



Tratamento de efluentes com sistema de zona de raízes: estudo de caso em residência rural

Minéia Johann Scherer, Renata Magalhães Fagundes, Paulo Rogério Lemos¹

¹Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, Santa Maria/RS (mineiaarq@yahoo.com.br; renatamfagundes@hotmail.com; prolemos@hotmail.com)

Resumo

Garantir a conservação dos recursos hídricos é uma das bases para um desenvolvimento mais sustentável, sendo primordial a preocupação com o tratamento dos efluentes antes da devolução à natureza. Uma alternativa de tratamento mais sustentável e ecológico, que se destaca pela eficiência e simplicidade de construção, é o chamado tanque de zona de raízes ou *wetlands*. O presente estudo tem o objetivo de avaliar o desempenho preliminar de uma estação de tratamento por zona de raízes, construído em uma residência rural, bem como descrever as etapas de sua execução e ressaltar alguns aspectos que merecem ser modificados para melhorar a performance do sistema. A metodologia baseou-se em um estudo exploratório sobre o tema, a fim de definir as diretrizes do projeto do tanque, como dimensionamento, camadas e espécies adaptadas. Após, foi realizada a construção do tanque e coletada uma primeira amostra do efluente tratado, a qual foi analisada em laboratório. Os resultados demonstraram que, embora ainda em fase experimental, a estação de tratamento apresenta condições favoráveis para o efluente ser devolvido sem prejuízo à natureza. Considera-se possível que, com o pleno desenvolvimento das espécies e com a realização de melhorias no sistema, os parâmetros para reuso não potável possam melhorar significativamente, confirmando que o tanque de zona de raízes é uma opção viável e sustentável para o tratamento local do esgoto doméstico.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Zona de raízes. Efluentes.

Área Temática: Águas residuárias.

Abstract

Ensure the conservation of water resources is one of the foundations for more sustainable development, with primary concern for the treatment of waste before returning to nature. An alternative treatment more sustainable and environmentally friendly, which stands for efficiency and simplicity of construction, is called the tank root zone or wetlands. This study aims to evaluate the primary performance of a treatment by root zone, built in a rural residence, and to describe the stages of implementation and highlight some aspects that deserve to be modified to improve system performance. The methodology was based on an exploratory study on the subject, in order to define the design guidelines of the tank, such as sizing, layers and adapted species. After this, the construction of the tank and collected a first sample of the treated effluent, which was analyzed in the laboratory. The results showed that, although still experimental, the treatment plant provides favorable conditions for the effluent to be returned without damage to nature. It is possible that with the full development of the species and the achievement of improvements in the system parameters for non-potable reuse can improve significantly, confirming that the tank root zone is a viable and sustainable option for local treatment of sewage.

Key words: Sustainability. Root zone. Effluents.

Theme Area: Wastewater.



1 Introdução

O pressuposto fundamental do desenvolvimento sustentável é garantir a conservação dos bens naturais e dos ecossistemas do planeta para as gerações futuras. Dentro deste contexto, um dos maiores desafios da humanidade para o século XXI, sem dúvida, é garantir a disponibilidade de água para uso dos seres vivos e para a produção de alimentos. Nesse sentido, é fundamental não só a preocupação com o gerenciamento do uso de água, mas também com o seu tratamento antes da devolução para os mananciais.

Como afirma ERCOLE (2003), “a falta de saneamento é uma das principais causas de insalubridade e caracteriza-se, notadamente, pela disposição inadequada dos resíduos sólidos (lixo) e líquidos (esgoto) contaminando o ambiente e, principalmente, um dos mais essenciais recursos da humanidade: a água.”

No Brasil, segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, divulgada pelo IBGE (2002), vivenciamos um cenário extremamente precário de saneamento básico, onde mais da metade da população não conta com rede de coleta de esgotos. Mais preocupante ainda é a constatação que, dos municípios que coletam o esgoto, só aproximadamente 1/3 tratam o esgoto coletado. Isto significa que menos de 20% do total de resíduos gerados no país recebe algum tipo de tratamento. A grande parcela resultante do esgoto é despejada *in natura* nos corpos de água ou no solo, comprometendo a qualidade da água utilizada para o abastecimento, irrigação e recreação.

O tratamento de efluentes mais comumente utilizado em nosso país consiste na construção de estações de tratamento de esgoto (ETE) que coletam todos os efluentes de uma cidade e os tratam em um único local. Este sistema impõe a necessidade de construção de grandes estações de tratamento, com redes coletoras muito extensas, que potencializam danos e prejuízos ao meio ambiente e a contaminação das águas e solo.

