

Utilização de tanques de evapotranspiração para tratamento de esgoto doméstico, em residências em região rural

Eixo 2 – Engenharia e Meio Ambiente

Antonio D. M. Junior¹, José M. F. da Costa², Kaio M. Ramos³, Katerine da S. Moreira⁴, Juan C. A. Alcócer⁵

¹*Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab, Campus dos Palmares, Acarape-CE – duartejr@aluno.unilab.edu.br*

²*Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab, Campus dos Palmares, Acarape-CE – micaelcosta@aluno.unilab.edu.br*

³*Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab, Campus dos Palmares, Acarape-CE – kaiomartins@aluno.unilab.edu.br*

⁴*Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab, Campus dos Palmares, Acarape-CE – katerine@aluno.unilab.edu.br*

⁵*Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – Unilab, Campus dos Palmares, Acarape-CE – jcalcocer@unilab.edu.br*

Resumo

Devido a grande incidência de municípios em todo o país que ainda não dispõem de uma rede de coleta e tratamento de esgoto, o presente projeto foi desenvolvido para que se apresente uma forma eficiente para o tratamento de esgotos domésticos. Pretende-se mostrar com este estudo, que o Tanque de Evapotranspiração (TEvap) é uma alternativa viável para tratamento de esgotos domiciliares, e que foi escolhido por melhor se enquadrar às condições econômicas e sociais do município que será abordado. Do mesmo modo, poderá ser utilizado nas regiões rurais próximas que por sua vez possuem uma precariedade ainda maior no setor. Isso trará vastas melhorias para toda a população, acompanhado de uma solução para toda esta problemática. A utilização deste sistema gera uma diminuição da pressão sobre as estações de tratamento de esgoto e a carga de poluentes que é lançada para os córregos d'água. Sendo que quando bem dimensionado, o TEvap não apresenta nenhum resíduo líquido, que deva ser destinado a rede coletora ou a corpos d'água. Isso o torna uma solução viável ecologicamente.

Palavras-chave: Tratamento; Esgoto; Saneamento; Evapotranspiração.

1 Introdução

Dentre os diversos problemas provenientes da falta de saneamento básico, a ausência de esgoto tratado torna-se um dos maiores responsáveis diretos por transtornos causados à população.

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografias e Estatística (IBGE), cerca de 100 milhões de brasileiros vivem diariamente sem coleta e tratamento de esgoto. Isso acarreta uma direta contaminação do solo, além de ser responsável por cerca de 30% de toda a mortalidade nacional. De todo o esgoto coletado, apenas 10% é tratado, o restante sem tratamento é despejado livremente nos rios.

Observa-se também um vazio em termos de melhorias e mesmo de inexistência da rede de esgotamento sanitário nas regiões Norte e Nordeste, onde mesmo as áreas que exibem números positivos de crescimento absoluto são acompanhadas de fracos resultados em melhorias de esgotamento sanitário (IBGE, 2011).

Devido a esses resultados, a grande prioridade ambiental brasileira é a implantação do saneamento básico em áreas urbanas e rurais, especialmente na Amazônia e no Nordeste, visto que isso possibilitaria uma recuperação bastante expressiva da fauna e flora do litoral e dos corpos hídricos brasileiros, beneficiando diretamente a saúde da população, ajudando a reduzir a mortalidade infantil em grande escala. De acordo com estudos divulgados no Atlas de Saneamento 2011, o acesso à água limpa e esgoto tratado pode reduzir em até um quinto os índices de mortalidade infantil, preservando a vida de milhares de crianças pelo mundo que morrem diariamente, em virtude de doenças causadas pela falta de saneamento básico.

No maciço de Baturité, uma microrregião pertencente ao estado do Ceará, localiza-se o município de Redenção, uma pequena cidade do interior, que abriga a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (Unilab). Uma Universidade recente, fundada a apenas dois anos, alicerçada nesta cidade por esta ter sido a pioneira na abolição da escravatura em todo o país.

Essa mesma cidade não conta com uma rede de coleta e tratamento esgoto, e isto tem tornado precário o saneamento básico, ocasionando um grande problema para toda a população. Este corre pela cidade a céu aberto cria-se, sobretudo em períodos chuvosos, uma fonte para transmissão de doenças. Devido ao acúmulo de lixo que obstruem as vias de saída das águas, a água decorrente das chuvas, por não ter uma vazão correta, se mistura com os efluentes das casas que se encontram em valas pelas ruas. Isto gera um aumento do nível da água, ocasionando uma exposição direta das pessoas aos resíduos, e conseqüentemente à obtenção de doenças, como: Diarreia infecciosa, Cólera, Leptospirose, Hepatite, Esquistossomose, dentre outras. Demonstra-se desta forma, uma insuficiência na saúde sanitária devido aos riscos eminentes, e a urgência da criação de uma solução viável – econômica, social e ecológica – para este problema.

