



## II-340 – ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA E FOSSA SÉPTICA COM CÍRCULO DE BANANEIRAS

**Thaís Helena Martinetti<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Aluna do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, nível de mestrado, pela Universidade Federal de São Carlos.

**Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira**

Engenheiro Civil pela UFMG (1982). Mestre (1986) e Doutor (1991) em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professor do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar (Deciv) e do PPGEU/UFSCar.

**Ioshiaqui Shimbo**

Engenheiro Eletricista pela EESC/USP (1975). Mestre em Engenharia Civil pela EESC/USP (1985) e Doutor em Educação pela UNICAMP (1992). Professor do Deciv e do PPGEU/UFSCar.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Prof. Henrique Eigenheer, 64 – Vila Joest - Leme - SP - CEP: 13614-169 - Brasil - Tel: (19) 3571-1721 - e-mail: [thaishm@gmail.com](mailto:thaishm@gmail.com)

### RESUMO

O acesso a sistemas de coleta e tratamento de efluentes sanitários ainda é baixo para grande parcela da população brasileira. Pessoas que vivem em áreas pouco adensadas ou zonas rurais, em que a construção de redes coletoras é inviabilizada pelos custos elevados, não tem conhecimento de técnicas alternativas para tratamento local de efluentes sanitários. O debate da sustentabilidade enfatiza a interação entre as dimensões política, ambiental, social, cultural e econômica, considerando as respectivas escalas temporais e espaciais. As tecnologias alternativas para tratamento de efluentes sanitários residenciais visam uma maior sustentabilidade do sistema, de forma a fechar o ciclo do efluente. O objetivo desse artigo foi analisar a sustentabilidade do sistema fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras, de acordo com as múltiplas dimensões da sustentabilidade. A estratégia geral da pesquisa foi o levantamento na literatura técnica e científica das alternativas e variáveis consideradas na tomada de decisão. Para análise dos dados foi elaborado um quadro de comparação de alternativas x variáveis para as duas técnicas. As etapas foram: 1- identificação das variáveis; 2- coleta de dados para cada variável e respectiva alternativa de tratamento de efluentes; 3- elaboração do quadro de comparação de alternativas x variáveis. Resultados: 1- caracterização das variáveis para elaboração do quadro de comparação; 2- quadro de comparação entre sistema fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras; 3- comentários gerais sobre a comparação entre fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras; 4- análise da sustentabilidade dos sistemas fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras. Os resultados indicam que a alternativa que utiliza o sistema fossa séptica com círculo de bananeiras apresenta maior grau de sustentabilidade em virtude de um maior equilíbrio entre as múltiplas dimensões, porém é preciso é proporcionar a divulgação das vantagens da técnica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, Fossa Séptica, Círculo de Bananeiras, Tratamento de Efluentes.

### INTRODUÇÃO

Grande parcela da população brasileira, tanto urbana quanto rural, vive em condições precárias de moradia e saneamento, com alimentação insuficiente e inadequada, dificuldade de acesso à educação e saúde, oportunidades reduzidas de trabalho, entre outros. A falta de saneamento é uma das principais causas de insalubridade e degradação ambiental, caracterizando-se pela disposição inadequada de resíduos sólidos e líquidos, o que demanda estudos acerca do tema para melhoria da qualidade de vida da população e do meio ambiente.

Apesar de diversos estudos existentes sobre sistemas de tratamento de efluentes sanitários residenciais, a maioria destes aborda a questão da implantação de grandes estações de tratamento de efluentes (ETE), que coletam e tratam o efluente de uma cidade toda. Poucos estudos abordam sistemas locais de tratamento de efluente. Dentre esses poucos estudos, há diferentes técnicas para tratar o efluente sanitário doméstico no local. Martinetti et al. (2007) levantou em sua pesquisa 19 diferentes técnicas para esta finalidade. Dentre essas técnicas está o sistema fossa séptica biodigestora (sistema desenvolvido pela EMBRAPA) e o sistema



fossa séptica com círculo de bananeiras, alternativas a serem analisadas de acordo com os conceitos e princípios da sustentabilidade.

