

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA  
MAYKON VINÍCIOS SILVA DA FONSECA**

**AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DA EMATER DE TANQUES DE  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP) COMO ALTERNATIVA AO TRATAMENTO  
DE EFLUENTE DOMÉSTICO EM ZONA RURAL: ASPECTOS CONSTRUTIVOS E  
RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DO SISTEMA**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA  
2018**

**MAYKON VINÍCIOS SILVA DA FONSECA**

**AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DA EMATER DE TANQUES DE  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP) COMO ALTERNATIVA AO TRATAMENTO  
DE EFLUENTE DOMÉSTICO EM ZONA RURAL: ASPECTOS CONSTRUTIVOS E  
RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DO SISTEMA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho.

**SÃO JOÃO EVANGELISTA**

**2018**

#### FICHA CATALOGRÁFICA

F673a Fonseca, Maykon Vinícios Silva da.  
2018

Avaliação da proposta da EMATER de tanques de evapotranspiração (TEVAP) como alternativa ao tratamento de efluente doméstico em zona rural: aspectos construtivos e relação custo-benefício do sistema. / Maykon Vinícios Silva da Fonseca. – 2018.  
59f; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2018.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho.

1. Saneamento básico. 2. Sustentabilidade. 3. Permacultura. I. Fonseca, Maykon Vinícios Silva da. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 628.7

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais  
Campus São João Evangelista

Bibliotecária Responsável: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

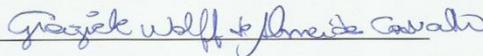
MAYKON VINÍCIOS SILVA DA FONSECA

**AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DA EMATER DE TANQUES DE  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP) COMO ALTERNATIVA AO TRATAMENTO  
DE EFLUENTE DOMÉSTICO EM ZONA RURAL: ASPECTOS CONSTRUTIVOS E  
RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DO SISTEMA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus  
São João Evangelista como exigência parcial  
para obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia.

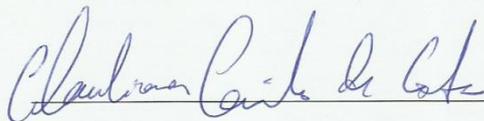
Aprovado em 12/12/2018

BANCA EXAMINADORA



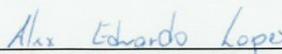
Orientadora Prof. Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Prof. Dr. Claudionor Camilo da Costa

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Me. Alex Eduardo Lopes

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Bambuí

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe, à minha tia Ana Maria e ao meu avô que sempre apoiaram  
os meus estudos.

E a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram com a minha formação.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre estar ao meu lado, guiando minhas escolhas e me dando forças para superar as dificuldades.

À minha família, que representa peça chave de equilíbrio e exemplo em minha vida.

À minha orientadora Professora Dr<sup>a</sup>. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho pelo apoio e paciência atribuídos a mim durante a elaboração e execução deste trabalho.

Muito obrigado a todos que, de alguma forma, contribuíram com a minha formação.

## RESUMO

Os investimentos na área de saneamento básico no Brasil sempre estiveram voltados para os grandes centros populacionais, com menor atenção às zonas rurais e pequenos municípios, trazendo como consequência, impactos ambientais e problemas de saúde pública à população que não tem acesso a esses serviços. Soluções sustentáveis de saneamento podem contribuir para a melhoria das condições de saúde da população, aumentando a oferta de serviços públicos adequados. As variações de tanques de evapotranspiração (Tevap) propõem um tratamento para as águas negras domiciliares, de forma que a água possa ser reutilizada dentro de uma sistemática de cultivo de espécies vegetais. A EMATER vem estimulando os produtores rurais a implantarem Tevap em suas propriedades. Desta forma, esta pesquisa teve por finalidade analisar se um produtor apenas com o auxílio da cartilha entregue pela EMATER-MG consegue construir o Tevap, bem como elencar quais são as vantagens e dificuldades ao longo do processo de construção do sistema, assim como inferir sobre a sua relação custo-benefício. Para isso construiu-se um Tevap piloto visando seguir ao máximo as recomendações da cartilha da EMATER-MG, para tratar efluente de duas pessoas. Salienta-se que a área para a instalação do piloto foi cedida por um produtor da zona rural de Santana do Paraíso-MG que também arcou com todos os custos da instalação do sistema. Foram realizadas análises físico-químicas e bacteriológicas do efluente tratado a fim de obter dados sobre a eficiência do tratamento. Elaborou-se uma planilha financeira onde registrou-se todos os materiais, máquinas e mão-de-obra utilizados na construção do Tevap a fim de obter-se o valor total da obra. Devido à necessidade da realização de adaptações para tornar-se possível a construção do Tevap na propriedade, o valor total da obra mais que dobrou, sendo que por esta razão, optou-se pela elaboração de uma segunda planilha financeira, retirando-se todos os materiais, mão-de-obra e maquinários adicionados ao projeto original, obtendo-se assim o valor total referente à construção do Tevap, indicado pela EMATER. Realizou-se em seguida, uma pesquisa de mercado, buscando-se valores referentes a outros sistemas de tratamento de efluente doméstico indicados para zona rural, comparando-os em seguida com o custo total da obra de construção do Tevap. A cartilha ofertada aos produtores pela EMATER mostrou-se bastante eficiente em relação à etapa construtiva, porém a mesma se mostrou deficiente em relação a alguns aspectos técnicos indispensáveis para a realização correta da construção do Tevap. Em relação ao custo é possível observar que mesmo com a necessidade da realização de adaptações que mais que dobraram o custo inicial, o Tevap se mostrou econômico diante dos demais sistemas orçados. Quanto à eficiência no tratamento do esgoto sanitário observa-se uma boa remoção de parâmetros como sólidos totais, sólidos suspensos totais, turbidez, DQO, e DBO, provavelmente devido à passagem do efluente pelas camadas de areia e solo e por apresentar fluxo ascendente, bem como em função dos processos de decantação, sedimentação, decomposição da matéria orgânica e filtragem pelas raízes das plantas.

**Palavras – chave:** saneamento básico; sustentabilidade; permacultura.

## ABSTRACT

Investments in the area of basic sanitation in Brazil have always been directed at large population centers, with less attention being paid to rural areas and small municipalities, resulting in environmental impacts and public health problems for the population that does not have access to these services. Sustainable sanitation solutions can contribute to improving the population's health conditions by increasing the supply of adequate public services. The variations of evapotranspiration tanks (Tevap) propose a treatment for domestic black waters, so that water can be reused within a system of plant crop cultivation. EMATER has been encouraging rural producers to deploy Tevap on their properties. In this way, this research had the purpose of analyzing if a producer only with the help of the booklet delivered by EMATER-MG manages to construct the Tevap, as well as to indicate the advantages and difficulties throughout the process of construction of the system, as well as to infer about its cost-effectiveness. For this purpose a Tevap pilot was built in order to follow the recommendations of the EMATER-MG primer to treat the effluent of two people. It should be noted that the area for the installation of the pilot was given by a producer from the rural area of Santana do Paraíso-MG that also paid for all the costs of installing the system. Physicochemical and bacteriological analyzes of the treated effluent were carried out to obtain data on the efficiency of the treatment. A financial spreadsheet was prepared in which all the materials, machines and labor used in the construction of Tevap were registered in order to obtain the total value of the work. Due to the need to make adaptations to make possible the construction of Tevap in the property, the total value of the work more than doubled, and for this reason, it was decided to prepare a second financial spreadsheet, withdrawing all materials, labor and machinery added to the original project, thus obtaining the total value for the construction of Tevap, indicated by EMATER. A market research was then carried out, searching for values referring to other domestic effluent treatment systems indicated for rural areas, then comparing them with the total cost of Tevap's construction work. The booklet offered to producers by EMATER proved to be very efficient in relation to the construction phase, but it proved to be deficient in relation to some technical aspects indispensable for the correct realization of the construction of Tevap. Regarding the cost, it is possible to observe that even with the need to make adaptations that more than doubled the initial cost, Tevap proved to be economical compared to other budgeted systems. As for efficiency in the treatment of sanitary sewage, a good removal of parameters such as total solids, total suspended solids, turbidity, COD, and BOD is observed, probably due to the passage of the effluent through the layers of sand and soil and to have upward flow, as well as as in function of decantation processes, sedimentation, decomposition of organic matter and filtration by the roots of the plants.

**Key - words:** basic sanitation; sustainability; permaculture.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Esquema de um tanque de evapotranspiração. ....	15
<b>Figura 2</b> - Despejo do esgoto doméstico da propriedade diretamente nos corpos d'água sem a realização de um devido tratamento antes da construção do Tevap.....	17
<b>Figura 3</b> - Área escolhida para instalação do Tevap antes da limpeza. ....	18
<b>Figura 4</b> - A) Retroescavadeira realizando a escavação do buraco para construção do Tevap. B) Buraco com o fundo e paredes acertados e ferramentas utilizadas para execução da atividade. ....	19
<b>Figura 5</b> - A) Base para as paredes de alvenaria. B) Construção das paredes finalizada. ....	20
<b>Figura 6</b> - Tubulação de entrada do efluente (tubo lado esquerdo da imagem) e tubulação do sumidouro (tubo lado direito da imagem). ....	20
<b>Figura 7</b> - Barreira de proteção contra enxurradas e reboco finalizado. ....	21
<b>Figura 8</b> - A) Distribuição dos pneus para formar a câmara anaeróbica. B) Câmara de pneus finalizada. ....	22
<b>Figura 9</b> - A) Corte realizado na superfície do pneu para penetração do tubo. B) Tubo penetrado até a metade do diâmetro do pneu. ....	22
<b>Figura 10</b> - A) Distribuição da camada de entulho. B) Camada de entulho distribuída.....	23
<b>Figura 11</b> - A) Distribuição da camada de brita. B) Camada de brita distribuída.....	23
<b>Figura 12</b> - A) Distribuição da camada de areia. B) Camada de areia distribuída. ....	23
<b>Figura 13</b> - Camada de solo distribuída.....	24
<b>Figura 14</b> - Distribuição dos sacos rafia para proteção da câmara anaeróbia contra a penetração de areia. ....	24
<b>Figura 15</b> - Plantio das mudas. ....	25
<b>Figura 16</b> - Tevap finalizado. ....	25
<b>Figura 17</b> - A) Aterro finalizado. B) Retroescavadeira e caminhão basculante alugados para realização do aterro.....	28
<b>Figura 18</b> - Esquema de funcionamento de fossas sépticas compostas por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro.....	31
<b>Figura 19</b> - Esquema de funcionamento de biodigestores para tratamento de efluentes domésticos. ....	32
<b>Figura 20</b> - Valores referentes à implantação de sistemas de tratamento de efluentes domésticos. ....	34
<b>Figura 21</b> - Esquema do círculo de bananeiras.....	35

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Esquema comparativo entre os kits de fossas sépticas orçadas.....	30
<b>Tabela 2:</b> Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do efluente do interior do Tevap, encontrados na bibliografia. ....	37
<b>Tabela 3:</b> Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do efluente de saída do Tevap, comparados com dados encontrados na bibliografia. ....	39

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEP	Código de Endereçamento Postal
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMATER-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado de Minas Gerais
EUA	Estados Unidos da América
ISO/IEC	International Organization of Standardization/International Electrotechnical Commission
NBR	Norma Brasileira Aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas
NMP	Número Mais Provável
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
PVC	Policloreto de Vinila
Tevap	Tanque de Evapotranspiração

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1	ÁREA DO EXPERIMENTO.....	17
3.2	SERVIÇOS PRELIMINARES .....	17
3.3	CONSTRUÇÃO DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	19
3.4	ANÁLISE DO SISTEMA .....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
4.1	SERVIÇOS PRELIMINARES .....	28
4.2	CONSTRUÇÃO DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	28
4.3	ANÁLISE DO SISTEMA .....	29
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>
	<b>APÊNDICE A</b> - Tabela de materiais e custo real da construção do Tevap.....	46
	<b>APÊNDICE B</b> - Tabela de materiais e custo da construção do Tevap caso fosse possível a realização da obra sem a necessidade de adaptações.....	48
	<b>ANEXO I</b> - Cartilha elaborada por LEAL (2014) e distribuída pela EMATER-MG, utilizada para execução desta pesquisa, referente ao Tanque de Evapotranspiração (Tevap) .	49
	<b>ANEXO II</b> - Cartilha elaborada por LEAL (2016) e distribuída pela EMATER-MG, referente ao círculo de bananeiras recomendado para a disposição final de águas cinzas e esgotos tratados. ....	54

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo COSTA (2014), os investimentos na área de saneamento básico no Brasil sempre estiveram voltados para os grandes centros populacionais, com menor atenção às zonas rurais e pequenos municípios, trazendo como consequência, impactos ambientais e problemas de saúde pública à população que não tem acesso a esse serviço.

Dentre diversos problemas gerados pela falta de saneamento básico, a falta de esgoto tratado é responsável pelos maiores transtornos à população (SILVA et al., 2016). Por essa razão, GALBIATI (2009), afirma que uma das metas fundamentais do saneamento é tratar as águas residuais, relacionados aos dejetos fecais e de outros efluentes líquidos, de forma que os poluentes microbiológicos e físico-químicos nelas presentes não causem riscos à saúde humana, além da degradação do meio ambiente.

Segundo PAULO & BERNARDES (2009), o esgoto doméstico de acordo com sua composição e origem, pode ser classificado em água cinza ou negra. As águas cinzas são aquelas originadas de pias, chuveiros e lavadoras de roupas, enquanto que as águas negras são aquelas provenientes do vaso sanitário, composto principalmente por água, urina e fezes (contendo portanto a maior quantidade de matéria orgânica e apresentando maior risco de contaminação).

