultura reúne três premissas éticas e doze princípios de planejamento e design que são baseados na observação da forma sustentável de interação, produção e de vida das populações tradicionais com a natureza, sempre trabalhando a favor dela e nunca contra. A ética permacultural é composta pelas seguintes três premissas: o cuidado com a terra; o cuidado com os outros; e a divisão de excedentes (partilha justa) (HOLGREN, 2007).

Através das três premissas éticas e os doze princípios de design, Holgrem (2007) define grandes áreas de eixos de trabalho nos quais se originam os aprofundamentos e ações propostas para o encontro de diferentes soluções para as necessidades humanas básicas: água, energia, habitação e alimentos. Os aprofundamentos dos eixos apresentados na Figura 3, que resume todos os preceitos dados, são: o manejo da terra e da natureza; o espaço construído; as

ferramentas e tecnologias; a educação e cultura; a saúde e bem-estar espiritual; a economia e finanças; e a posse de terra e governo comunitário.

Figura 3. A flor da permacultura



Fonte: disponível em: <<https://zerodesperdicio.wordpress.com/2010/10/30/flor-da-permacultura/>>. Acesso em Abril/2018.

Atualmente, institutos e centros de permacultura, assentamentos, sítios, fazendas e locais rurais e urbanos que trabalham a partir dos princípios criados por Mollison e Holgrem existem espalhados em diversos países do mundo. No Brasil, Ferreira Neto (2017) realizou um levantamento para obter um mapeamento panorâmico do estado da arte da permacultura no país. Foram levantados 100 grupos que declaram promover e organizar atividades

permaculturais, tendo sua maior concentração na região Sudeste, seguido pela região Sul do Brasil. Alguns destes grupos mapeados contribuíram para os resultados do presente trabalho.

3.5. Banheiro Seco

A partir do olhar das premissas éticas e dos princípios de planejamento e design da permacultura, o saneamento deve respeitar os ciclos sustentáveis e não partir de uma lógica linear. Ao compreender os eixos de trabalho da permacultura, o sistema de saneamento entra tanto no aprofundamento do “espaço construído” pela necessidade de seu planejamento, construção e inserção com o design da localidade em que estará inserido o sistema (desde a casa até a cidade), quanto no aprofundamento das “ferramentas e tecnologias” pela escolha dos dispositivos mais apropriados que adequam-se para uso no sistema, além do modo de reúso e reciclagem dos resíduos para fechar o ciclo de nutrientes.

O sistema de saneamento seco estruturado por uso do banheiro seco compostável (*composting toilet*), também conhecido apenas por banheiro seco (*dry toilet*), banheiro ecológico (*ecological toilet*) ou banheiro biológico (*biological toilet*), é uma técnica que não utiliza água para o transporte e remoção dos dejetos. Estes são armazenados em um tipo de câmara no qual posteriormente passarão por um processo de compostagem para produção e uso de adubo (SÁ, 2011).

Técnicas para a utilização dos dejetos humanos como composto para o solo não são de hoje; os povos asiáticos as utilizam desde a dinastia Shang, 3.000 a 4.000 anos atrás. As culturas asiáticas entenderam as excretas humanas como um recurso natural, e não como um material a ser descartado. Há outras civilizações inteiras que também reciclaram os resíduos humanos por milhares de anos, mas vale destacar os Hunzas, povo que possui uma saúde extraordinária atribuída à sua qualidade de seu estilo de vida. Enquanto algumas dessas civilizações usavam diretamente os dejetos frescos, caracterizado como uso de solo noturno, os Hunzas compostam o seu material orgânico por meses antes de utilizá-lo. Povo que até hoje vive numa região próxima ao Himalaia, tem a fama de seu sistema tradicional de agricultura e alimentação perfeito no qual todos seus resíduos vegetais, animais e humanos são cuidadosamente devolvidos ao solo que produzem grãos frutas e verduras que os alimentam (JENKINS, 2005).

A partir deste histórico, hoje o banheiro seco pode ser encontrado comercialmente em diferentes modelos, adaptáveis a áreas rurais ou a áreas urbanas (MAGRI, 2013). No cenário internacional, o banheiro seco comercial é uma tecnologia já consagrada em diversos países do mundo como os Estados Unidos, Alemanha, Canadá, Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália. Há ainda países como os escandinavos que desenvolveram modelos de banheiros compostáveis mais complexos e de vários tipos, que se adaptam a diferentes situações de uso e encontram-se disponíveis comercialmente. No Brasil, esta técnica ainda é pouco conhecida e utilizada, portanto há poucas empresas especializadas para comercialização e venda imediata de um banheiro seco.

Para o tratamento dos dejetos humanos, Peasey (2000) descreve duas maneiras: através da desidratação ou através da decomposição. Na primeira, em grande parte dos casos, há a separação da urina a partir de um coletor e as fezes são coletadas em câmaras no qual são adicionadas cinzas, cal ou terra para ajudar no processo de desidratação. Jenkins (2005) comenta que no tratamento pela desidratação, é necessário maior tempo de maturação do composto para que esteja completamente sanitizado. O método pela decomposição ocorre através dos processos biológicos realizados por microrganismos que transformam as fezes, com a adição de serragem e restos vegetais para ajudar no processo, em composto orgânico. Para que a compostagem ocorra de modo satisfatório, a temperatura, a oxigenação, o pH, a umidade e a relação C/N devem ser monitoradas e controladas; estas condições de monitoramento podem ser limitantes, ao não ser realizado da maneira mais satisfatória, em locais que vivem populações com menor instrução e orientação adequadas.

No próximo item serão abordados modelos e tipos de banheiro seco, porém vale ressaltar que Martins (2007) destaca algumas vantagens e desvantagens de um sistema de banheiro seco. Entre as vantagens, estão: a economia de recursos hídricos e econômicos; a simplicidade em sua construção; ser uma fonte de fertilizante orgânico; ser uma tecnologia simples e fácil de ser replicada; e ser uma divulgação prática de sistemas de saneamento sustentável. Quanto às desvantagens, ele enumera: a necessidade de educação e orientação adequada para seu uso; a necessidade de obtenção e adição de material orgânico seco; o tratamento e sanitização dos dejetos requerem um período de tempo e conhecimento técnico; e, por último, o sistema requisita aceitação cultural.

Vale lembrar que Malisie (2008) aponta a aceitabilidade como importante para o desenvolvimento de um sistema de saneamento sustentável na localidade a ser instalado. A

aceitação cultural de um sistema de banheiro seco é a tarefa de maior dificuldade para sua implantação, devido à fecofobia (aversão ao material fecal, especialmente em relação ao uso de material fecal humano para fins agrícolas) que reside principalmente na cultura ocidental. Jenkins (2005) ainda cita que a difícil aceitação provém de um medo irracional em não compreender o ciclo natural de nutrientes humano e da falta de informações sobre a sanitização dos dejetos humanos através de sua compostagem.

3.6. Modelos de Banheiro Seco

No Brasil são encontrados, por sua maior simplicidade, banheiros que utilizam do processo de decomposição e compostagem para o tratamento dos dejetos.

Jenkins (2005) define que há essencialmente duas formas de se compostar os materiais orgânicos dos seres humanos. A primeira é um banheiro em que os dejetos são depositados diretamente em uma câmara de compostagem e sua compostagem ocorre dentro da própria câmara. Ele atenta que a maioria desses tipos de banheiro não atingem condições para que ocorra a compostagem termofílica e deve-se ter manejo adequado para que tais compostos sejam completamente sanitizados.

O segundo método citado por Jenkins (2005) consiste no banheiro seco com um aparato de coleta dos dejetos que posteriormente serão compostados numa pilha de compostagem separada. A técnica é simples e menos custosa, por utilizar de um recipiente no banheiro que ocupa o mesmo espaço de um vaso sanitário, porém a necessidade de espaço para a pilha de compostagem e da atividade de transportar o material do banheiro para uma pilha de composto podem se tornar impedimentos para sua utilização a muitos indivíduos.

São diversos os tipos de modelos que utilizam uma dessas duas formas de compostagem do material. Alguns modelos construídos de forma caseira são mais utilizados pelo território brasileiro. Tendo em vista a experiência do autor deste trabalho em diferentes estados do país, entre eles estão: o banheiro com recipientes móveis, um modelo com a coleta dos dejetos e a compostagem sendo realizada numa pilha externa de composto; o banheiro com duas ou mais câmaras que possuem uma rampa para encaminhamento dos dejetos para a

compostagem dentro dessas mesmas câmaras; e o modelo Bason, variação deste último proposto por Lengen (2004).

Vale citar que Del Porto e Steinfeld (2000) em seu livro “*Composting Toilet System Book*” classificam os diferentes modelos de banheiro de outra forma sistemática em três características, mas ainda a partir dos seus diferentes funcionamentos:

- Os auto-coletores (quando o vaso sanitário e um pequeno coletor ou reator são uma unidade) ou os centralizados (quando se conecta a um coletor localizado em outro local);
- Os industrializados (comprados e que obedecem a normas e padrões) ou os de construção local (sujeitos a permissão do órgão e agentes de saúde local);
- E os com múltiplas câmaras (intercambiáveis) ou os de sistema contínuo (câmara única na qual o excremento é adicionado pelo topo e o produto final é removido por baixo).

3.6.1. Banheiro com Recipientes Móveis

O banheiro com recipientes móveis é um sistema simples de coleta e para posterior compostagem das excretas humanas. Ele consiste num recipiente móvel coletor (como um balde ou algo semelhante) abaixo do assento sanitário, como visto na Figura 4, que quando cheio (ou no nível suficiente para fácil manuseio e transporte) de dejetos que foram coletados é substituído por outro recipiente vazio e levado a um local adequado onde será esvaziado numa pilha de composto (JENKINS, 1999).

Figura 4. Banheiro simples de recipientes móveis em Araquari/SC



Fonte: Foto cedida ao autor.

O funcionamento consiste em frequente manutenção (varia no número de usuários, porém pode-se dizer que a frequência é semanal para uma ou duas pessoas) já que há a necessidade do transporte do recipiente sempre que for necessário esvaziá-lo, além de sua limpeza. Para sua utilização, após ser usado a pessoa deve cobrir os dejetos com um material orgânico limpo de cobertura, tal como serragem podre, musgos, folhas caídas de árvores, casca de arroz ou aparas de grama. Os conteúdos do banheiro devem estar sempre mantidos cobertos por esse material de cobertura para prevenir assim odores, absorver urina e eliminar qualquer problema com moscas e outros insetos. Ademais, sempre que for substituído, o novo recipiente primeiramente deve receber uma camada de 3 a 5 cm deste material no fundo (JENKINS, 1999). Apesar de sua simplicidade, é possível encontrar modelos com maior sofisticação e bem trabalhados como mostra a Figura 5.

Figura 5. Banheiro seco em Guaraciaba/SC



Fonte: Foto cedida ao autor.

Há casos em que a urina é separada para seu uso como fertilizante, porém Jenkins (2005) recomenda que não haja a separação da urina, pois o composto não terá a umidade suficiente para que a compostagem termofílica aconteça da maneira mais adequada, já que o composto perde muita umidade para o ar durante o processo de compostagem, tendo então o trabalho de umidificar a pilha de composto.

Para Berger (2010), os banheiros com recipientes móveis não podem ser considerados um tipo de banheiro compostável, mas sistemas de transporte em compartimentos de coleta dos dejetos humanos os quais serão compostados posteriormente.

No Brasil, por experiências do autor deste trabalho e descrição de modelos de banheiros em outros trabalhos (ALVES, 2009 e MAGRI, 2013), é possível encontrar um modelo de banheiro seco com recipientes móveis em que a compostagem dos dejetos é realizada posteriormente dentro do próprio recipiente lacrado.

Tal maneira de compostagem não é recomendada pelo longo tempo para maturação do composto para que esteja completamente sanitizado para uso no solo e pela predominância do processo de degradação anaeróbia dos dejetos. A anaerobiose é predominante neste processo

pela ausência de oxigênio ocasionada pela falta de aeração com o fechamento dos recipientes, o que resulta em não ser possível o início do metabolismo microbiano aeróbio e, por conseguinte, a não produção de calor suficiente para sanitização do composto (ALVES, 2009).