As fossas sépticas são, segundo a NBR 7229/93, caracterizadas como: “uma unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”. Elas são unidades de tratamento primário de esgoto doméstico nas quais são feitas a separação e transformação da matéria sólida contida no esgoto. O seu uso resulta em melhoria das condições de higiene das populações rurais e em locais onde não há redes de coleta de efluentes sanitários. Após passar pelo tanque séptico, o efluente deve ser destinado a outra unidade de tratamento ou para a disposição final.

O sistema fossa séptica com círculo de bananeiras consiste em despejar o efluente proveniente da fossa séptica em uma vala circular com britas ao fundo, coberto por gravetos e restos de vegetais (2 metros de diâmetros e 1 metro de profundidade), rodeado de bananeiras espaçadas de 60 cm. As bananeiras se adaptam a solos úmidos e ricos em matéria orgânica. Entre as bananeiras podem ser plantados lírios e mamoeiros para ajudar no tratamento e reuso do efluente. Sua principal manutenção é a colheita dos frutos e evitar crescimento excessivo de vegetação no local, além de ser uma solução de baixo custo.

O sistema desenvolvido pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa em Agropecuária) foi denominado de Fossa Séptica Biodigestora e realiza a integração da fossa séptica com o biodigestor (unidade em que corre a digestão anaeróbia de material orgânico misturado com água, com produção de biogás e biofertilizantes). O sistema é composto por 3 caixas de fibrocimento, interligadas por tubulação de PVC, por onde o efluente permanece por um mês até ser despejado em um leito de infiltração ou outra solução. Necessita de uso de esterco bovino para ativar o processo. Apresenta um efluente com poucos patogênicos, produz adubo orgânico para ser utilizado, com capacidade para atender famílias com até 5 pessoas, manutenção constante, cuidados para dificultar o acesso das pessoas ao local do sistema (NOVAES, 2002).

O presente estudo buscou analisar a sustentabilidade desses sistemas. O debate da sustentabilidade data da década de 70, e se intensificou no Brasil nos anos 90 com a RIO-92, ou seja, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUCED), realizada na cidade do Rio de Janeiro, em que se criou um documento representando o acordo internacional de ações que buscam melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas do planeta, denominada Agenda 21.

As discussões sobre os conceitos e princípios da sustentabilidade enfatizam a interação entre as dimensões política, ambiental, social, econômica e cultural levando-se em consideração as escalas temporais e geográficas. De acordo com Silva (2000) a dimensão ambiental está relacionada com a manutenção da integridade ecológica, com bom uso dos recursos naturais, prevenindo as diferentes formas de poluição. A dimensão social e política enfatizam a participação da sociedade nos processos de tomada de decisão, proporcionando maior equidade na distribuição de riquezas e combatendo-se práticas de exclusão de discriminação. A dimensão econômica propõe a distribuição de renda e riquezas e a cultural a promoção da diversidade e identidade cultural, propiciando também a conservação do patrimônio urbanístico, paisagístico e ambiental, que referenciem a história e a memória das comunidades.

A questão que se coloca é como incorporar conceitos e princípios da sustentabilidade em sistemas de tratamento de efluentes sanitários residenciais. O saneamento ecológico surge como uma solução alternativa para isso. O conceito se baseia na separação dos resíduos domésticos em um ciclo das águas e um ciclo de nutriente e energia, conforme suas características em termos de volume, teor de nutrientes e contaminação biológica. O principal aspecto do saneamento ecológico é considerar as excretas como um material a ser reciclado e não como um resíduo a ser descartado. Assim, em lugar de um sistema linear – como o observado nos modelos de saneamento tradicional – é proposto um sistema de ciclo fechado: os excrementos, uma vez desinfetados, podem ser usados com segurança como fertilizantes para a produção de alimentos, assegurando a sustentabilidade do sistema (COHIM e COHIM, 2007).

