

# **Alternativas Eficientes e de Baixo Impacto Ambiental para o Tratamento das Águas Servidas**

**Roseméri Carine Greef**

*Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS*

**Lauri Heldt**

*Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais e Processos Sustentáveis da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA*

## **Resumo**

Apesar do aumento da conscientização ambiental e a busca por soluções ambientalmente adequadas, é comum observar precariedade no saneamento básico em áreas urbanizadas, especialmente aquelas cujas ocupações se deram de forma irregular. Isto acarreta em danos ao meio ambiente, como a contaminação dos recursos hídricos e pode gerar riscos à saúde da população. Na busca por alternativas para amenizar os danos ambientais provocados pela deposição irregular das águas servidas domiciliares, surge o sistema denominado como Tanque de Evapotranspiração (TEvap). Este tanque opera com autonomia energética e permite a total depuração dos dejetos sanitários. Com o objetivo de averiguar a viabilidade de seu uso, realizou-se um estudo comparativo deste sistema com o método habitual, composto por fossa séptica e sumidouro. Este estudo permitiu uma análise detalhada do funcionamento de cada um dos sistemas. Também foi possível constatar a necessidade de maior disseminação de informações sobre sistemas alternativos para o tratamento de efluentes.

Palavras-chave: Evapotranspiração. Saneamento básico. TEvap.

## **Abstract**

Despite the increase in environmental awareness and the search for environmentally adequate solutions, it is common to see precariousness in basic sanitation in urbanized areas, especially those whose occupations occurred irregularly. This leads to damage to the environment, such as the contamination of water resources and can generate risks to the health of the population. In the search for alternatives to ameliorate the environmental damages caused by the irregular deposition of domestic wastewater, a system called the Evapotranspiration Tank (TEvap) emerges. This tank operates with energy independence and allows the total clearance of sanitary

waste. In order to investigate the feasibility of its use, a comparative study of this system was carried out with the usual method, composed of septic tank and drain hole. This study allowed a detailed analysis of the functioning of each of the systems. It was also possible to verify the need for greater dissemination of information on alternative systems for the treatment of effluents.

Key-words: Evapotranspiration. Basic sanitation. TEvap.

## **Introdução**

A precariedade do saneamento básico em áreas urbanas, principalmente naquelas cuja situação econômica é menos favorecida, é bastante recorrente. Diante deste panorama, vários estudos vêm sendo desenvolvidos em busca de soluções alternativas eficientes e de baixo impacto ambiental para o tratamento das águas servidas domiciliares. Dentre estas alternativas, está o sistema de Tanques de Evapotranspiração (TEvap), cujo processo de depuração dos efluentes consiste na biodigestão anaeróbia da matéria orgânica e evapotranspiração dos líquidos através das folhas da vegetação. Assim, o objetivo desta pesquisa é analisar o sistema TEvap de modo comparativo ao sistema convencional de tratamento de efluentes sanitários, constituído por fossa séptica e sumidouro, de modo a averiguar a viabilidade técnica para sua utilização. Optou-se pela análise destes sistemas, devido à insuficiência de redes públicas para coleta e tratamento de efluentes sanitários, sendo que o sistema conjugado de fossa séptica e sumidouro, o qual reduz a agressividade das águas servidas quando lançadas na natureza, é utilizado com bastante frequência no Brasil (CREDER, 2006).

O uso de sistemas alternativos para o tratamento eficiente das águas servidas é proeminente, visto que no atual cenário brasileiro há significativo déficit no saneamento básico, principalmente em ocupações urbanas irregulares. A implantação de sistemas alternativos pode contribuir para a redução da disseminação de parasitas e doenças causadas na população quando há exposição a efluentes não tratados, visto que é comum a prática de despejar os efluentes diretamente nos cursos hídricos ou na rede de coleta pluvial (BERNARDES, 2014). Além disso, a utilização de sistemas como o TEvap, acarreta em diversos benefícios ambientais, tais como a preservação dos lençóis freáticos e cursos d'água, em virtude da completa depuração e dissipação dos efluentes pelo próprio sistema (FREISLEBEN et al., 2010). Sem contar que a presença da vegetação integrada a este sistema, representa um aumento do índice de vegetação existente no meio

urbano, promovendo a purificação do ar, sensação de bem estar na população e melhoria da qualidade de vida.

Ademais, a utilização de métodos construtivos simplificados e reuso de materiais, apresenta-se como solução economicamente viável para as populações de baixa renda, as quais são as mais atingidas pela falta de saneamento básico (MARTINETTI, 2009). O uso de sistemas como o TEvap também é importante pois acarreta em benefícios econômicos para o poder público que, perante a adoção do mesmo, não tem a necessidade de altos investimentos em sistemas de tratamento coletivo, como é o caso das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's). Sem contar a economia de água, uma vez que a mesma é utilizada para o transporte dos efluentes nos sistemas convencionais. Além disso, a adoção de sistemas tradicionais individuais, como por exemplo, o conjunto de fossa séptica e sumidouro, nem sempre é a opção mais adequada, uma vez que o mesmo não é indicado para locais onde o nível do lençol freático é superficial, havendo o risco de contaminação das águas subterrâneas (GRUB et al., 2014). Isso sugere que os esforços direcionados a este assunto precisam ser ampliados, na tentativa de proporcionar condições dignas de saneamento para a população em geral.