Os sistemas convencionais de tratamento de esgotos provocam impactos ao meio ambiente e à saúde das populações, devido ao lançamento de esgotos parcialmente tratados em corpos d'água. A segregação das águas negras (provenientes do vaso sanitário) das águas chamadas cinzas (provenientes das torneiras e não contaminada por fezes) permite o tratamento simplificado e descentralizado dos diferentes tipos de efluentes domésticos, possibilitando o reúso da água e nutrientes contidos no esgoto. O tanque de evapotranspiração (TEvap) é uma tecnologia proposta por permacultores para tratamento e reúso domiciliar de águas negras (GALBIATI, 2009).

Este trabalho objetiva principalmente estabelecer parâmetros que serão usados para o dimensionamento de tanques de evapotranspiração, tendo por base a avaliação feita por Galbiati (2009) para um tanque construído em região periurbana, sendo a parte da disseminação da utilização do sistema de tratamento/disposição dos efluentes na comunidade em estudo será o próximo passo a ser realizado.

2 Metodologia

Para este estudo, foram utilizados dados referentes ao saneamento básico, obtidos através dos seguintes documentos:

Para determinar a abrangência do tratamento de esgoto no país, retirou-se dados do Atlas de Saneamento, que faz uma análise dos resultados obtidos na Pesquisa Nacional do Saneamento Básico (PNSB) 2008. A partir deste, também foi possível identificar as principais deficiências no setor.

Os dados referentes à situação sanitária do município em estudo foram retirados do Perfil Básico Municipal de Redenção (2011), realizado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Esse documento mostra a quantidade de residências abrangidas pela rede de esgoto existente e o destino final dado ao efluente doméstico, assim como dados referentes ao perfil socioeconômico do município.

Realizou-se a análise da literatura a fim de se encontrar trabalhos produzidos sobre o tema. No processo de dimensionamento, foram utilizados dados dos estudos feitos por Galbiati (2009) e Araújo (2011). Ambos buscam estabelecer em seus estudos, parâmetros que devem ser adotados para a construção de um TEvap.

3 A problemática do Esgoto

Dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada em 2008, mostrava que apesar de existirem apenas 33 municípios, em todo o Brasil, que não contassem com o abastecimento de água, a rede coletora de esgoto estava ausente em 2495 municípios, ou seja, 44,8% de todas as cidades brasileiras estavam desprovidas de tal serviço. Isso só revela a precariedade do sistema de saneamento básico em todo o país. E a situação se torna ainda mais grave nos estados das Regiões Norte e Nordeste. O governo tem aumentado os investimentos no setor, porém ainda são insuficientes para atender a demanda nacional.

O saneamento envolve diversos aspectos que influem na qualidade de vida das pessoas e é necessário ter-se uma visão ampla quando se trata do assunto. Sem esquecer que existem fatores ambientais que influenciam no saneamento. Por isso ao se procurar soluções para este problema se deve sempre levar em conta todos os fatores envolvidos a fim de se encontrar a solução mais cabível.

Segundo Ivete Oliveira Rodrigues (Atlas de Saneamento, 2011),

A ausência da rede de esgotamento sanitário constitui, assim, a realidade de grande parte dos municípios com menos de 50 mil habitantes... Com efeito, nesse estrato populacional, concentra-se um grande número de municípios preponderantemente rurais e com população dispersa (densidade demográfica inferior a 80 habitantes por quilômetro quadrado), o que acarreta maior dificuldade para ofertar os serviços de coleta de esgoto. (RODRIGUES, Atlas do Saneamento Básico, p. 11)

Ainda de acordo com a PNSB 2008, a proporção de domicílios com acesso à rede

passou de 33,5% em 2000, para 45,7% em 2008. Porém, como é esperado, essa proporção não se mantém constante em todas as Regiões, em particular na Região Nordeste que conta com apenas 29,1% de domicílios atendidos por tal serviço. Isso revela ainda mais a insuficiência do serviço e a profunda necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias que possam sanar este problema.

Para as cidades que não contam com o esgotamento sanitário, as soluções alternativas giram em torno de fossas sépticas e sumidouro, fossa seca, vala a céu aberto e lançamentos em corpos d'água. Sendo que destas alternativas a única considerada adequada e eficiente para o tratamento sanitário é a fossa séptica.

“Para que o saneamento cumpra sua função é necessário considerar a qualidade das redes e dos serviços oferecidos à população e que repercutem no nível de eficiência e de resposta à demanda existente nesse setor” (GUERRA, Atlas de Saneamento, 2011). O saneamento deve ser feito de forma que possa garantir saúde, segurança e bem-estar da população. Evitando, ao máximo possível, a presença de contaminantes, detritos, resíduos, patógenos ou substâncias tóxicas em geral. (GUERRA, Atlas de Saneamento, 2011)

Quanto a analisada do tratamento de esgoto coletado, vê-se uma deficiência ainda maior. Enquanto alguns estados, principalmente das Regiões Sul e Sudeste, apresentam uma taxa de 70% no tratamento do esgoto coletado, outros apresentam índices inferiores a 50%. Todos esses dados juntos revelam a insuficiência do sistema no Brasil, já que, somente, cerca de 50% dos municípios fazem coleta de esgoto e a maioria deste é despejado nos rios sem receber nenhum tipo de tratamento.