Além disso, a compostagem mal conduzida que resulta no processo de digestão anaeróbia tem o inconveniente da liberação de mau cheiro, que ocorre por razão da não liberação completa do nitrogênio aminado como amônia, tendo assim a formação de aminas incompletas, mal cheirosas, as quais devem ser oxidadas para que se perca esta característica (KIEHL, 1998). Alves (2009) sugere que os recipientes móveis fechados não devem ser utilizados durante o processo de compostagem nem como armazenadores ao longo do processo, apenas como coletores e receptores da matéria orgânica fresca para posterior compostagem externa.

Neste trabalho o “banheiro com recipientes móveis com compostagem interna” será considerado um tipo de modelo de banheiro seco utilizado por existirem pessoas que o utilizam de tal forma, apesar de ser um modelo não recomendado por diferentes autores.

3.6.2. Banheiro com Duas ou Mais Câmaras

Segundo Sá (2011), este é o modelo mais conhecido, dentre os outros, no Brasil. No modelo com duas ou mais câmaras, a cabine de uso do banheiro está num nível acima das câmaras, onde ocorre a deposição dos dejetos e conseqüente compostagem. Uma rampa conecta o assento sanitário e a câmara de compostagem, sendo por ela que os dejetos humanos descem, e por isso deve possuir uma inclinação mínima para que os resíduos desçam até a câmara e não ocorra acúmulo na rampa.

O banheiro demanda o aquecimento das câmaras de compostagem; para isso, as câmaras localizadas atrás do banheiro são cobertas por uma chapa metálica de cor preta, além de sua construção estar voltada para a face onde receberá maior irradiação solar (voltadas à face Norte no hemisfério Sul). Este modelo de banheiro também possui uma chaminé conectada ao sistema para a circulação do ar e também para que qualquer odor ou mau cheiro

saia pela ponta da chaminé, pois o ar frio entra pela abertura do assento e o ar quente aquecido na câmara sai pela chaminé junto aos gases formados durante a compostagem (SÁ, 2011).

O uso das câmaras deve ser alternado (Figura 6): quando uma estiver cheia, esta mesma fica em repouso para o processo de compostagem enquanto outra passa a ser utilizada. O período mínimo é de seis meses para que uma câmara cheia de mistura fique lacrada e em repouso, enquanto outra permanece recebendo os dejetos pelo mesmo período. Durante tal período, o interior da câmara atinge temperaturas próximas a 72°C, o suficiente para garantir a completa eliminação dos microrganismos (IPEC, 2005).

Figura 6. Interior do banheiro com duas câmaras, em Ravena/MG



Fonte: Foto cedida ao autor.

Alves (2009) recomenda que o período de compostagem seja superior aos seis meses, visto que foi constatado que o composto não estava completamente sanitizado após esse período. Jenkins (1999) sugere que o composto após o preenchimento da câmara tenha no mínimo o período de um ano para maturação.

Assim como o banheiro de recipientes móveis, antes que uma câmara passe a ser utilizada, é necessário colocar uma camada de material orgânico absorvente no fundo da câmara de compostagem. Esta camada composta por palha, feno, serragem ou outro material adequado deve estar a uma profundidade de até 50% da capacidade e será comprimida com a utilização do banheiro pelos dejetos depositados. O material ajudará na absorção de urina e

também deve ser utilizado como material de cobertura após cada uso do banheiro (JENKINS, 1999).

Há alguns modelos que envolvem a separação da urina das fezes através de um desvio dentro do sanitário para recolher a urina separadamente. A motivação para essa separação é que a adição da urina à mistura com as fezes contém grande quantidade de nitrogênio e umidade, o que pode comprometer o processo de compostagem e gerar um odor desagradável. Um modo de contornar a situação e não realizar a separação é adicionar mais fontes de carbono, o material orgânico de cobertura que deve absorver o excesso de líquido e evitar odores (JENKINS, 1999).

Segundo Sá (2011), para a construção deste tipo de banheiro seco, as medidas do sanitário devem ser definidas pelo tamanho das câmaras que devem levar em conta a intensidade de uso do banheiro, da inclinação mínima da rampa até a câmara e da sensação de conforto das pessoas que irão utilizá-lo.

3.6.3. Banheiro Modelo Bason

Criado pelo arquiteto holandês Johan Van Lengen (2004), o modelo de banheiro seco chamado Bason [nome com origem nas palavras do espanhol “*basura*” (lixo) com “*abono*” (adubo)] é parecido com o modelo de duas câmaras, pois também possui uma rampa para direcionamento dos dejetos e um exaustor para ventilação e exaustão. Composto por apenas uma câmara semidividida, onde a parte frontal fica sujeita ao recebimento dos dejetos humanos (excreta e urina) e outros materiais orgânicos (material orgânico de cobertura e resíduos orgânicos domésticos), estando logo abaixo do assento sanitário, e a parte traseira concentra todo o material acumulado já misturado para completar o processo de compostagem, em que o autor diz ser completo após o período de um ano.

Em seu manual, Lengen (2004) demonstra como construir o banheiro de uma forma simples através de placas pré-moldadas feitas de cimento e areia grossa com instrumentos simples como moldes de madeira. O banheiro ainda possui uma manivela feita com vergalhão no interior de sua câmara para revolver o conteúdo uma vez por semana, realizando a aeração no meio da massa em compostagem. Assim como o banheiro de duas ou mais câmaras, antes

de iniciar seu uso, o piso da câmara do Bason deve ser coberto por, no mínimo, 30 centímetros de material orgânico absorvente adequado como serragem ou folhas secas.

Na figura 7 é possível observar um modelo bem simples e rústico de um banheiro seco do tipo Bason, construído em Rio Claro/SP.

Figura 7. Banheiro seco modelo Bason, em Rio Claro/SP



Fonte: Foto cedida ao autor.

3.6.4. Banheiro Seco no Mundo

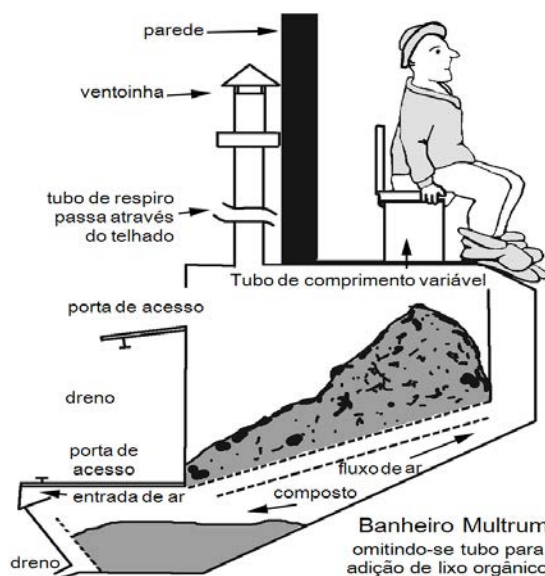
Há diversos outros modelos de banheiro seco no Brasil e em outros países. Segundo Alves (2009), hoje ao se realizar uma busca em plataformas de pesquisa utilizando as palavras “dry toilet”, “composting toilet” ou “ecological toilet”, é possível encontrar diferentes empresas que produzem e vendem modelos comerciais de banheiro seco. Ainda segundo a autora, nos países em que surgiram essas redes de produção de banheiros secos pré-fabricados e padronizados, estão sendo levados tais modelos de sistema de saneamento para as áreas urbanas, uma mudança de cenário em que estes banheiros já vinham sendo utilizados há muito

tempo em propriedades rurais, casas de veraneio e propriedades afastadas dos grandes centros urbanos.

Del Porto e Steinfeld (2000) listam em seu livro diversos fabricantes de modelos comerciais de banheiro seco com detalhamento dos principais protótipos oferecidos, com análise das vantagens e desvantagens no uso de cada um deles. Os modelos vão desde os extremamente simples que relembram o modelo de compartimentos móveis, aos modelos compactos, portáteis e fácil instalação em que o composto é gerado junto ou muito próximo ao assento sanitário, e até aos modelos que necessitam da instalação de uma maior infraestrutura e espaço para que sua operação ocorra, como alguns que utilizam centrais de coleta e compostagem localizada em outra parte da casa e não no próprio banheiro.

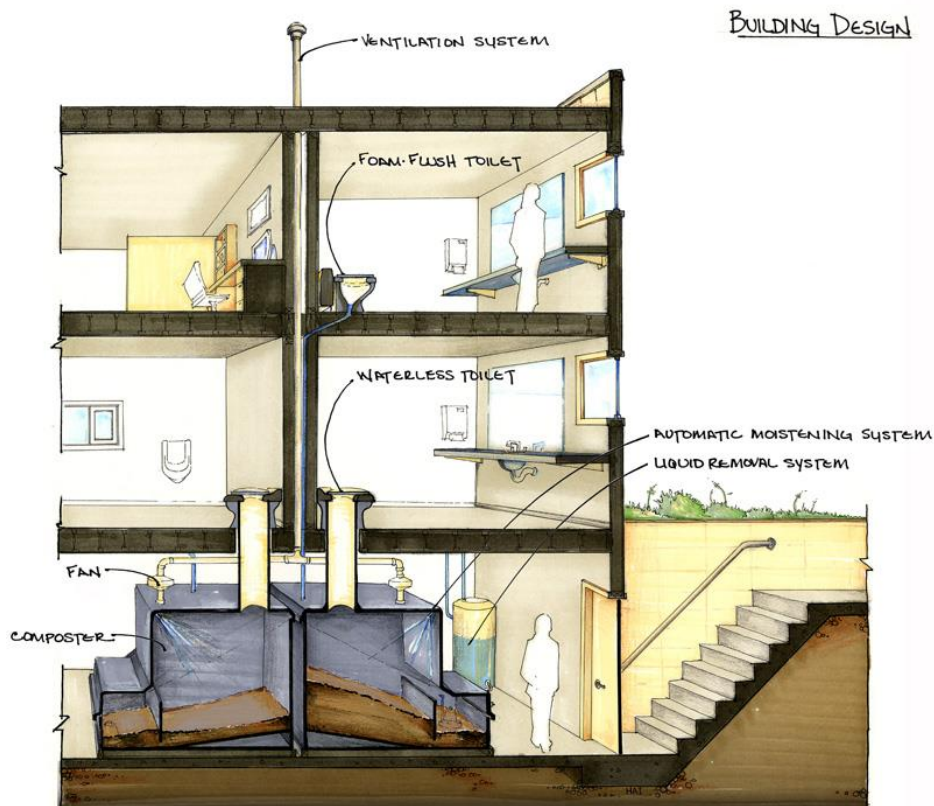
Um exemplo na Austrália, que também é encontrado nos Estados Unidos, é o banheiro Multrum (Figura 8) da *Clivus Multrum®* inventado por um engenheiro sueco e que teve seu início de produção em 1964. O material fecal e a urina são ambos depositados em uma única câmara com um fundo duplo. A decomposição acontece em um período de anos e o composto final cai gradualmente no fundo da câmara de compostagem, onde pode ser retirado. É recomendado que o composto final deste banheiro seja enterrado abaixo de 30 cm de profundidade ou usado em jardins ornamentais (CLIVUS MULTRUM MAINTENANCE MANUAL apud JENKINS, 2005). Na Figura 9 pode-se observar como o banheiro pode estar instalado e localizado numa residência.

Figura 8. Banheiro modelo Multrum.



Fonte: Jenkins, 2005.

Figura 9. Instalação do sistema do banheiro Multrum



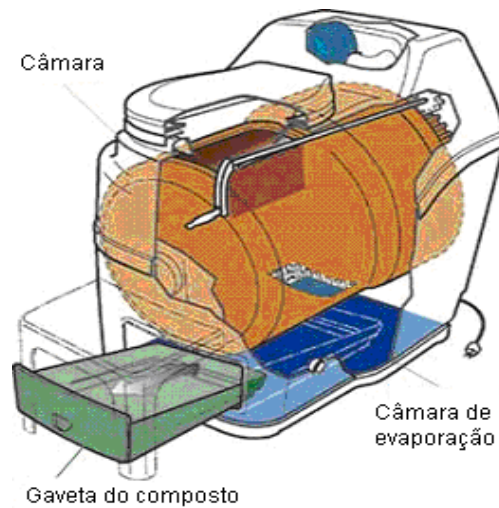
Fonte: disponível em: <<http://www.clivusne.com/science-and-technology.php>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

Outro modelo bastante comercializado nos Estados Unidos é o *Sun-Mar*® criado pelo engenheiro Hardy Sundberg em 1971, sendo o primeiro modelo auto coletor no mundo no qual todo o processo ocorre num mesmo local. A empresa possui dois grandes tipos de banheiro: o primeiro compacto e portátil (Figura 10) e o segundo conectado a uma central instalada na casa onde ocorre a compostagem dos dejetos (Figura 11), tendo ambas as variações de modelos entre automatizados com eletricidade ou não. Modelos com necessidade de utilização de eletricidade possuem um fator limitante a países de baixa renda ou em áreas rurais com menor infraestrutura.