O lançamento de esgoto doméstico diretamente nos recursos hídricos sem tratamento geram problemas que atingem a zona urbana e rural. A coleta e tratamento em zonas urbanas geralmente são objetos da política de saneamento dos municípios, mas raramente, as regiões afastadas dos centros urbanos, como as rurais, são contempladas nesses planos, necessitando de alternativas de tratamentos de esgoto viáveis, acessíveis e que apresentem resultados satisfatórios. Nesses locais onde não existe acesso às redes públicas de esgoto, é comum a utilização de fossas sépticas, conhecidas popularmente como “fossas rudimentares”, ou o lançamento dos efluentes domésticos diretamente nos cursos de água, comprometendo a qualidade dos rios, dos lençóis freáticos e de todos os ecossistemas relacionados.

Soluções sustentáveis de saneamento podem contribuir para a melhoria das condições de saúde da população, aumentando a oferta de serviços públicos adequados. De acordo com GALBIATI (2009), as variações de tanques de evapotranspiração (Tevap), propõem um tratamento para as águas negras domiciliares, de forma que a água possa ser reutilizada dentro de uma sistemática de cultivo de espécies vegetais com grande capacidade evapotranspirativa, cuja produção pode ser consumida.

Vários são os modelos de Tevap propostos e defendidos por seus adaptadores. A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais – EMATER-MG, desde 2016, vem entregando à população uma cartilha contendo a explicação de um passo a passo de como realizar a construção de um desses modelos, defendido como eficiente pela empresa, estimulando-se assim os produtores rurais a implantarem Tevap em suas propriedades (Anexo I). Desta forma, com esta pesquisa objetivou-se analisar se um produtor, apenas com o auxílio da cartilha entregue pela EMATER-MG, consegue construir o Tevap, bem como elencar quais são as vantagens e dificuldades ao longo do processo construtivo, assim como inferir sobre a sua relação custo-benefício, além de comparar o Tevap com outros sistemas de tratamento de efluente doméstico disponíveis no mercado e indicados para zonas rurais.

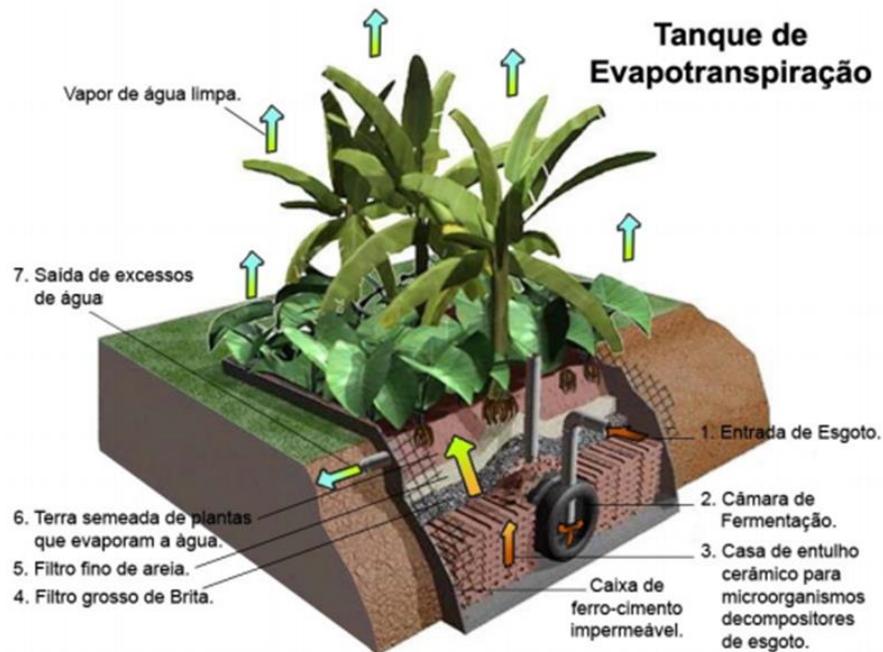
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme VIEIRA (2010), o Tanque de Evapotranspiração (Tevap) é um sistema de tratamento e reaproveitamento dos nutrientes do efluente proveniente do vaso sanitário, criado pelo permacultor Tom Watson, nos EUA, com nome de “Watson Wick” e adaptado por vários permacultores brasileiros. GALBIATI (2009) caracteriza o Tevap como um tanque retangular impermeabilizado preenchido por camadas de substratos de diferentes granulometrias, onde espécies vegetais que possuem alta demanda de água e rápido crescimento são plantadas.

Dentre as plantas que podem ser utilizadas para plantio nos tanques GALBIATI (2009) cita: bananas (*Musa* sp.); inhames e taiobas (*Colacasia* sp.); mamoeiro (*Carica papaya*); ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia* spp.) e junco (*Zizanopsis bonariensis*).

De acordo com a cartilha distribuída pela EMATER-MG, elaborada por Leal (2014) (Anexo I), o Tevap deve ser construído com uma largura fixa de 2 m e uma profundidade também fixa igual a 1 m, enquanto que o comprimento é variável de acordo com o número de moradores presentes na propriedade, sendo de 2,5 m para cada dois moradores. O primeiro passo para construção é a escolha do local adequado, devendo este ser aberto e com incidência solar alta e constante para otimizar a evapotranspiração no sistema. Depois da escolha do local realiza-se a abertura de uma trincheira seguido da impermeabilização de toda sua extensão através da técnica do ferro-cimento (uso de tela de viveiro de pássaros pregada com grampos para cerca em toda a extensão do tanque e uma camada de cimento de aproximadamente 2 cm). Posteriormente faz-se a disposição da câmara de pneus no sentido do comprimento do tanque, colocando-se um rente ao outro podendo ser escorados com pedras para não tombarem. Seguidamente é realizada a disposição das camadas com diferentes granulometrias de baixo para cima que servirão como filtro, sendo 45 cm de entulho, 10 cm de brita, 10 cm de areia e 35 cm de solo respectivamente e por último faz-se o plantio das plantas que serão responsáveis pela evapotranspiração da água ali presente (Figura 1).

**Figura 1** - Esquema de um tanque de evapotranspiração.



**Fonte:** Ecoeficientes, 2013.

Conforme GALBIATI (2009), VIEIRA (2010) e SILVA et al. (2016), o efluente do vaso sanitário entra pela porção inferior do tanque, através de uma tubulação normalmente de 100 mm direcionada à câmara de recepção (câmara de pneus), onde começa a digestão anaeróbia e mineralização do efluente, em seguida, o efluente passa por um filtro anaeróbico de fluxo ascendente, composto por camadas de entulho cerâmico e pedras, a fim de reter o material sólido presente no efluente. A parte sólida se deposita na câmara e os líquidos extravasam livremente. Com o aumento do nível do efluente no tanque, o conteúdo preenche também as camadas superiores, de brita e areia, até entrar em contato com a camada de solo, onde por fim ocorre a ascensão do efluente por capilaridade e a água e os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas e adicionados à biomassa da mesma, enquanto que a água sai do sistema através da evapotranspiração das plantas e evaporação no solo. Em condições normais de funcionamento, o tanque de evapotranspiração não apresenta efluente final e, portanto desta forma, não há como poluir o solo ou o risco de algum microrganismo patogênico sair do sistema, sendo essa sua maior vantagem.

Segundo VIEIRA (2010), o funcionamento do Tevap é descrito pelas seguintes etapas:

**a) Fermentação**

A água negra é decomposta pelo processo de fermentação (digestão anaeróbica)

realizado pelas bactérias na câmara bio-séptica de pneus e nos espaços criados entre os componentes do entulho distribuído no entorno da câmara.

**b) Percolação**

Como a água está aprisionada no interior do tanque ela percola de baixo para cima e com isso, depois de separada dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas, 99% limpas.

**c) Evapotranspiração**

Através da evapotranspiração realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas (bananeiras, mamoeiros, caetés, taioba, etc.), a água limpa é devolvida ao meio ambiente. Além disso, as plantas também consomem os nutrientes produzidos em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia nunca encha.

GALBIATI (2009), através de seus estudos afirma que apesar do Tevap não ser propriamente um sistema de tratamento de esgoto para o qual se possa aplicar o conceito de “eficiência” pelo qual se avalia a diferença entre a qualidade do esgoto que entra e o que sai do tanque, a observação dos valores obtidos nas análises físico-químicas auxiliam no entendimento do funcionamento do sistema. De acordo com GALBIATI (2009) e SILVA et al., (2016), observa-se uma boa remoção de sólidos suspensos totais e turbidez, provavelmente devido à passagem do efluente pelas camadas de areia e solo e por apresentar fluxo ascendente, ocorrendo o mesmo com os níveis de DQO (demanda química de oxigênio) e DBO (demanda bioquímica de oxigênio).

SILVA et al. (2016) estimaram que 80% do efluente saia do tanque através do processo de evapotranspiração, sendo este um dado bastante positivo para o sistema, que segundo os autores comprova sua viabilidade para implementação já que se trata de um sistema de baixo custo e com pouca quantidade de efluente final produzida.

De acordo com os estudos realizados por Santos e Athayde-Júnior (2008), o efluente que eventualmente pode sair do tanque possui a presença de nutrientes como fósforo (P) e nitrogênio (N), podendo assim possivelmente ser utilizado na irrigação, como fertilizante ou lançado diretamente na rede de infiltração superficial no solo.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DO EXPERIMENTO

O estudo foi conduzido em uma área cedida por um produtor rural em sua propriedade denominada Fazenda Água Viva, localizada à latitude 19°18'37''S e longitude 42°35'6''O, no município de Santana do Paraíso - Minas Gerais, pertencente à Região Metropolitana do Vale do Aço, localizando-se a leste da capital do estado, distando-se desta cerca de 237 km. Enfatiza-se que antes da construção do Tevap, todo o esgoto doméstico gerado pela propriedade, assim como ocorre na maioria das propriedades vizinhas, era despejado diretamente no corpo de água próximo sem a realização de um devido tratamento (Figura 2), podendo causar a degradação do manancial de água da região, além de ser um possível meio de propagação de doenças em meio à população local.

**Figura 2** - Despejo do esgoto doméstico da propriedade diretamente nos corpos de água sem a realização de um devido tratamento antes da construção do Tevap.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

#### 3.2 SERVIÇOS PRELIMINARES

Antecedendo à construção do Tevap, com a ajuda do produtor e baseando-se na NBR 7.229/1993 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que regulamenta projetos, construções e operações de sistemas de tanques sépticos, escolheu-se o local mais adequado para a sua instalação, respeitando-se as seguintes distâncias horizontais mínimas estabelecidas pela norma:

- 1,5 m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água;
- 3,0 m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água;
- 15 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza (ABNT, 1993);

Após a escolha do local, fez-se necessário a sua limpeza, retirando-se materiais presentes na área como restos de materiais de construção (tijolos, brita, ferragens e entulhos), e cortando-se algumas árvores frutíferas (goiabeiras, bananeiras e cafeeiros) e florestais (eucaliptos) (Figura 3), para promover a abertura do mesmo de forma a permitir que este venha a receber uma boa insolação ao decorrer do dia, visando a maximização das taxas evapotranspirativas do tanque, possibilitando-se assim o aumento de sua eficiência no tratamento do efluente.

**Figura 3** - Área escolhida para instalação do Tevap antes da limpeza.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

Em seguida, com base nas orientações da cartilha elaborada por LEAL (2014), e distribuída pela EMATER-MG, realizou-se o dimensionamento do Tevap, visando atender às duas pessoas residentes na propriedade, tendo, portanto, uma profundidade de 1m (padrão), uma largura igual a 2 m (padrão) e um comprimento equivalente a 2,5 m (estabelecido em função do número de moradores presentes na residência, sendo o recomendado na cartilha de 2,5 m para cada dois moradores fixos).

### 3.3 CONSTRUÇÃO DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Para execução da obra foram necessários os seguintes materiais:

- 13 sacos de cimento;
- 1 impermeabilizante de 18 litros;
- 120 blocos de concreto 14x19x39 cm;
- 32 blocos cerâmicos 09x19x29 cm;
- 14 pneus;
- 3 tubos em PVC de 100 mm;
- 2 tubos em PVC de 50 mm;
- 2,25 m<sup>3</sup> de entulho;
- 1 m<sup>3</sup> de brita;
- 2,5 m<sup>3</sup> de areia média;
- 1,75 m<sup>3</sup> de solo;
- 2 mudas de bananeiras; e
- 4 mudas de inhame rosa.

A construção do Tevap foi realizada entre os dias 23 e 26 de julho de 2017, visando seguir ao máximo as recomendações da cartilha. Após a locação e dimensionamento do tanque realizou-se a marcação do mesmo e posteriormente a sua escavação, realizada por uma retroscavadeira, contratada pelo produtor (Figura 4 A). Em seguida acertou-se o fundo e as paredes da trincheira utilizando-se uma escavadeira de uma boca, uma enxada, uma pá e um soquete improvisado de madeira, para deixa-lo com a profundidade de 1m recomendada pela cartilha (Figura 4 B).