A PNSB 2008 revelou que 44% dos municípios brasileiros que possuem rede coletora estão investindo em melhorias do sistema de esgotamento sanitário. O que mesmo representando um número aquém, ainda configura um avanço, quando comparado a anos anteriores em que apenas 30,3% investiam no setor. Assim, percebe-se que existe um maior interesse no setor e o desenvolvimento de novas tecnologias para saneamento ganham cada vez mais destaque, já que as técnicas atuais demonstraram ser insuficientes para remediar o problema, ainda mais por estas poderem diminuir os custos no tratamento do esgoto sanitário, o que favorece a implantação deste em todas as cidades, inclusive as de pequeno porte.

Diversos municípios lançam esgoto não tratado em rios, lagos ou lagoas (30,5% do total dos municípios), e utilizam estes corpos receptores para vários usos a jusante, como o abastecimento de água, a recreação, a irrigação e a aquicultura. Entre estes municípios, 23% lançam o esgoto não tratado nos corpos hídricos e os utilizam a jusante para a irrigação, e 16% os usam para o abastecimento humano. Isto encarece o tratamento da água para o abastecimento, pois há um custo extra para recuperar sua qualidade, e pode causar doenças às pessoas, entre outros impactos. (KRONENBERGER, Atlas de Saneamento, 2011, p. 46)

Observa-se que além de ser uma questão sanitária, há também uma questão

econômica envolvida, pois usando a técnica adequada, torna-se mais econômico tratar o esgoto antes de lançá-lo nos rios, do que mesmo fazer o tratamento destes rios após terem sido contaminados, a fim de que sua água se torne potabilizável.

Igualmente, existem diversos problemas ambientais relacionados à falta ou a precariedade da coleta como: poluição dos rios, lagos, aquíferos, doenças, erosão, assoreamento, inundações. Todos demonstram a necessidade urgente de medidas que visem um melhor gerenciamento dos esgotos e formas eficazes de tratamento do mesmo.

Como são as pequenas cidades do interior que representam a maior incidência na escassez do tratamento de esgoto, seja pela falta de investimentos ou dificuldades técnicas para a implementação de sistemas complexos. Busca-se ao longo deste projeto desenvolver uma alternativa viável para a solução do mesmo, de forma que possa atender as necessidades de um caso em especial, a cidade de Redenção, localizada no interior do Ceará, com 26415 habitantes, segundo o Censo-2010 realizado pelo IBGE. A cidade atualmente não conta com um sistema para coleta e tratamento de esgoto e isto tem causado diversos transtornos à população.

Dados coletados pelo IBGE e expostos na tabela a seguir, expõem a situação enfrentada pelo município quanto ao tratamento do esgoto produzido na cidade.

Tabela 1 – Domicílios permanentes segundo os tipos de esgotamento sanitário – 2000/2010

Tipos de Esgotamentos Sanitários	Município				Estado			
	2000	%	2010	%	2000	%	2010	%
Total(1)	5.877	100	7.392	100	1.757.888	100	2.365.276	100
Rede geral ou pluvial	143	2,43	305	4,13	376.884	21,44	774.873	32,76
Fossa séptica	595	10,12	953	12,89	218.682	12,44	251.193	10,62
Outra	3.219	54,77	5.660	76,57	731.075	41,59	1.167.911	49,38
Não tinham banheiros	1.920	32,67	474	6,41	431.247	24,53	171.277	7,24

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Censos Demográficos – 2000/2010.

(1) Inclusive os domicílios sem declaração da existência de banheiro e sanitário.

De acordo com a tabela anterior, vê-se que em 2010 apenas 4,13% das residências estavam ligadas a rede geral de esgoto. Porém, vale ressaltar que tal rede corre pela cidade predominantemente a céu aberto. Ainda, o esgoto lançado para o meio pluvial é deslocado, obrigatoriamente, para o pequeno Rio Pacoti – que corta a cidade e é responsável pelo abastecimento d'água da sede do município – o qual abastece o Açude Acarape do Meio (reservatório que armazena e distribui água para a microrregião do Vale do Acarape).

Além disso, deve-se notar que grande parte do esgoto, 76,57%, adquire um destino inadequado, pois este é lançado quase essencialmente em fossas rudimentares que permitem sua infiltração no solo, o que pode acarretar na contaminação dos lençóis freáticos, muito utilizados para abastecimento d'água do município, principalmente nas localidades mais distantes da sede.