Ambos os modelos utilizam o mesmo princípio e tecnologia para a compostagem e funcionam a partir de um sistema que garante que todos os fatores do processo de compostagem estejam adequados: o oxigênio é fornecido por um sistema de ventilação e pela rotação da câmara, através de uma manivela, dentro da unidade onde há um vácuo parcial e o ar é continuamente arrastado para dentro do vaso, o que evita odores no banheiro; a umidade é

obtida diretamente dos dejetos e o excesso de líquido da câmara passa através de uma tela de inox para a câmara de evaporação onde há um aquecedor; o calor é gerado pela própria compostagem, assistida por aquecimento elétrico; o material orgânico de cobertura, a fonte de carbono, é adicionado manualmente; e os microrganismos já estão contidos nos dejetos e no material orgânico adicionado. O composto final, após passar por uma peneira, no modelo compacto fica na parte de baixo do vaso sanitário, onde há uma gaveta de remoção e no modelo da central fica na parte baixa da instalação, também em uma ou duas gavetas de remoção (SUN-MAR, 2018).

Figura 10. Componentes do sistema de vaso sanitário



Fonte: SUN-MAR, 2018.

Figura 11. Sistema de banheiro com central de coleta e compostagem



Fonte: SUN-MAR, 2018.

Como qualquer outro modelo de banheiro seco, os modelos comerciais também devem ser gerenciados adequadamente em seu uso para que estejam livres de odores e preocupações. Uma desvantagem geral que existe nos modelos comerciais de banheiro seco é o seu alto custo para compra e instalação, inviabilizando o acesso a tais modelos para as pessoas que mais necessitam de um sistema de saneamento sem uso de água. Alguns podem chegar a custar mais de 10.000 dólares para a adição de diversos equipamentos como tanques de isolamento térmico, esteiras rolantes, agitadores movidos a motor, exaustores de ventoinha e até aspersores e bombas.

3.7. Operação e Manutenção do Banheiro Seco

A operação e a manutenção do banheiro seco variam a partir do modelo de banheiro a ser utilizado, assim como outros critérios: o local onde será realizado a compostagem, a finalidade de uso público, comercial ou familiar e a intensidade de uso do banheiro.

Durante o uso do banheiro seco, é importante que algumas recomendações de funcionamento estejam sempre em ordem e sendo cumpridas para evitar os maus odores, aumentar a vida útil do sanitário e facilitar a manutenção do sistema. Entre as recomendações, destacam-se: as tampas das câmaras e do sanitário estarem sempre fechadas fora do uso; o uso correto do material orgânico de cobertura (a camada inicial como absorvente e o uso da quantidade correta após cada uso); e a separação da urina das fezes caso o modelo do banheiro exija a separação.

Outra condição obrigatória e de grande importância na operação do banheiro seco na qual todos os modelos possuem é o bom funcionamento do processo de compostagem. A compostagem deve ser gerenciada e controlada para que o composto final esteja completamente sanitizado e seguro para seu uso como adubo.

Jenkins (2005) frisa que o:

“Manejo inadequado e falta de compreensão de como o processo de compostagem funciona podem criar problemas com qualquer banheiro compostável. Excesso de líquido criará condições anaeróbicas com consequentes odores. A natureza aeróbica da massa orgânica pode ser melhorada pela adição regular de materiais carbônicos volumosos. Banheiros compostáveis não são latrinas de fossa. Você não pode simplesmente defecar em um buraco e sair andando. Se você o fizer, seu

nariz vai logo lhe avisar que você está fazendo algo errado.” (JENKINS, 2005)

3.7.1. Compostagem

Jenkins (2005) afirma que há no geral quatro maneiras de se lidar com os dejetos humanos. A primeira é descartar como material sem nenhuma utilidade, ou seja, como lixo. Pode-se dizer que se enquadram nesta opção, locais onde não há tratamento do esgotamento sanitário.

A segunda maneira de lidar com os dejetos humanos é a aplicação direta desse material fresco a terras agrícolas, citado anteriormente, como o “*solo noturno*” usado historicamente na Ásia em seus campos de cultura. Embora tenha o potencial de manter os solos férteis, também se tornam rotas de transmissão para os patógenos.

O terceiro modo trata os dejetos humanos através do processo de compostagem lenta por um período prolongado de tempo. Este tipo de compostagem elimina a maioria os organismos patogênicos após transcorrer o tempo adequado e seu composto produzido é seguro para ao menos ser utilizado em jardins e pomares. Esta compostagem acontece geralmente a temperaturas abaixo da do corpo humano (37°C) e é a forma encontrada na maioria dos banheiros secos comerciais.

A quarta e última maneira geral de lidar com os dejetos humano, segundo Jenkins (2005), é a compostagem termofílica. Ela consiste na adequação das condições de compostagem para que os microrganismos termofílicos, como bactérias e fungos, criem um ambiente com temperatura de 55 a 60°C que destrói os organismos patogênicos e produza um húmus seguro de aspecto e odor não desagradáveis que pode ser utilizado para a horticultura.

A compostagem, seja lenta ou termofílica, como tratamento dos resíduos humanos está presente em todos os modelos de banheiro seco. Segundo Pereira Neto (2007), a compostagem é definida como um processo aeróbio controlado desenvolvido por uma diversidade de microrganismos e que ocorrem, nas fases principais, a degradação ativa com reações bioquímicas mais intensas e, posteriormente, a fase de maturação ou cura, em que se dá o processo de humificação (processo utilizado para o tratamento e a estabilização de resíduos orgânicos para a produção de húmus). Kiehl (2004) detalha que o processo

controlado da compostagem ocorre pela decomposição microbiana de oxidação e oxigenação, e passa por uma primeira fase de composto cru ou imaturo, seguida da fase de semicura ou de bioestabilização e finaliza na terceira fase em que ocorre a cura e a maturação acompanhada da mineralização de determinados componentes da matéria orgânica. A produção de calor e o desprendimento de gás carbônico e vapor d'água acontece durante todo o processo.

Pereira Neto (2007) reforça a essência do papel do controle humano na formação do ambiente microbiano adequado e necessário para o processo de compostagem a partir da manipulação dos elementos envolvidos. Uma boa adequação dos diferentes fatores proporciona uma aceleração do processo. Haug (1993) diz ainda que são vários os fatores que influenciam na compostagem e que em sua maioria podem ser monitorados através de técnicas adequadas, como a homogeneização da massa ou o controle de umidade. Ele define que o controle de parâmetros como temperatura, umidade, aeração, pH e tamanho das partículas pode acelerar o processo e torná-lo eficiente.

3.7.2. Processo de compostagem

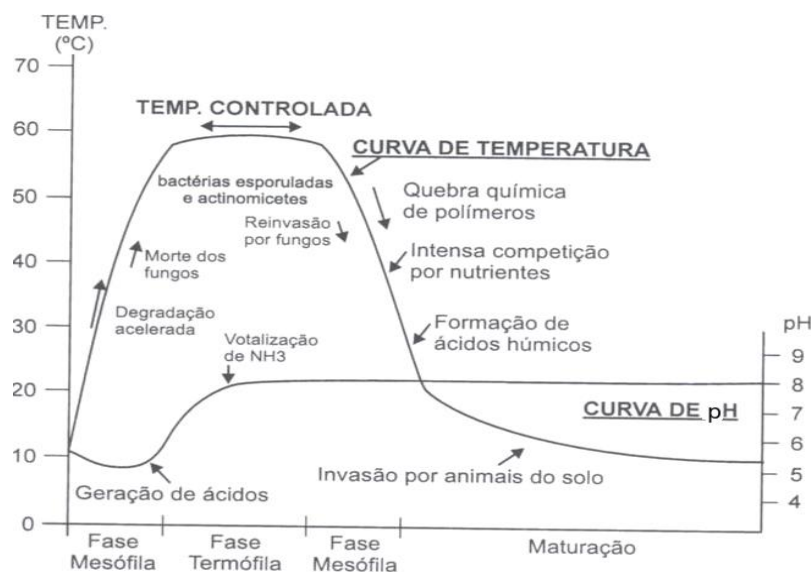
O processo de compostagem ocorre com a sobreposição de diferentes resíduos orgânicos na formação de pilhas ou leiras. A montagem da leira é feita alternando-se camadas com diferentes tipos de resíduos, sempre intercalando uma camada rica em nitrogênio como restos de resíduos orgânicos de cozinha e seguida de uma camada rica em carbono como restos de capina ou serragem até esgotar os resíduos a serem compostados. A camada inicial e a final devem ser de uma fonte rica em carbono, um tipo de material orgânico de cobertura como algum tipo de palhada seca ou restos de capina. A inicial para não deixar a umidade passar para o solo e a final para os resíduos orgânicos não ficarem expostos. A compostagem formada por uma pilha, mais comumente utilizada para escalas menores, consiste na mistura uniforme de todos os resíduos orgânicos, formando uma pilha e cobrindo com material seco rico em carbono. Ela não deve ser menor que 1m³ (1m x 1m x 1m) para que não dificulte a manutenção da temperatura ideal para a compostagem (OLIVEIRA, AQUINO e CASTRO NETO, 2005).

O período de tempo necessário para completar o processo de compostagem depende do tipo de resíduos orgânicos utilizados. Ao utilizar camadas com esterco de qualquer animal

o processo tende a acelerar, pois este funciona como inóculo de microrganismos. Jenkins (2005) complementa ao afirmar que os dejetos humanos também servem como grande inóculo de microrganismos para a biodiversidade encontrada no composto.

Jenkins (2005) detalha as quatro fases da compostagem: a fase inicial mesofílica, a segunda fase termofílica, seguida pela fase de resfriamento e finalmente terminando com a fase de cura ou maturação. Pereira Neto (2007) e Jenkins (2005) descrevem o primeiro estágio da compostagem pela proliferação de uma população diversificada de bactérias e fungos mesofílicos que degradam os nutrientes facilmente disponíveis, produzindo dióxido de carbono e energia que é usada em sua reprodução e crescimento; mas parte desta energia também é liberada na forma de calor, elevando a temperatura até cerca de 44°C. Com o aumento de temperatura, a população microbiana termofílica passa a assumir o comando do processo na fase de transição de 44°C a 52°C. Nesta primeira fase ainda, Pereira Neto (2007) afirma que há a geração de ácidos e o pH na compostagem fica em torno de 4,5 a 6,0 inicialmente; com o aumento da temperatura e início da segunda fase termofílica, o pH atinge a faixa alcalina (7,0 a 7,6) devido à volatilização de amônia (NH_3). As quatro fases da compostagem termofílica podem ser observadas na Figura 12 adaptada por Sá (2011) de Neto e Mesquita (1992) apud Martinho e Gonçalves (2000).

Figura 12. Processo de compostagem termofílica controlada com suas transformações bioquímicas, faixas de temperatura e pH



Fonte: adaptada por Sá (2011) de Neto e Mesquita (1992) apud Martinho e Gonçalves (2000).

A segunda fase é caracterizada pela ação e desenvolvimento dos microrganismos termofílicos na compostagem, que crescem muito bem em temperaturas acima de 45°C. Há um abrupto aumento na temperatura devido à alta produção de calor provindo da intensa atividade da população microbiana, chegando a até 70°C ou mais. Jenkins (2005) não recomenda que o processo chegue a temperaturas tão altas, acima de 65°C, porém também afirma que não é comum que isso ocorra durante a compostagem. Este estágio de aquecimento inicia de forma rápida e pode durar apenas alguns dias, ou até semanas ou meses. A faixa de temperatura de 55°C a 60°C caracteriza a fase de degradação ativa e constitui o principal mecanismo responsável pela eliminação de organismos patogênicos, bem como larvas de helmintos, sementes de ervas daninhas, dentre outros (PEREIRA NETO, 2007).