Diante do que se expôs, coloca-se a seguinte questão: os Tanques de Evapotranspiração (TEvap) são uma alternativa viável em substituição ao sistema convencional de fossa séptica e sumidouro? Em hipótese, acredita-se que sim, dado que o sistema é considerado de baixo custo e é capaz de gerir todos os efluentes, não havendo dejetos restantes, desde que adequadamente dimensionado. Como método de pesquisa, foi realizado um levantamento bibliográfico, afim de conhecer as particularidades do sistema TEvap, bem como do conjunto convencional constituído por fossa séptica e sumidouro. A partir disso, foi realizada a análise comparativa entre ambos afim de determinar a viabilidade de implantação do sistema TEvap.

### **Saneamento ambiental no Brasil**

Questões relacionadas ao saneamento básico frequentemente são alvo de discussões. Mesmo com políticas governamentais e melhorias sendo implantadas continuamente, populações menos privilegiadas têm dificuldades de acesso ao mesmo. O cenário brasileiro, no qual as populações menos privilegiadas são as mais afetadas pela precariedade do saneamento básico, é preocupante e aponta para a necessidade de novas políticas públicas. Em diversas regiões do Brasil, tanto

rurais, quanto urbanas ou peri-urbanas, os sistemas de saneamento de efluentes sanitários são deficitários, o que resulta em exposição constante a riscos para a saúde da população residente (BERNARDES, 2014). Martinetti et al. (2007) reconhecem que a carência de sistemas de saneamento adequados, determinada pela disposição inapropriada dos dejetos, é a razão fundamental de patologias na saúde e destruição do meio ambiente. Situações de efluentes sanitários a céu aberto são frequentemente testemunhadas em áreas com infraestrutura precária, cuja ocupação ocorre de modo informal, não obedecendo a planos de urbanização, os quais poderiam prever a implantação de sistemas de tratamento sanitário. O mesmo ocorre em áreas rurais, nas quais por falta de informação, ou conscientização ambiental, os dejetos sanitários são direcionados para córregos e rios (FREISLEBEN et al., 2010). Entre áreas rurais e urbanas brasileiras e populações de alta e baixa renda, a conjuntura de saneamento apresenta desigualdades, o que afeta a qualidade de vida dos habitantes e também compromete a preservação do meio ambiente (MARTINETTI, 2009).

As ações governamentais no Brasil indicam que as águas servidas domiciliares devem ser coletadas e redirecionadas, por meio de entidades responsáveis pelo processo, para o tratamento em outras áreas. Isto significa que, de forma inconsciente, a responsabilidade pela destinação correta dos dejetos sanitários passou para os órgãos públicos encarregados, sendo que o único compromisso dos moradores é de direcionar os efluentes para fora de sua propriedade (Figura 1). Assim, o compromisso passa a ser das empresas incumbidas pela coleta, transporte e tratamento destes resíduos, resguardando o proprietário do compromisso dos impactos que a destinação incorreta pode causar nos corpos hídricos e no meio ambiente. Todo este processo deriva em cada vez mais construções de estações de tratamento, extensas redes coletoras e complexos sistemas de gestão do processo, que provocam danos ambientais (MARTINETTI et al., 2007). Além de representar grandes investimentos financeiros para a implantação, sucede também em altos custos de manutenção e operação.

Figura 1 - Responsabilidade da destinação atual dos efluentes sanitários no Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Na intenção de tornar o termo saneamento básico mais abrangente, passou-se a utilizar o termo saneamento ambiental. Esta terminologia, abrange desde as questões relativas ao abastecimento de água e efluentes sanitários, até os sistemas de drenagem e resíduos sólidos. O saneamento ambiental engloba ações alusivas a contenção da poluição, patologias, qualidade ambiental, entre outras. A concepção do saneamento ambiental na prática é o princípio para a consolidação de ações que visam a melhoria da qualidade de vida das populações menos privilegiadas e também a preservação do meio ambiente (MARTINETTI, 2009). Para o alcance efetivo destes objetivos são necessários diversas ações, tanto do poder público, quanto da população em geral, que deve assumir o compromisso com a sua responsabilidade ambiental.

Com o advento da Lei 11.445/2007 que trata do saneamento, estabelecendo diretrizes para o saneamento básico em nível nacional, deu-se início a uma nova etapa, na qual objetiva-se requalificar o cenário do saneamento básico brasileiro. Pode-se, a partir destas diretrizes, colocar em prática diversas ações que almejam condições dignas de saneamento para as localidades onde hoje a população vive exposta a condições insalubres de tratamento sanitário. Todavia, para que isto se concretize, são necessários mais investimentos por parte do poder público e também estudos em busca de soluções alternativas, as quais representam menor impacto ambiental, baixo custo, alta eficiência de uso e operação simplificada (MARTINETTI, 2009). Em especial, são necessárias alternativas para solucionar problemas em relação a água efluente e o lodo resultante dos processos convencionais de tratamento de efluentes sanitários, de modo a zerar os ciclos e não gerar resíduos que precisam ser depositados em outros locais. Estas possibilidades ecologicamente adequadas, devem também proporcionar mais salubridade aos moradores e facilitar a difusão de instruções a respeito das técnicas de tratamento, de modo a facilitar a sua

operação e manutenção. Estabelecendo deste modo, a sustentabilidade no saneamento ambiental, na economia, na política e na sociedade como um todo (FAGUNDES; SCHERER, 2009).

Do ponto de vista do saneamento ecológico ou ambiental, os nutrientes contidos nos efluentes sanitários podem ser reutilizados em forma de adubo orgânico na agricultura. As águas servidas domiciliares, as quais devem receber um tratamento adequado, servem para irrigação e outros serviços para os quais não é necessária água potável. Assim, é estabelecido um ciclo fechado no saneamento ambiental, onde todos os nutrientes e efluentes são reutilizados, não gerando nenhum tipo de resíduo (GALBIATI, 2009). Fagundes e Scherer (2009), destacam que o reuso de água não potável deve ser empregado apenas para descarga em sanitários, lavagem de calçadas, veículos e roupas, uso ornamental e na construção civil, uma vez que os custos para tornar os efluentes sanitários potáveis são onerosos.