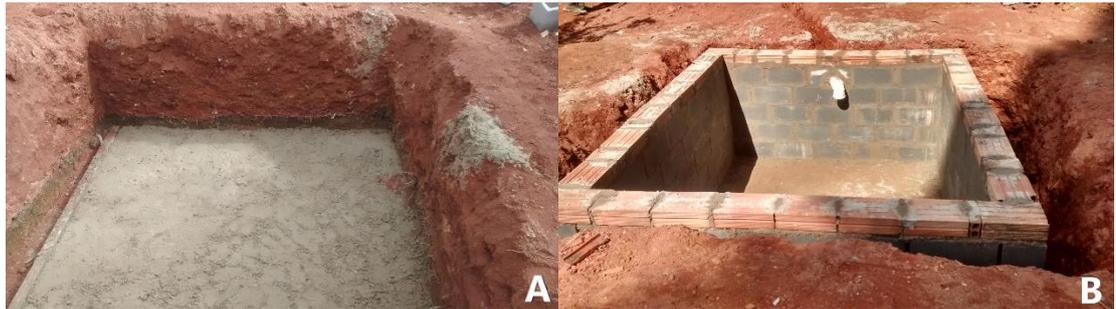
**Figura 4** - A) Retroscavadeira realizando a escavação do buraco para construção do Tevap. B) Buraco com o fundo e paredes acertados e ferramentas utilizadas para execução da atividade.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

Posteriormente, utilizando-se uma massa de concreto com o traço 1:2,5:4 (sendo uma medida de cimento para duas medidas e meia de areia e quatro medidas de brita), construiu-se um piso com 6 cm de espessura, para servir de base para as paredes (Figura 5 A). Em seguida, utilizando-se o mesmo traço, realizou-se o enchimento dos blocos, concluindo-se assim à construção dessas. (Figura 5 B).

**Figura 5** - A) Base para as paredes de alvenaria. B) Construção das paredes finalizada.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

Enfatiza-se que a tubulação de 100 mm responsável por efetuar o despejo dos dejetos dentro do Tevap e a tubulação do sumidouro de 50 mm, foram instaladas durante à construção das paredes, de forma a facilitar tal operação, melhorando-se ainda o acabamento (Figura 6).

**Figura 6** - Tubulação de entrada do efluente (tubo lado esquerdo da imagem) e tubulação do sumidouro (tubo lado direito da imagem).



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

Para evitar que a água de enxurradas possa vir a adentrar o tanque em um evento de precipitação, as paredes foram construídas com o mesmo 1 m recomendado pela cartilha como profundidade padrão para o Tevap, ultrapassando-se 10 cm do nível da superfície do solo, criando-se assim uma barreira de proteção (Figura 7). Para a realização do chapisco e reboco das paredes utilizou-se uma argamassa com o traço 1: 2 (uma parte de cimento para duas partes de areia), enquanto que para o fundo, utilizou-se uma argamassa com o traço 1:3 (uma parte de cimento para três partes de areia), sendo ambos executados com os 2 cm de espessura recomendados por Leal (2014) (Figura 7). Destaca-se que adicionou-se à argamassa um impermeabilizante comercial de acordo com as recomendações do fabricante, de modo a aumentar-se a segurança da impermeabilização. Realizou-se em seguida, um teste da impermeabilidade do Tevap, adicionando-se um pouco de água ao mesmo, prosseguindo-se com o seu preenchimento, somente após a confirmação desta.

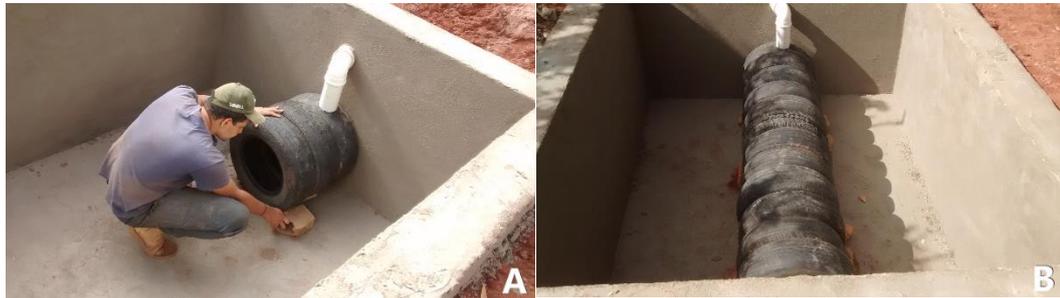
**Figura 7** - Barreira de proteção contra enxurradas e reboco finalizado.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

Após a impermeabilização do tanque, distribuiu-se os pneus de forma centralizada no sentido do comprimento, encaixando-os lado a lado, sem nenhum tipo de rejunte, utilizando-se apenas pedras para mantê-los em pé e na posição desejada, formando-se assim a câmara anaeróbia, onde atuarão as bactérias anaeróbicas responsáveis pela degradação dos dejetos, transformando-os em nutrientes, através, da mineralização destes, tornando-os disponíveis para serem absorvidos juntamente com a água pelas raízes dos vegetais que compõem o sistema (Figura 8).

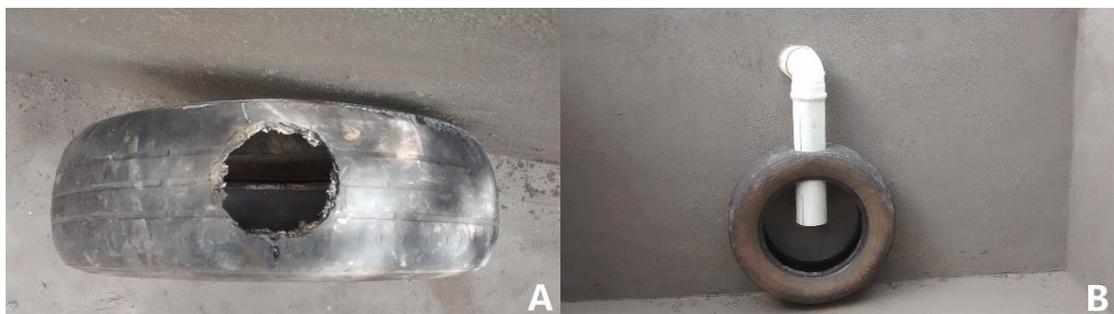
**Figura 8** - A) Distribuição dos pneus para formar a câmara anaeróbica. B) Câmara de pneus finalizada.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

Como a parte da tubulação que chega ao tanque trazendo o esgoto sanitário já havia sido instalada durante a construção das paredes, só se fez necessário o uso de um joelho de 90° para direcioná-la para dentro da câmara de pneus. Para isso, realizou-se um corte circular com as medidas do diâmetro da tubulação na superfície de um dos pneus, penetrando-a em seguida no mesmo até chegar à metade de seu diâmetro (Figura 9).

**Figura 9** - A) Corte realizado na superfície do pneu para penetração do tubo. B) Tubo penetrado até a metade do diâmetro do pneu.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

Depois da confecção da câmara de pneus, acrescentou-se uma camada de 45 cm de entulho (pedaços de telha, tijolos, cerâmica e pedras dentre outros) que servirá como primeira camada de filtragem (Figura 10), acrescentando-se em seguida uma camada de 10 cm de brita (Figura 11), posteriormente uma camada de 10 cm de areia (Figura 12), e por fim uma camada de 35 cm de solo (Figura 13). Entre as camadas de brita e areia colocou-se sacos rafia vazios para evitar que a areia adicionada possa vir a escorrer em meio a camada de brita e que em seguida possa adentrar a câmara de pneus prejudicando o processo de degradação dos dejetos (Figura 14). A camada de solo foi distribuída de forma arqueada, ou seja, mais alta no

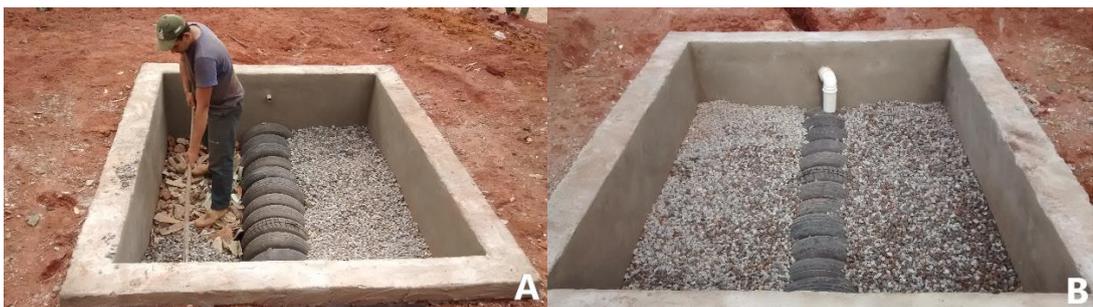
centro (acima do nível da borda), e mais baixa nas laterais, de forma que ao ocorrer uma precipitação, a água possa escorrer superficialmente para fora do Tevap, evitando-se assim possíveis alagamentos.

**Figura 10 - A) Distribuição da camada de entulho. B) Camada de entulho distribuída.**



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

**Figura 11 - A) Distribuição da camada de brita. B) Camada de brita distribuída.**



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

**Figura 12 - A) Distribuição da camada de areia. B) Camada de areia distribuída.**



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

**Figura 13** - Camada de solo distribuída.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

**Figura 14** - Distribuição dos sacos rafia para proteção da câmara anaeróbia contra a penetração de areia.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

Posteriormente à distribuição das camadas de diferentes granulometrias no interior do tanque, finalizando-se o processo de construção do Tevap, realizou-se o plantio de duas mudas de bananeiras (*Musa* sp.) e quatro mudas inhame (*Colacasia* sp.), espécies de folhas largas recomendadas pela cartilha da EMATER, podendo portanto, apresentar índices satisfatórios de evapotranspiração (Figuras 15 e 16).

**Figura 15** - Plantio das mudas.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

**Figura 16** - Tevap finalizado.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

### 3.4 ANÁLISE DO SISTEMA

Uma planilha financeira registrando todos os materiais, máquinas e mão-de-obra utilizados na construção do Tevap foi elaborada logo após a sua conclusão a fim de obter-se o valor total da obra (Apêndice A). Devido à necessidade da realização de adaptações para tornar-se possível a construção do Tevap na propriedade, o valor total da obra mais que dobrou, sendo que por esta razão, optou-se por realizar a elaboração de uma segunda planilha financeira, retirando-se todos os materiais, mão de obra e maquinários adicionados ao projeto original, obtendo-se assim o valor total, referente a construção do Tevap indicado pela

EMATER possibilitando-se assim uma comparação justa com outros sistemas presentes no mercado (Apêndice B).

Posteriormente, realizou-se uma pesquisa de mercado, buscando-se valores referentes a outros sistemas de tratamento de efluente doméstico indicados para zona rural, comparando-os em seguida com o custo total da obra de construção do Tevap, sendo que para esse comparativo, denominou-se Tevap 1, o sistema adaptado para realização desta pesquisa e Tevap 2 o sistema original descrito pela cartilha.

Enfatiza-se que as identidades das empresas que disponibilizaram os orçamentos que foram utilizados para realização do comparativo com o Tevap foram resguardadas, pois não foram solicitados às mesmas autorizações para divulgação de seus nomes. Em razão disso os sistemas de tratamentos de esgoto orçados serão tratados com o nome do tipo de sistema, seguido de uma numeração para diferenciar sistemas parecidos.

Ao todo foram obtidos cinco orçamentos de empresas diferentes, sendo que desses, três tratam-se de fossas sépticas, recebendo portando essa denominação, seguido dos números 1, 2 e 3, e os outros dois são biodigestores, designados, portanto dessa forma, seguido dos números 1 e 2.

Em ocasião da ocorrência de extravasamentos de efluente do sistema, por meio do tubo de 50 mm instalado na lateral do tanque em meio à camada de solo, foram coletadas três amostras para análises físico-químicas e bacteriológicas. No laboratório Certificar Ltda., CNPJ: 11.166.489/0001-92, situado na Rua Berilo, CEP: 35162-031, número 345, bairro Iguaçu, na cidade de Ipatinga-MG, foram realizadas análises de: Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Demanda Química de Oxigênio – DQO, pH, Sólidos dissolvidos totais, Sólidos suspensos totais, Sólidos sedimentáveis, Sólidos totais, Fósforo total, Nitrogênio total, Coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) e Coliformes totais segundo procedimento padrão do laboratório. Enfatiza-se que as amostras foram coletadas utilizando-se recipientes plásticos, previamente esterilizados, disponibilizados pelo próprio laboratório, para que não ocorressem interferências externas nos futuros resultados. O laboratório Certificar possui competência reconhecida pela Rede Metrológica de Minas Gerais, processo N° 436.01, em relação à Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2005 – Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibragem.

Os resultados das análises foram comparados às Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) número 357/2005 que “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências” (BRASIL, 2005) e número

430/2011 que “Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA” (BRASIL, 2011), a fim de verificar a possibilidade de utilizar o efluente tratado como irrigação na propriedade ou outra destinação. Posteriormente realizou-se uma inferência sobre o custo-benefício do sistema proposto pela EMATER-MG.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 SERVIÇOS PRELIMINARES

Em função do lençol freático na propriedade ser livre (cerca de 60 cm de profundidade no local escolhido para instalação do Tevap), tornou-se necessário a realização de um aterro na área para poder atender a profundidade padrão de 1 m estabelecida pela cartilha (Figura 17 A). Para execução deste, o proprietário alugou uma retroescavadeira e um caminhão basculante por um período total de seis horas (Figura 17 B). Salienta-se que a terra utilizada para efetuação do aterro foi coletada na própria propriedade em um barranco localizado à aproximadamente 150 m do local de realização da construção do sistema.