Assim, a fase termofílica tem grande importância para a sanitização do composto em sua garantia da qualidade sanitária pela eliminação dos agentes patogênicos. Os fatores que influenciam o seu processo devem ser bem controlados e monitorados para contribuir para seu sucesso na sanitização. É possível observar no Quadro 2 o tempo de sobrevivência de patógenos em diferentes condições: no solo; em condições de decomposição anaeróbia; em banheiros secos comerciais; e em pilhas de compostagem termofílica, processo o qual está sendo descrito. É possível observar a eficiência do aquecimento na destruição dos organismos patogênicos.

Após o período de aquecimento termofílico, inicia-se o terceiro estágio da compostagem, a fase de resfriamento. A temperatura interior da massa de compostagem passa a diminuir, o que leva à volta e migração dos microrganismos mesófilos como bactérias e principalmente fungos, inibidos na fase anterior, que passam a digerir os materiais orgânicos mais resistentes como a lignina das madeiras. Nesta fase há uma intensa competição por nutrientes por parte da população microbiana mesofílica e o início da formação dos ácidos húmicos (JENKINS, 2005; PEREIRA NETO, 2007).

Ao fim, o quarto e último estágio é um importante processo de longo período. Chamado de processo de cura, maturação ou envelhecimento, a fase final abrange a continuidade da degradação de substâncias orgânicas mais resistentes e a humificação da matéria orgânica. Um longo período de cura, como um ano após o período termofílico, aumenta a segurança do composto final. Compostos imaturos ou não curados podem produzir substâncias denominadas fitotoxinas, tóxicas para as plantas, inibindo o metabolismo da

planta e a germinação de sementes. Além disso, pode também ocasionar a liberação de amônia no solo e trazer a redução bioquímica de nitrogênio e oxigênio do solo (JENKINS, 2005).

Quadro 2. Sobrevivência de patógenos à compostagem ou aplicação ao solo

Patógeno	Aplicação ao Solo	Digestão Anaeróbia a Baixa Temperatura	Banheiro comercial (mínimo 3 meses de retenção)	Compostagem Termofílica
Vírus entéricos	até 5 meses	mais de 3 meses	provavelmente são eliminados	morrem rapidamente a 60°C
Samonelas	3 meses a 1 ano	várias semanas	alguns podem sobreviver	20 horas a 60°C
Shigelas	até 3 meses	poucos dias	provavelmente são eliminados	1h a 55°C ou 10 dias a 40°C
E. coli	vários meses	várias semanas	provavelmente são eliminados	morrem rapidamente a 60°C
Vibrio cholerae	≤ 1 semana	1 a 2 semanas	provavelmente são eliminados	morrem rapidamente a 60°C
Leptospiras	até 15 dias	≤ 2 dias	eliminados	5 min a 50°C ou 1 dia a 40°C
Cistos de ameba	≤ 1 semana	≤ 3 semanas	eliminados	5 min a 50°C ou 1 dia a 40°C
Ovos de ancilóstomo	20 semanas	sobrevivem	podem sobreviver	5 min a 50°C ou 1 hora a 45°C
Ovos de lombriga	vários anos	vários meses	sobrevivem bem	2 horas a 55°C ou 20h a 50°C ou 200 horas a 45°C
Ovos de esquistossomo	um mês	um mês	eliminados	1 hora a 50°C
Ovos de solitária	mais de 1 ano	poucos meses	podem sobreviver	10 min. A 59°C ou > 4 horas a 45°C

Fonte: Feachem et al., 1980 apud Jenkins, 2005.

3.7.3. Características essenciais para a boa compostagem

Tendo em vista que a compostagem é um processo biológico e bioquímico, todos os fatores que afetam os microrganismos e sua atividade têm interferência no processo de compostagem. Os fatores de maior importância e que podem ser controlados, se necessário, pelo usuário são: temperatura, umidade, aeração, tamanho das partículas, relação carbono/nitrogênio e pH, todos fatores que estão intimamente inter-relacionados.

3.7.3.1. Temperatura

A temperatura é um ótimo indicador para verificar a eficiência do processo de compostagem. A decomposição decorrente da compostagem é produto das distintas fases de ascensão e queda de temperatura que indicam as sucessíveis atividades da população microbiana presente. Como citado anteriormente, a temperatura e sua variação indica a faixa de atividade microbiana predominante na compostagem, assim como seu monitoramento e controle garante o processo de sanitização do composto.

Os microrganismos possuem uma classificação em diferentes grupos a partir das diferentes faixas de temperaturas consideradas ótimas para cada grupo presente no composto: os psicrófilos que são ativos a temperaturas de 10 a 20°C, os mesófilos ativos a temperaturas entre 20 a 45°C e os termófilos ativos entre as temperaturas de 45 e 65°C. O valor médio ideal para este último grupo, muito presente na fase termofílica da compostagem, é de 55°C. As temperaturas superiores a 65°C podem causar a eliminação dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica e por isso devem ser evitadas (PEREIRA NETO, 2007).

A manutenção da temperatura, principalmente da fase termofílica, é um requisito básico para que o processo de compostagem atinja maior eficiência a partir do aumento da velocidade de degradação e eliminação dos patógenos (SÁ, 2011). Há diversos fatores que influenciam na temperatura da massa de compostagem e seu desenvolvimento no processo, entre eles estão: as características da matéria orgânica presente; o tipo de sistema utilizado para a compostagem; o controle operacional do processo; o teor de umidade; a taxa de

oxigênio e aeração; o balanço inicial de nutrientes como carbono e nitrogênio; a quantidade de material; e a configuração geométrica da pilha de composto (PEREIRA NETO, 2007).

Se a massa de compostagem apresentar baixos valores de temperatura, é necessário avaliar estes fatores e verificar como controlar o processo com maior eficiência. Para monitorar e controlar a temperatura, a medição é realizada com um termômetro que suporte faixas superiores a 80°C colocado por alguns minutos ao meio do material no qual está sendo compostado.

Vale apontar que Jenkins (1999) observa que não é apenas o calor e a temperatura do composto que leva à destruição dos microrganismos patogênicos humanos, animais e vegetais, mas uma combinação de diferentes fatores que incluem: a competição por comida pelos microrganismos do composto; a inibição e antagonismo por microrganismos do composto; o consumo por organismos do composto; o calor biológico gerado por microrganismos do composto; e os antibióticos produzidos pelos microrganismos do composto. Por isso a biodiversidade microbiana do composto também é importante.

3.7.3.2. Umidade

Há uma taxa ideal de umidade para que a atividade microbiana esteja ativa da melhor forma. Sua adequação é essencial para que o processo de compostagem ocorra da maneira esperada. Kiehl (2004) afirma que a taxa de umidade deve estar na faixa de 40 e 60%, no qual o valor ótimo é de 55%.

As taxas superiores a 65% podem levar ao excesso de água nos poros do material e uma consequente depleção de oxigênio que pode gerar um cenário de anaerobiose na massa de compostagem. A anaerobiose não é desejada, pois ocorre a geração de gases fétidos, produção de líquidos lixiviados e a atração de vetores, além da taxa de degradação e decomposição decrescer comprometendo a compostagem. Condições de baixo teor de umidade menores que 40% também não são recomendadas porque diminuem a atividade microbiológica retardando o processo de compostagem, sendo que para valores abaixo de 20% pode até ser interrompida. Ambos os casos devem ser evitados, pois o produto final será de baixa qualidade (KIEHL, 2004; PEREIRA NETO, 2007). Pereira Neto (2007) recomenda que para teores com excesso de umidade, sejam adicionados materiais secos que absorvam

este excesso, como resíduos vegetais secos do tipo palhas e folhas secas. No caso de baixas taxas de umidade, recomenda a adição de água ou de resíduos orgânicos com alto teor de umidade em proporção compatível para que o balanço final de umidade chegue ao desejado.

O processo de compostagem é um processo de secagem, pois o calor gerado provoca a evaporação de água. É mais comum ocorrer o problema de baixa taxa de umidade do que com o excesso. O composto perde muita umidade para o ar durante o processo de compostagem, o que gera uma retração de 40 a 80% na pilha de compostagem (RYNK, 1992 apud JENKINS, 1999). Assim é conveniente iniciar o processo de compostagem nos valores superiores de umidade de 50 a 65%. A água necessária para o processo de compostagem pode ser de 1000 até 1500 litros para cada metro cúbico de composto preparado (HOWARD, 1943 apud JENKINS, 2005). Existem aparelhos medidores para monitorar precisamente o teor de umidade.

3.7.3.3. Aeração

A compostagem requer o crescimento de bactérias aeróbias para possibilitar a decomposição termofílica. Para isso é necessária uma presença considerável de oxigênio na massa de compostagem; caso haja falta de oxigênio, a decomposição bacteriana pode passar a ocorrer anaerobicamente, o que não é desejável. Portanto, a circulação de ar na massa do composto é de grande importância para a compostagem ser rápida e eficiente. Ela depende da estrutura e do teor de umidade da massa, assim como da tecnologia de compostagem utilizada. Jenkins (2005) recomenda que a oxigenação seja feita apenas com a adição materiais volumosos à pilha de composto para criar pequenos espaços de ar.

Outros autores (KIEHL, 2004; PEREIRA NETO, 2007) sugerem que a massa de compostagem deve passar por processos de mecânica para suprir a demanda de oxigênio requerida pela atividade microbiológica presente e também atuar como agente de controle de temperatura. O revolvimento do composto, em teoria, libera o ar contido cheio de gás carbônico na pilha e introduz ar novo rico em oxigênio.

Jenkins (2005) afirma que a necessidade de reviramento da pilha de composto é um mito. A viragem de composto representa um gasto desnecessário de energia com perdas de matéria orgânica e nitrogênio e aumento no preço do composto, pois pesquisas demonstram

que o teor de oxigênio após o reviramento continua o mesmo ou até menor após um curto período de tempo. A aeração de um bom composto pode ser feita ao empilhar cuidadosamente os materiais em uma pilha bem ventilada e com o conteúdo de umidade adequado (RODALE, 1960; SMALLEY, 1998; BRINTON; PALMISANO, 1996 apud JENKIN, 2005).

Com ou sem revolvimento da pilha, é necessário o controle e manutenção do teor de oxigênio presente na massa de compostagem para que esteja adequado e distribuído em seu interior, contribuindo para a atividade de degradação por parte dos microrganismos.

3.7.3.4. Tamanho das partículas (granulometria)

A granulometria ou o tamanho das partículas interfere no processo de compostagem devido à sua influência no movimento de líquidos e gases na pilha de composto.

Em relação às diferenças na atividade microbiana, quanto maior a partícula, menor é a superfície que pode ser digerida pelos microrganismos, levando a um maior tempo de degradação da matéria orgânica; e de modo inverso, quanto menor a partícula, maior é a superfície para os microrganismos e maior é sua ação na decomposição da matéria e cura do composto. Entretanto, partículas muito pequenas também propiciam a compactação da pilha, o que leva a problemas de oxigenação e encharcamento da massa de compostagem, passando a exigir sistemas auxiliares de aeração como bombeamento de ar para que não inicie um processo de anaerobiose. Já partículas muito grandes podem beneficiar a oxigenação da pilha, mas também fazer com que o processo de decomposição se torne mais lento, já que os biofilmes tardam mais para que sejam formados. A recomendação dada é de que as partículas tenham dimensões com diâmetros em torno de 1 cm a 5 cm. (KIEHL, 2004).

Para a compostagem de resíduos humanos, Jenkins (2005) recomenda que o material orgânico de cobertura utilizado no banheiro seco tenha uma granulometria menor para que cubra bem os dejetos evitando odores e atração de insetos. Na pilha de compostagem, o material a ser utilizado para cobrir deve alternar entre materiais finos e grossos para que o processo de oxigenação não exija o reviramento da pilha sem comprometer o desenvolvimento da degradação da matéria orgânica.

3.7.3.5. Relação Carbono e Nitrogênio (C/N)

Para que a atividade microbiológica ocorra no composto, os microrganismos necessitam de carbono como fonte de energia através da respiração e de nitrogênio para a síntese de proteínas e seu crescimento celular. A falta de algum dos elementos limita a atividade microbiológica. Se houver falta de carbono, perde-se muito nitrogênio pela volatilização da amônia à atmosfera, e no caso da falta de nitrogênio os microrganismos não terão nitrogênio suficiente para a composição de proteínas, o que limita seu desenvolvimento (PEREIRA NETO, 2007).