Por meio da efetivação deste conceito, de estabelecimento de um ciclo fechado, o saneamento ambiental é possível de ser concretizado, sendo esta a condição ideal. Contudo, há outras questões que também precisam ser consideradas, não apenas as que se referem às tecnologias empregadas. É preciso atentar-se também para a viabilidade técnico-social e financeira das tecnologias a serem utilizadas em cada região. Pois cada lugar possui suas singularidades, as quais precisam ser respeitadas para o correto funcionamento dos sistemas. Os moradores precisam ter conhecimento em relação ao funcionamento e operação dos sistemas alternativos de saneamento, além de consciência ambiental (FREISLEBEN et al., 2010). Sendo estes quesitos fundamentais para cumprir com as premissas do saneamento ambiental.

### **Tanque de evapotranspiração - TEvap**

Para alcançar os objetivos das diretrizes traçadas pela Lei 11.445/2007 e contemplar os princípios do saneamento ambiental, é necessário que aconteçam mudanças em relação a forma como são tratadas as águas residuais atualmente. O sistema tradicional, amplamente empregado nas residências brasileiras, consiste na construção de sanitários com vazão hídrica, os quais direcionam os dejetos para uma rede de coleta pública. Durante muito tempo os recursos hídricos foram tratados como um bem inesgotável e poderiam, portanto, receber e depurar os dejetos sanitários (MARTINETTI, 2009). Porém, hoje a realidade é outra e o cuidado para com a preservação das águas é inevitável. Portanto, ampliar as redes coletoras e de tratamento das águas

servidas não é uma solução ecologicamente viável para o problema do saneamento ambiental no Brasil. Para que isto se resolva, outras medidas mais sustentáveis precisam ser implementadas, as quais não dependam exclusivamente do transporte dos dejetos via recursos hídricos.

Dentre estas medidas alternativas, encontram-se os Tanques de Evapotranspiração (TEvap), cuja tecnologia foi proposta por permacultores, afim de possibilitar o tratamento e reuso das águas servidas domiciliares provenientes do vaso sanitário, as quais possuem elevadas cargas de patógenos e matéria orgânica (GALBIATI, 2009). O sistema não contempla o tratamento de águas cinzas residuais oriundas de pias, tanques e lavatórios, tratando apenas as águas servidas domiciliares, pois o mesmo não comporta um volume muito grande de efluentes hídricos, dado que o seu dimensionamento é mínimo, projetado para atender exclusivamente a unidades unifamiliares, as quais disponibilizam de pouco espaço físico para a sua implantação. As águas servidas domiciliares são potenciais poluidoras dos recursos hídricos e são as maiores responsáveis pelas patologias e viroses que ocorrem na população que vive em condições insalubres de higiene e saneamento, sendo, portanto, prioritário o seu tratamento. Grub et al. (2014) recomendam o uso de Tanques de Evapotranspiração em lotes individuais como alternativa aos sistemas tradicionais de saneamento, como fossas sépticas e sumidouros, sendo que estes sistemas evitam que os dejetos sejam despejados diretamente nos cursos hídricos, porém não impede a contaminação dos lençóis freáticos, quando localizados próximos à superfície.

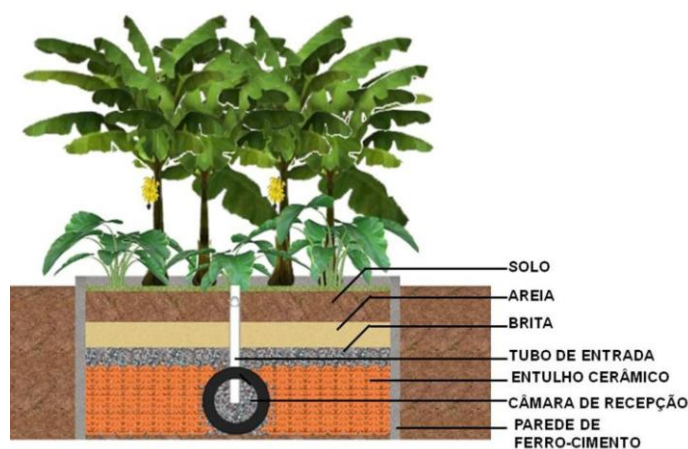
Galbiati (2009, p.3), descreve o TEvap como sendo:

[...] um tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de substrato e plantado com espécies vegetais de crescimento rápido e alta demanda por água. O sistema recebe o efluente dos vasos sanitários, que passa por processos naturais de degradação microbiana da matéria orgânica, mineralização de nutrientes, absorção e evapotranspiração pelas plantas.

A construção de um TEvap é simples e pode ser executada pelos próprios usuários. Consiste basicamente na escavação do solo, execução das paredes impermeabilizadas, disposição das camadas de filtragem com materiais de granulometria variada e plantio das espécies vegetais (MASCARÓ E AZAMBUJA, 2010). Para a construção das paredes que devem ser estanques, podem ser utilizadas telas de arame, as quais auxiliam no suporte e sustentação das vedações que