**Figura 17 -** A) Aterro finalizado. B) Retroescavadeira e caminhão basculante alugados para realização do aterro.



**Fonte:** Própria do autor, 2017.

### 4.2 CONSTRUÇÃO DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Para a execução da obra, tentou-se ao máximo seguir as recomendações expostas por Leal (2014) em sua cartilha, porém, durante a sua realização, tornou-se necessário a realização de algumas adaptações para possibilitar que a pesquisa continuasse em andamento. Adaptações essas como a realização do aterro citado anteriormente.

Para evitar uma possível contaminação do solo e do lençol freático pelos dejetos e visando a máxima economia, Leal (2014), recomenda a impermeabilização do tanque através de uma técnica conhecida como ferro-cimento, onde primeiramente molham-se as paredes e o fundo do mesmo com água, aplicando-se posteriormente, uma camada de chapisco diretamente sobre a terra. Utilizando-se grampos para cerca (devido ao favorecimento em função de seu formato em “U”), prega-se tela própria para viveiro de pássaros em toda a

extensão do tanque e em seguida, realiza-se um novo chapisco seguido de um reboco de 2 cm. O concreto utilizado tanto para chapisco quanto para o reboco, deve ser preparado com uma mistura de 2 a 3 partes de areia para 1 parte de cimento.

Em decorrência da necessidade de realização do aterro, mesmo com a compactação realizada pela retroescavadeira durante a sua execução, ao realizar a escavação do tanque, suas paredes apresentaram pouca sustentação, provocando deslizamentos de terra para dentro do mesmo ao sofrerem qualquer tipo de impacto, impossibilitando o uso da técnica recomendada. Como solução para tal problema optou-se por realizar a construção das paredes do tanque com blocos de concreto estrutural 020, com as dimensões 14x19x39 cm, para assim obter-se uma sustentação semelhante à que seria obtida caso o buraco para instalação do Tevap fosse escavado em terra virgem.

Durante a execução do projeto notou-se que a cartilha ofertada aos produtores pela EMATER, mostrou-se bastante eficiente em relação à etapa construtiva, porém a mesma se mostrou deficiente em relação a alguns aspectos técnicos indispensáveis para realização correta da construção do Tevap, principalmente com relação aos estudos e atividades preliminares, onde, em nenhum momento a mesma cita a NBR 7.229/1993 da ABNT, que regulamenta projetos, construções e operações de sistemas de tanques sépticos. Porém pode-se notar que a intenção principal da cartilha é chamar a atenção da população rural para importância de se ter um sistema de coleta e tratamento de esgoto em suas propriedades, alertando-os que para isso os mesmos não precisam desembolsar grandes quantias de dinheiro, oferecendo a eles uma opção ecológica, simples, de baixo custo e eficiente.

Durante todo o processo construtivo do Tevap manteve-se contato constante com um técnico da EMATER, que sanou todas as dúvidas que foram surgindo, tornando-se assim mais fácil a execução da obra. Dessa forma, como a própria cartilha destaca, é recomendado que todos os interessados em instalar Tevap em suas propriedades, solicitem o auxílio de um técnico da EMATER para que este possa dar orientações durante a sua construção, para que o projeto seja executado com sucesso, evitando-se assim, que ocorra algum erro que possa vir a prejudicar o funcionamento do sistema, ou a causar a contaminação do solo e corpos d'água presentes na propriedade, por exemplo, através de uma impermeabilização mal feita, que poderia gerar extravasamentos de seu conteúdo líquido através de infiltrações pelo piso ou pelas paredes.

#### 4.3 ANÁLISE DO SISTEMA

Dos cinco orçamentos obtidos para comparação com Tevap, três tratam-se de sistemas de fossas sépticas, compostas por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro, enquanto que os outros dois sistemas tratam-se de biodigestores. Como as três fossas sépticas orçadas apresentam grande semelhança, diferenciando-se apenas em suas dimensões, optou-se por elaborar uma tabela qualitativa de comparação dos sistemas (Tabela 1).

**Tabela 1:** Esquema comparativo entre os kits de fossas sépticas orçadas.

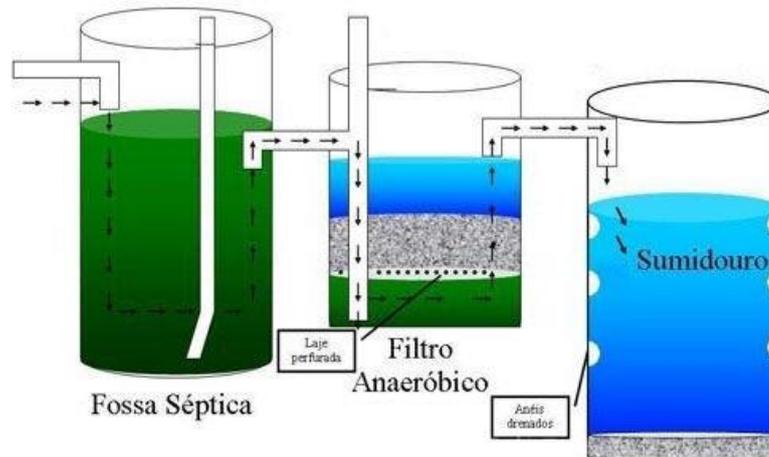
<b>Equipamentos</b>	<b>Fossa Séptica 1</b>	<b>Fossa Séptica 2</b>	<b>Fossa Séptica 3</b>
Tanque séptico	Volume 1,81 m <sup>3</sup>	Volume 1,53 m <sup>3</sup>	Volume 2,7 m <sup>3</sup>
Filtro anaeróbio	Volume 1,36 m <sup>3</sup>	Volume 1,02 m <sup>3</sup>	Volume 2,7 m <sup>3</sup>
Sumidouro	Volume 1,81 m <sup>3</sup>	Volume 2,04 m <sup>3</sup>	-

Como observado na tabela 1, todos os três sistemas tratam-se de kits de fossas sépticas com sistema de tratamento do efluente através de tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro. De acordo com as informações dos fabricantes contidas nos orçamentos é possível observar que todas as três fossas possuem o mesmo sistema de funcionamento (Figura 18) e são produzidas com o mesmo material, ou seja, polietileno de alta densidade (PEAD), 100% impermeável, possibilitando o tratamento de esgoto sem riscos de contaminação, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Primeiramente, por meio de uma tubulação de entrada, o efluente sanitário é recebido no tanque séptico, onde inicia-se o processo de digestão anaeróbia. Dentro deste, ocorre a separação entre os sólidos e os líquidos, sendo que os sólidos por serem mais densos permanecem no fundo do tanque, enquanto que o efluente líquido concentra-se na parte superior, onde há a presença de uma tubulação de saída responsável por encaminhar este para o próximo estágio do tratamento, ou seja, o filtro anaeróbio de fluxo ascendente. O filtro anaeróbio é responsável por elevar a eficiência do tratamento do efluente, promovendo a redução da carga orgânica acima de 80%, através da retenção das partículas de lodo formadas e arrastadas da fossa séptica. O meio filtrante, normalmente, é composto de britas, porém pode-se utilizar também outros materiais que apresentem uma área superficial equivalente, como na Fossa séptica 3 que utiliza como meio filtrante um refil constituído de fibra de vidro enovelada. Nesses sistemas, o líquido depois de filtrado é encaminhado para o sumidouro, que consiste em um buraco escavado no solo com as dimensões calculadas em função da vazão do líquido e da permeabilidade do solo. No fundo deste há uma camada de brita geralmente de 50 cm e em seu centro coloca-se um recipiente oco, que receberá o efluente do filtro e o

distribuirá radialmente, através de orifícios em seu costado, para o leito de brita que deve preencher o espaço externo do recipiente.

**Figura 18** - Esquema de funcionamento de fossas sépticas compostas por tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro.

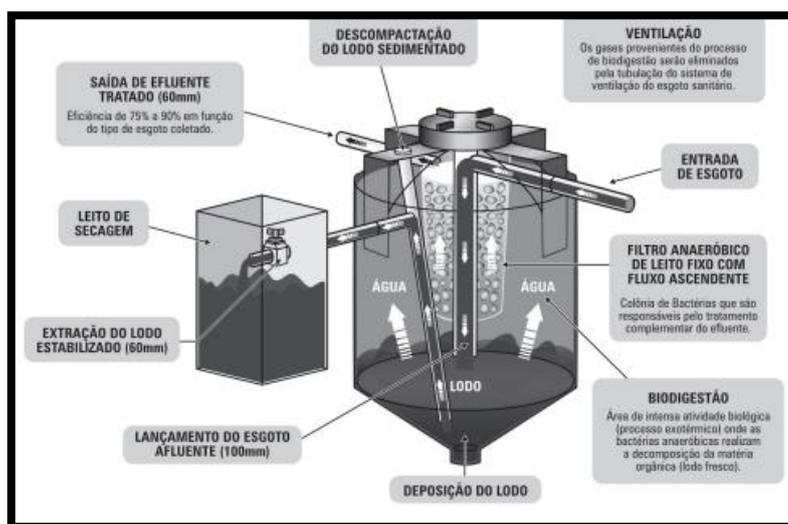


**Fonte:** Tubolar Meio Ambiente, 2015.

Os Biodigestores orçados, assim como as fossas sépticas 1, 2 e 3 são muito similares, diferenciando-se em suas dimensões, e também nos componentes de seus kits. O biodigestor 1 possui capacidade para um volume equivalente a  $2,1 \text{ m}^3$ , e o seu kit apresenta uma caixa gradeada com  $0,17 \text{ m}^3$ , responsável por realizar um tratamento primário do efluente, funcionando como um pré-filtro, retendo sólidos inorgânicos como plásticos e absorventes, e uma caixa de inspeção também com  $0,17 \text{ m}^3$ , utilizada para verificar qualquer problema de entupimento no caminho do esgoto, sendo portanto as manutenções realizadas através desta. O biodigestor 2 por outro lado apresenta capacidade para um volume equivalente a  $1 \text{ m}^3$  e o seu kit além do biodigestor, acompanha um biodegradador de 500 gramas composto por microrganismos que aceleram o processo de degradação da matéria orgânica como: *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus polymyxa* e *Pseudomonas fluorescens*.

De acordo com as informações dos fabricantes contidas nos orçamentos é possível observar que ambos biodigestores possuem o mesmo sistema de funcionamento. Primeiramente o esgoto doméstico é conduzido até o fundo do biodigestor, onde esse passa por um processo de biodigestão anaeróbia (sem a presença de oxigênio), que transforma a matéria orgânica em lodo estabilizado, biogás e esgoto tratado (Figura 19).

**Figura 19** - Esquema de funcionamento de biodigestores para tratamento de efluentes domésticos.



**Fonte:** Acqualimp, 2016.

O lodo fica retido no fundo do recipiente e permite ao produtor duas opções de descarte, seja através de uma tubulação ligada a um leito de secagem (onde a extração do lodo é feita automaticamente por carga hidráulica, não havendo necessidade de bombeamento ou preenchimento de água), ou através de um caminhão limpa-fossa. O leito de secagem deve ser construído em alvenaria com as paredes sem revestimento, nas dimensões recomendadas no manual de instalação disponibilizado pelas empresas que comercializam os biodigestores, devendo o fundo deste, ser deixado em terra aparente para facilitar a absorção da parte líquida do lodo estabilizado pelo solo. A parte orgânica por outro lado, ficará retida, de forma que à medida que ocorra a perda de umidade essa se transformará em um pó de coloração escura que poderá ser utilizado como adubo, especialmente em jardins e hortas. A escavação para construção do leito de secagem deve ser realizada próximo ao biodigestor, porém fora da região de escavação deste, sendo a posição para escavação, determinada em função da altura do registro de saída do lodo, devendo, portanto, o volume útil do leito de secagem estar abaixo do registro a fim de não permitir a submersão deste no lodo extraído. Na parte superior do leito de secagem, deve-se realizar a construção de uma boca de inspeção com tampa, de forma que, seja permitido o fácil acesso para manobra do registro, limpeza e manutenção.

De acordo com TEIXEIRA (2005), o Biogás é o produto gerado através da decomposição natural de qualquer substância orgânica (como dejetos de animais, resíduos

vegetais entre outros) em razão da ação de bactérias metanogênicas, sem a presença de ar, sendo o processo, portanto, denominado anaeróbio.

Conforme Metz (2013), o biogás é composto por cerca de 65% de gás metano ( $\text{CH}_4$ ) e cerca de 35% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), porém pode-se encontrar ainda em concentrações correspondentes a no máximo 1% da mistura gases como nitrogênio ( $\text{N}_2$ ), hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Segundo Pompermayer (2003), Teixeira (2005) e Coldbella (2008), o poder calorífico do biogás depende da concentração de metano nele existente, estando situado normalmente na faixa entre 5.000 e 6.000  $\text{kcal m}^{-3}$ . Optando-se pela utilização de biodigestores para o tratamento de esgoto doméstico em suas propriedades, os produtores poderão optar por através da instalação de uma tubulação, utilizar o biogás para cocção de alimentos e abastecimento elétrico das atividades produtivas desenvolvidas na propriedade ou queimá-lo.

O esgoto tratado, assim como no caso das fossas sépticas, pode ser encaminhado para um sumidouro, ou então ser utilizado para irrigação, caso atenda os padrões estabelecidos pela resolução do CONAMA – Número 357, de 17 de março de 2005.

Como pode-se observar, tanto as fossas sépticas quanto os biodigestores orçados para a execução da pesquisa, possuem sistemas de funcionamento similares ao do Tevap, onde as bactérias anaeróbicas atuam sobre os dejetos degradando-os, promovendo assim a redução da matéria orgânica através de sua atividade, gerando subprodutos como metano, gás sulfídrico e outros resíduos como o lodo.