Assim, é neste contexto que se explanará o projeto, que visa mostrar o meio que melhor se encaixa para a resolução dos problemas apresentados. Já que a

construção de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na cidade seria de difícil construção, devido à baixa concentração populacional, demandando um alto investimento para a implementação do mesmo. Espera-se que este, aliado a uma parceria com os responsáveis pela saúde sanitária da população redencionista, acompanhada campanha de disseminação do conhecimento para a população, possa solucionar ou ao menos amenizar, significativamente, os problemas gerados pelo destino inadequado do esgoto na cidade.

4 Sistemas de Esgotamento Domiciliar

4.1. Fossas Secas

Consistem em uma escavação feita em um terreno, com ou sem revestimento, para onde são destinados os dejetos, sem o uso de descarga d'água. Geralmente, ao redor do mesmo, é construído um pequeno abrigo para o usuário. É o meio mais rudimentar para a coleta do esgoto residencial, utilizado principalmente em pequenas comunidades afastadas dos centros urbanos, que não dispõem de nenhum tipo de abastecimento d'água e/ou tratamento de esgoto. Deve ser construído sempre afastado de fontes d'água.

A fossa seca, em casos especiais, é considerada uma solução razoável pois evita a contaminação do solo e mananciais, impede o contato direto com as fezes, ajuda a disseminar hábitos de higiene, além de proporcionar um mínimo conforto aos usuários. Este, do ponto de vista econômico, torna-se um dos meios mais baratos e viáveis, porém este método é aconselhável somente em casos extremos, quando nenhum outro método (dos mais aconselhados) faz-se possível de se realizar.

4.2 Fossas Rudimentares

Semelhante às fossas secas, são escavações no terreno, com ou sem revestimento, que recebem os dejetos. No entanto, neste caso há o uso de descarga d'água. É o meio mais precário e ineficaz para o esgotamento sanitário. Sua construção inclusive não é aconselhada por órgãos reguladores como o CREA e ABNT.

Sendo aconselhadas somente no último dos casos, quando nenhum outro método de coleta de esgoto é possível de ser feito. Muitas famílias optam por esse sistema por ser uma alternativa rápida e barata frente a outros. Porém, este é o método de maior potencialidade de causar danos ao meio ambiente e proliferação de doenças, por se tratar de um tanque sem revestimentos, e isso faz com que aumente potencialmente a infiltração de seu conteúdo no solo, passando-o diretamente para os lençóis d'água.

4.3 Fossas Sépticas

Este sistema, quando bem projetado, é tido como eficiente para o esgotamento doméstico (isto quando não existe uma rede de coleta de esgoto com tratamento). Inclusive existe uma norma regulatória, a NBR 7229/93, que define os padrões mínimos para a construção de tais sistemas.

O sistema trata-se, basicamente, de um tanque selado, que impede a infiltração do seu conteúdo para o solo. Dentro deste, acontecem dois processos de

decomposição da matéria orgânica, simultaneamente. Um processo aeróbico, concentrado na parte superior do tanque, e um processo anaeróbico, concentrado na parte inferior do mesmo. Tais processos são responsáveis por digerir a matéria orgânica no seu interior, gerando assim uma diminuição dos contaminantes presentes no meio.

Após um período de contenção, calculado de modo que possa gerar o máximo de eliminação de cargas poluentes, o líquido é então evacuado. Este líquido, dependendo das condições do local, pode ser despejado em um sumidouro, onde infiltrará no solo, ou para um sistema de calhas de infiltração, que semelhante ao sumidouro, permitirá que ele se infiltre no solo de maneira controlada, ou então poderá ser simplesmente lançado na rede de esgoto ou em corpos d'água.

Mesmo que este seja um dos sistemas mais eficazes, sua construção ainda é pouco difundida. Alguns fatores contribuem para isso, como o custo para construí-lo que ainda é mais dispendioso que em relação aos outros citados anteriormente, e pela falta de conhecimento da população, principalmente das famílias mais carentes, que não sabem exatamente suas vantagens.

Esses três tipos de fossas são as mais comuns, utilizadas ou difundidas, mas como vimos, todas elas possuem prós e, como na maioria dos casos, contras. E foi com este pensamento, que se criou uma forma de fazer esse tratamento de uma maneira mais viável, tanto ao que diz respeito ao aspecto social, econômico e em especial na melhoria da saúde sanitária.

O sistema de Tanque de Evapotranspiração (TEvap) – mais popularmente conhecido por “Fossa Verde”, “Fossa de Bananeira” ou “Fossa Ecológica” – que será o objeto de estudo deste projeto.