não precisam ser muito espessas. A utilização de entulho de construção nas camadas do filtro anaeróbico reduz os custos da execução e contribui para a preservação do meio ambiente por meio do reuso de materiais. Ao fundo do tanque, devem ser dispostos resíduos maiores, tais como tijolos e telhas, os quais facilitam a permeação dos dejetos e sustentam a câmara anaeróbia de pneus. A câmara funciona como receptora dos efluentes sanitários e serve para alojar materiais sólidos que eventualmente se depositam ali e podem obstruir o sistema, uma vez que a digestão anaeróbia acontece também por toda a camada inferior da câmara, consistindo em um processo de decomposição dos sólidos (FREISLEBEN et al., 2010). As camadas mais superficiais do filtro devem ser de materiais com granulometria menor, como brita e areia, respectivamente, podendo neste caso também, ser utilizado entulho de obras. A espessura dessas camadas varia entre 10 cm e 20 cm. Por último, é depositada uma camada de terra, com cerca de 30 cm de espessura, a qual serve para o plantio das mudas vegetais, sendo muito importante que se opte por espécies de folhas largas e que apreciam ambientes com umidade abundante para se desenvolver (Figura 2). Podem ser utilizadas espécies como a taioba, lírio do brejo e helicônia, sendo a bananeira a mais utilizada. As plantas têm a função de eliminar a água acumulada no sistema, através da evapotranspiração que ocorre em suas folhas. Já os nutrientes, são removidos por meio da incorporação as plantas (GALBIATI, 2009).

Figura 2 - Sistema TEvap



Fonte: Adaptado de GALBIATI (2009, p. 18).

Diferentemente dos sistemas convencionais, no TEvap não há infiltração no solo uma vez que o tanque é impermeável. Também não há dejetos remanescentes, já que os líquidos evaporam



através das folhas das plantas e os sólidos, convertem-se em biomassa das espécies vegetais (FREISLEBEN et al., 2010). No entanto, temporadas com altos índices pluviométricos ou aridez, incidem de forma direta no funcionamento do tanque. Isso pois, quando chove e o volume de água é demasiado, podem ocorrer extravasamentos, em função da demanda de água ser muito maior do que o sistema é capaz de gerir, além de que se estiver chovendo e não houver irradiação solar, não há evapotranspiração. Já na estiagem, o sistema pode ficar comprometido pela falta de umidade. Acontece que a água presente nos efluentes sanitários evapora de maneira muito rápida, tornando a matéria orgânica muito seca e isso dificulta a ação dos micro-organismos que a decompõe. MASCARÓ e AZAMBUJA (2010) destaca que o sistema é mais indicado para climas quentes e secos, uma vez que sua utilização em climas quentes e úmidos pode ser comprometida em função do excesso de umidade. Por isso, é importante que o sistema seja dimensionado e projetado de forma criteriosa, garantindo o seu bom funcionamento. Galbiati (2009), destaca que o TEvap funciona de uma forma mais simplificada se comparado aos sistemas convencionais para tratamento de águas servidas domiciliares, visto que não precisa de pré-tratamento e nem pós-tratamento, porque se bem dimensionado, o efluente é completamente dissipado pelas plantas. Porém, quando há sobrecarga, o efluente pré-tratado, pode ser encaminhado para a infiltração no solo ou para redes públicas de coleta.

A operação e manutenção do sistema é simples. Constitui-se em colher os frutos das espécies produtivas, retirar folhas secas, arrancar as mudas em excesso e realizar vistorias para verificar se o sistema está operando normalmente. Além disso, o sistema não produz odores, não há proliferação de mosquitos e outros insetos, os quais podem causar doenças, sendo isto, um diferencial do sistema. Para evitar a propagação de doenças, é muito importante que o sistema seja vedado impedindo que os efluentes fiquem expostos. Assim, pelo fato de o sistema ser fechado e coberto com diversas camadas filtrantes, terra e plantas, a possibilidade de contato das pessoas com a água do sistema é remota (GALBIATI, 2009).

Apesar do sistema ser fechado e minimizar as possibilidades de contaminação por meio de contato com os efluentes, alguns cuidados são necessários. Dentre esses cuidados, está a manipulação de partes das plantas que ficam em contato com o solo dentro do TEvap, como as raízes por exemplo, as quais podem conter altos índices de coliformes e patógenos. Salvo esta questão, o consumo dos frutos e folhas, desde que bem higienizados é recomendado, pois não há

riscos de contaminação na parte superior das plantas. A ameaça que se encontra para a saúde fica na parte inferior, a qual absorve os nutrientes e tem contato com resíduos que ainda não foram decompostos. Nos casos em que há sobrecarga do sistema e parte dos efluentes precisa ser remanejada para infiltração no solo, não é recomendada a utilização da água para irrigação, já que esta contém coliformes, os quais podem resultar em contaminação das plantas (GALBIATI, 2009).

Além de ser um ciclo fechado de tratamento de águas servidas domiciliares, onde não há geração de resíduos, potencializar o uso de materiais reciclados e produzir alimentos, o sistema TEvap também possui potencial paisagístico (FREISLEBEN et al., 2010). Se for bem projetado, a escolha e disposição das espécies vegetais for harmônica, o resultado estético pode ser interessante do ponto de vista paisagístico. Os TEvap's podem ser projetados para compor a paisagem tanto de locais públicos, quanto privados (Figura 3), podendo ser implantados em locais como praças ou quintais.

Figura 3 - TEvap implantado



Fonte: GALBIATI (2009, p. 33).

Freisleben et al. (2010) recomenda o uso de TEvap's como forma alternativa de tratamento de águas servidas domiciliares, evitando assim, a sobrecarga das estações de tratamento de efluentes sanitários convencionais e reduzindo o volume de efluentes poluidores que são lançados nos cursos hídricos ou que ficam expostos a céu aberto em meio às comunidades urbanas menos privilegiadas. Bernardes (2014), traz alguns dados referentes ao funcionamento de um TEvap

instalado que serviu como objeto de estudo, com destaque para o fato de que o tanque possui capacidade de vazão 11 vezes maior do que a vazão que é exposta ao sistema. No entanto, o mesmo não possui espaço volumétrico o suficiente para suportar este consumo. Isto indica que o sistema é altamente eficiente no processo de evapotranspiração.