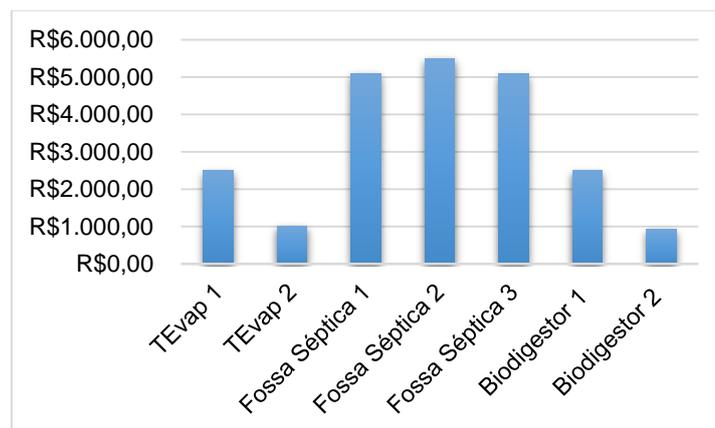
No Tevap, ao contrário dos demais sistemas aqui descritos, ocorre a incorporação da matéria orgânica na biomassa das plantas que fazem parte do sistema, não necessitando da retirada do lodo formado em curto prazo, sendo essa uma grande vantagem em relação aos demais sistemas. Entretanto, com o passar do tempo, em um prazo ainda sem consenso, forma-se um biofilme de lodo em meio às camadas filtrantes, podendo dessa forma prejudicar o funcionamento normal do sistema. Nesta situação, o produtor poderá optar por esvaziar o Tevap e prosseguir com um novo preenchimento adicionando-se novos materiais (podendo aproveitar os pneus da câmara anaeróbica), ou construir um novo sistema utilizando o atual apenas como elemento paisagístico.

Nas fossas sépticas e nos biodigestores por outro lado, se faz necessário a retirada do lodo, sendo que nas fossas sépticas essa atividade deve ser realizada a cada três ou cinco anos dependendo da capacidade de armazenamento do tanque séptico ou quando este estiver saturado, já nos biodigestores por serem um sistema compacto contendo o tanque séptico e o filtro no mesmo volume, a retirada do lodo deve ser realizada no máximo de ano em ano,

sendo o recomendado pelas empresas a cada seis meses. Os biodigestores, entretanto, apresentam uma vantagem em relação às fossas sépticas, pois enquanto que nessas a retirada do lodo deve ser realizada por um caminhão-limpa fossa, nos biodigestores caso o produtor opte por realizar a construção do leito de secagem, o lodo pode ser transformado em biofertilizante que poderá ser utilizado como adubo em jardins ou hortas, diminuindo-se assim os gastos com manutenção.

Em relação ao custo é possível observar através da figura 20 que os kits de fossas sépticas com sistema de tratamento do efluente através de tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro, apresentam os maiores valores quando comparados aos biodigestores e Tevap (mesmo com a necessidade da realização de adaptações que mais que dobraram o seu custo inicial).

**Figura 20** - Valores referentes à implantação de sistemas de tratamento de efluentes domésticos.



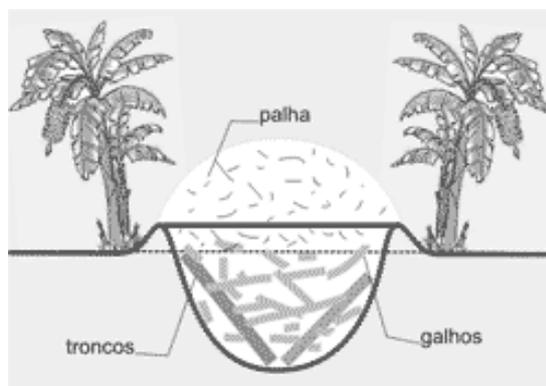
Comparando o custo de implantação dos biodigestores com o Tevap, pode-se notar que o biodigestor 1, que apresenta um volume útil maior e um kit mais completo e seguro em relação ao biodigestor 2, possui um custo equivalente ao custo que se teve para implantar o Tevap na propriedade em questão. Dessa forma, devido ao fato de todos os sistemas (tanto as fossas sépticas, quanto os biodigestores e o Tevap) apresentarem um sistema de funcionamento semelhante, diferenciando-se o Tevap dos demais apenas pelo fato de não haver a necessidade de eliminação do lodo em curto prazo, devido este ser incorporado ao próprio sistema, diminuindo-se assim os custos com manutenção, pode-se concluir que mesmo em casos onde não há como seguir com o projeto original, realizando-se adaptações para tornar-se possível a instalação do Tevap, o mesmo se mostra econômico, sendo uma boa solução para pequenos produtores que não apresentam um sistema de tratamento de esgoto em

sua propriedade. Cabe destacar que os valores expostos na Figura 20 tanto para os três kits de fossas sépticas quanto para os dois biodigestores, não incluem custos referentes ao frete e nem a instalação desses sistemas. Deste modo quando estes forem adicionados para obtenção do custo final de implantação esses valores poderão subir consideravelmente fortificando ainda mais a ideia do Tevap ser econômico.

Todos os sistemas orçados apresentam uma vantagem em relação ao Tevap, devido a estes poderem receber águas cinzas (originadas de pias, tanques e chuveiros), desde que seja instalado uma caixa de gordura ao sistema. O Tevap é indicado apenas para águas negras, oriundas de vasos sanitários.

Porém, juntamente com a cartilha referente ao Tevap, a EMATER distribuiu outra cartilha elaborada por Leal (2016), concernente a um sistema denominado círculo de bananeiras, como alternativa para disposição final de água cinza ou esgotos tratados (Figura 21) (Anexo II).

**Figura 21** - Esquema do círculo de bananeiras.



**Fonte:** Blog Meio Ambiente, 2011.

Segundo Leal (2016), para a construção do círculo de bananeiras, é necessário a realização da abertura de uma vala com 1,4 m de diâmetro e 60 cm de profundidade, que após a instalação da tubulação responsável pela condução das águas cinzas, deverá ser preenchida com troncos pequenos, galhos e palhas (capins, folhas e etc.), que devem ser adicionados até a superfície tornar-se abaulada, ou seja, arqueada. Após este processo, deve-se plantar de 4 a 6 mudas de bananeira ao redor do círculo, sendo que igualmente no Tevap, estas terão a função de evapotranspirar parte da água que será adicionada diariamente ao sistema. Destaca-se que antes de serem lançadas ao sistema, as águas cinzas deverão passar por uma caixa de gordura,

para evitar que, gorduras e óleos que possam estar presentes principalmente na água provinda de pias de cozinha, possam vir a obstruir a rede.

Quanto à eficiência no tratamento do efluente doméstico, as empresas fabricantes de todos os sistemas orçados atestam que possuem eficiência comprovada por instituições públicas ligadas ao Meio Ambiente, apresentando, portanto atestados de condições técnicas que permitem a suas comercializações.

Para determinação da eficiência do Tevap no tratamento do esgoto doméstico, é necessário avaliar a diferença entre a qualidade do efluente que entra e o que sai do sistema, porém devido a dificuldades financeiras não foi possível à realização de análises do esgoto bruto.

A tabela 2 apresenta, resultados das análises físico-químicas e microbiológicas de água negra bruta, obtidos por REBOUÇAS et al. (2007), GALBIATI (2009) e BENJAMIN (2013). Para obter os resultados, REBOUÇAS et al. (2007), utilizaram amostras, compostas por uma mistura de 6 litros de água, 250 mL de urina, papel higiênico e fezes. GALBIATI (2009) e BENJAMIN (2013), por outro lado, utilizaram amostras coletadas do interior do Tevap, obtidas através de um piezômetro (tubo de visita), com acesso ao túnel de pneus, posicionado durante a construção dos sistemas.

**Tabela 2:** Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do efluente do interior do Tevap, encontrados na bibliografia.

<b>Parâmetros</b>	<b>Rebouças et al (2007)</b>	<b>Galbiati (2009)</b>	<b>Benjamin (2013)</b>
pH	7,84	7,84	7,80
Condutividade (ms cm <sup>-1</sup> )	-	2,22	1260,00
Turbidez (NTU)	-	481,04	-
Coliformes Totais (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	1,5 x 10 <sup>9</sup>	1,65 x 10 <sup>7</sup>	9,5 x 10 <sup>11</sup>
Coliformes Termotolerantes (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	-	5,15 x 10 <sup>6</sup>	-
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	6619,00	723,46	1723,00
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	-	54,46	-
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	-	-	3,05
NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	-	326,85	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	-	0,03	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	-	0,17	-
Nitrogênio Total (mg L <sup>-1</sup> )	365,00	335,40	104,20
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	-	0,00	2,00
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	1893,00	360,88	893,00
Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	-	1137,58	12.464,00
Sólidos Suspensos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	2365,00	385,69	2660,00
Cloreto (mg L <sup>-1</sup> )	-	141,38	-
Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	-	816,04	-
NTU = Unidades Nefelométricas de Turbidez e NMP = Número Mais Provável			

GALBIATI (2009), para seu estudo, implantou um Tevap para atender a dois moradores, tendo este, uma profundidade de 1 m, uma largura de 2 m, um comprimento igual a 2 m e impermeabilização realizada em ferro-cimento. BENJAMIN (2013), por outro lado, implantou para seu estudo, um Tevap para atender a quatro moradores, tendo este, uma profundidade de 1 m, uma largura de 2 m, um comprimento igual a 3 m e impermeabilização realizada utilizando-se uma lona plástica. As camadas filtrantes de ambos foram distribuídas com as mesmas espessuras do Tevap construído para realização desse estudo.

Segundo VIEIRA (2010), devido ao Tevap ser um sistema fechado, ou seja, sem saídas, pode-se aplicar o termo segurança para se referir ao mesmo em funcionamento, porque dessa forma não há como garantir a eliminação completa de patógenos em função destes ficarem enclausurados no sistema. Porém, tanto o Tevap implantado para os estudos de

GALBIATI (2009) e BENJAMIN (2013), assim como o Tevap implantado para esse estudo, apresentam um tubo em PVC de 50 mm instalado na lateral do tanque como medida preventiva para o caso de eventuais extravasamentos do tanque.

Durante o funcionamento do sistema, assim como relatado na dissertação de GALBIATI (2009), foram observados frequentes extravasamentos, que podem ser associados ao uso além de sua capacidade, pois, ambos foram construídos para atender a 2 moradores, no entanto, na prática foram utilizados por um número variável de pessoas.

Com o objetivo de avaliar a eficiência do Tevap no tratamento do esgoto, coletou-se três amostras provenientes do extravasamento do tanque, para realização de análises físico-químicas e microbiológicas. A média dos resultados das análises do efluente de saída do tanque foi comparada com os resultados obtidos por GALBIATI (2009) para análises de amostras coletadas de forma semelhante. Esses resultados são apresentados na tabela 3.

**Tabela 3:** Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do efluente de saída do Tevap, comparados com dados encontrados na bibliografia.

<b>Parâmetros</b>	<b>Média</b>	<b>Galbiati (2009)</b>
pH	7,00	7,81
Condutividade (ms cm <sup>-1</sup> )	-	2,45
Turbidez (NTU)	-	88,01
Coliformes Totais (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	1,9 x 10 <sup>6</sup>	3,24 x 10 <sup>7</sup>
Coliformes Termotolerantes (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	5,4 x 10 <sup>5</sup>	3,71 x 10 <sup>6</sup>
DQO (mg L <sup>-1</sup> )	145,33	406,05
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	-	43,18
Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	4,75	-
NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	-	46,21
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	-	0,44
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	-	0,17
Nitrogênio Total (mg L <sup>-1</sup> )	80,67	227,01
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	-	0,00
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	38,67	72,74
Sólidos Dissolvidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	247,00	-
Sólidos Suspensos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	29,25	37,74
Sólidos Sedimentáveis (mL L <sup>-1</sup> )	0,45	-
Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	402,33	746,75
Cloreto (mg L <sup>-1</sup> )	-	154,01
Alcalinidade (mg L <sup>-1</sup> )	-	1061,56
NTU = Unidades Nefelométricas de Turbidez e NMP = Número Mais Provável		

GALBIATI (2009), afirma que, embora o Tevap não seja propriamente um sistema de tratamento de esgoto para o qual se possa aplicar o conceito de “eficiência”, avaliando-se a diferença entre a qualidade do esgoto de entrada e o de saída do tanque, a observação dos valores obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas auxilia no entendimento de seu funcionamento.

Comparando-se os resultados obtidos por REBOUÇAS ET AL (2007), GALBIATI (2009) e BENJAMIN (2013), dispostos na tabela 2 com os da tabela 3, pode-se afirmar que após a passagem do efluente pelas camadas filtrantes de diferentes granulometrias, há uma considerável remoção da DQO, DBO e sólidos suspensos totais, enquanto que o pH, não se altera substancialmente. Os teores de sólidos totais também são removidos consideravelmente, principalmente, quando se leva em consideração o resultado obtido por

BENJAMIN (2013). Considerando alguns parâmetros avaliados apenas por GALBIATI (2009), é possível observar que a turbidez é reduzida, enquanto que o teor de cloreto não se altera significativamente e a alcalinidade aumenta levemente. Parâmetros microbiológicos como coliformes totais, observando-se os resultados obtidos por REBOUÇAS et al (2007) e BENJAMIN (2013), são reduzidos notadamente, enquanto que para os resultados expostos por GALBIATI (2009), este não alterou-se significativamente, assim como coliformes termotolerantes.