Resumidamente este conceito incorpora quatro princípios: não utilizar mais material, energia ou outro recurso que o necessário; não usar material de qualidade superior ao estritamente necessário ao processo produtivo; não misturar diferentes correntes de resíduos; avaliar outras funções e usos econômicos de subprodutos antes de seu tratamento e disposição final. É realizada uma abordagem interdisciplinar e intersetorial entre saneamento, agricultura, sociologia, higiene, saúde, urbanismo, economia e promoção da pequena empresa (COHIM e KIPERSOK, 2007).



Ao comparar esse conceito com o de sustentabilidade pode-se considerar que as ações de eco-saneamento tendem a ser mais sustentáveis, pois procura englobar as dimensões ambiental, social, cultural, econômica e política em suas ações, de modo a zerar ciclos dos resíduos, viabilizar a sua utilização, gerar emprego e renda, minimizar o desperdício, entre outros. Isso é o que ocorre tanto no sistema fossa séptica com círculo de bananeiras, quanto no sistema fossa séptica biodigestora. A lacuna de conhecimento refere-se a questões sobre as possíveis relações entre as múltiplas dimensões sustentabilidade e seus princípios e as alternativas de tratamento local de efluentes sanitários residenciais, de acordo com as múltiplas dimensões da sustentabilidade. Com base nesses conceitos o objetivo do estudo é apresentado a seguir.

## **OBJETIVO**

Analisar a sustentabilidade do sistema fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras de acordo com as dimensões ambiental, social, cultural, econômica e política.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A estratégia geral utilizada foi a pesquisa de levantamento na literatura técnico-científica das variáveis que interferem na tomada de decisão das pessoas e na análise da sustentabilidade e visitas técnicas a experiências existentes.

Para análise dos resultados foi elaborado um quadro de comparação de alternativas x variáveis para auxiliar na tomada de decisão e na comparação entre as alternativas. As etapas para construção do quadro de comparação foram: 1- identificação das variáveis; 2- coleta de dados para cada variável e respectiva alternativa de tratamento de efluentes; 3- elaboração do quadro de comparação de alternativas x variáveis.

## **RESULTADOS**

A apresentação dos resultados referem-se a: 1- caracterização das variáveis para elaboração do quadro de comparação; 2- quadro de comparação entre sistema fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras; 3- comentários gerais sobre a comparação entre fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras; 4- análise da sustentabilidade dos sistemas fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras.

## **CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS PARA ELABORAÇÃO DO QUADRO DE COMPARAÇÃO**

Foram determinadas 22 diferentes variáveis para análise das alternativas, que abordam aspectos relativos a questões de uso e manutenção dos sistemas, custos de instalação e operacionais, qualidade do tratamento do efluente sanitário e aplicabilidade da técnica.

A primeira variável analisada no quadro foram os componentes e materiais que constituem a unidade principal de tratamento, que no caso é a fossa séptica biodigestora e a fossa séptica. A segunda se referiu aos componentes e materiais que constituem cada unidade de destinação do efluente, ou seja, o círculo de bananeiras para fossa séptica e caixa de coleta do efluente para fossa séptica biodigestora. A análise dos materiais foi importante para verificar a facilidade de aquisição e a disponibilidade dos mesmos no local, o que pode garantir maior sustentabilidade ambiental e econômica do sistema.

A área necessária para implantação é uma variável que impacta no processo de tomada de decisão, principalmente pela população de baixa renda que, muitas vezes, não possuem área disponível para construir sua unidade de tratamento. Também se deve prever o espaço ocupado pelo sistema para que não atinja os lotes vizinhos. A complexidade construtiva é uma variável que mede o grau de dificuldade para execução do sistema e a necessidade de mão-de-obra especializada para esta função. Quanto maior a necessidade de assessoria e mão-de-obra especializada, maior a complexidade construtiva, impactando diretamente nas dimensões social e econômica da sustentabilidade.