Mesmo que por erros de dimensionamento, ou por intervenções climáticas, como o excesso de chuvas, por exemplo, ocorra extravasamento do TEvap, o volume despejado para infiltração no solo é mínimo se comparado aos casos em que não há sistema de tratamento de efluentes. Sua implantação em áreas urbanas e rurais é recomendado, possibilitando desta forma, a redução dos impactos causados ao meio ambiente devida a ausência de despejos sanitários nos cursos hídricos (FREISLEBEN et al., 2010). Sendo assim, o sistema mostra-se potencialmente viável de ser implantado, uma vez que se trata de uma alternativa ecológica e sustentável, o que é evidenciado pelo seu baixo impacto ao meio ambiente, autonomia de funcionamento sem uso de energia e operação simplificada (FAGUNDES; SCHERER, 2009).

### **Fossa séptica e Sumidouro**

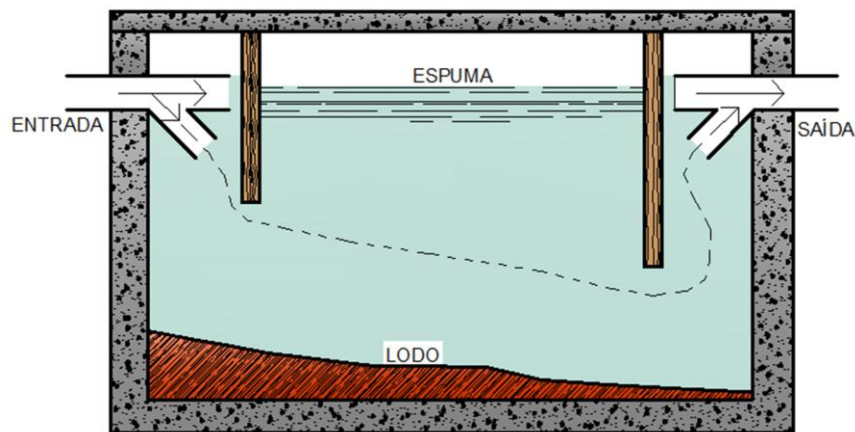
Com a cultura de afastamento das águas servidas das residências, diversas formas de realizar este processo foram se desenvolvendo ao longo dos anos. Muitas destas, consistem apenas em lançar os efluentes para longe, sem prever nenhum tipo de tratamento nem considerar os danos que esta ação pode causar ao meio ambiente e para a saúde da população. Além disso, as situações em que as águas servidas são despejadas diretamente nos corpos hídricos são muito comuns no Brasil (GRUB et al., 2014). Apesar disso, quando não há rede de coleta pública disponível, utilizam-se sistemas individuais de tratamento, entretanto, estes nem sempre são eficientes, dado que os efluentes são apenas parcialmente tratados (MASCARÓ E AZAMBUJA, 2010).

Dentre estes sistemas individuais de tratamento das águas servidas domiciliares, os mais comuns são os conjuntos constituídos por fossa séptica e sumidouro, uma vez que, segundo Martinetti (2009), grande parte da população não tem acesso a redes de coleta das águas servidas. O uso deste sistema também é recomendando pela ABNT (1993) como alternativa para o tratamento local dos efluentes, para as áreas onde não há rede pública de coleta. Quando utilizado, o sistema consiste em implantação conjunta, de modo que o efluente passe primeiramente pela fossa séptica e depois se aloje no sumidouro que permite a sua infiltração no solo. Ao passar pelo sistema, os

efluentes sofrem um processo de pré-tratamento dentro da fossa séptica, onde a matéria orgânica sofre sedimentação e os líquidos seguem para o sumidouro. No entanto, as águas servidas que passam pela fossa séptica não precisam obrigatoriamente ser direcionados para um sumidouro, podendo ser utilizados outros sistemas de tratamento, como filtros anaeróbicos, valas de infiltração ou filtros de areia (MARTINETTI et al., 2007).

De acordo com Creder (2006, p. 225), a fossa séptica consiste numa "unidade básica de sedimentação e tratamento primário das águas servidas domiciliares". O funcionamento desta, depende da ação de micro-organismos anaeróbios, os quais convertem a matéria orgânica em gases ou substâncias solúveis. Estas substâncias, quando dissolvidas, são direcionadas para infiltração no solo (Figura 4). O lodo, que se constitui das partículas minerais sólidas, sedimenta-se no fundo da fossa, enquanto que na superfície, forma-se uma espuma que dificulta a circulação de ar, o que contribui para a ação dos micro-organismos (CREDER, 2006).

Figura 4 - Seção transversal de uma fossa séptica em funcionamento



Fonte: Adaptado de CREDER (2006, p. 250).

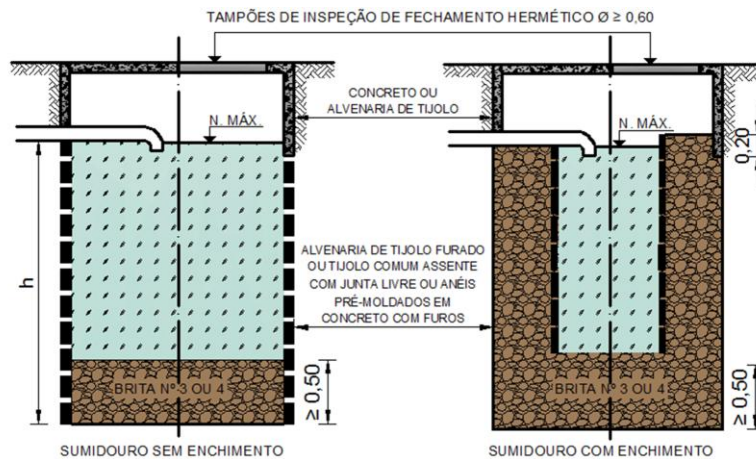
Para evitar contaminações, recomenda-se que as fossas sépticas sejam localizadas abaixo de corpos hídricos e com distância mínima de 15,00m dos mesmos. A mesma também deve estar próxima da residência, preferencialmente ao banheiro com tubulações retas, utilizando-se o mínimo possível de curvas. Já o afastamento mínimo de poços e fontes de água deve ser de 20,00m. É importante prever e facilitar o acesso para a futura ligação na rede pública de coleta de efluentes sanitários e também da remoção periódica do lodo sedimentado. Além disso, sua