5 Tanques de Evapotranspiração

5.1 Definição

O tanque de evapotranspiração (TEvap) é um sistema especialmente feito para o tratamento de águas negras – propício também a receber as águas cinzas – que se utiliza de plantas, apresentando-se como uma alternativa aos sistemas de tratamento convencionais. Consiste em um tanque retangular impermeabilizado, dimensionado para uma unidade familiar, preenchido com diferentes camadas de substrato e plantado com espécies vegetais de crescimento rápido e alta demanda por água. O efluente do vaso sanitário (águas negras) entra no sistema pela câmara de recepção, localizada na parte inferior do tanque, permeando, em seguida, as camadas de material cerâmico e pedras. Nessa porção inferior do tanque, ocorre a digestão anaeróbia do efluente. Com o aumento do volume de esgoto no tanque, o conteúdo preenche também as camadas superiores, de brita e areia, até atingir a camada de solo acima, através da qual se move por ascensão capilar até a superfície. Através da evapotranspiração, a água é eliminada do sistema, enquanto que os nutrientes presentes são removidos através da sua incorporação à biomassa das plantas (GALBIATI, 2009).

Figura 1 – Desenho esquemático da estrutura de um tanque de evapotranspiração

Fonte: Araújo (2011)

Esse sistema funciona como uma câmara de digestão anaeróbia, na sua parte inferior, e como um banhado construído de fluxo subsuperficial, nas suas camadas intermediária e superior. Também procura eliminar a necessidade de pós-tratamento, pois, em condições ideais de funcionamento, espera-se que o efluente seja totalmente absorvido e evapotranspirado pelas plantas. No caso de sobrecarga, o efluente final, pode ser encaminhado para infiltração no solo ou para o sistema de coleta de esgoto, no caso de sistemas urbanos.

Poderão ser enviadas para o tanque as águas das torneiras (águas cinzas), através de uma câmara de filtração de gorduras acoplada ao tanque, por onde estas águas passarão para que sejam removidos os resíduos de óleos e detergentes provenientes desta. Deve-se atentar que deverá haver espaço físico suficiente, pois isto exigirá um espaço maior para a construção do mesmo.

Os principais aspectos, relacionados à decomposição dos elementos orgânicos dentro do TEvap, são os seguintes:

5.2 Processos anaeróbios

Em processos anaeróbios, a formação de metano é desejável, já que a matéria orgânica, comumente medida como demanda química de oxigênio (DQO), é removida da fase líquida, já que o metano apresenta baixa solubilidade na água. (CAMPOS, 1999).

Contudo, o metano liberado à atmosfera é um dos principais agentes causadores do chamado efeito estufa (SEGERS, 1998). Também é possível que parte do metano produzido na zona anaeróbia no TEvap seja consumido enquanto passa pela camada de solo do tanque, por causa da presença de bactérias metanotróficas, as quais promovem a oxidação do metano na presença de oxigênio (CICERONE & OREMLAND, 1988). A câmara de recepção, logo na entrada do tanque, exerce funções comparadas às de um tanque séptico, que são decantação, flotação, desagregação e digestão dos sólidos sedimentados (lodo) e da crosta constituída pelo material flotante (escuma). Devido ao tempo de detenção

hidráulica, os tanques sépticos propiciam também o tratamento anaeróbio da fase líquida e acumulam, por longos períodos, o lodo digerido, de volume bastante reduzido (Andrade Neto, 1997, apud GALBIATI, 2009).

5.3 Processos aeróbios

Conforme o efluente ascende no leito do tanque em direção à superfície (onde é maior a presença de oxigênio), passa dos processos anaeróbios e facultativos para processos aeróbios de degradação da matéria orgânica. A conversão aeróbia da matéria carbonácea consome oxigênio do meio, gerando gás carbônico, água e energia. Em ambiente aeróbio, os compostos orgânicos nitrogenados passam pelo processo de nitrificação, no qual a amônia é convertida em nitrito e, em seguida, em nitrato (Von Sperling, 1996, apud GALBIATI, 2009). O nitrogênio na forma de nitrato pode ser absorvido pelas raízes das plantas presentes no tanque.

5.4 Evapotranspiração

A parte superior do leito do TEvap deve apresentar condições de insaturação em água. Nessa porção do tanque, a água continua ascendendo até a superfície, por capilaridade, que é a interação dos fenômenos de coesão entre as moléculas de água e de adesão das mesmas em relação às partículas do solo, preenchendo seus poros menores (Ferri, 1985, apud GALBIATI, 2009). Também ocorre o fenômeno de adsorção da água pelas partículas do solo, que são carregadas eletricamente. Com a absorção da água do solo pelas raízes das plantas, estabelece-se uma diferença de potencial entre as regiões próximas às raízes e as regiões mais distantes. Como a água procura espontaneamente estados mais baixos de energia, ela se move em direção às raízes (Ferri, 1985, apud GALBIATI, 2009). Em condições climáticas propícias – radiação solar, vento e umidade do ar abaixo da saturação – o potencial da água na parte aérea da planta é menor do que nas raízes, o que provoca a translocação da água dentro da planta, em direção às folhas, passando dessas para a atmosfera, fenômeno chamado de evapotranspiração (Ferri, 1985, apud GALBIATI, 2009).