A estimativa de horas de trabalho mede o tempo necessário para execução completa do sistema, considerando uma mão-de-obra especializada e um auxiliar (ou servente). O número de pessoas atendidas representa o



número de usuários do sistema, que podem variar de acordo com a família. Geralmente as famílias rurais apresentam um número elevado de pessoas. Os custos são as variáveis mais questionadas pela população de baixa renda, pois impacta na decisão, principalmente quanto a capacidade de pagamento do sistema. Os custos avaliados foram o de implantação, mão-de-obra, operação e manutenção. Frequentemente quando se adquire um sistema não se computa os custos ao longo da vida útil de operação e manutenção, o que pode encarecer o sistema e influenciar a tomada de decisão.

A variável operação e manutenção apresentam os elementos necessários para o correto funcionamento do sistema e as atividades a serem realizadas para este fim. A variável destinação do efluente se refere ao que deve ser feito com o efluente após deixar a unidade de tratamento e a variável manejo do efluente apresenta como se deve lidar com o mesmo. A destinação do efluente do sistema fossa séptica com círculo de bananeiras é o círculo de bananeiras e da fossa séptica biodigestora pode variar de acordo com as necessidades dos usuários.

O efluente de ambos os sistemas podem ser usados na fertirrigação de diferentes cultivos, exceto em hortaliças. Essa variável apresenta os diferentes usos para os efluentes de ambos os sistemas e como em cultivos de flores, frutas e ervas. A produção de odores mede a probabilidade dos sistemas apresentarem esse fator por se caracterizarem, principalmente, por sistemas anaeróbios, e produzem odores característicos.

A presença de vermes e insetos é uma variável que pode causar aversão nas pessoas e mostrar que o sistema não funciona adequadamente. Por isso os sistemas devem ser localizados distantes das edificações. A variável acesso à tecnologia mede o grau de facilidade das pessoas acessarem as informações sobre os sistemas e replicarem a técnica. Ambas as variáveis impactam, principalmente, na dimensão social da sustentabilidade.

A variável DBO (demanda bioquímica de oxigênio) mede a quantidade de oxigênio consumido para estabilizar bioquimicamente a matéria orgânica biodegradável. Quanto maior seu valor percentual, melhor as características de tratamento do efluente. Da mesma forma é que aparece a variável DQO (demanda química de oxigênio) que mede a quantidade de oxigênio consumido para oxidação da matéria orgânica contida no esgoto.

A variável remoção de sólidos suspensos mede a fração de sólidos orgânicos e inorgânicos passíveis de filtração. Quanto maior seu valor percentual, melhor a remoção desses sólidos no tratamento de efluentes. A presença de patógenos mede a probabilidade de se encontrar microorganismos como bactérias, fungos, protozoários, vírus ou helmintos no efluente após passar pela unidade de tratamento. Com relação a variável coliformes totais mede a quantidade de coliformes que o sistema consegue remover, que em alguns casos, pode chegar a valores próximos de 100%.

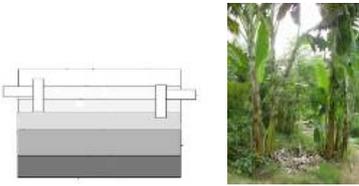
A variável tempo de detenção hidráulica (TDH) mede o tempo necessário que uma partícula do efluente permanece da unidade de tratamento, desde sua entrada até sua saída. No caso de sistemas biodigestores o TDH tende a variar entre 15 e 60 dias para obter resultados desejados de tratamento. Quanto maior seu valor, maior tempo o efluente passa no sistema e possibilita sua estabilização adequada. Com a definição das 22 variáveis de análise, iniciou-se a coleta de dados para elaboração do quadro de comparação. O método de coleta de dados constou da análise da literatura técnico e científica e pesquisa de campo.

#### **QUADRO DE COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMA FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA E FOSSA SÉPTICA COM CÍRCULO DE BANANEIRAS**

Definidas as alternativas (fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras) e estabelecidas as 22 variáveis para análise, foi elaborado o quadro de comparação de alternativas x variáveis para esses dois sistemas. O quadro 1 traz o quadro de comparação elaborado.