localização deve antever a estabilidade de edificações e lotes lindeiros. A disposição das águas servidas domiciliares utilizando-se de fossas sépticas necessita da elaboração de plantas técnicas as quais devem ser submetidas à avaliação e aprovação pelas autoridades competentes (CREDER, 2006). Após a instalação do sistema, devem ser feitas vistorias semestrais para verificar o nível de lodo sedimentado e avaliar a necessidade de remoção do mesmo. Para isto, é obrigatória a instalação de tampas de fechamento que permitem o acesso ao interior da fossa para realizar as avaliações e possíveis manutenções (ABNT, 1993).

O sumidouro, por sua vez, sendo o sistema mais utilizado para a infiltração das águas servidas domiciliares no solo, constitui a última parte do processo de tratamento dos efluentes sanitários em unidades isoladas. Creder (2006, p. 227), conceitua o sumidouro como sendo uma "cavidade destinada a receber o efluente de dispositivo de tratamento e a permitir sua infiltração no solo". Por ser a unidade final e depuradora do sistema de tratamento dos efluentes sanitários, o sumidouro pode ser utilizado somente em locais onde o aquífero fica longe da superfície, pois a disposição final dos efluentes se dá de forma vertical (ABNT, 1997). Em razão disso, a sua utilização em solos muito arenosos não é recomendada, porque devido a porosidade deste tipo de solo, os líquidos podem se espalhar rapidamente e de forma inadequada, dificultando o tratamento correto das águas servidas (FAGUNDES; SCHERER, 2009).

No que se refere ao processo construtivo, a construção do sumidouro consiste em escavar o solo e construir paredes com alvenaria de tijolos cerâmicos, com juntas livres, cuja função é permitir a permeabilidade. A parte inferior deve receber uma camada de pedra brita com cerca de 50 cm de espessura. A parte superior deve ser coberta com uma laje de concreto armado no mesmo nível do terreno, com uma abertura com tampa para inspeção com dimensão mínima de 0,60m x 0,60m (Figura 5). Já o dimensionamento do sumidouro, depende do volume de efluentes que ele deverá dissipar e também da capacidade de absorção do solo (CREDER, 2006).

Figura 5 - Seção transversal de sumidouros



Fonte: Adaptado de CREDER (2006, p. 265).

A simplicidade de execução e manutenção, independentemente das condições climáticas é o grande diferencial deste sistema que é frequentemente utilizado para o tratamento das águas servidas em residências, as quais não têm acesso a rede pública de coleta de efluentes sanitários (MARTINETTI et al., 2007). Apesar de amplamente empregado, sua utilização se restringe basicamente às residências unifamiliares, sendo o uso em edificações multifamiliares pouco habitual. Contudo, quando mal dimensionado, ou localizado em áreas onde o nível do lençol freático é superficial, este se transforma em um potencial poluidor destas águas, devido a infiltração dos resíduos e patógenos (BERNARDES, 2014). Conforme Martinetti et al. (2007), ainda que os empenhos realizados na tentativa de resolver a questão da precariedade do saneamento básico no Brasil apontam para a construção de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE's), isto é difícil de se consolidar, dado que nem sempre a topografia é favorável. Nestes casos, o conjunto de fossa séptica e sumidouro é uma boa solução, apesar de suas limitações em relação ao nível do lençol freático.

### Análise comparativa

O procedimento adotado para a realização da presente pesquisa, consiste em análise comparativa das particularidades de ambos os sistemas. A atribuição de pesos numéricos a determinadas condições observadas possibilita a realização do somatório dos valores atribuídos em cada item avaliado, de modo a determinar qual dos dois sistemas é o mais eficiente em relação aos itens analisados e, portanto, mais indicado para implementação nos locais onde não há rede pública de

coleta das águas servidas domiciliares (Tabela 1). A proposta de tabela comparativa de dados, utilizando-se de pesos numéricos nas variáveis averiguadas, facilita a compreensão do estudo realizado. Desta maneira, os dados e critérios de avaliação ficam mensuráveis, facilitando a compreensão dos resultados obtidos, resguardando-se de subjetividade na análise.

Tabela 1 - Atributos das variáveis consideradas

Nomenclatura	Peso numérico	Definição
A	0,00	Não há/ não se aplica
B	0,50	Existe/ se aplica parcialmente
C	1,00	Existe/ se aplica totalmente

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Desta forma, foram utilizadas as fórmulas discriminadas abaixo (Quadro 1) para a definição dos resultados parciais e somatório final.