A relação adequada entre carbono e nitrogênio (C/N) para uma pilha de composto é ao redor de 30:1 ou que fique entre 20:1 e 35:1 (KIEHL, 2004; JENKINS, 2005; PEREIRA NETO, 2007). No Quadro 3 é possível observar a relação de carbono e nitrogênio presente em diferentes materiais. Os resíduos orgânicos frescos como esterco e restos de alimentos são ricos em nitrogênio em sua composição, enquanto que resíduos vegetais secos têm grandes concentrações de carbono; o equilíbrio entre esses materiais aliado ao controle de outros fatores resultará numa boa compostagem.

Quadro 3. Relações Carbono/Nitrogênio

Material	% N	C/N	Material	% N	C/N
Aguapé	-	20 a 30	Nabo inteiro	1	27
Alface	3,7	-	Oxicoco	0,9	61
Alga marinha	1,9	19	Palha (aveia)	0,9	60
Amaranto	3,6	11	Palha (geral)	0,7	80
Aparas de grama	2,4	12 a 19	Palha (trigo)	0,4	80 a 127
Bagaço de maçã	1,1	13	Palha de arroz	0,3	121
Beldroega	4,5	8	Palha de aveia	1,05	48
Borra de café	-	20	Pão	2,1	-
Carcaça de frango	2,4	5	Papelão	-	100 a 800
Casca de árvore (dura)	0,241	223	Papelão	0,1	400 a 563
Casca de árvore (mole)	0,14	426	Penas de peru	2,6	16
Casca de batata	1,5	25	Phleum pratense	0,85	58
Casca de oliva	1,2 a 1,5	30 a 35	Pimenta	2,6	15
Cebola	2,65	15	Repolho	3,6	12
Cenoura inteira	1,6	128 a 150	Restos abatedouro	7 a 10	2,4
Esterco bovino	2,4	19	Restos de camarão	9,5	3,4
Esterco de cavalo	1,6	25 a 30	Restos de carne	5,1	-
Esterco de ovelha	2,7	16	Restos de mexilhão	3,6	2,2
Esterco de porco	3,1	14	Restos de peixe	10,6	3,6
Esterco de sítio	2,25	14	Sabugo de Milho	0,6	56 a 123
Esterco galinha	8	6 a 15	Samambaia	1,15	43
Esterco humano	5,7	5 a 10	Sangue	10 a 14	3
Feno (geral)	2,1	-	Sed. Esgoto ativado	5 a 6	6
Feno (leguminosa)	2,5	16	Sed. esgoto bruto	2 a 6,9	5 a 16
Folhas	0,9	54	Serragem bruta	0,11	511
Folhas de nabo	2,3	19	Serragem podre	0,25	200 a 500
Frutas	1,4	40	Soja	7,2 a 7,6	4 a 6
Jornal	0,06 a 0,14	398 a 852	Talo de milho	0,6 a 0,8	60 a 73
Lista telefônica	0,7	772	Tomate	3,3	12
Lixo (bruto)	2,15	15 a 25	Torta de algodão	7,7	7
Madeira dura	0,09	560	Trevo vermelho	1,8	27
Madeira mole (méd.)	0,09	641	Urina	15 a 18	0,8
Mostarda	1,5	26	Verdura e legumes	2,7	19

Fonte: adaptado de Gotaas, 1956; WHO, 1992; Biocycle, 1998 apud Jenkins, 2005.

3.7.3.6. pH

O potencial hidrogeniônico (pH) não consiste num fator crítico e que traga limitações ao processo de compostagem, porém seu valor é um indicador do estágio em que a massa de compostagem se encontra no processo de degradação.

No início do processo de compostagem, em sua fase mesofílica, devido às reações da matéria orgânica que geralmente são ácidas, o pH apresentado é ácido (próximo a 5,0). A partir do início da decomposição, ocorre uma fase fitotóxica com a formação de ácidos orgânicos ou até acúmulo de ácidos intermediários, tornando o meio mais ácido do que a matéria orgânica original. Os ácidos orgânicos e minerais, após um tempo, passam a reagir com bases liberadas pela matéria orgânica que geram, ao final, compostos de reação alcalina. Os ácidos húmicos, produtos da compostagem, também reagem com elementos químicos básicos formando humatos alcalinos. Com a metabolização dos ácidos, o pH do composto eleva-se à medida que o processo se desenvolve tendendo à alcalinidade ao fim do processo entre 7,5 a 9,0 (KIEHL, 2004). De acordo com Pereira Neto (2007), a faixa ótima de pH para a atividade das bactérias está entre 6 e 7,5 e para os fungos entre 5,5 e 8,0.

3.7.4. Benefícios da Produção e Aplicação do Composto

Pereira Neto (2007) defende a aplicação do adubo orgânico ao solo, pois sua incorporação traz benefícios às plantas pela melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Entre as inúmeras vantagens, destacam-se: na qualidade física do solo, a formação de agregados bem estáveis e o condicionamento das partículas dos solos pela presença de suas substâncias húmicas; em suas qualidades químicas, o aumento da capacidade de troca catiônica, o fornecimento de nutrientes, a formação de complexos e o aumento da capacidade tampão; e a adição de substrato aumenta a atividade biológica presente nos solos, o que favorece o aumento da população de organismos saprofíticos em detrimento de parasitas.

Não é apenas benéfica às plantas; a produção e uso de adubos orgânicos traz a redução do consumo e utilização de fertilizantes químicos na agricultura e também na diminuição da

quantidade de lixo a ser condicionado em aterros sanitários, que contribuem para a melhoria das condições ambientais da população (OLIVEIRA, AQUINO e CASTRO NETO, 2005).

Além disso, Jenkins (2005) lista as diversas vantagens diretas e indiretas na produção e uso do adubo a partir de resíduos humanos:

- No enriquecimento do solo pela adição de material orgânico, aumento da fertilidade e da produtividade, inibição de doenças nas plantas, inibição de insetos, aumento da retenção de água, inoculação de microrganismos benéficos ao solo, redução ou eliminação da necessidade de fertilizantes químicos e por ajudar na moderação da temperatura do solo;
- Na prevenção de poluição, por reduzir a produção de metano nos aterros sanitários, reduzir ou eliminar o lixo orgânico e por reduzir ou eliminar o esgoto;
- No combate à poluição já existente através da degradação substâncias químicas e tóxicas, da imobilização de metais pesados, da limpeza do ar contaminado e da limpeza do fluxo de águas pluviais;
- Na destruição de patógenos, pela possibilidade de destruir organismos causadores de doenças em humanos, patógenos das plantas e patógenos animais;
- Na economia, por reduzir as necessidades de água, fertilizantes e pesticidas, estender a vida útil de aterros sanitários, ser usado para a produção de alimentos, eliminar custos com disposição de lixo, gerar movimentação no mercado de adubo orgânico e ser uma técnica de reparação ambiental barata.

4. Metodologia

O desenvolvimento do trabalho baseou-se primeiramente numa fundamentação teórica na forma de revisão bibliográfica sobre o tema, buscando reunir informações, conhecimentos e dados em volta do assunto. O embasamento teórico está envolvido principalmente em fontes como livros, apostilas, cartilhas, artigos, monografias, dissertações e teses com vínculo ao objeto de pesquisa, consolidando uma base conceitual acerca do tema.

A segunda etapa do trabalho consiste na aplicação de questionário com usuários brasileiros de alguns modelos de banheiro seco para a coleta de dados sobre suas percepções de implantação e uso da tecnologia social.

Há diferentes tipos de coleta de dados. Dentre elas optou-se pelo formulário online, uma vez que o levantamento de dados a partir de questionários online vem sendo amplamente utilizado com o avanço nas ferramentas e facilidades de acesso e elaboração. Realizar esse processo metodológico de forma online traz diversas vantagens (GONÇALVES, 2008).

Dentre tais vantagens de se realizar o *survey online* (GONÇALVES, 2008), podem-se destacar para o atual trabalho: o alcance ao maior número de participantes em um menor espaço de tempo; não possuir limitação geográfica; a transmissão da “sensação” de anonimato do respondente, garantindo maior liberdade de expressão de sua opinião; menor custo de realização (viagens, telefonemas e transcrições); os respondentes têm a liberdade de tempo e de local para responder ao formulário; as respostas podem ser mais bem elaboradas; flexibilidade no formato de convite (e-mail, rede social, websites) para responder o formulário; e facilidade de coleta e tabulação de dados.

Porém, como Evans e Mathur (2005) apontam, o mesmo procedimento possui uma gama de desvantagens. No trabalho, salientam-se: a alta probabilidade do convite para resposta ser percebida como uma mensagem massificada não solicitada (SPAM ou lixo eletrônico), o que afeta o percentual de respostas obtidas; a dependência da tecnologia, já que, embora o acesso à internet venha crescendo pelo país, ainda é elevado o nível de exclusão digital no país, ainda mais no que se refere a uma pesquisa em relação a saneamento; a impessoalidade dada, pois não há interação entre o pesquisador e o respondente, que leva à perda em profundidade e riqueza dos dados coletados, assim como de debates sobre o assunto que apenas o contato humano possibilita; a pouca representatividade da amostra devido à baixa taxa de resposta.

O questionário online no JotForm[®] foi a ferramenta usada para compreender de que modo tem sido utilizado a tecnologia do banheiro seco em diferentes locais. Foi escolhida pela facilidade de preenchimento pelos respondentes, pela possibilidade de carregar fotos e pelo visual convidativo para responder as perguntas de maneira simples.

A coleta de dados foi feita durante a segunda quinzena do mês de Fevereiro de 2018 e o mês de Março de 2018. Uma análise dos dados foi realizada posteriormente.

O questionário conta com 17 questões (Quadro 4), entre dissertativas e de múltipla escolha. As questões foram formuladas após a conceituação bibliográfica sobre o tema. Foi dada a importância para questões sobre o modelo e a construção do banheiro, seus métodos operacionais, o fluxo de uso do banheiro, produção e aplicação de composto, além da percepção do usuário sobre a alternativa de saneamento no seu dia a dia e de seu potencial como modelo de saneamento. O formulário pode ser acessado por meio do link: <<https://form.jotform.co/80475020750853>>.

Quadro 4. Perguntas do questionário

Em que tipo de local você(s) utiliza(m) o banheiro seco?
Qual o nome do local?
Em que estado e município fica?
Qual(is) o(s) tipo(s) de banheiro seco utilizado(s)?
O banheiro possui separador de urina?
Que tipo(s) de material seco para cobertura é utilizado no banheiro?
Há quanto tempo utiliza(m) o banheiro seco (em meses)?
Quantas pessoas usam o banheiro diariamente?
Há algum fluxo muito grande de uso diferenciado? (cursos, temporadas, eventos,...). Se sim, de que tipo e com que frequência?
É dado algum uso ao composto gerado pelo banheiro seco? Se sim, que tipo de uso? Por que não é dado nenhum uso?
Como o banheiro seco foi obtido?
Que fontes de informações foram usadas para se obter ou construir o banheiro seco? (Livros, especialistas, dissertações, textos, internet, redes sociais,...)
Qual a maior motivação para usar o banheiro seco?
Sente alguma dificuldade em relação ao banheiro?
Recomendaria o banheiro seco para uso rural e/ou urbano?
Acha viável surgir uma alternativa comercial de banheiro seco no Brasil durante os próximos anos?
Que tipo de ação você consideraria mais importante para que haja maior utilização dos banheiros secos?

Fonte: Elaboração própria.

Para a divulgação do questionário, levou-se em conta que a rede social *Facebook* na internet seria um meio rápido e sem custo de realizar a divulgação do questionário. Foi publicada uma postagem sobre a pesquisa na página pessoal do autor e em grupos do *Facebook* que tratam da temática, entendendo que estes grupos são fóruns online de participação e discussão.

Também foi realizado um levantamento prévio por meio da internet, utilizando-se diversas bases de dados, de locais que teriam grandes chances de possuir um banheiro seco em utilização. Entre tais locais, podemos citar: ecovilas, comunidades rurais intencionais, comunidades urbanas ecológicas intencionais, sítios e fazendas com trabalhos orgânicos e institutos de permacultura. Foi enviada uma mensagem via *Facebook* ou via *e-mail* aos locais pesquisados

Posteriormente, após a conceituação e coleta de dados por questionários, todas as informações relevantes e aplicáveis foram analisadas para compreensão de um primeiro cenário preliminar do panorama sobre a percepção dos usuários de banheiros secos no país em relação à implantação e uso da tecnologia social como alternativa para o esgotamento sanitário.

5. Resultados

Por meio das questões apresentadas no formulário *on-line*, foram registradas 38 respostas que declaram possuir um modelo de banheiro seco em uso. As respostas foram registradas durante o período de 18 de Fevereiro a 29 de Março de 2018.