**Quadro 1: Quadro de Comparação entre Sistema Fossa Séptica Biodigestora e Fossa Séptica com Círculo de Bananeiras.**

ALTERNATIVAS VARIÁVEIS	FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA (SISTEMA EMBRAPA)	FOSSA SÉPTICA E CÍRCULO DE BANANEIRAS
<i>Imagens</i>		
1- Componentes, materiais constituintes da unidade principal (fossa séptica)	Três caixas de fibrocimento (1000 litros) com tampa, tubos PVC, registro, conexões PVC, borracha de vedação, impermeabilizante.	Fossa pré-moldada em fibrocimento ou moldada no local em alvenaria, conexões PVC ou manilha cerâmica, brita.
2- Componentes, materiais constituintes da unidade de disposição final	Tubos PVC perfurados, brita, caixa de coleta, filtro de areia.	Impermeabilização (compactação ou geotêxtil), bananeiras, lírios ou mamoeiro, brita, restos vegetais.
3- Área necessária para implantação	8 m <sup>2</sup> .	8-10 m <sup>2</sup> .
4- Complexidade construtiva	Média.	Baixa.
5- Estimativa de horas de trabalho	16 horas.	12 horas.
6- Número de pessoas atendidas	Até 5 pessoas.	4 a 8 pessoas.
7- Custo de implantação (materiais)	R\$ 1.100,00.	R\$ 800,00.
8- Custo final de mão-de-obra (1 pedreiro + 1 servente)	R\$ 160,00.	R\$ 120,00.
9- Custo de operação / manutenção	Nenhum.	Nenhum.
10- Operação e manutenção	Aplicação mensal de esterco bovino, manejo do efluente.	Limpeza anual da fossa séptica, controle das bananeiras, adição de vegetais sempre que necessário.
11- Destinação do efluente	Irrigação de plantações, infiltração no solo.	Círculo de bananeiras (fertirrigação das bananeiras).
12- Manejo do efluente	Coletar em recipiente e destinar. Contato direto com o efluente.	Não é preciso. Contado indireto com o efluente.
13- Possibilidades de uso na fertirrigação	Diversos cultivos (pomares, flores e ervas).	Ervas, flores e frutos plantados ao longo do círculo.
14- Produção de odores	Baixa.	Média.
15- Presença de insetos e vermes	Baixa.	Média.
16- Acesso à tecnologia	Fácil.	Fácil.
17- DBO efluente	90 – 97%.	50 – 85%.
18- DQO efluente	90 – 96%.	40 – 70%.
19- Remoção de sólidos suspensos	70 – 99%.	70 – 95%.
20- Presença de Patógenos	Não há - em fase de avaliação.	Baixa.
21- Coliformes totais	99,7%.	99%.
22- Tempo de detenção hidráulica	30 dias.	1 dia.
<i>fonte</i>	<i>Novaes (2002), Faustino (2007)</i>	<i>IPEMA (2006), Ercole (2003)</i>



## **COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE A COMPARAÇÃO ENTRE FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA E FOSSA SÉPTICA COM CÍRCULO DE BANANEIRAS**

Ao comparar o sistema que utiliza fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras pode-se verificar que ambas as soluções são viáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais. A principal questão que irá impactar no processo de tomada de decisão é relativa aos custos de implantação, operação e manutenção, que, de acordo com as necessidades, que determina a escolha do usuário pelo sistema.

Uma observação importante relativa ao quadro é quanto a destinação final do efluente. No sistema fossa séptica biodigestora não é determinado o local para destino do efluente, sendo necessário adicionar aos custos do sistema os custos do local de captação do efluente e dos materiais necessários para transportar esse efluente até o local para reuso. Situação que não ocorre no caso de fossa séptica com círculo de bananeiras. Neste caso tem-se a unidade de tratamento (fossa séptica) e a unidade de destinação do efluente (círculo de bananeiras) em um mesmo sistema. O custo apresentado no quadro de comparação contempla o custo do sistema total.