Quadro 1 - Fórmulas matemáticas

$A_1 = 0,00 * n$	$B_1 = 0,50 * n$
Onde: A1 = resultado parcial da coluna A 0,00 = peso numérico n = número de variáveis atendidas	Onde: B1 = resultado parcial da coluna B 0,50 = peso numérico n = número de variáveis atendidas
$C_1 = 1,00 * n$	$S = A_1 + B_1 + C_1$
Onde: C1 = resultado parcial da coluna C 1,00 = peso numérico n = número de variáveis atendidas	Onde: S = somatórios dos resultados parciais A1 = resultado parcial da coluna A B1 = resultado parcial da coluna B C1 = resultado parcial da coluna C

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Por meio da revisão bibliográfica, foi possível elencar algumas variáveis de análise, as quais possibilitam analisar e comparar os sistemas de Tanques de Evapotranspiração (TEvap) e conjunto de fossa séptica e sumidouro em relação a diferentes aspectos. Na Tabela 2 é possível observar as variáveis analisadas, bem como os resultados obtidos através do somatório da pontuação.

Tabela 2 - Análise comparativa dos sistemas

VARIÁVEIS PONTUAÇÃO	TEvap			Fossa Séptica e Sumidouro		
	A=0,00	B=0,50	C=1,00	A=0,00	B=0,50	C=1,00
1) Baixo risco de contaminação do solo			x		x	
2) Baixo risco de contaminação do lençol freático			x			x
3) Baixo impacto ambiental			x		x	
4) Possibilidade de produção de alimentos			x	x		
5) Pequena quantidade de dejetos remanescentes			x		x	
6) Baixo nível de geração de odores			x			x
7) Possibilidade de reuso não potável da água	x			x		
8) Adequação em espaços pequenos ou com topografia acidentada			x			x
9) Baixos custos e facilidade de construção e manutenção			x			x
10) Valor paisagístico			x		x	
<b>SUB - TOTAL</b>	<b>A<sub>1</sub>=0,00</b>	<b>-</b>	<b>C<sub>1</sub>=9,00</b>	<b>A<sub>1</sub>=0,00</b>	<b>B<sub>1</sub>=2,00</b>	<b>C<sub>1</sub>=4,00</b>
<b>SOMATÓRIO</b>	<b>S=9,00</b>			<b>S=6,00</b>		

Fonte:Elaborado pelos autores (2018).

A partir destes resultados foi possível vislumbrar os potenciais e as deficiências de cada um dos sistemas estudados. No Quadro 2 é apresentada uma análise de interpretação qualitativa dos dados, a qual fundamenta o diagnóstico observado.



Quadro 2 - Análise interpretativa

	Variável	Sistema TEvap	Conjunto Fossa Séptica e Sumidouro
1)	Baixo risco de contaminação do solo	Possui paredes totalmente impermeáveis, portanto, os riscos de contaminação do solo são remotos.	O sumidouro é vazado, com paredes permeáveis, sendo assim há maior risco de contaminação por extravasamento de efluentes.
2)	Baixo risco de contaminação do lençol freático	Só poderá poluir o lençol freático em caso de extravasamento de efluente não tratado, sendo que para isto, o nível da água subterrânea deve ser superficial.	Tem maior potencial poluidor, pois os efluentes líquidos, apesar de serem pré-tratados na fossa, são direcionados para infiltração através do sumidouro.
3)	Baixo impacto ambiental	É um sistema de baixo impacto ambiental, pois o seu ciclo é fechado, ou seja, se bem dimensionado, todos os dejetos são geridos por ele.	É de relativo impacto ambiental, porque apesar de direcionar parte dos efluentes para infiltração, estes primeiramente passam por processos de sedimentação e filtragem dos dejetos, o que reduz a carga poluidora dos efluentes que infiltram no solo.
4)	Possibilidade de produção de alimentos	Possui potencial para a produção de alimentos, uma vez que se pode fazer uso de espécies produtivas.	Não é possível incorporar vegetação ao sistema, já que na superfície se faz necessária laje de concreto armado com acesso para inspeção periódica, impossibilitando o plantio de espécies vegetais.
5)	Pequena quantidade de dejetos remanescentes	Os resíduos líquidos são eliminados por meio da evapotranspiração das plantas e a matéria orgânica é incorporada a biomassa das mesmas.	Na fossa séptica são necessárias limpezas periódicas para fins de esvaziamento e retirada da matéria orgânica sedimentada que se acumula na parte inferior da mesma.
6)	Baixo nível de geração de odores	É bem isolado na parte superior, não possibilitando portanto, a proliferação de odores.	É bem isolado na parte superior, não possibilitando portanto, a proliferação de odores.
7)	Possibilidade de reuso não potável da água	Não existe a possibilidade de reuso da água para fins não potáveis. Isto se deve pelo fato da água ser eliminada pela evapotranspiração, ou seja, ela se dissipa em forma de vapor.	Não existe possibilidade de reuso, pois a água infiltra no solo e se mistura às camadas de terra, impedindo a sua captação para reuso.
8)	Adequação em espaços pequenos ou com topografia acidentada	Pode ser adequado aos mais variados espaços e topografia, desde que respeitados os critérios de dimensionamento mínimo para o seu bom funcionamento.	Pode ser adequado aos mais variados espaços e topografia, desde que respeitados os critérios de dimensionamento mínimo para o seu bom funcionamento.
9)	Baixos custos e facilidade de construção e manutenção	Não exige manutenção além da braçal, que consiste em retirada das partes secas das plantas e colheita de frutos.	A única manutenção que há é a de esvaziamento periódico da fossa séptica, no entanto isto ocorre em intervalos muito grandes de tempo, sendo o seu custo diluído em partes pequenas durante este período.
10)	Valor paisagístico	Possui alto valor paisagístico, devido ao fato de sua superfícies ser coberta por espécies vegetais, dentre as quais algumas podem ser ornamentais.	Não existe a possibilidade de plantar espécies vegetais na superfície, pois a mesma é feita de concreto armado e precisa ser aberta periodicamente para inspeções e limpeza. Pode, no entanto, esta laje de concreto armado fazer parte de uma composição paisagística com paginação de calçadas.