Quando a superfície do solo está seca, a água contida em camadas inferiores é deslocada até a superfície do solo. Ocorre a diminuição da evaporação, a medida que a superfície do solo fica seca, levando um tempo maior para a água se deslocar através do solo em direção à superfície do TEvap (KLOCKE, 2004).

5.5 Difusão do processo

Conforme relatam Pamplona & Venturi (2004) apud Galbiati, o conceito de tanque de evapotranspiração chegou ao Brasil através de uma série de cursos ministrados por Scott Pittman, em janeiro de 2000. De acordo com Venturi (2004), a escolha do local para instalação do TEvap deve levar em conta o tipo de solo, profundidade do lençol freático e a incidência solar direta. O dimensionamento, comumente utilizado para o tratamento apenas das águas negras é de 1 m a 1,2 m de profundidade, com 10 m² de área – 2 m x 5 m, para uma família de 5 pessoas – 2 m² por pessoa, no mínimo, dependendo do clima da região (Pamplona & Venturi, 2004, apud GALBIATI, 2009). Legan (2007) apud Galbiati propõe a construção de dois tanques em paralelo, com 1 m de largura e 4 m de comprimento cada um, para uma família

de 5 pessoas, podendo-se aumentar o comprimento dos tanques, de acordo com a quantidade de usuários. Esses tanques operariam de forma alternada, de modo a evitar o extravasamento do efluente. Porém, estes valores podem variar de acordo como o consumo de água da família assim como se para o tanque também forem enviadas as águas cinzas. A impermeabilização do TEvap é considerada opcional, sendo feita, na maioria das vezes, em ferro-cimento.

Longitudinalmente, ao fundo do tanque, é instalada uma câmara de recepção, também chamada de câmara de fermentação (Mandai, 2006, apud GALBIATI, 2009), câmara séptica ou fermentador (Pamplona & Venturi, 2004, apud GALBIATI, 2009), por onde o esgoto é admitido no sistema. Essa câmara é composta de meias manilhas de concreto perfuradas ou pneus usados, justapostos em pé, ao fundo do tanque, formando uma espécie de túnel horizontal (Mandai, 2006; Pamplona & Venturi, 2004, apud GALBIATI, 2009). São mantidos pequenos espaços entre as peças que compõem a câmara, sejam pneus ou meias manilhas de concreto, permitindo a passagem do efluente através deles. A principal função dessa câmara é a recepção do esgoto e a deposição de eventuais materiais sólidos, evitando entupimentos no sistema, já que a digestão anaeróbia da matéria orgânica ocorre em toda a extensão das camadas inferiores e não só na câmara. Ao redor e acima da câmara de recepção, o TEvap é preenchido por camadas de materiais com granulometria decrescente (Mandai, 2006, Pamplona & Venturi, 2004, apud GALBIATI, 2009). Ao fundo, são colocados grandes fragmentos de tijolos, telhas e pedras, até uma altura de 40 a 50 cm.

A seguir, são colocadas camadas que variam de 10 a 20 cm de espessura, na seguinte sequência: camada de pedras e/ou fragmentos cerâmicos menores; camada de britas, cascalhos e seixos; e uma camada de areia ou areia e cascalho.

Ao final, coloca-se uma camada com cerca de 30 cm de solo, aonde serão inseridas as plantas. É recomendável que o solo da última camada do TEvap seja composto de um terço de seu volume de areia, um terço de argila e um terço de composto orgânico, para que assim se possa alcançar uma boa capacidade de retenção de água, o que favorece a ascensão capilar e evitando a entrada em excesso da água da chuva. Recomenda-se também que a superfície tenha um formato abalado, mais alta no centro, podendo também ser coberta com serragem, favorecendo o escoamento da água da chuva para o exterior do tanque (LESIKAR & ENCISO). Algumas espécies recomendadas para introdução no TEvap são: bananas (*Musa* sp.); inhames e taiobas (*Colocasia* 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 (*Zizania bonariensis*) (Venturi, 2004; Mandai, 2006, apud GALBIATI, 2009), pois estas plantas tem uma grande capacidade de se adaptarem a ambientes úmidos.

No eventual efluente que saia do tanque espera-se que a carga de elementos contaminantes seja reduzida, podendo o mesmo ser lançado diretamente na rede de esgoto ou utilizado para irrigação através de um sistema de infiltração no solo. Outros métodos de irrigação não são recomendados, já que fariam o efluente entrar em contato direto com as folhas e frutos e contaminando-os. Quanto a capacidade

do tanque, quando bem dimensionado, não apresenta nenhum efluente final. Porém, existem fatores que podem fugir ao controle, como por exemplo, excesso de chuvas ou um aumento súbito na carga de efluentes domésticos direcionados ao tanque.