Outra questão a ser avaliada com relação ao manejo do efluente é que no caso da fossa séptica biodigestora o usuário deve coletar e destinar o efluente para a irrigação de algum cultivo, com a possibilidade de um contato direto com ele, dependendo da solução adotada. Caso ocorra algum problema na unidade de tratamento esse contato pode trazer riscos para a saúde do usuário. No caso da fossa séptica com círculo de bananeiras não há contato com o efluente porque não é preciso manejá-lo para chegar ao círculo de bananeiras. A tubulação faz esse trabalho e o usuário tem que colher os frutos e adicionar restos de vegetais ao círculo. Se o atual círculo de bananeiras não comportar o volume de tratamento, pode-se construir outra unidade em série com a anterior.

Com relação a facilidade de construção, a fossa séptica biodigestora apresenta a vantagem de utilizar elementos pré-fabricados para sua construção, o que otimiza o tempo da execução. Porém é necessária mão-de-obra especializada para colocar as caixas de fibrocimento com nivelamentos adequados. Além disso, há dificuldade em assentamento dessas peças, principalmente pelo peso das unidades. No caso da fossa séptica pode-se fazer a unidade tanto fabricada no local como pré-moldada, utilizando-se anéis de concreto para fossa. O custo da fossa séptica pré-moldada é cerca de 20% maior, porém esse valor pode ser compensado pela otimização do uso da mão-de-obra e no tempo de trabalho.

Outro fator importante é a facilidade de acesso à tecnologia e informações para construção. Devido ao acompanhamento da construção da fossa séptica biodigestora em uma unidade habitacional, pôde-se perceber que o manual fornecido não contém informações necessárias para a construção do sistema. Pela experiência do pedreiro e das pessoas que acompanhavam, algumas decisões foram tomadas no local e outras questões foram respondidas pelo responsável do projeto. No caso de população de baixa renda, que possui dificuldade de acesso a pessoal capacitado, essa falta de informação pode prejudicar a construção e operação do sistema.

Para o funcionamento adequado do sistema fossa séptica biodigestora é preciso adicionar mensalmente uma mistura de esterco bovino. A disponibilidade desse material irá impactar na decisão das pessoas, pois se caso não encontrarem esse material, o sistema funcionará de maneira inadequada. Os pesquisadores que desenvolveram o sistema fossa séptica biodigestora afirmam que não há contaminação, enquanto para o sistema fossa séptica com círculo de bananeiras a mesma a pode ser considerada baixa. É uma variável difícil de caracterizar, pois o risco de contaminação sempre existirá, variando apenas sua intensidade.

A desvantagem do sistema fossa com círculo de bananeiras é com relação a presença de odor, insetos e vermes. O odor ocorre pelo sistema se caracterizar por anaeróbio e controle de vermes e insetos é feito com a correta manutenção e uso do sistema. É preciso sempre adicionar restos de vegetais ao sistema para evitar esse problema. Esclarecidas questões de construção e uso dos sistemas, a seguir é apresentada a análise da sustentabilidade para ambos os sistemas.

## **ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA E FOSSA SÉPTICA COM CÍRCULO DE BANANEIRAS**

Uma questão importante a ser analisada foi a sustentabilidade desses sistemas e a avaliação seus principais aspectos quanto às dimensões ambiental, social, política, cultural e econômica.



A dimensão que mais impacta na tomada de decisão das pessoas é a *econômica*. Em se tratando de população rural e de baixa renda os impactos na renda devido aos custos dos sistemas são significativos e sistemas que retornam parte do investimento são sempre viáveis para essas pessoas. O investimento em um sistema de tratamento de efluentes sanitários se refere aos custos dos materiais empregados, as ferramentas utilizadas e a mão-de-obra necessária para sua construção.