Essa cultura que privilegia o afastamento dos efluentes da residência, sem preocupação com seu destino final, torna a problemática ainda mais evidente nas áreas rurais ou pouco adensadas, onde a construção de um sistema complexo de recolhimento e tratamento do esgoto torna-se inviável.

Neste sentido, ressalta-se a importância de estudos que promovam alternativas mais ecológicas e sustentáveis para o tratamento do esgoto doméstico, realizadas localmente, de forma que os efluentes possam ser devolvidos sem risco à natureza ou até reutilizados para fins não potáveis.

Uma dessas alternativas, que se destaca pela eficiência e simplicidade de construção, é o chamado tanque de zona de raízes ou *wetlands*. Neste sistema, os efluentes, após passarem por um pré-tratamento na fossa séptica, são conduzidos ao tanque, onde camadas alternadas de pedras, solo e areia funcionam como filtro, e as espécies cultivadas potencializam o tratamento do esgoto.

O presente estudo tem o objetivo de avaliar o desempenho preliminar de um tanque de zona de raízes, construído para o tratamento do esgoto de uma residência rural na cidade de Formigueiro, RS, bem como descrever as etapas de sua execução e ressaltar alguns aspectos que merecem ser modificados para melhorar a performance do sistema. Este artigo, portanto, demonstra os resultados iniciais de um projeto que tem como finalidade principal ser um campo de experimentações para a avaliação do sistema, propostas de adaptação ou estudo de alternativas viáveis à sua execução e manutenção. O trabalho está vinculado ao Grupo de Pesquisa Percepção Ambiental do Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Franciscano – UNIFRA, Santa Maria, RS.



2 Composição dos efluentes e classes de reuso

Os efluentes líquidos (esgoto doméstico, industrial, agrícola) são responsáveis por uma parcela expressiva da poluição dos recursos hídricos. Os esgotos domésticos são compostos por diversos elementos, tais como águas de banho e de lavagens, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes, óleos e graxas, etc. Geralmente, mais de 99,9% do esgoto é constituído por água, mas os 0,1% restantes, compostos por sólidos, são responsáveis pela deterioração da qualidade do corpo hídrico. (ERCOLE, 2003 e IPEMA, 2008).

As águas residuárias residenciais, conforme a sua origem, podem ser classificadas como águas claras, cinzas e negras. As águas claras são aquelas de origem pluvial. Já as águas cinzas são as provenientes de tanques, pias, lavatórios e chuveiros, contendo contaminantes químicos, sólidos em suspensão, óleos e graxas. Por último, as águas negras são aquelas que apresentam elevada contaminação de origem orgânica (fezes e urina), pois são resultantes das descargas hídricas dos vasos sanitários. (ERCOLE, 2003). Geralmente, nas redes de esgoto doméstica, há uma mistura das águas cinzas e negras, o que denomina-se esgoto misto.

O tratamento local das águas residuárias viabiliza sua reciclagem e reaproveitamento no próprio terreno, o que é impossível quando os efluentes são levados por uma rede para a estação de tratamento. Além da água, em muitos tratamentos ecológicos o material sólido pode ser utilizado como adubo.

Sobre o assunto Ercole (2003) afirma que:

“um sistema que trate as águas servidas no local, e permita o aproveitamento dos poluentes destas águas na forma de insumos para a produção vegetal, devolvendo as águas purificadas para o ciclo [...] pode ser considerado sustentável”.

No caso do esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas e pastagens etc. (ABNT, 1997).

Conforme o reuso previsto para o material tratado, a NBR 13969 (1997) estabelece parâmetros de qualidade, classificados em quatro grupos conforme quadro 1, a seguir.

Classe	Uso previsto	Parâmetros de qualidade da água de reúso	
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.	Turbidez	< 5 NTU
		Coliformes fecais	< 200 NPM/100 mL
		Sólidos dissolvidos totais	< 200 mg/L
		pH	6 a 8
		Cloro residual	0,5 a 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez	< 5 NTU
		Coliformes fecais	< 500 NPM/100 mL
		Cloro residual	> 0,5 mg/LL
Classe 3	Reuso em descargas de bacias sanitárias – normalmente efluentes de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem aos padrões, sendo necessária apenas a cloração.	Turbidez	< 10 NTU
		Coliformes fecais	< 500 NPM/100 mL



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

Classe 4	Reuso nos pomares cereais, forragens, pastos para gado e outros cultivos através de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual.	Coliformes fecais	< 500 NPM/100 mL
		Oxigênio dissolvido	> 2,0 mg/L

Fonte: adaptado da NBR 13969, ABNT (1997).