Para evitar que isto ocorra é sempre uma boa prática superdimensionar o sistema, a fim de evitar uma eventual saída de efluente do tanque. Um potencial meio para se evite com que o tanque venha a transbordar é que sejam colocadas “faixas verticais de solo que alcancem toda a profundidade do tanque, protegidas com manta geotêxtil, possibilitando a ascensão capilar da água armazenada nas camadas inferiores”, como propuseram Lesikar e Enciso. Esta prática tem a finalidade de permitir que a água suba, por meio de capilaridade, de forma mais rápida até a superfície, local onde ocorre o processo de evapotranspiração.

Estima-se que 80% do efluente saia do tanque através do processo de evapotranspiração, o que é um dado bastante positivo para o sistema, demonstrando sua viabilidade para implementação, já que se trata de um sistema de baixo custo aquisitivo. A pouca quantidade de efluente final resultante possui uma baixa taxa de elementos contaminantes.

Uma maneira para calcular qual a capacidade de armazenamento de um tanque de evapotranspiração para uma residência, é dada pela seguinte fórmula:

Onde:

A = área superficial do tanque, em m^2 ;

n = número médio de usuários do sistema;

Q_d = vazão diária por pessoa, em l/d ;

k_{evap} = coeficiente de evapotranspiração do tanque;

ET_0 = evapotranspiração de referência média do local, em mm/d ;

P = pluviosidade média do local, em mm/d ;

K_i = coeficiente de infiltração, variando de 0 a 1.

O coeficiente de infiltração é uma variável que depende de fatores como, forma do tanque, cobertura do solo, inclinação da superfície do solo do tanque, presença ou não de obstáculos ao escoamento superficial e fatores que possam influenciar na penetração da água das chuvas (GALBIATI, 2009). Quanto mais próximo de 1 estiver o k_i , significa que mais a água das chuvas penetrará no solo.

O k_{evap} também é variável. Tal valor pode mudar a partir de fatores como condições de insolações sobre o tanque e incidência de ventos. Ainda é necessário que se façam mais estudos sobre estes fatores para a construção de um tanque de evapotranspiração. Porém, estes resultados já são bons pontos de partida para o dimensionamento adequado de um tanque de evapotranspiração.

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. (GALBIATI, 2009, p. 30)

Em sistemas já implantados, em outros locais, observou-se que houve uma significativa remoção de sólidos suspensos totais e turbidez, bem como a diminuição dos níveis de DQO e DBO, provando que o sistema é eficaz e adequado ao tratamento dos esgotos domésticos.

[...]Os processos de decantação e sedimentação, decomposição da matéria orgânica e filtragem pelo solo e pelas raízes das plantas, que ocorrem no tanque, exercem a função de tratamento do efluente, demandando futuras pesquisas para a determinação dos seus índices de eficiência. (GALBIATI, 2009, p. 30)

Um bom meio para a destinação final do ocasional efluente, é encaminhá-lo para valas de infiltração (SANTOS & ATHAYDE, 2008) ou círculos de bananeiras. De acordo com Martinetti (2007) apud GALBIATI, 2009, consiste em uma vala preenchida com britas e coberta com solo, ao redor da qual são plantadas bananeiras e outras plantas. A vala deve ser preenchida com material orgânico de difícil decomposição, tais como galhos, madeira e folhas secas. O efluente é levado até o interior das valas, pela qual infiltra no solo, beneficiando assim as bananeiras.

Uma medida que deve sempre ser adotada é manter a superfície do tanque acima do nível do solo. Para tanto basta construir uma pequena parede, com cerca de 10 cm de altura, ao redor do tanque, evitando assim que a água das chuvas penetre no mesmo. O tubo ladrão deve ser posicionado 10 cm abaixo da superfície do solo pois, valores maiores do que este podem reduzir significativamente a capacidade do tanque e valores menores podem permitir que o efluente transborde para a superfície do solo.

Pode-se recomendar a utilização deste sistema em residências urbanas e periurbanas, de forma a se reduzir o impacto ambiental pelo lançamento de esgotos em córregos e rios (GALBIATI, 2009). Pois mesmo quando há um subdimensionamento do sistema, o que faz com o tanque transborde frequentemente, a quantidade de efluentes lançada é bem menor do que outros métodos, como fossa séptica e sumidouro. E os riscos de contaminação por um tanque de evapotranspiração são bem menores do que o de outros sistemas. Ainda há um grande potencial para utilização destes tanques para a composição paisagística, já que no mesmo podem ser cultivados diversos tipos de plantas, ornamentais inclusive.

Durante a revisão da literatura, foram encontrados poucos trabalhos de pesquisa científica publicados sobre este tipo específico de sistema. A investigação mais detalhada do funcionamento do TEvap se deve pelos relatos de profissionais que tiveram contato com práticas de construção de tanques de evapotranspiração.