A capacidade de pagamento das pessoas é fundamental na decisão. Algumas vezes é necessário recorrer a empréstimos para este fim. A escolha por implantar um sistema cujo efluente possa ser utilizado para irrigação de culturas, com produção de alimentos, reduz os custos que seriam gastos para alimentação da família e pode pagar o empréstimo para esta construção, por meio da comercialização dos produtos, gerando riqueza e renda para essa família de baixa renda, ou apenas pela redução com gastos na aquisição de alimentos.

O sistema fossa séptica com círculo de bananeiras apresenta um custo de implantação reduzido em comparação com o sistema fossa séptica biodigestora. Porém os custos de operação e manutenção são semelhantes e ambos proporcionam a produção de alimentos pela fertirrigação.

A dimensão *ambiental* se relaciona aos materiais utilizados no sistema e à destinação do efluente, sem que cause danos ao meio ambiente. O efluente que é reutilizado na irrigação de culturas é mais viável segundo a dimensão ambiental, pois se reduz o consumo de água necessário para essa atividade e também de adubos, devido a presença de elementos químicos que propiciam a adubação do solo, conhecido como fertirrigação.

Com relação aos materiais utilizados, as dimensões ambiental e econômica se complementam. É preciso avaliar a questão custo dos materiais e o seu ciclo de vida. Por exemplo, a utilização de tijolos cerâmicos é mais ambientalmente viável que o uso de anéis de concreto, se analisar o processo de produção de materiais. Porém na aplicação, os anéis de concreto apresentam maior facilidade e otimização do tempo que tijolos de cerâmica, o que reduz os custos com mão-de-obra.

O sistema fossa séptica com círculo de bananeiras permite uma maior variabilidade nos materiais a serem empregados em sua construção, que podem ser adequados aos encontrados na região, ou seja, permite o uso de elementos pré-fabricados ou fabricados no local. Também evita o contato direto das pessoas com o efluente, o que reduz os riscos de doenças.

A dimensão *social* se refere principalmente ao acesso à tecnologia e a questão da produção de alimentos. A facilidade de acesso à tecnologia à população de baixa renda é um fator importante para a construção do sistema de um sistema não convencional. Caso o acesso não existir, a pessoa adotará a solução que possuiu acesso ou é melhor difundida, como por exemplo, o uso de fossas negras, e que nem sempre é a mais adequada as suas necessidades e características ambientais locais.

A falta de informação também impacta na dimensão social. Como foi verificado no manual fornecido para construção do sistema fossa séptica biodigestora faltam informações necessárias para a execução, como em que local deve ser utilizados impermeabilizantes, qual o tipo de junta entre as conexões, a declividade entre as caixas, profundidade da tomada de água efluente entre cada caixa. Isso pode acarretar em execuções inadequadas e prejudicar o funcionamento do sistema, o que torna o sistema mal conceituado pelos usuários.

A tecnologia empregada na fossa séptica é conhecida há diversos anos e muitas questões construtivas foram solucionadas. O acesso a tecnologia é fácil, apresenta regulamentação normativa e sua construção é simples. É importante ter auxílio de um profissional capacitado no processo de construção devido alguns detalhes de projeto. A produção de alimentos para consumo próprio também se relaciona com a dimensão social, pois promover o acesso das pessoas a uma alimentação digna proporciona uma melhor qualidade de vida.

A dimensão *cultural* se refere à aceitabilidade das pessoas pelo sistema. Muitas vezes é difícil convencer as pessoas a aceitar determinado sistema uma vez que confiam nos sistemas que conhecem. A aceitabilidade das pessoas é um fator importante para determinar a facilidade em escolher determinada técnica. A cultura local influencia no processo de tomada de decisão, uma vez que as soluções locais são as mais aceitáveis.

A aceitabilidade do sistema fossa séptica biodigestora e do sistema fossa séptica com círculo de bananeiras é semelhante, pois ambas as técnicas não são difundidas pela população, o que ocasiona questionamento sobre sua eficácia e eficiência, além de rejeição pelo desconhecimento.