Quadro 1 – Classificação dos parâmetros de qualidade da água segundo os reúso previstos.

3 O sistema de tratamento de efluentes por zona de raízes

A estação de tratamento de esgoto por zona de raízes é um sistema físico-biológico, uma vez que combina os processos de filtragem física das camadas de areia e pedras, com um biofiltro constituído pelas plantas. Nesse tipo de estação, o efluente primeiro passa por um tratamento primário, geralmente por um tanque séptico, onde são removidos os sólidos sedimentáveis. Existem tanques de zona de raízes de fluxo horizontal e vertical, sendo que neste estudo trataremos do sistema vertical, que foi o adotado no projeto.

Neste caso, o esgoto bruto é lançado por uma rede de tubulações perfuradas na superfície do tanque, sendo que o efluente percola verticalmente pelas camadas, entrando em contato com as raízes das plantas e com as camadas de areia e pedras de diferentes granulometrias. No fundo do tanque, o líquido é recolhido por outra rede perfurada e conduzido ao seu destino final. As superfícies do tanque devem ser impermeabilizadas, de forma a evitar a contaminação do solo ou até mesmo do lençol freático.

Sobre este tipo de tratamento, Silva (2008) afirma que:

“O sistema por zona de raízes utiliza plantas para o tratamento de águas residuais. A degradação das substâncias poluidoras contidas na água ocorre através da simbiose entre plantas, solo e/ou substrato artificial e microorganismos. A função principal das plantas consiste em fornecer oxigênio ao solo/substrato através de rizomas e possibilitar o desenvolvimento de uma população densa de microorganismos, que finalmente são responsáveis pela remoção dos poluentes da água.”

As espécies empregadas no processo são escolhidas por possuírem grande capacidade de desenvolvimento em condições de baixa oxigenação dos solos saturados de água. A vantagem mais significativa desse sistema é que ele processa quase que completamente a carga poluidora presente nas águas residuárias, transformando-a em materiais inofensivos e até mesmo úteis para o desenvolvimento das plantas. (OLIVEIRA et al, 2007).

As várzeas naturais são habitadas por diferentes tipos de plantas adaptadas para o crescimento na água e em solos saturados. Existem vários termos para definir estas plantas, devido à ambigüidade nas definições e à complexidade de sua classificação, sendo os termos hidrófitas e macrófitas os mais utilizados. (GUNTENSPERGEN et al. *apud* VALENTIM, 2003).

Ressalta-se que o sistema é de construção simples e requer pouco investimento; pode ser construído com materiais facilmente encontrados, ou até mesmo reaproveitando resíduos de construção, como pedaços de tijolos. A manutenção é baixa, resumindo-se a vistorias para evitar entupimentos nas canalizações e na substituição de plantas não-adaptadas. Ainda, por ser um sistema que utiliza a gravidade para o funcionamento, não apresenta despesas com energia externa.

Embora de concepção e funcionamento simplificados, esse sistema modular apresenta eficiência de tratamento muito superior ao de sistemas convencionais, além de constituir uma alternativa mais sustentável de tratamento local de efluentes líquidos, que substitui as soluções tradicionalmente adotadas. (ERCOLE, 2003)



4 Materiais e métodos

Para a realização do projeto, primeiramente realizou-se um estudo exploratório sobre o tema, através de consulta a bibliografias técnicas e trabalhos realizados, que enfocassem a importância e as alternativas viáveis para o tratamento local de efluentes. Após, os estudos foram aprofundados na técnica de tratamento por tanque de zona de raízes, de forma a conduzir as diretrizes para execução do tanque, como dimensionamento, camadas, espécies adotadas, entre outras.

O tratamento dos efluentes por zona de raízes, proposto neste projeto, foi construído em uma residência que possui sistema convencional de pré-tratamento, com decantadores de gordura e tanque séptico. Esta residência está localizada em meio rural, na cidade de Formigueiro, RS, onde não há sistema de coleta e tratamento de esgoto.

As águas provenientes da pia de cozinha passam primeiramente por decantadores de gordura, antes de juntarem-se às águas cinzas dos lavatórios, chuveiros, tanque e máquina de lavar roupa, e às águas negras dos vasos sanitários. Este esgoto misto é conduzido para um tanque séptico, onde a atuação de bactérias anaeróbias transforma grande parte da matéria orgânica sólida em gases ou substâncias solúveis, que são conduzidas por gravidade para um local mais afastado da residência, onde encontra-se o tanque de raízes.