Quanto a eficácia do sistema, afirmam que eles não apresentam problemas de entupimento, alagamento ou exalação de odor, se construídos de forma adequada.

6 Considerações finais

Objetiva-se, ao final deste projeto, a disseminação da utilização deste sistema para a população, através de políticas públicas advindas de uma parceria com os órgãos responsáveis. Já que a implantação de um sistema completo de tratamento de esgoto na cidade em estudo tem sido de difícil execução. A construção deste sistema em pequenas residências de forma descentralizada será benéfica para toda a sociedade.

Por se tratar de uma forma de tratamento que melhor se enquadra às condições econômicas e sociais da população local, suprirá as necessidades exigidas pela população que necessita de uma solução urgente e eficaz, permitirá uma melhora na condição de vida das pessoas envolvidas. Existe ainda a possibilidade da criação de benefícios advindos do cultivo de plantas no tanque que podem ser ornamentais ou frutíferas, estas poderão ser utilizadas para uso próprio ou comercial, gerando uma possível renda complementar. Todavia, é necessário que os frutos, antes de serem consumidos, passem por análises minuciosas, para determinar se estes estão aptos ou não para o consumo humano.

Para divulgar a ideia por toda a população, é necessário que haja uma explanação mais ampla do projeto, através da realização de eventos e palestras que poderão mostrar os benefícios deste, assim como tudo que será preciso para a implantação do mesmo. Espera-se que a construção de TEvap's se concretize, permitindo o avanço da pesquisa, para se avaliar como esses tanques poderão ser eficazes no tratamento do esgoto da região, possibilitando que eventuais falhas do projeto sejam corrigidas e assim alcançar o máximo de eficiência dos TEvap's.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, Dr. J. C. de. **Biorremediação vegetal de esgoto domiciliar em comunidades rurais do semiárido: “água limpa e terra fértil”**. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://www.hidrosed.ufc.br/tmp/infoverde.pdf> . Acessado em 12/03/2013

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Condições exigíveis para projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. NBR 7229, de setembro de 1993. ABNT, Rio de Janeiro, RJ.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para os o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 5, 8 jan. 2007. Seção 1, p. 3-7. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm> . Acesso em: 14/03/2013

CAMPOS, Jr. (coord.) **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo**. PROSAB. ABES. Rio de Janeiro. 1999. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/prosab/livros/coletanea2/ART18.pdf>. Acessado em 22/05/13.

CEHOP, Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas. **Fossas Secas**. Disponível em <http://187.17.2.135/orse/esp/ES00111.pdf> . Acessado em 27/05/2013.

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

GERBER, W. GERBER. M. SCHULZ, G. **Tratamento de efluentes com plantas aquáticas emergentes.** Ecocell. Pelotas/RS. 2003. Disponível em:<http://www.ecocell.com.br/PDF/PAE%202003.pdf> . Acessado em 13/05/13

GUERRA, A. E. **Qualidade e eficiência dos serviços de saneamento.** Atlas do Saneamento 2011, IBGE, p. 27-28.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica. **Perfil Básico Municipal – Redenção.** Governo do Estado do Ceará. 2011.

KLOCKE, N. L. Crop Residue and Soil Water Evaporation. **Water Resources Engineering.** Kansas State University. Garden City, Kansas. 2004. Disponível em: <http://www.ksre.ksu.edu/irrigate/Reports/Klocke.pdf>. Acessado em 22/05/13

KRONEMBERGER, D. M. P. et alii, Saneamento e meio ambiente. **Atlas do Saneamento 2011**, IBGE, p. 45-46.

LEMOS, M. **Sistema modular para tratamento de esgoto doméstico em assentamento rural e reúso para produção de girassol ornamental.** Dissertação de mestrado. Mossoró/RN. 2011.

LESIKAR, B. & ENCISO, J. Sistemas individuales para el tratamiento de águas negras. **Cama de evapotranspiración.** Texas Water Resources Institute. Sistema Universitario Texas A&M. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd25/sistemas.pdf>. Acessado em 25/05/13

PAULO, P. L., BERNARDES, F. S. **Estudo de tanque de evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras.** Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Disponível em http://sustentavelnpratica.net/arquivos/estudo_fossa_evapotrasnpiracao.pdf. Acessado em 29/05/13.

RODRIGUES, I. O. Abrangência dos serviços de saneamento. **Atlas do Saneamento 2011**, IBGE, p. 12-13.

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. Disponível em: http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/qualidade_da_agua_e_controle%20_da_poluicao.pdf. Acessado em 25/05/13

SEGERS, R. **Methane production and methane consumption: a review of processes underlying wetland methane fluxes.** Department of Theoretical Production Ecology. Wageningen Agricultural University. Biogeochemistry, V 41. 1998. Disponível em: http://www.imedeia.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo_2_02/Modulo_2_02/Lecturas%20recomendadas/Segers-1998_Biogeochemistry.pdf. Acessado em 22/05/13.