Por análise da distribuição geográfica dos respondentes (Figura 13), a região Sudeste é, segundo a pesquisa realizada, a que mais abriga sistemas em uso de banheiro seco. Com o registro de 13 no estado de São Paulo, 4 em Minas Gerais e 1 no Espírito Santo. Na região Sul há 11 registros, sendo 6 no Rio Grande do Sul, 4 em Santa Catarina e 1 no Paraná. Com menor expressão, seguem as regiões Nordeste com 5 registros (4 na Bahia e 1 no Piauí) e Centro Oeste com 4 registros (2 em Goiás, 1 no Mato Grosso e 1 no Distrito Federal). Entre os respondentes, 79% localizam-se na área rural e 21% na área urbana.

O mapeamento não apresenta a totalidade dos sistemas de saneamento seco existente em atividade no país e sim uma pequena parcela, sendo o período da pesquisa de curta

duração, e provavelmente muitos não tomaram conhecimento da presente pesquisa ou optaram por não participar. Assim, é visto como necessário um aprofundamento para verificar de maneira mais precisa o número de pessoas que utilizam tal tipo de saneamento sustentável em relação à sua distribuição geográfica.

Ainda assim, ciente das limitações deste trabalho, a pesquisa traz informações relevantes sobre o tema para o público interessado e levanta questões importantes a serem abordadas em trabalhos futuros.

Figura 13. Distribuição geográfica dos banheiros secos mapeados na pesquisa



Fonte: Imagens Google Maps.

Foram contabilizados 38 banheiros secos no total. Desses banheiros, 16 (42%) são do modelo de recipientes móveis com posterior compostagem externa; 12 (32%) são de recipientes móveis, porém com a compostagem realizada dentro dos próprios compartimentos; e por último, 10 (26%) são do tipo com duas ou mais câmaras alternadas com rampa (Figura 14) ou do estilo Bason. Não há um modelo predominante entre os usuários, há uma boa diversidade entre os tipos utilizados. O inesperado está em 32%

utilizarem um modelo em que a compostagem é realizada dentro do próprio compartimento, no qual existe a desvantagem de que o processo possa entrar em anaerobiose por falta de oxigenação levando à produção de gases e também ao maior tempo de maturação do composto.

Figura 14. Banheiro seco com duas câmaras alternadas com rampa em Ravena/MG



Fonte: Foto cedida ao autor.

É notável a equiparação dos casos onde o separador de urina está presente ou não no banheiro seco: 55% dos banheiros possuem o separador, enquanto 45% não realizam a separação da urina com as fezes no momento de uso do sanitário. Cabe reforçar, como citado anteriormente, que a separação ou não da urina está ligada à alternativa de processo de compostagem a ser realizado posteriormente, pois depende do nível de umidade de onde estará depositado para ser compostado (dentro de câmara, exposto a céu aberto, etc).

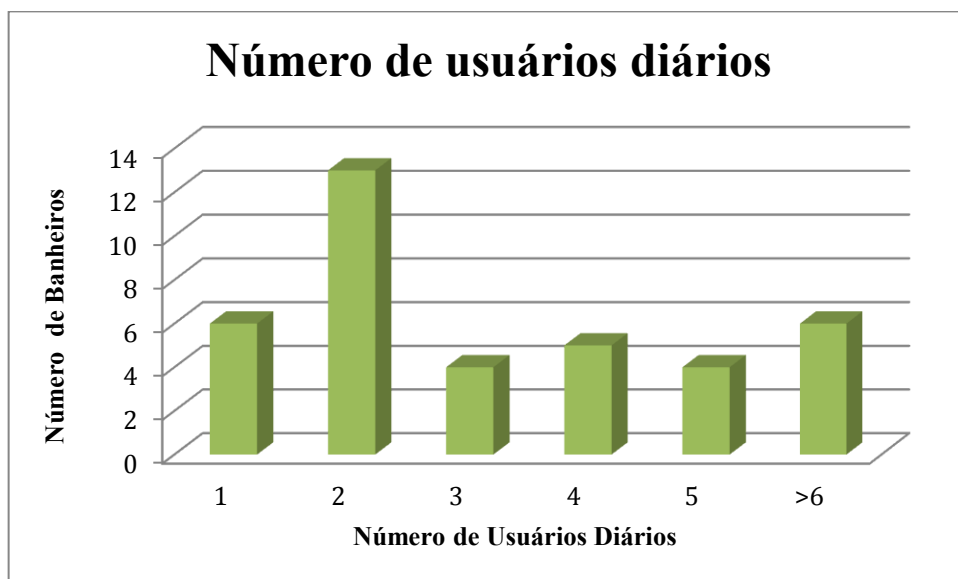
Quanto ao tipo de material orgânico de cobertura para adição de material rico em carbono para equilibrar com a riqueza de nitrogênio dos dejetos humanos, a serragem é o material mais comum para uso nos banheiros. Em 84% deles, a serragem é alternativa para a cobertura dos resíduos. As cinzas também sustentam um número relevante, sendo utilizadas em 32% dos banheiros. Folhas secas são usadas como material em 13% dos banheiros, e em 11% deles também é colocado a palha como alternativa. Dois respondentes (5%) declararam um material não listado entre as opções que vale a pena destacar por seu uso: o calcário.

Contrariando algumas bibliografias, Jenkins (2005) afirma que não é necessário adicionar calcário ou cinzas ao composto, nem outros aditivos minerais. O composto maduro

e sanitizado não é ácido, mesmo com o uso de serragem como material orgânico fonte de carbono, e fica com o pH pouco acima de 7 (neutro) através do processo natural da compostagem pelo equilíbrio de umidade, oxigênio, carbono, nitrogênio e temperatura. A adição de calcário e cinzas aumenta o pH, e caso a pilha de composto esteja com pH muito alcalino ou muito ácido, a atividade bacteriana será diminuída ou cessará completamente.

Antes da concepção para a construção de um banheiro seco, devem-se levar em conta as diferentes variáveis para definir as medidas do sanitário, da estrutura do banheiro e do local de compostagem (SÁ, 2011). Uma delas é a intensidade de uso que é definida principalmente pelo número de usuários frequentes do banheiro. Nota-se entre os respondentes uma diversidade no número de usuários diários, visto na Figura 15: entre os 38, 16% (6 do total) são utilizados apenas por uma única pessoa; 34% (13 do total) por duas pessoas; 11% (4 do total) por três pessoas; 13% (5 do total) por 4 pessoas; 11% (4 do total) por 5 pessoas; e 16% (6 do total) por mais de 6 pessoas. Deste último grupo vale destacar que um banheiro é utilizado por 10 pessoas, outro por 15 pessoas e um último por 44 pessoas. Cada uma destas três está localizada em três diferentes ecovilas.

Figura 15. Número de usuários diários do banheiro seco



Fonte: Elaboração própria.

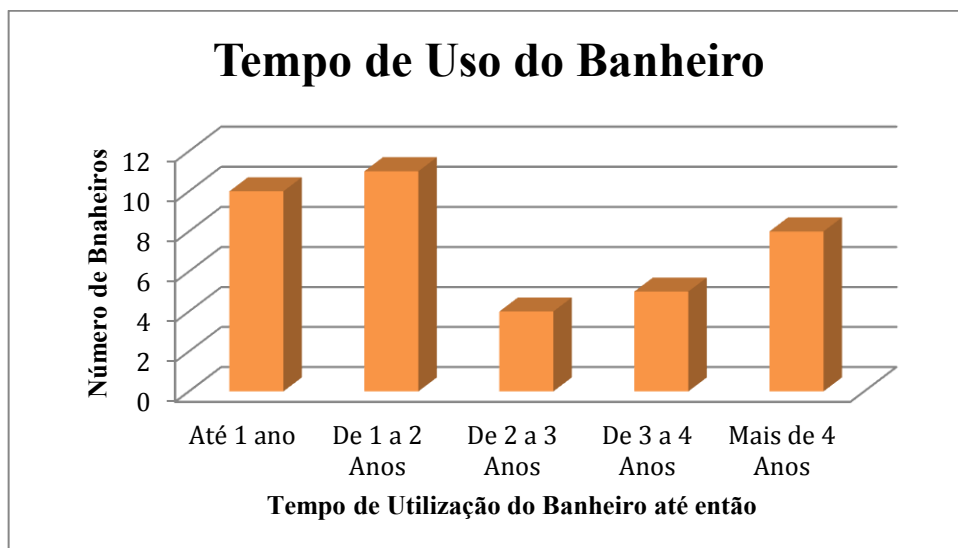
Além dos usuários frequentes, é necessário contar com o fluxo intermitente de visitas e participantes de eventos caso ocorra com periodicidade. 39%, ou 15 dos respondentes, declararam não receber nenhum fluxo diferente de grande relevância. Os outros 23

participantes (61%) disseram receber algum grande fluxo diferenciado com certa frequência. Destes, destaca-se que 16 dos 23 casos sejam motivados por abrigarem cursos e vivências em seus locais com uma periodicidade mensal, bimestral ou trimestral. Os outros sete são devido a visitas frequentes ou voluntariados que são oferecidos no espaço durante o ano.

O tempo é fator de grande importância, como citado anteriormente, para o processo de operação do banheiro seco porque a compostagem está intimamente atrelada a ele. Assim, o formulário incluiu a pergunta de quanto tempo os respondentes têm utilizado seus banheiros secos. As respostas foram todas dadas em meses de uso e por isso resultou em diversos números os quais transcritos aqui não trariam a visualização pretendida. As respostas foram resumidas pelo autor em escala de anos (Figura 16):

- 10 banheiros (26%) estão em uso há até um ano;
- 11 banheiros (29%) estão em uso há um a dois anos;
- 4 banheiros (11%) estão em uso há dois a três anos;
- 5 banheiros (13%) estão em uso há três a quatro anos;
- e 8 banheiros (21%) estão em uso há mais de quatro anos.

Figura 16. Tempo de uso dos banheiros secos



Fonte: Elaboração própria.

Alguns banheiros deste último grupo têm um uso bem longo comparado aos outros, como sete, oito ou nove anos de uso. O caso de maior destaque é o banheiro seco que está em

uso há 720 meses, ou seja, há 60 anos. O respondente comentou que seus pais e avós já utilizavam tal tipo de banheiro de maneira bem rústica e que seus conhecimentos passaram de geração em geração para a utilização do adubo proveniente do banheiro para plantas ornamentais e árvores frutíferas.

Mais de 75% dos banheiros participantes possuem menos de quatro anos, o que demonstra que a difusão sobre conhecimentos sobre o banheiro seco e a compostagem de resíduos humanos ainda é muito recente, reforçando a pouca existência na literatura acadêmica brasileira de trabalhos com abordagem sobre o banheiro seco em comparação com outras temáticas do saneamento.

Majoritariamente, algum uso é dado ao composto final do banheiro seco utilizado. Em 89% dos casos, ou seja, 34 do total de usuários dão algum uso ao composto gerado em seus banheiros. Desses 34 banheiros, em 92% dos casos o composto tem como objetivo a adubação para árvores ornamentais e árvores frutíferas. Em 21% dos 34 compostos gerados vão para o cultivo em hortas e apenas um desses 34 usuários também realiza a doação do composto final.

Os outros quatro (11%) que não dão nenhuma finalidade ao composto justificaram a sua resposta. Para três deles, pode-se resumir que não o fazem por falta de planejamento para seu uso, deixando-o então de lado; apenas um desses três relatou que o seu objetivo é futuramente utilizar tal composto.

Em relação ao modo de obtenção do banheiro seco por cada usuário, foram dadas as opções de “construção própria e caseira”, “mutirão de construção”, “construção por mão de obra especializada” e “comprado”.

Há certa dificuldade na obtenção do banheiro seco no Brasil de forma comercial, porém um dos respondentes declarou que foi “comprado” a forma de obtenção de seu banheiro. Após visualizar a estrutura utilizada por foto enviada pelo próprio usuário (Figura 17) e realizado o contato para o esclarecimento de que o terreno em que o atual usuário vive foi comprado e já existia o banheiro citado, o modelo foi incluído como “construção própria e caseira”.

Figura 17. Banheiro seco caseiro no RS



Fonte: Foto cedida ao autor.