Embora diversos estudos experimentais com estações de tratamento por zona de raízes já tenham sido desenvolvidos no Brasil, não há um consenso sobre o dimensionamento adequado da mesma. Com base nestes estudos, optou-se por construir um tanque com aproximadamente 2 m² de área e 0,80 m de profundidade, que atende a média de 2 pessoas que ocupam a residência.

O tanque foi executado semi-enterrado, com tijolos maçicos cerâmicos, sendo revestido interna e externamente com reboco para evitar infiltrações. Nesta primeira experiência foram adotadas simplificações na construção do sistema, bem como alternativas nos materiais empregados. Assim, o esgoto é lançado em um só ponto pela canalização, na parte superior do tanque. Para o recolhimento do efluente, o cano perfurado foi posicionado no fundo e ao centro do tanque. A partir daí, a água tratada desde por gravidade até um pequeno lago que contém um sistema vivo composto de plantas aquáticas, podendo ser reutilizada como bebedouro para os animais ou para irrigação.

As camadas utilizadas para o preenchimento do tanque foram as seguintes: 15 cm de pedaços de tijolos; 25 cm de brita média; 25 cm de areia. Entre a camada de areia e britas foi colocada uma tela fina, a fim de evitar que a areia infiltrasse e pudesse entupir a canalização inferior. Na superfície foram plantadas algumas espécies da região, denominadas *macrófitas*, por se adaptarem a solos saturados de água. Uma das espécies se destacou no crescimento, porém, no momento desta primeira avaliação, ainda não estava plenamente desenvolvida em todo o tanque. Como dito anteriormente, pela complexidade inerente à sua classificação, não foi possível precisar qual a sua espécie, sendo designada provisoriamente apenas por *macrófita*.

Nesta etapa de desenvolvimento das plantas, foi coletada uma amostra da água na saída do tanque, a qual foi analisada no Laboratório de Análise de Águas Rurais – LAAR, da Universidade Federal de Santa Maria, sendo os resultados apresentados a seguir. Esta avaliação preliminar tem o objetivo de verificar se o sistema é viável e obter dados para serem comparados com novas coletas que serão realizadas quando as plantas estiverem totalmente desenvolvidas no tanque e as melhorias propostas estiverem sido executadas.

A figura 1 ilustra a etapa de projeto do tanque, com as camadas descritas e as tubulações de entrada e saída do efluente. A figura 2 corresponde às etapas de execução do projeto e o desenvolvimento atual das plantas.



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

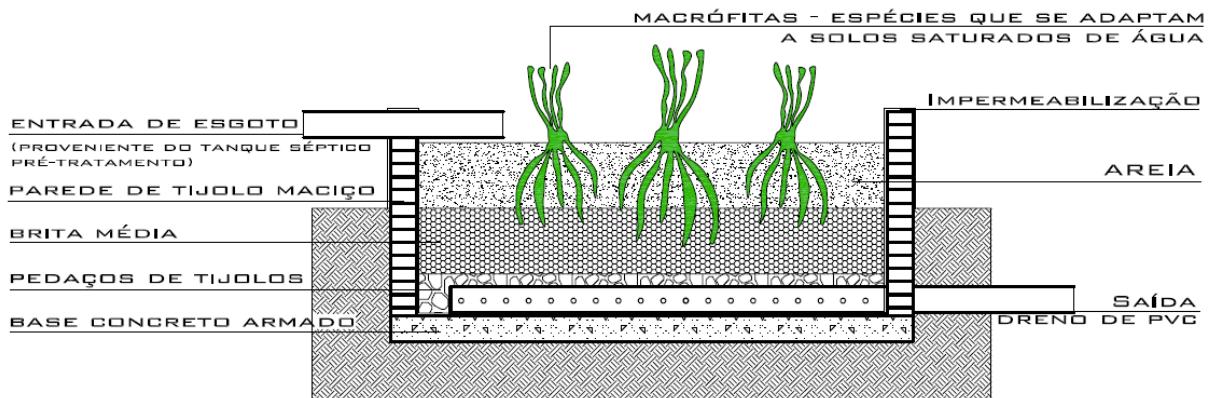


Figura 1 – O projeto do tanque de zona de raízes. (Fonte: autor, 2009)



Figura 2 – As etapas de execução do projeto e o desenvolvimento atual das plantas.
(Fonte: autor, 2009)

5 Resultados e discussões

A amostra de água coletada na saída do tanque de zona de raízes foi analisada segundo os parâmetros de qualidade: coliformes totais, coliformes fecais (*Esch. coli*), pH, turbidez, cálcio, magnésio, potássio, sódio e sólidos totais. Os resultados foram os apresentados no quadro 2, a seguir.