Conforme GALBIATI (2009), a boa remoção de sólidos suspensos totais e turbidez, assim como DQO e DBO, justificam-se, provavelmente pela passagem do efluente pelas camadas de areia e solo, de forma ascendente, bem como em função dos processos de decantação, sedimentação, decomposição da matéria orgânica e filtragem pelas raízes das plantas.

Os resultados das análises atestaram a presença de nutrientes como fósforo e nitrogênio no efluente final, transmitindo dessa forma a ideia deste poder ser utilizado como biofertilizante na irrigação de culturas.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº 357, de 2005, estabelece três classes de águas doces, que podem ser destinadas à irrigação, de acordo com seus padrões de qualidade:

- Classe 1: águas que podem ser destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- Classe 2: águas que podem ser destinadas à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- Classe 3: águas que podem ser destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

Analisando-se os resultados dos parâmetros obtidos para o efluente final, é possível concluir que este não se enquadra em nenhuma classe, pois, embora alguns padrões como pH, cloreto e sólidos dissolvidos totais sejam atendidos para todas as classes, e turbidez atendida para as classes 2 e 3, parâmetros importantes como coliformes termotolerantes e DBO ultrapassam consideravelmente os valores máximos permitidos para todas elas. Além do mais, análises parasitológicas realizadas em triplicata por GALBIATI (2009), detectaram a presença de *Strongyloides stercoralis* e ovos de helmintos no efluente de saída do tanque, fator este que também, inviabiliza a sua utilização para irrigação.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA n° 430, de 2011, que “Dispõe sobre condições e padrões” de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, para o lançamento direto de efluentes provenientes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

- pH entre 5 e 9;
- Temperatura: inferior a 40°C;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL L<sup>-1</sup>;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg L<sup>-1</sup>;
- Substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg L<sup>-1</sup>; e
- Ausência de materiais flutuantes.

Dessa forma, os resultados médios obtidos para o efluente de saída do Tevap implantado para esse estudo, encontram-se em consonância aos padrões estabelecidos pela resolução, viabilizando, portanto o seu lançamento em corpos hídricos. Contudo, diante dos resultados obtidos por GALBIATI (2009) para análises parasitológicas, citados anteriormente, constata-se que esta não é a melhor forma de descartá-lo.

Deste modo, recomenda-se que o efluente final quando presente seja encaminhado para as redes municipais de esgoto, para valas de infiltração no solo (sumidouro), ou ainda para o círculo de bananeiras citado anteriormente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a execução do projeto notou-se que a cartilha ofertada aos produtores pela EMATER, mostrou-se bastante eficiente, porém, recomenda-se a todos os interessados em instalar Tevap em suas propriedades, que solicitem o auxílio de um técnico da EMATER para que este possa dar orientações durante a sua construção, para que o projeto seja executado com sucesso.

Tanto as fossas sépticas quanto os biodigestores orçados para a execução deste experimento, possuem sistemas de funcionamento semelhantes ao do Tevap, gerando subprodutos como metano, gás sulfídrico e outros resíduos como o lodo. No Tevap, ao contrário dos demais, ocorre a incorporação da matéria orgânica na biomassa das plantas que fazem parte do sistema, não necessitando, portanto da retirada do lodo formado em curto prazo.

Em relação ao custo é possível concluir que os kits de fossas sépticas com sistema de tratamento do efluente através de tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro apresentam os maiores valores quando comparados aos biodigestores e Tevap.

Comparando o custo de implantação dos biodigestores com o Tevap, pode-se notar que o biodigestor 1, que apresenta um volume útil maior e um kit mais completo e seguro em relação ao biodigestor 2, possui um custo equivalente ao custo que se teve para implantar o Tevap na propriedade em questão. Dessa forma, pode-se concluir que mesmo em casos onde não há como seguir com o projeto original, realizando-se adaptações para tornar-se possível a instalação do Tevap, o mesmo se mostra econômico, sendo uma boa solução principalmente para pequenos produtores que não apresentam um sistema de tratamento de esgoto em sua propriedade.

Quanto à eficiência no tratamento observa-se uma boa remoção nos teores de parâmetros como sólidos totais, sólidos suspensos totais, turbidez, DQO (demanda química de oxigênio) e DBO (demanda bioquímica de oxigênio), provavelmente devido à passagem do efluente pelas camadas de areia e solo e por apresentar fluxo ascendente, bem como em função dos processos de decantação, sedimentação, decomposição da matéria orgânica e filtragem pelas raízes das plantas.

Comparando os resultados médios das análises do efluente de saída do Tevap implantado para esse estudo com os padrões estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA nº 430, 13 de maio de 2011, observa-se que estes encontram-se em consonância, viabilizando portanto o seu lançamento em corpos hídricos.

Contudo, diante dos resultados obtidos por GALBIATI (2009) para análises parasitológicas, constata-se que esta não é a melhor forma de descartá-lo.

Dessa forma o efluente final quando presente deve ser encaminhado para as redes municipais de esgoto, para valas de infiltração no solo (sumidouro), ou ainda para o círculo de bananeiras, recomendando-se, portanto a sua construção, juntamente com o Tevap, para o tratamento das águas cinzas e recebimento do efluente tratado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUALIMP. **Biodigestor**. Disponível em: <<http://www.acqualimp.com/wp-content/uploads/2016/01/manual-de-instalacao-biodigestor-acqualimp-1.pdf>>. Acesso: 26/03/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7229. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, p. 15. 1993.

BENJAMIN, A. M. **Bacia de Evapotranspiração: tratamento de efluentes domésticos e de produção de alimentos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2013.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº357 de 17 de Março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 janeiro de 2016.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº430 de 13 de Maio de 2011. **Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA"**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 07 junho de 2018.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; FERRI, P.; KOLLING, E. M. **Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura**. Informe Gepec, v. 12, n. 2, Jul./Dez. 2008.

COSTA, P. S. A. **Desenvolvimento de uma opção de saneamento rural para pequenos agricultores de Minas Gerais (Itabira)**. Monografia de graduação, 2014.

ECOEICIENTES - Escritório de arquitetura especializado em Sustentabilidade. **Tevap**. Disponível em: <<http://www.ecoeicientes.com.br/bet-como-tratar-o-esgoto-de-forma-ecologica/tevap/>>. Acesso em: 24/06/2018.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação de mestrado. Campo Grande, MS, 2009.

LEAL, J. T. C. P. **Círculo de bananeiras para tratamento de efluentes rurais**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 5p.

LEAL, J. T. C. P. **Tanque de evapotranspiração**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2014. 15p.

MEIO AMBIENTE. **Tratamento natural de (Águas cinzas), círculo de bananeiras**. Disponível em:< <http://meioambiente-eliandro-kamila.blogspot.com.br/2011/09/tratamento-natural-de-aguas.html>>. Acesso em: 26/03/2018.

METZ, H. L. **Construção de um biodigestor caseiro para demonstração de produção de biogás e biofertilizante em escolas situadas em meios urbanos.** Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2013.

PAULO, P. L.; BERNARDES, F. S. **Estudo de Tanque de Evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras.** Serviço Público Federal, Ministério da Educação - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2009.

POMPERMAYER, R. S.; JÚNIOR, D. R. P. **Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos.** An. 3. Enc. Energ. Meio Rural 2003.

REBOUÇAS, Aldo da Costa; BIANCHI, Gustavo; GONÇALVEZ; Ricardo Franci. **Caracterização de águas residuárias de origem residencial.** Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina, Fortaleza, 2007.

SANTOS A. B., ATHAYDE-JUNIOR, G. B. **Esgotamento sanitário: qualidade da água e controle da poluição: guia do profissional em treinamento: nível 2.** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Salvador: ReCESA. 2008.

SILVA, D. D. S.; SALES, L. L. N.; COSTA, J. M. B.; ROCHA, D. P. **Tanque de evapotranspiração para o tratamento do esgoto domiciliar.** Estudo de caso em São Luís, MA. Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB, Número 4 – Volume 1. 2016.

TEIXEIRA, V. H. **Biogás.** 1. Ed. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2005. 93 f.

TUBOLAR MEIO AMBIENTE. **Fossa Ecológica.** Disponível em: <<http://www.tubolarmeioambiente.com.br/fossa-ecologica/>> Acesso em: 14/03/2018.

VIEIRA, ITAMAR. SETELOMBAS - Estação de Permacultora. **BET – Bacia de Evapotranspiração.** Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/2010/10/bacia-deevapotranspiracao-bet/>>. Acesso em: 18/05/2017.

**APÊNDICE A - TABELA DE MATERIAIS E CUSTO REAL DA CONSTRUÇÃO DO  
TEVAP.**

A tabela abaixo apresenta todos materiais, maquinários e mão de obra gastos para implantação do Tevap na propriedade em questão, juntamente com o valor individual de cada um e o custo total da obra.

<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
Retroescavadeira	Horas	6	R\$ 100,00	R\$ 600,00
Caminhão Basculante	Horas	6	R\$ 60,00	R\$ 360,00
Areia Média	m <sup>3</sup>	2,5	R\$ 120,00	R\$ 300,00
Brita	m <sup>3</sup>	1	R\$ 85,90	R\$ 85,90
Cimento	Sacos	13	R\$ 19,60	R\$ 254,80
Impermeabilizante (Embalagem 18 Litros)	Unidade	1	R\$ 90,80	R\$ 90,80
Blocos de concreto (14x19x39 cm)	Unidade	120	R\$ 1,94	R\$ 232,80
Blocos cerâmicos (09x19x29 cm)	Unidade	32	R\$ 0,94	R\$ 30,08
Tela Viveiro	m	-	-	-
Joelho 90° em PVC (100 mm)	Unidade	1	R\$ 3,00	R\$ 3,00
Tubo em PVC (100 mm)	Unidade	3	R\$ 44,80	R\$ 134,40
Tubo em PVC (50 mm)	Unidade	2	-	-
Pneus	Unidade	14	-	-
Entulho	m <sup>3</sup>	2,25	-	-
Terra	m <sup>3</sup>	1,75	-	-
Mudas Bananeira	Unidade	2	-	-
Mudas Inhame Rosa	Unidade	4	-	-
Pedreiro	Dia	4	R\$ 100,00	R\$ 400,00
Ajudante	Dia	4	-	-
<b>Total</b>				<b>R\$ 2.491,78</b>

**Observações:**

- Gastou-se 8 litros de impermeabilizante, porém deu-se preferência a compra da embalagem de 18 litros por ser mais econômica. O restante do produto o produtor utilizou para outros fins.
- Não houve a necessidade do uso de tela de viveiro, pois esta teria a função de sustentar o concreto na terra, através da técnica do ferro-cimento, porém devido à necessidade da construção das paredes de alvenaria a tela tornou-se dispensável.

- Os pneus foram doados pela Prefeitura Municipal de Ipatinga (PMI), não gerando, portanto gastos ao produtor.
- No projeto estava previsto o uso de mudas de taioba, porém o produtor não as possuía em sua propriedade, utilizando-se, portanto, mudas de inhame rosa para substituí-las.
- O entulho, a terra e as mudas de bananeira e inhame rosa foram obtidos na própria propriedade.
- O próprio autor trabalhou na obra como ajudante, diminuindo-se assim os gastos com mão-de-obra.
- Foram 4 dias de trabalho para o pedreiro e o ajudante, porém para a construção foram necessários 5 dias contando com o dia da realização do aterro.

**APÊNDICE B - TABELA DE MATERIAIS E CUSTO DA CONSTRUÇÃO DO  
TEVAP CASO FOSSE POSSÍVEL A REALIZAÇÃO DA OBRA SEM A  
NECESSIDADE DE ADAPTAÇÕES.**

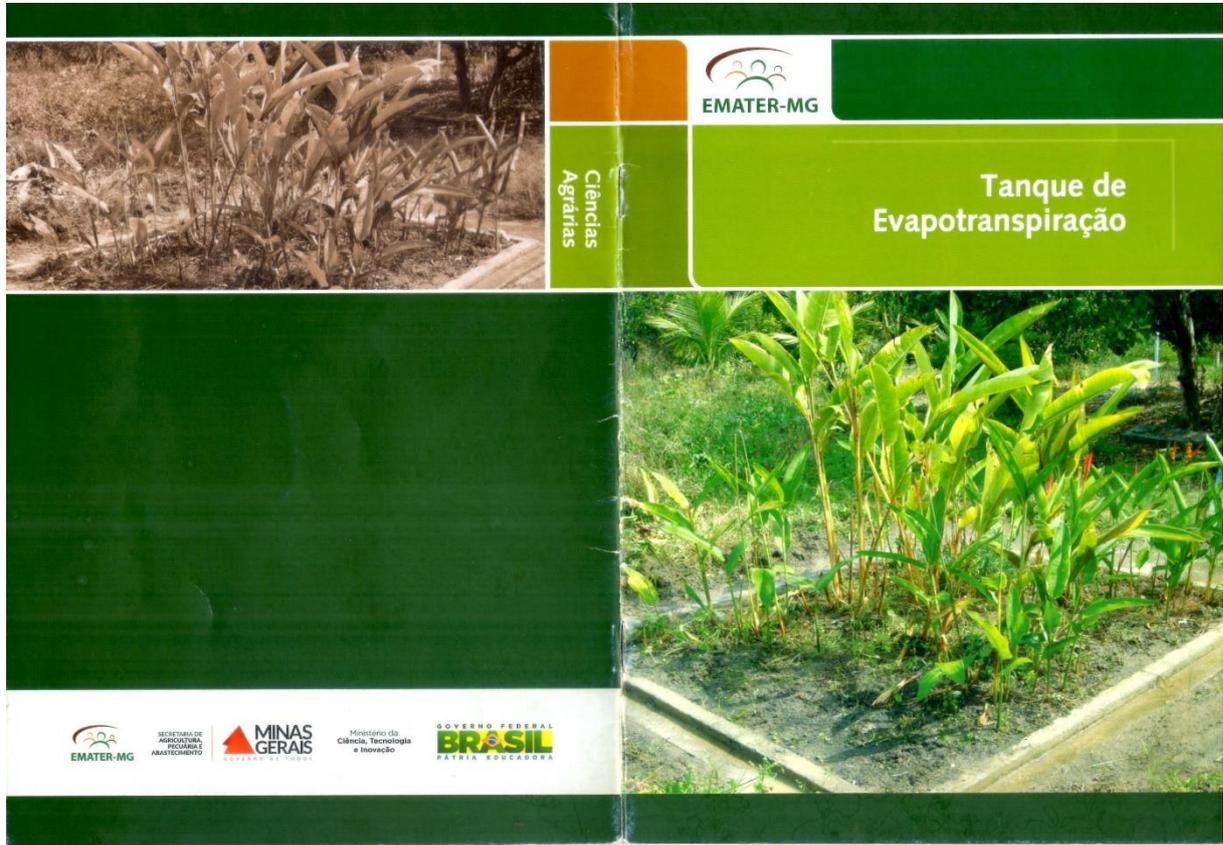
A tabela abaixo apresenta todos materiais, maquinários e mão de obra gastos para implantação do Tevap na propriedade em questão, juntamente com o valor individual de cada um e o custo total da obra.