Por ser uma tecnologia pouco difundida e de recente bibliografia específica de seu tema, existe certa dificuldade em obter um banheiro seco pronto, então a alternativa encontrada por muitos é a construção própria do banheiro por inteiro. Em apenas dois casos, os usuários declaram que o banheiro seco foi construído por mão de obra especializada no assunto, representando 5% dos 38. Os outros 95% foram construídos de forma caseira, sendo 66% (25 do total) por construção própria e 29% (11 do total) através de mutirões de construção. Isto está intimamente ligado à autonomia que a permacultura permite ao usuário junto ao empoderamento para a realização e construção de seus próprios espaços e satisfação de suas necessidades.

Visto que a maioria dos banheiros foi construída pelos próprios usuários, é relevante compreender por quais fontes de informações tornaram possíveis a elaboração e a obra do banheiro seco no local. Somente quatro usuários afirmam não ter conhecimento das fontes utilizadas para a construção do banheiro por não estarem presentes em sua concepção. Foram mencionadas diversas fontes de informações sendo que a mais recorrente, citada em metade daqueles que possuíam a informação, provém de “cursos, experiências e vivências anteriores”. Em apenas 5 banheiros houve a presença ou a consulta de especialistas no assunto

para a sua elaboração. Além disso, a “internet” como fonte também foi mencionada em 11 casos e a “literatura como livros, manuais e cartilhas”, em 12 dos banheiros.

Apenas um livro foi citado com o título, sendo mencionado em quatro diferentes respostas como a base central para a concepção do banheiro, o livro “*Humanure*” do estadunidense Joseph Jenkins (2005), também citado aqui no trabalho. O livro foi concebido a partir de sua dissertação sobre o exato tema no programa de mestrado em ciências em sistemas sustentáveis na Universidade de Slippery Rock na Pensilvânia. Ele diz que sua “intenção era aprender a escrever e publicar por conta utilizando como premissa um livro que provavelmente ninguém leria” e assim a primeira edição do livro foi publicada em janeiro de 1995. O livro que no início era apenas para um aprendizado pessoal (inicialmente com 600 cópias) vendeu mais de 10 mil cópias em sua primeira edição. A segunda edição lançada em 1999 também esgotou com mais de 10 mil cópias, assim como a terceira em 2005. Hoje o livro é disponibilizado gratuitamente pela internet. O livro ganhou diversos prêmios e muita atenção internacional; Joseph diz que o sucesso do livro está “em sua simplicidade”, o design simples e econômico do banheiro que pode ser difundido pelo mundo em diferentes alternativas viáveis de forma econômica e social (CLARK, 2007).

Há diferentes motivações para que alguém inicie a busca por uma alternativa de saneamento diferente do sistema convencional com utilização de água. Para 63% dos respondentes, 24 do total, o menor impacto ambiental que o sistema de banheiro traz é a maior motivação para seu uso; para outros 8 respondentes, sua maior motivação está mais especificamente na economia de água que o banheiro seco proporciona; e para 7, a geração de adubo e composto a partir dos resíduos gerados é o maior interesse para que continue utilizando seu banheiro seco.

Vale comentar outras respostas dadas: dois usuários responderam como “todas as anteriores” como motivações reais para o contínuo uso do sistema, outros dois responderam a “sensação de estar dentro de um ciclo completo” e “sentir-se mais feliz” com a utilização do saneamento seco. Destaca-se uma resposta em que o usuário diz que suas maiores motivações são a “ecologia, a economia e a falta de condições de construção de banheiro comum no local”, em que se observa o potencial que o banheiro seco tem para a economia financeira se bem colocada como um banheiro “mais desenvolvido” que a ideia retrógrada de que o banheiro convencional com utilização de água é melhor.

Um tópico muito pertinente a se discutir acerca da difusão de banheiros secos construídos de forma caseira pelo país é a possível dificuldade na sua utilização, assim como acompanhamento correto de todo o processo de compostagem para obtenção de um composto realmente sanitizado. A falta de informações únicas e completas para seu uso e a dificuldade em ensinar pessoas que não estão acostumadas a manusear resíduos humanos podem acarretar a dificuldades e até ao desuso do banheiro em si. A pesquisa teve 16 respondentes dos 38 (42%) declarando não possuir nenhum tipo de dificuldade em relação ao banheiro, tanto para seu uso e operação como manutenção do sistema.

Os outros 58% que representam 22 respondentes disseram possuir alguma dificuldade em relação ao banheiro. Entre as adversidades citadas, estão: a dificuldade na “operação e manutenção” do banheiro (29% do total); a circunstância do “banheiro estar longe (fora de casa) para uso” (29% dos 38 respondentes); dois respondentes comentaram ter dificuldades em relação a pessoas: uma por necessitar “ensinar as pessoas a manter o banheiro coletivamente” e outra porque “visitas estranham” o uso do banheiro seco. Além disso, dois usuários apontaram problemas com insetos e um com mau cheiro; estes mesmos declararam possuir problemas com “operação e manutenção”, o que leva a crer em falhas no uso do banheiro com a correta utilização do material seco de cobertura ou fechamento das entradas de ar do sanitário.

Vale destacar que algumas dificuldades dadas como opção no formulário não foram selecionadas por nenhum usuário e que a questão é de múltipla escolha e aberta para a seleção de mais de uma resposta. Entre elas, estão: “utilização de serragem ou outro material”; “conseguir material seco”; “realizar a compostagem”; “não ter espaço para colocar o composto”. Tal acaso pode ser explicado por grande parte dos banheiros estarem localizados em área rural, onde a disposição de material orgânico seco para cobertura é maior e de fácil acesso além de, normalmente, maiores espaços estarem disponíveis para a realização da compostagem, diferente das áreas urbanas mais adensadas.

Todos os usuários declararam recomendar o uso do banheiro seco. 100% respondeu que recomenda seu uso em meio rural, enquanto 82% recomendam também para o uso no meio urbano. É notável como nenhum usuário deixou de recomendar o uso da tecnologia social como alternativa para o saneamento.

A partir dessa resposta, foi feita a pergunta “*Acha viável surgir uma alternativa comercial de banheiro seco no Brasil durante os próximos anos?*” e nenhum respondente

negou a possibilidade. 24% (9 de 38) disseram que talvez e não descartam a ideia, enquanto 76% (29 de 38) afirmam que é viável uma alternativa de banheiro seco passar a ser comercializada no Brasil no futuro próximo. A indicação é um incentivo para que algo do tipo esteja disponível como alternativa no país, porém os preços comercializados em outros países estão fora da realidade do poder econômico daqueles que mais necessitam da tecnologia social por falta de acesso ao recurso hídrico.

Há algumas empresas que iniciaram esta possibilidade de um banheiro seco comercial no Brasil, como a empresa Marco 27, com a marca “Barracão Casa Grande” localizada em São Paulo (SP). Ela comercializa guaritas e banheiros móveis e desde 2016 comercializa um banheiro seco com o nome “*Sanitário Ecológico*” (Figura 19). O sanitário tem duas opções para sua instalação: o uso temporário com a locação por mês no preço de R\$270,00, e na compra por R\$4.300,00. A empresa lista as diversas vantagens ambientais do uso do banheiro seco, e em conjunto à instalação do banheiro dão todas as instruções para a sua operação. Ela também oferece ao cliente a escolha de realizar a própria compostagem ou contratar serviços para a retirada dos resíduos para a posterior compostagem feita pela empresa. Com dimensões de 1,05m x 1,05m x 2,20m de altura, o banheiro é:

“... fabricado em fibra de vidro com pintura em gel coat, vaso sanitário, mictório, reservatório com serragem e pazinha, suporte de papel higiênico, piso de fibra, entrada de ar permanente pelo teto e por venezianas, teto translúcido e com instalação elétrica”. (MARCO 27, 2016)

Figura 18. Sanitário Seco Ecológico da MARCO 27



O banheiro tem a aparência de um banheiro comum e não apresenta maus odores como uma guarita de banheiro químico, vantagens para aqueles que não estão acostumados ao uso de um banheiro seco, além disso, a possibilidade de contrato de serviço de retirada dos resíduos também ajuda em sua comercialização. Porém, os preços são distantes para algumas classes da população, dificultando a popularização e difusão da tecnologia.

Mesmo que uma alternativa comercial mais popular seja possível de aparecer, isto não garante que o conhecimento e a aceitação do banheiro aconteçam de imediato para ajudar em sua difusão para a população. Com isso em mente, o formulário incluiu a pergunta sobre que tipo de ação o usuário considera a mais adequada e mais importante para que um maior número de pessoas passe a instalar e utilizar banheiros secos em seu dia a dia. Em análise das respostas, destaca-se que 47% declararam acreditar que a “conscientização e mudança de hábito da população” é o fator mais importante para a mudança de paradigma do saneamento seco. Ainda, 21% considera que acontecer uma “divulgação de informações a respeito do assunto” à população seria de grande ajuda, e 32% julgam que uma ação mais direta e concreta por parte do poder público é mais efetiva. Destes últimos, metade acredita que a “ajuda dos órgãos públicos de saneamento” seria uma alternativa para incentivo, e a outra metade crê que “incentivos fiscais para a instalação e uso” do banheiro seco levariam a mais pessoas iniciarem seu uso.

6. Conclusão

Diante do cenário pesquisado com 38 registros de banheiros secos, é possível observar diferentes aspectos importantes sobre o uso do saneamento seco no Brasil.

Grande parte encontra-se em meio rural ou em áreas urbanas de cidades de pequeno e médio porte, o que leva ao questionamento da possibilidade e viabilidade de uma alternativa em áreas urbanas altamente adensadas.

O uso do banheiro seco com adequada compostagem dos dejetos humanos é muito recente no país, sendo que 79% dos respondentes possuem o banheiro há menos de quatro anos. É necessário que mais informações sejam produzidas e divulgadas sobre o assunto, sustentada pelas respostas de que todos os usuários concordam na difusão do uso do banheiro seco como alternativa.

As fontes de informação utilizadas entre os usuários não são uníssonas, o que leva a diferentes abordagens na implantação e no uso do banheiro seco. Isto pode levar à confusão e até dificuldades para as pessoas não habituadas com o contexto do saneamento seco e trazer dúvidas quanto ao seu funcionamento. É possível observar pelo fato de que 29% dos usuários apresentam dificuldades na operação e manutenção do banheiro seco.

O banheiro seco deve contemplar as peculiaridades locais, assim como entregar um composto final saudável e sanitizado. Algumas divergências estão no: tempo de maturação do composto (6 meses, 12 meses ou períodos maiores); na melhor forma adequada de compostagem; e na necessidade de separação ou não da urina.

Todos recomendam o uso do banheiro seco e 68% dos respondentes diz que as ações mais importantes para a difusão do uso desta alternativa estão na divulgação de mais informações sobre o assunto que possam facilitar a conscientização da população. Esta preocupação com a visão sobre o que as pessoas entendem por banheiro seco está intimamente ligado à fecofobia, ou seja, o medo de material fecal, especialmente em relação ao uso de material fecal humano para fins agrícolas.

O cenário apresentado na pesquisa não representa o panorama do uso do banheiro seco no Brasil, mas sim uma cena preliminar; o curto período de tempo da pesquisa e as desvantagens, citadas anteriormente, do uso do questionário online tiveram o seu papel no

número de respostas obtidas. Um futuro trabalho, se usufruir de disponibilidade e recursos, pode ser realizado com a pesquisa-ação *in loco* e maior aprofundamento das questões. Vale destacar o pioneirismo do trabalho em descrever o panorama do uso do banheiro seco no país para a compreensão da difusão da tecnologia social como alternativa para o saneamento.

7. Considerações Finais

Este trabalho pretende abrir a oportunidade para trabalhos futuros que visam à compreensão do panorama da utilização do saneamento seco, com a eficiência de tratamento por compostagem, no Brasil. Com um enfoque de trabalhos do tipo é possível avaliar com maior detalhe a possibilidade de seu uso em diferentes áreas do país, principalmente aquelas que sofrem com escassez de recurso hídrico até para as necessidades mais básicas como nutrição, e também aquelas que não possuem acesso a algum sistema de saneamento. O potencial do banheiro seco como solução de saneamento descentralizado e sustentável é grande por sua facilidade de ser implantado como tecnologia, quando realizado com conhecimento técnico para o correto funcionamento e processamento da compostagem dos resíduos.