Parâmetro	Coliformes totais	<i>Esch. coli</i>	pH	Turbidez	Ca	Mg	K	Na	Sólidos totais
Resultado	23054 NPM /100 ml	Não detectado	6,38	39,7 NTU	13,23 mg/L	0,61 mg/L	15,60 mg/L	19 mg/L	220 mg/L

Fonte: Laboratório de Análise de Águas Rurais – LAAR UFSM (2010).

Quadro 2 – Parâmetros de qualidade da água analisados e os resultados obtidos.



De posse dos resultados constatou-se que nesta fase do projeto, mesmo com as plantas ainda sem o pleno desenvolvimento, os resultados foram muito expressivos, com proximidade de valores em relação aos experimentos executados por Valentim (2003), um dos estudos que foi consultado para a realização deste projeto. Assim, verificou-se que o efluente pode ser devolvido ao solo ou mananciais sem prejuízo à natureza.

Quanto à possibilidade de reuso da água após o tratamento, observa-se que, dos parâmetros avaliados, a turbidez ainda está acima do permitido para as classes de reuso estabelecidas na NBR 13969 (1997). Vale ressaltar que um dos itens mais importantes considerados para o reuso, a presença de coliformes fecais (*Esch. coli*), não foi detectado na amostra.

Para melhorar o desempenho do sistema, baseado no estudo de outros projetos executados, pretende-se realizar algumas modificações na estação de tratamento:

- Na entrada do efluente no tanque, será adaptada uma tubulação perfurada, que percorra a superfície e distribua mais uniformemente a água;
- Na tubulação de saída do tanque, será acrescentado um sifão com altura aproximada até as raízes das plantas, de forma que o efluente permaneça mais tempo em contato com os filtros biológico e físico;
- Serão plantadas outras espécies no tanque, como papiro, inhame, etc.

Com estas modificações, juntamente com o pleno desenvolvimento das espécies, pretende-se permitir um contato mais uniforme e por mais tempo do efluente com as camadas do tanque, almejando que os resultados dos parâmetros medidos melhorem significativamente.

6 Considerações finais

Com base no estudo de caso apresentado, pode-se constatar a eficiência para o tratamento de esgoto doméstico, de um sistema ecológico e de fácil execução denominado estação de tratamento por zona de raízes. Mesmo ainda em fase experimental, a estação de tratamento apresentou condições favoráveis para o efluente ser devolvido à natureza, sem risco de contaminação do solo ou mananciais.

As vantagens do sistema, sob o ponto de vista da sustentabilidade, são evidenciadas pelo baixo impacto ambiental que gera, pela independência de energia para o funcionamento, integração com o meio ambiente e simplicidade construtiva e operacional.

Considera-se possível que, com o pleno desenvolvimento das espécies e com a realização de melhorias no sistema, os parâmetros para reuso não potável possam melhorar significativamente, confirmando que o tanque de zona de raízes é uma opção viável e sustentável para o tratamento local do esgoto doméstico.

Enfim, é um sistema de tratamento local com grande potencialidade para ser utilizado, sobretudo em área rurais ou pouco adensadas, e que pode contribuir significativamente para melhorar os baixos índices de saneamento básico que encontramos no Brasil.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969:** Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ERCOLE, Luiz Augusto dos Santos. **Sistema Modular de Gestão de Águas Residuárias Domiciliares:** uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos. Porto Alegre:



2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de. et al. **Projeto Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável - Levantamento do estado da arte: Água**. São Paulo: USP, 2007. Disponível em: <<http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br>> Acesso em 8 set. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Disponível em: <[HTTP://www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em 10 fev. 2009.

IPEMA. Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.ipemabrasil.org.br>>. Acesso em 11 ago. 2008.

MARTINETTI, Thaís. et al. **Análise de Alternativas mais Sustentáveis para Tratamento Local de Efluentes Sanitários Residenciais**. In: IV Encontro Nacional E II Encontro Latinoamericano Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2007. Disponível em:<<http://www.infohab.org>> Acesso em 29 mai. 2008.

SILVA, Albino Eliseu da. **Tecnologia de Tratamento, Polimento e Reciclagem de Água por “zona de raízes”**. Publicado em 26/11/2008. Disponível em <http://www.tratamentodeagua.com.br//R10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=361>. Acesso em 20 jan. 2010.

VALENTIM, Marcelus Alexander Acorinte. **Desempenho de leitos cultivados ("constructed wetland") para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação**. Campinas: UNICAMP, 2003. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2003.