<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Unitário</b>	<b>Valor Total</b>
Retroescavadeira	Horas	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Areia Média	m <sup>3</sup>	1	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Brita	m <sup>3</sup>	0,5	R\$ 85,90	R\$ 42,95
Cimento	Sacos	4	R\$ 19,60	R\$ 78,40
Impermeabilizante (Embalagem 18 Litros)	Unidade	1	R\$ 90,80	R\$ 90,80
Tijolos (09x19x29 cm)	Unidade	32	R\$ 0,94	R\$ 30,08
Tela Viveiro	m	14	R\$ 6,95	R\$ 97,30
Joelho 90°em PVC (100 mm)	Unidade	1	R\$ 3,00	R\$ 3,00
Tubo em PVC (100 mm)	Unidade	3	R\$ 44,80	R\$ 134,40
Tubo em PVC (50 mm)	Unidade	2	-	-
Pneus	Unidade	14	-	-
Entulho	m <sup>3</sup>	2,25	-	-
Terra	m <sup>3</sup>	1,75	-	-
Grampos Galvanizados (Bitola 1x9) 1Kg	Unidade	1	R\$ 10,50	R\$ 10,50
Mudas Bananeira	Unidade	2	-	-
Mudas Inhame Rosa	Unidade	4	-	-
Pedreiro	Dia	3	R\$ 100,00	R\$ 300,00
Ajudante	Dia	3	-	-
<b>Total</b>				<b>R\$ 1.007,43</b>

**Observações:**

- Se o lençol freático da propriedade não fosse livre, seria possível a construção normal do Tevap, dispensando o aterro e, portanto os serviços do caminhão basculante, assim como a construção das paredes de alvenaria, necessitando da retroescavadeira apenas para escavação do buraco, reduzindo-se assim significativamente os gastos. Por outro lado seria necessário o uso da tela de viveiro e dos grampos galvanizados para fixa-la.

**ANEXO I - CARTILHA ELABORADA POR LEAL (2014) E DISTRIBUÍDA PELA EMATER-MG, UTILIZADA PARA EXECUÇÃO DESTA PESQUISA, REFERENTE AO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP).**



## TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

BELO HORIZONTE  
EMATER-MG  
JANEIRO DE 2016

### FICHA TÉCNICA

#### Autora

Engenheira Ambiental

**Jane Terezinha da Costa Pereira Leal**

Departamento Técnico da Emater-MG

#### Fotos e desenhos

arquivo da Emater-MG

#### Colaborador

Diogo Araújo Teixeira

#### Revisão

Lizete Dias

Ruth Navarro

#### Projeto Gráfico

Cezar Hemétrio

#### Diagramação

Igor Bottaro

#### Emater-MG

Av. Raja Gabaglia, 1626. Gutierrez  
Belo Horizonte, MG.

Belo Horizonte – Janeiro de 2016

[www.emater.mg.gov.br](http://www.emater.mg.gov.br)

EMATER-MG/MCTI/CONV.  
01.0191.00/2008

Série	Ciências Agrárias
Tema	Meio Ambiente
Área	Saneamento

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira. **Tanque de evapotranspiração**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2014. 15 p. il.  
I. Saneamento. II. Tanque séptico. III. Título.  
CDU 628.352

### APRESENTAÇÃO

Há grande preocupação dos moradores residentes em áreas rurais quanto ao destino a ser dado aos efluentes pela ausência de sistema de coleta de esgoto. Além disso, a disposição final incorreta desses efluentes acarreta danos ambientais, sobretudo nos solos e recursos hídricos.

Ciente de que o saneamento ambiental nas propriedades rurais é primordial para que seja realizada a manutenção da saúde da população e da qualidade dos recursos hídricos, nesta

cartilha será apresentada uma alternativa para o tratamento do efluente gerado nos vasos sanitários de tais propriedades, a saber: o Tanque de Evapotranspiração.

As águas oriundas do vaso sanitário, por apresentarem alto potencial poluidor, devem ser tratadas. O Tanque de Evapotranspiração é uma alternativa para isso. Tal técnica é de fácil construção, necessita de baixa manutenção e requer baixo investimento financeiro, além, é claro, de possuir alta eficiência no tratamento dos efluentes.

## SUMÁRIO

Tanque de Evapotranspiração .....	7
O que é o Tevap? .....	7
Como funciona o Tevap? .....	8
Como construir o Tevap? .....	9
Referências Bibliográficas .....	17

## TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

O maior potencial poluidor do esgoto doméstico provém do vaso sanitário. Tal fato motiva a necessidade de seu tratamento. Uma alternativa para o tratamento dos efluentes oriundos do vaso sanitário é o Tanque de Evapotranspiração (Tevap).

### O QUE É O TEVAP?

O Tevap, **Imagem 1**, é um sistema de tratamento e reaproveitamento dos nutrientes do efluente proveniente

do vaso sanitário, criado e amplamente utilizado por permacultores. Trata-se de uma solução funcionalmente simples, pois não se faz uso de processos mecanizados, e as estruturas são de fácil construção e manutenção, além de apresentarem baixos custos de implantação.

Trata-se de uma trincheira com as paredes e fundo impermeabilizados, **Imagem 2**, onde não há saída de efluente via infiltração no solo. Ao longo da trincheira, são colocadas camadas de materiais com diferentes granulometrias.

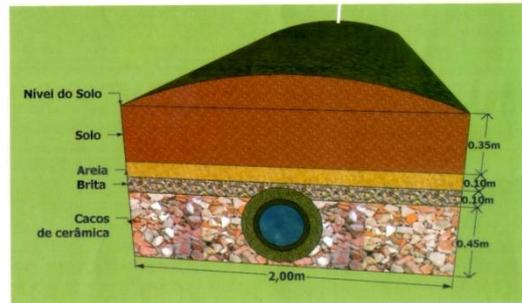


Imagem 1: Esquema de um Tevap



Imagem 2: Impermeabilização das paredes e fundo do Tevap

O preenchimento do tanque aberto no solo é realizado com materiais de diferentes granulometrias, divididos em camadas. A primeira camada é composta de entulhos (tijolos, telhas, pedras, etc.), a segunda de brita, a terceira de areia e a última de solo. No decorrer a última camada é formada por solo enriquecido, com composto orgânico, onde são cultivadas espécies com grande demanda hídrica. A água é absorvida pelas raízes das plantas e liberada no ambiente pela respiração e pela transpiração. O restante é evaporado diretamente na camada superior do solo.

### COMO FUNCIONA O TEVAP?

O efluente lançado no tanque é decomposto por processo de fermentação (digestão anaeróbia), realizado pelas bactérias na câmara de fermentação e nos espaços criados entre os materiais colocados ao redor desta câmara.

### Capilaridade

Como a água está contida no tanque, ela se move por meio de capilaridade de baixo para cima e, com isso, depois de separada dos resíduos, percorre pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas.

### Evapotranspiração

A evapotranspiração é realizada pelas plantas e possibilita o tratamento final da água, que só sairá do sistema em forma de vapor, sem contaminante. Além disso, as plantas, principalmente as de folhas largas, como caetés, copo-de-leite, etc., consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que o Tevap não encha.

No interior do tanque, **Imagem 3 e 4**, o efluente é recebido na câmara de fermentação ou câmara anaeróbia. Nela ocorre a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, a mineralização e a absorção dos nutrientes e da água pelas raízes dos vegetais. Os nutrientes deixam o sistema, incorporando-se à biomassa das plantas, e a água é eliminada por evapotranspiração.



Imagem 3: Tubo de entrada do esgoto

### Dimensionamento

O dimensionamento do Tevap é realizado considerando-se 2m<sup>3</sup> de tanque por usuário. A forma comum de dimensionar a bacia é de 2m de largura e 1m de profundidade, com comprimento variável, de acordo com número de usuários. No entanto Tévaps muito compridos deverão ser evitados.

A **Tabela 1** apresenta as dimensões mais utilizadas na construção do Tevap.

### Tanque

Pode-se construir o tanque de diversas maneiras, no entanto, visando a economia, o método mais indicado de construção das paredes e do fundo é o ferrocimento, **Imagem 5 e 6**. Isso permite que as paredes fiquem mais leves, pois demandam menor quantidade de material.



Imagem 4: Tubo de entrada do esgoto

### COMO CONSTRUIR O TEVAP?

#### Orientação em relação ao sol

Como a evapotranspiração é potencializada pela incidência solar, o tanque deve ser orientado, quando possível, no sentido leste-oeste, em local sem sombra e ventilado.

Tabela 1: Dimensões, em metro, do Tevap em função do número de usuários.

Número de pessoas	Largura (m)	Profundidade (m)	Comprimento (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
2	2	1	2,5	4,8
4	2	1	5	9,6
6	2	1	7,5	14,4

Fonte: (GALBIATI, 2009)



Imagem 5: Utilização da técnica de ferrocimento



Imagem 6: Utilização da técnica de ferrocimento

Ferrocimento: técnica de construção com grade de ferro e tela de "viveiro", coberta com argamassa. A argamassa da parede deve ser composta de duas partes de areia (lavada média) por uma parte de cimento. Já a argamassa do piso por três partes de areia (lavada) por uma parte de cimento, com espessura de 2cm. Caso o solo não seja muito firme, pode-se usar uma camada de concreto no piso. Deve-se chapiscar a parte interna do tanque, logo após colocar uma tela ao longo da cava, e fazer o reboco (2 cm) sobre ela.

**Câmara anaeróbia**

Após a construção do tanque e assegurada a sua impermeabilidade, inicia-se a construção da câmara anaeróbia, Imagem 7, que será feita com pneus usados e entulho de obra.

A câmara é composta de um duto de pneus, Imagem 8, sem nenhum tipo de rejunte, e de cacos de tijolos, telhas e pedras, colocados até a altura dos pneus, Imagem 9. Isto cria um ambiente com espaço livre para a água percolar e beneficia a proliferação de bactérias, que transformarão os sólidos em moléculas de nutrientes.



Imagem 8: Duto de pneus da câmara anaeróbia



Imagem 7: Construção do duto de pneus da câmara anaeróbia



Imagem 9: Preenchimento da câmara anaeróbia com camada de entulhos

No momento em que a camada de entulhos estiver com a mesma altura do nível de pneus, deve-se cobrir a câmara com sacos rafia, com o intuito de impedir a entrada de areia na câmara anaeróbia, Imagem 10.



Imagem 10: Câmara anaeróbia coberta com saco rafia

**Camadas porosas e tubo de inspeção**

Nesta etapa, preenche-se o tanque com os seguintes materiais e na ordem a seguir: uma camada de brita (10cm), uma camada de areia (10cm) e uma camada de solo (35cm), Imagens 11, 12 e 13. Recomenda-se utilizar um solo rico em matéria orgânica na última camada.



Imagem 11: Preenchimento com camada de brita



Imagem 12: Preenchimento com a camada de areia



Imagem 13: Preenchimento com camada de solo

O tubo de entrada (100 mm de diâmetro) de esgoto deve ser posicionado para dentro da câmara anaeróbia, Imagem 14 e 15, penetrando a camada de pneus.



Imagem 14: Tubo de entrada do efluente posicionado para dentro da câmara anaeróbia

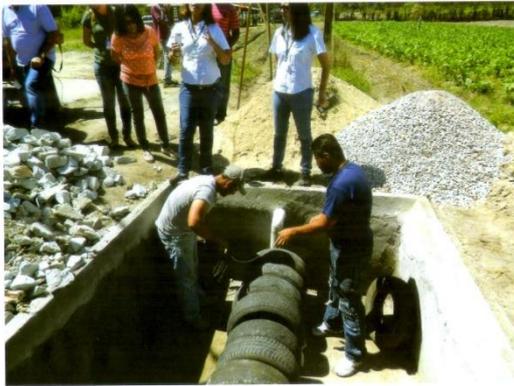


Imagem 15: Tubo de entrada do efluente posicionado para dentro da câmara anaeróbia

#### Proteção e tubo de extravasamento

Como o tanque não tem tampa, a superfície do solo deve ser arqueada (mais alta no centro, acima do nível da borda), com o objetivo de evitar um possível alagamento causado pelas águas da chuva.