Fonte:Elaborado pelos autores (2018).

Conforme os dados analisados, a implantação de um sistema TEvap, ao invés do uso do sistema convencional de fossa séptica e sumidouro para a depuração das águas servidas domiciliares, mostra-se viável. O sistema contempla diversos benefícios tanto para o meio ambiente, quanto para os próprios usuários, visto que além de ter baixo impacto na natureza, pode produzir alimentos e a sua operação e implantação é simples e de baixo custo.

### **Considerações Finais**

Em virtude da necessidade do provimento de condições adequadas para o saneamento básico para as populações cuja situação social é menos privilegiada, muitos estudos vem sendo realizados em busca de soluções alternativas, de baixo custo e ecologicamente corretas. Dentre estas, estão os Tanques de Evapotranspiração (TEvap), os quais atuam na depuração de águas servidas domésticas, cujo sistema funciona com autonomia energética. A depuração dos efluentes ocorre por meio da evapotranspiração das plantas e digestão anaeróbia de micro-organismos presentes no interior do tanque. Entretanto, devido a falta de disseminação das informações a respeito deste sistema, há falta de confiabilidade da população em relação a sua eficiência.

Para isto, nesta pesquisa comparo-se o sistema convencional de fossa séptica e sumidouro, muito utilizado em locais onde não há rede pública de coleta das águas servidas domiciliares, com o sistema TEvap. O objetivo foi analisar a viabilidade técnica do mesmo, considerando variáveis técnicas, construtivas e ambientais.

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o TEvap, se comparado com o sistema conjugado de fossa séptica e sumidouro, possui viabilidade de implantação. Dentre os benefícios apresentados pelo sistema, está a reutilização de resíduos da construção civil, possibilidade de produção de alimentos, completa dissipação dos efluentes e tecnologia de implantação e manutenção simplificada. No entanto, ainda se fazem necessários estudos para analisar a sua eficiência a longo prazo e elaboração de diretrizes mais criteriosas quanto ao seu dimensionamento. Além disso, também sugere-se que estudos futuros sejam realizados para averiguar o desempenho do sistema em áreas com condições climáticas distintas.

## Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.969**: tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

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

BERNARDES, Fernando Silva. **Avaliação do tratamento domiciliar de águas negras por um Tanque de Evapotranspiração (TEvap)**. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, ed. 7, nº 007, vol. 01, jul. 2014. Disponível em:

<<http://especializando vencedores.com.br/uploads/arquivos/87d66210c6fd06a201d2ac670ff74fdd.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2016.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Disponível em:

<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 26 nov. 2016.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6.ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2006.

FAGUNDES, Renata Magalhães; SCHERER, Minéia Johann. Sistemas alternativos para o tratamento local dos efluentes sanitários. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v.10, n. 1, p. 53-65, 2009. Disponível em:

<<http://sites.unifra.br/Portals/36/tecnologicas/2009/completos/04.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

FREISLEBEN, Sandra Rodrigues da Silva. GRISA, Felipe Fontoura. CANDIOTTO, Luciano Zanetti Pessôa. Técnicas de saneamento básico e destino de efluentes em pequenas unidades rurais. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS - ENG, 16., 2010, Porto Alegre. **Anais Eletrônicos...**Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2010. Disponível em: <[www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=1243](http://www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=1243)>. Acesso em: 25 abr. 2017.

GALBIATI, Adriana Farina. Tratamento domiciliar de águas negras através de Tanque de Evapotranspiração. Brasil, 2009. 52f. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologias Ambientais) --

Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, 2009.

GRUB, Julian; *et al.* **Análise da rede de esgoto do loteamento Bem-te-vi na cidade de Portão/RS - Brasil.** In: Seminário Nacional de Construções Sustentáveis - SNCS, 3., 2014, Passo Fundo. Anais eletrônicos. Passo Fundo: Núcleo de Estudo e Pesquisa em Edificações Sustentáveis - IMED, 2014. Disponível em:

<[https://www.imed.edu.br/Uploads/An%C3%A1lise%20da%20Rede%20de%20Esgoto%20do%20Loteamento%20Bem-te-vi%20na%20cidade%20de%20Port%C3%A3o\\_RS\\_Brasil.pdf](https://www.imed.edu.br/Uploads/An%C3%A1lise%20da%20Rede%20de%20Esgoto%20do%20Loteamento%20Bem-te-vi%20na%20cidade%20de%20Port%C3%A3o_RS_Brasil.pdf)>.

Acesso em: 19 nov. 2016.

MARTINETTI, Thaís H; SHIMBO, Ioshiaqui; TEIXEIRA, Bernardo A.N. **Análise de alternativas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais.** In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS - ELECS, 4., 2., 2007, Mato Grosso do Sul. Anais eletrônicos... Mato Grosso do Sul: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007. Disponível em:

<[http://www.elecs2013.ufpr.br/wpcontent/uploads/anais/2007/2007\\_artigo\\_019.pdf](http://www.elecs2013.ufpr.br/wpcontent/uploads/anais/2007/2007_artigo_019.pdf)>. Acesso em: 4 dez. 2016.

MARTINETTI, Thaís Helena. **Análise das estratégias, Condições e obstáculos para implantação de técnicas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais. Caso: assentamento rural Sepé Tiaraju, Serra Azul - SP. Brasil, 2009. 247 f. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Urbana) -- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos (UFSC), São Carlos, 2009.

MASCARÓ, Juan Luis. AZAMBUJA, Giovani Baseggio de. **Sustentabilidade em urbanizações de pequeno porte.** Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010.