A dimensão *política* está relacionada ao processo de tomada de decisão da tecnologia mais adequada às necessidades das pessoas, de forma a possibilitar o acesso das mesmas às informações e promover escolhas conscientes, além de difundir o conhecimento de técnicas alternativas e mais sustentáveis, de acordo com as múltiplas dimensões. Para ambos os sistemas analisados é um processo que ainda precisa ser trabalhado.

Pode-se afirmar que tanto o sistema fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras são mais sustentáveis se comparados ao sistema tradicional (fossa negra ou fossa séptica com sumidouro). Eles proporcionam o reuso da água efluente como fertirrigação de culturas, com produção de alimentos. A principal diferença quanto à sustentabilidade desses dois sistemas são relativos aos materiais necessários para construção, em que o sistema fossa séptica com círculo de bananeiras permite uma maior variação nos materiais a serem utilizados e ao custo do sistema, sendo que o sistema fossa séptica biodigestora é cerca de 30% mais caro. É de responsabilidade do usuário do sistema analisar o quadro de comparação elaborado e verificar suas necessidades locais e disponibilidade de recursos financeiros para tomar a sua decisão.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da sustentabilidade mostra que as dimensões interagem entre si, o que resulta na necessidade de uma análise multidimensional para verificar as suas relações e discutir sobre a sustentabilidade dos sistemas. É fundamental analisar todo o ciclo de vida dos sistemas, desde os materiais envolvidos até seu funcionamento, de modo a verificar se determinado sistema de tratamento de efluentes é mais sustentável, dentro de um contexto local e temporal.

A elaboração de quadro de comparação entre as técnicas de tratamento de efluentes auxilia na análise da sustentabilidade e na tomada de decisão das pessoas quanto às técnicas existentes e as suas necessidades. A comparação entre os sistemas fossa séptica biodigestora e fossa séptica com círculo de bananeiras mostraram que ambos os sistemas são viáveis e mais sustentáveis, comparados ao sistema tradicional, fossa negra.

A diferença está no processo de tratamento do efluente, sendo que o sistema fossa séptica com círculo de bananeiras resulta em processo de manutenção mais simplificado, pois não é preciso manejo do efluente e nem uso de compostos para ativar o sistema. A decisão pelo sistema a ser implantado é de responsabilidade do usuário, que irá adequar a solução às suas necessidades locais.

Além disso, o sistema fossa séptica com círculo de bananeiras apresenta um maior equilíbrio entre as dimensões da sustentabilidade, principalmente com relação às dimensões social e econômica, em virtude de ser uma tecnologia de fácil execução e manutenção, além de utilizar materiais locais. Porém é preciso difundir a tecnologia de forma a possibilitar seu acesso a todas as pessoas de diferentes níveis sociais.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-7229: projeto, construção, operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.15p.
2. COHIM, E., COHIM, F. Reuso de água cinza: a percepção do usuário. In: Congr. Brasil. Eng. Sanit. Ambient, 24., 2007, Belo Horizonte-MG. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007.
3. COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Sistemas de esgotamento sanitários: conhecer o passado para moldar o futuro. In: Congr. Brasil. Eng. Sanit. Ambient, 24., 2007, B. Horizonte. Anais... B. Horizonte: ABES, 2007, II-163. p. 1-11.
4. FAUSTINO, A. S. Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo. S. Carlos, 2007. 102p. Dissertação (Mestrado em Química), UFSCar, S. Carlos, 2007.
5. MARTINETTI, T. H.; TEIXEIRA, B. A. N.; SHIMBO, I. Sistematização e comparação de alternativas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais. In: Congr. Brasil. Eng. Sanit. Ambient, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007, II-360. p. 1-10.
6. NOVAES, A.P.; et al. Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica. Com. Técnico, S. Carlos, v. 1, n .46, p. 1-5, maio 2002. Disponível em: <[www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/download.php?file=CT46\\_2002.pdf](http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/download.php?file=CT46_2002.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2004.



7. SILVA, S.R.M. Indicadores de sustentabilidade urbana: as perspectivas e as limitações da operacionalização de um referencial sustentável. São Carlos, 2000. 200p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), UFSCar, S. Carlos, 2000.