Para evitar o escoamento superficial da água da chuva para dentro do sistema, deve-se construir uma proteção, mais elevada do que o nível do solo, ao redor do tanque, Imagem 16.



Imagem 16: Proteção contra o escoamento superficial

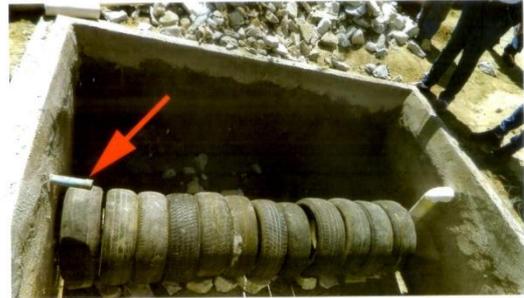


Imagem 17: Tubo ladrão (tubo do lado esquerdo)

Para maior segurança, é indicado que o Tevap esteja ligado a um sumidouro ou vala de infiltração, por meio de um tubo ladrão, com 50mm de diâmetro, que deve ser posicionado 10cm abaixo da superfície do solo do tanque, Imagem 17 e 18.

#### Plantio

Algumas espécies recomendadas à cobertura vegetal do Tevap, Imagem 19, são ornamentais, dentre elas destacam-se: *Zantedeschia aethiopia* (copo-de-leite), *Impatiens walleriana* (maria-sem-vergonha), *Hedychium coronarium* (lírio-do-brejo), *Heliconia* spp. (heliconias) e *Zizania bonariensis* (junco) (VENTURI, 2004; MANDAI, 2006).



Imagem 18: Tubo ladrão (tubo do lado esquerdo)



Imagem 19: Cobertura vegetal do Tevap



Imagem 20: Cobertura vegetal do Tevap um ano após sua implantação

A Imagem 20 retrata o mesmo Tevap apresentado na Imagem 19, um ano após sua implantação. Note o rápido crescimento das plantas e o impacto visual positivo causado por sua construção.

#### Quais são as vantagens de se utilizar do Tevap?

- estruturas de fácil construção;
- baixos custos de implantação;
- baixa necessidade de manutenção;

- alta eficiência no processo de tratamento;
- fácil dimensionamento;
- evita a contaminação do lençol freático;
- harmonia paisagística

#### Fique atento!

- A eficiência do Tevap é verificada apenas para tratamento do efluente proveniente do vaso sanitário.
- O Tevap não é indicado para locais com altos índices de precipitação.
- Evite o risco de contaminação. Não utilize plantas comestíveis no sistema.
- O Tevap é indicado para descargas acopladas de no máximo seis litros por descarga.
- Para os casos em que o comprimento do tanque ultrapasse 7,5 m, recomenda-se a construção de dois tanques menores;
- Solicite auxílio de um técnico da Emater-MG para orientações durante a construção do Tevap.

#### Considerações finais

Atualmente, a maioria da população brasileira reside nas zonas urbanas, e são essas as áreas responsáveis por captarem os maiores investimentos financeiros para implantação de sistemas de saneamento ambiental. No entanto a ausên-

cia do saneamento, sobretudo a falta de um sistema de coleta e tratamento de esgoto, nas propriedades localizadas nas zonas rurais, também apresenta riscos e gera impactos ambientais negativos. Tal deficiência acaba por acarretar prejuízos para a qualidade do solo e dos recursos hídricos. Sendo assim, esta cartilha buscou apresentar alternativas para que essa situação se torne menos agressiva ao meio ambiente.

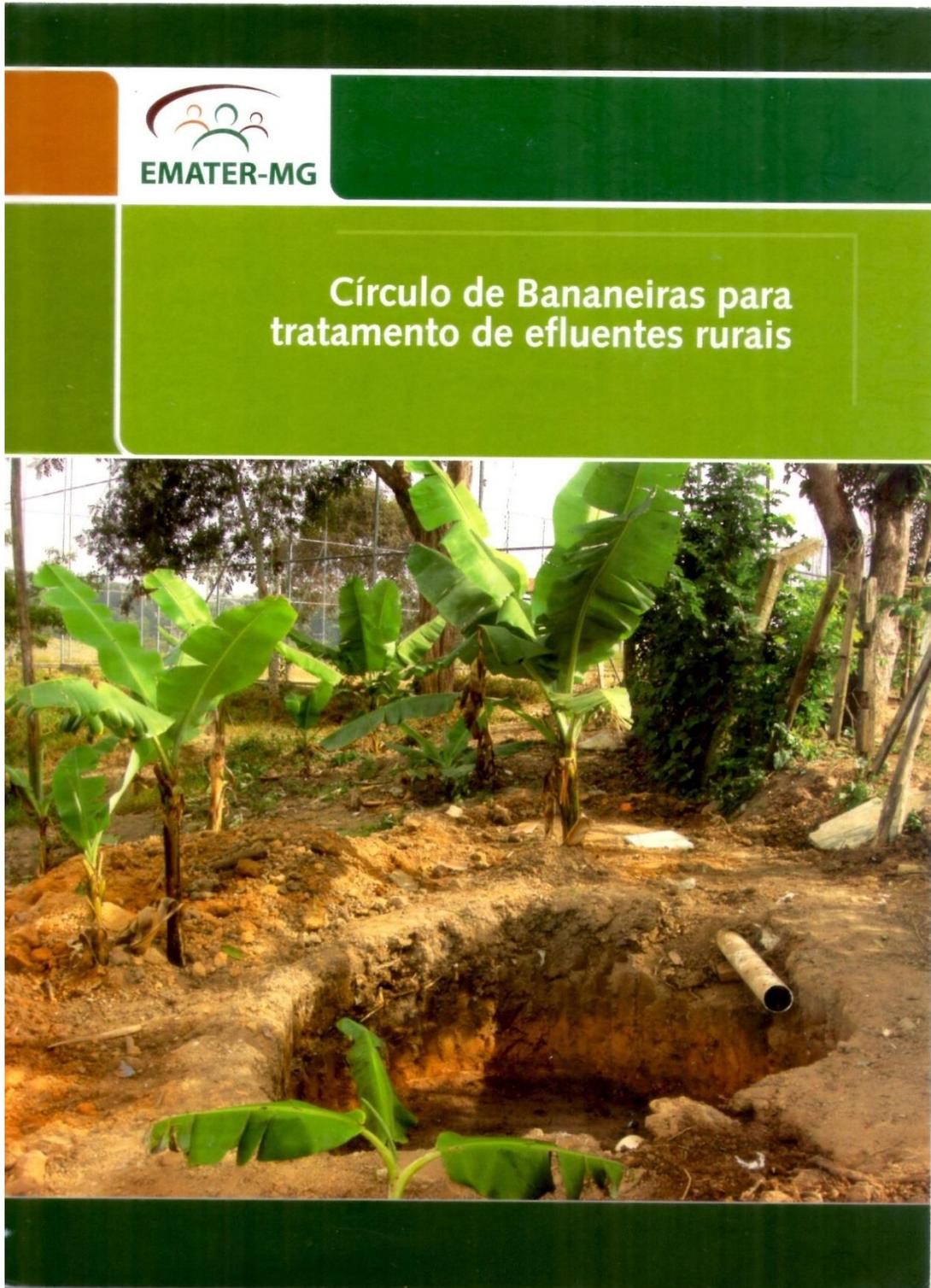
Deseja-se que, após a leitura deste material, os residentes em propriedades rurais tomem consciência a respeito da importância do tratamento dos efluentes gerados em suas residências. A utilização da técnica nele apresentada minimizará os impactos ambientais negativos gerados pela ausência do tratamento de esgoto no meio rural e contribuirá para a preservação dos solos e cursos d'água.

Como já citado, o Tanque de Evapotranspiração é de fácil construção, baixa manutenção, baixo custo e alta eficiência. Portanto será de extrema importância que os moradores adotem essa alternativa, para que a qualidade dos solos e dos recursos hídricos seja mantida. Cabe ressaltar ainda que a preservação ambiental assume papel de protagonista atualmente. Um meio ambiente preservado acarretará promoção da saúde, benefícios ambientais, sociais e, tudo isso, uma melhor qualidade de vida à população.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LEAL, J. T. C. P.; FERNANDES, M. R.; PEREIRA, R. T. G. *Boas práticas ambientais na cafeicultura*. Belo Horizonte: Emater-MG, 2012.
- GALBIATI, A.F. *Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração*. Mato Grosso do Sul: UFMS, 2009.

**ANEXO II - CARTILHA ELABORADA POR LEAL (2016) E DISTRIBUÍDA PELA EMATER-MG, REFERENTE AO CÍRCULO DE BANANEIRAS RECOMENDADO PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE ÁGUAS CINZAS E ESGOTOS TRATADOS.**



## CÍRCULO DE BANANEIRAS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES RURAIS

Um dos grandes problemas das propriedades rurais é a ausência de uma disposição final adequada para seus efluentes. Sabe-se que as águas provenientes de pias, tanques e chuveiros, quando lançadas diretamente no solo, são prejudiciais ao meio ambiente. Tal fato motiva a necessidade de seu tratamento. Apresenta-se uma alternativa para o tratamento desses efluentes, o Círculo de Bananeiras.

O Círculo de Bananeiras é um sistema utilizado no tratamento de águas cinzas (provenientes de pias, tanques e chuveiros). Para sua construção, deve-se abrir uma vala de 1,4 m de diâmetro e 0,6 m de profundidade (Imagem 1 e 2), que será preenchida com troncos de madeira pequenos, galhos médios e finos e palhas (capins, folhas, etc.), devendo formar um monte acima da borda da vala, de modo que a superfície fique abaulada.

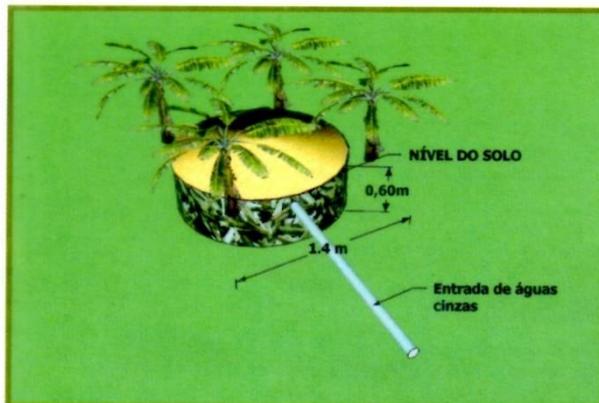


Imagem 1: Esquema de um círculo de bananeiras

Imagem 2: Vala aberta sem preenchimento



As águas cinzas serão direcionadas para dentro da vala, por meio de um tubo de esgoto, com diâmetro de 100 mm.



Imagem 3: Tubo de entrada de esgoto

Ao redor da vala, a uma distância de aproximadamente 60 cm, plantam-se de 4 a 6 mudas de bananeiras (Imagem 4). Assim, como outras plantas de folhas largas, as bananeiras evaporam grandes quantidades de água e se adaptam bem a solos úmidos e ricos em matéria orgânica.



Imagem 4: Bananeiras plantadas ao redor do círculo

As águas cinzas, antes de serem lançadas na vala, devem passar por uma caixa de gordura (Imagem 5). O objetivo da instalação da caixa de gordura é reter, na sua parte superior, gorduras, graxas e óleos contidos nas águas cinzas, formando camadas que

devem ser removidas periodicamente (Imagem 6), evitando que estes componentes escoem livremente pela rede e a obstruam. Além disso, a retenção desse material impedirá que o fundo da vala seja impermeabilizado.

Imagem 5: Caixa de gordura



Imagem 6: Caixa de gordura na parte superior da caixa

Podem-se utilizar caixas de gordura pré-fabricadas ou de PVC, que são facilmente encontradas no mercado. Quando for de interesse do proprietário construir a caixa de gordura, suas dimensões devem seguir a NBR 8160 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O preenchimento da vala deverá ser feito com troncos de madeira pequenos, galhos médios e finos, folhas e ou capim seco (Imagens 7, 8 e 9). Com o passar do tempo, o nível desses materiais dentro da vala diminuirá. Deve-se então adicionar mais material à vala, de modo que ela fique sempre cheia e sua superfície abaulada.



Imagem 7: Preenchimento da vala com capim seco



Imagem 8: Preenchimento da vala com capim seco



Imagem 9: Vala totalmente preenchida com capim seco

### Quais são as vantagens de se utilizar do Círculo de Bananeiras?

- Promove a recarga do lençol freático.
- Diminui o consumo de água tratada para a irrigação.
- Mantém os nutrientes no local.
- Promove o crescimento da vegetação local.
- Diminui o volume de esgoto e consequentemente o impacto em fossas.



EMATER-MG/MCTI/CONV.  
01.0191.00/2008

### Fique atento!

- O sistema trata somente águas cinzas.
- Evite o uso excessivo de detergentes químicos ou qualquer produto tóxico, pois esse tipo de substância mata microrganismos e, assim, impede a compostagem dos nutrientes.
- Se o volume de água lançada for maior que a capacidade de recebimento, construir outro sistema interligado ao primeiro.

Engenheira Ambiental

**Jane Terezinha da Costa Pereira Leal**

Departamento Técnico da EMATER-MG

Fotos: Diogo Araújo Teixeira

Janeiro de 2016

Série Ciências Agrárias

Tema Meio Ambiente

Área Saneamento

**Para esclarecer dúvidas, fale com extensionista da Emater-MG**



Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