Uma preocupação com a visão sobre o que as pessoas entendem por banheiro seco está intimamente ligado à fecofobia, ou seja, o medo de material fecal, especialmente em relação ao uso de material fecal humano para fins agrícolas. Lotufo (2008) apud Sá (2011) destaca que ainda não há uma percepção por parte de muitos da responsabilidade sobre os resíduos, especialmente em assumir e falar das próprias fezes, que é simplesmente parte de uma necessidade fisiológica tão comum quanto se alimentar ou respirar. Jenkins (2005) afirma que a fecofobia é um medo irracional e que esse medo existe talvez porque tanta informação que circula a respeito da reciclagem de dejetos humanos é confusa, errônea ou incompleta. Ele declara que a criação de mais estudos e a divulgação de informações em cima de funcionamentos adequados de compostagem como o dele e de muitos de seus leitores com experiências de anos de uso seriam de grande ajuda para acabar com este medo. Afinal, a fecofobia contribui para o desperdício de água, na maioria das vezes potável, que é usada somente como meio de transporte para os dejetos, e se estes não forem tratados, irão contaminar corpos hídricos.

Há projetos pelo país de implantação do banheiro seco como solução para o saneamento dos resíduos humanos em locais onde não havia alguma relação do uso de sanitários para concentração e deposição dos dejetos. Projetos como a implantação de banheiros secos nos quintais de casas para 210 famílias de comunidades rurais do vale do Jequitinhonha (BIOHABITATE, 2009) ou como a construção de 13 banheiros secos no povoado de Patos na cidade Milagres do Maranhão (NEVE, 2016) são exemplos de iniciativas sobre o tema em localidades sem infraestrutura de saneamento.

O estudo e o acompanhamento aprofundado do estado da arte da instalação e uso do banheiro seco no Brasil e em outros países podem trazer ganhos no avanço da difusão desta tecnologia social. A compreensão e estudo prolongado por anos (pois o período para verificação da eficiência do processo de compostagem é no mínimo de um ano) de casos do uso da tecnologia em diferentes contextos locais são chaves para apoiar o uso do saneamento seco e sua característica de saneamento sustentável. O questionário apresentado neste trabalho pode obter melhorias para obter maiores informações sobre o saneamento seco. Sua confecção objetivou algo direto e que pudesse ser respondido com um tempo máximo de cinco minutos para obter uma boa taxa de respostas num curto período. Num futuro trabalho é interessante colocar questões sobre os usuários dos banheiros, como seu grau de instrução e até mesmo sua renda mensal para compreender em que cenário está inserido este tipo de saneamento com aproveitamento dos resíduos humanos por compostagem.

Trabalhos futuros também podem realizar comparações com os modos convencionais de saneamento rural como a fossa séptica e a fossa negra. Ou uma pesquisa e aprofundamento sobre existência e aplicação de legislações sobre o saneamento seco e sobre a utilização de composto provindo de dejetos humanos, junto às normas técnicas existentes nos diferentes países para o licenciamento e utilização do banheiro seco.

Todos estes estudos devem estar atentos aos critérios da sustentabilidade no saneamento dado por Malisie (2008): a prevenção de doenças, a acessibilidade, a proteção ambiental, a aceitabilidade e a simplicidade.

8. Referências Bibliográficas

ALVES, B. S. Q. **Banheiro Seco: Análise da Eficiência de Protótipos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso de bacharel em Ciências Biológicas. 2009.

BAKIR, H.A., 2001. **Sustainable wastewater management for small communities in the Middle East and North Africa**. Journal of Environmental Management. 61, p 319–328.

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

BIOHABITATE. **Projeto BIO’s – Sanitário Compostável a Seco**. 2009. Disponível em: <<http://www.biohabitata.com.br/web/sobre-nos/historico/>>. Acesso em: 16 abr 2018.

BRASIL. LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. **Política Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, DF. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 17 fev. 2018.

CLARK, K. **Protest Carves Unusual Life Path**. Newspaper The News-Herald. 15 Out 2007. Disponível em: <http://humanurehandbook.com/downloads/humanure_front_page_news.pdf>. Acesso em: 09 maio 2018.

DEL PORTO, D. e STEINFELD, C. **Composting Toilet System Book: A Practical Guide Pollution to Choosing, Planning, and Maintaining Composting Toilet Systems**. Center of Ecological Prevention. Concord. 2000.

ESREY S, GOUGH J, RAPAPORT D, SAWYER R, SIMPSON-HÉBERT M, VARGAS J e WINBLAD U. **Ecological sanitation**. Sida, Stockholm. Sweden, 1998.

EVANS, J. R.; MATHUR, A. **The value of online survey**. Internet Research. 2005.

FERREIRA NETO, D. N. **Caminhos e perspectivas para a popularização da permacultura no Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Ecologia de Agroecossistemas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

GONÇALVES, D.I.F. **Pesquisas de Marketing pela Internet: as percepções sob ótica dos entrevistados**. RAM, Rev. Adm. Mackenzie (Online), São Paulo, v. 9, n. 7, p. 70-88, Dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-69712008000700004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Mar. 2018.

HAUG, R. T. **The Practical Handbook of Compost Engineering**. 2ª ed. Jul 1993. Lewis Publishers.

HOLMGREN, D. **The essence of Permaculture**. Australia. 2007.

IMPAGLIAZZO, M. **Sanitário Seco Compostável: Indicador de Sustentabilidade?** Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro 2017**. 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/beneficios-ecosocio/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento**. 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/relatorio-completo-2015.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2018.

IPEC (Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado). **Húmus sapiens**. 2005. Disponível em: <www.ecocentro.org>. Acesso: 20 de março de 2018.

JENKINS, J. *The Humanure Handbook*. 3ª ed. EUA. 2005.

JENKINS, J. *The Humanure Handbook: a Guide to Composting Human Manure*. 2ª ed. EUA. 1999.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba. 1998.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba. 4ª ed. 2004. 173 p.

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

MAGRI, M. E. **Aplicação de Processos de Estabilização e Higienização de fezes e urina humana em banheiros segregadores**. Florianópolis. UFCS. 2013. 193 p.

MALISIE, A. F. **Sustainability Assessment on Sanitation Systems for Low Income Urban Areas in Indonesia**. Hamburg University of Technology. Hamburg, 2008.

MARCO 27. **Sanitário Seco Ecológico**. 2016. Disponível em: <<https://guaritas.com.br/ecosani/>>. Acesso em: 09 maio 2018.

MARTINS, G.C.M. **Proposta de um modelo para gestão ambiental comunitária utilizando princípios da permacultura**. Estudo de caso ACEPSJ. Florianópolis-SC. Trabalho de conclusão de curso de bacharelado em Engenharia Ambiental. UNIVALI. 2007.

MOLLISON, B. **Permaculture: designers manual**. 8ª. ed, Tagari Publication, Tyalgum, Australia. 1999.

NEVE. **Programa Banheiros Mudam Vidas**. Julho 2016. Disponível em: <<http://www.banheirosmudamvidas.com.br/>>. Acesso em: 16 abr 2018.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; CASTRO NETO, M. T. **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico**. EMBRAPA, Circular Técnica 76, Bahia, 2005.

ONU. **“Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.”** Agenda pós-2015. Nova Iorque. 2015.

PEASEY, A. **Health Aspects of Dry Sanitation with Waste Reuse**. Water and Environmental Health at London and Loughborough. London, 2000.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de Compostagem: Processo de baixo custo**. Viçosa, MG. UFV. 2007. 81p.

SÁ, M. C. de. **Avaliação da qualidade do composto e dos aspectos construtivos e operacionais de banheiros compostáveis**. Limeira, SP. 2011.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2016**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2016.

SUN-MAR. **The environmental solution**. Disponível em: <http://www.sunmar.com/tech_how.html> . Acesso em: 14 mar 2018.

WHO. **UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS)**. 2014.

WHO/UNICEF. **Progress on drinking-water and sanitation – 2014 update**. Geneva, World Health Organization. 2014.

WHO/UNICEF. **Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines**. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children’s Fund (UNICEF). 2017.

WORLDOMETERS. **World Population Clock: 7.6 Billion People (2018)**. Disponível em: <<http://www.worldometers.info/world-population/>>. Acesso em: 15 maio 2018.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. 2015. Paris, UNESCO.

ZIMBELMANN, M.; LEHN, H. **Contribution of dry sanitation to the MDGs and a sustainable development** . Institute for Technology Assessment and Systems Analysis Germany, 2007.

ANEXOS

Questionário Utilizado no formulário *Jotform*®

Pesquisa sobre uso do Banheiro Seco

Panorama inicial do uso doméstico do banheiro seco

Seja bem-vindo!

Desde já agradeço imensamente pela colaboração!

Como estudante universitário e entusiasta nas questões que abrangem a sustentabilidade, venho realizando uma pesquisa sobre as tecnologias existentes na criação do sanitário seco.

No Brasil **encontra-se pouca informação** perante as possibilidades de um saneamento descentralizado, dentre elas está a compostagem do nosso próprio resíduo, fomentando a preservação dos recursos ambientais disponíveis.

Com a finalidade de **impulsionar a mudança desse cenário**, e observar que existem pessoas dispostas a entender e utilizar dessa simples e revolucionária "tecnologia", esse questionário está a seu dispor.

- **Em que tipo de local você(s) utiliza(m) o banheiro seco?**
 - Casa Urbana
 - Apartamento
 - Comunidade Rural
 - Comunidade Urbana
 - Instituto
 - Ecovila
 - Outro (Qual?)
- **Qual o nome do local? (se houver)**
- **Em que Estado e Município fica?**
- **Qual(is) o(s) tipo(s) de banheiro seco utilizado(s)?**
 - Estilo Bason (com rampa)

- Baldes com compostagem feita posteriormente em pilha
- Bombonas com compostagem dentro do próprio compartimento
- Banheiro seco comercial
- Outro (Qual?)
- **O banheiro possui separador de urina?**
 - Sim
 - Não
- **Que tipo(s) de material seco para cobertura é utilizado no banheiro?**
 - Serragem
 - Palha
 - Folhas Secas
 - Cinzas
 - Outro (Qual?)
- **Se houver fotos do banheiro, envie por gentileza.**
- **Há quanto tempo utiliza(m) o banheiro seco (em meses)?**
- **Quantas pessoas usam o banheiro diariamente?**
- **Há algum fluxo muito grande de uso diferenciado? (cursos, temporadas, eventos,...)**
 - Sim
 - Não
- **Se sim, de que tipo e com que frequência?**
- **É dado algum uso ao composto gerado pelo banheiro seco?**
- **Se sim, que tipo de uso? (pode selecionar mais de uma opção)**
 - Adubo para horticultura
 - Adubo para árvores ornamentais e frutíferas
 - Doação do composto
 - Venda do composto
 - Outro (Qual?)
- **Se não, por que não é dado nenhum uso?**
- **Como o banheiro seco foi obtido?**
 - Construção própria e caseira
 - Construção por mão de obra especializada
 - Mutirão de construção
 - Comprado

- Outro (Qual?)
- **Que fontes de informações foram usadas para se obter ou construir o banheiro seco? (Livros, especialistas, dissertações, textos, internet, redes sociais,...)**
- **Qual a maior motivação para usar o banheiro seco?**
 - Economia de água
 - Menor impacto ao meio ambiente
 - Geração de composto/adubo
 - Outra (Qual?)
- **Sente alguma dificuldade em relação ao banheiro? (pode selecionar mais de uma opção)**
 - Operação e Manutenção
 - Utilização de serragem ou outro material
 - Conseguir material seco
 - Realizar a compostagem
 - Não ter espaço para colocar o composto
 - Banheiro estar longe (fora da casa) para uso
 - Não há dificuldades
 - Outra (Qual?)
- **Recomendaria o banheiro seco para uso rural e/ou urbano?**
 - Sim, para uso rural e urbano.
 - Sim, para uso rural.
 - Sim, para uso urbano.
 - Não.
- **Acha viável surgir uma alternativa comercial de banheiro seco no Brasil durante os próximos anos?**
 - Sim
 - Não
 - Talvez
- **Que tipo de ação você consideraria mais importante para que haja maior utilização dos banheiros secos?**
 - Divulgação de informações a respeito do assunto
 - Conscientização e mudança de hábito da população
 - Incentivos fiscais para sua instalação e uso
 - Ajuda dos órgãos públicos de saneamento

- Outra (Qual?)

Mais uma vez agradeço por tomar seu tempo para responder esse questionário. Com certeza será de grande ajuda para que mais pessoas possam conhecer o banheiro seco, seu incrível funcionamento e seu serviço ao meio ambiente!