

## II-058 - ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE SISTEMAS E ALAGADOS CONSTRUÍDOS DE FLUXO HORIZONTAL, NO PROCESSO DE REMOÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA, VISANDO O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

**Thais Von Dreifus<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO). Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP-FEB).

**Eduardo Luiz de Oliveira<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Fundação Educacional de Bauru. Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Livre Docente em Instalações Hidráulicas e Sanitárias. Atualmente é professor Adjunto da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Bauru.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Faculdade de Engenharia de Bauru – Seção de Pós-Graduação. Av. Luiz Edmundo Coube S/N - Vargem Limpa - 17033-360 - Bauru, SP – Brasil - Telefone: (14) 31036112. Email: thais\_von@hotmail.com.

### RESUMO

O projeto visa o tratamento de águas residuárias através de Sistemas de Alagados Construídos (Wetlands) de fluxo horizontal. O projeto foi dividido em duas etapas de execução, a primeira se baseia na elaboração do projeto e na construção do sistema de Alagados Construídos e a segunda será a análise da eficiência do sistema com base em análises laboratórias e estudos dos resultados obtidos. Neste trabalho será abordada a primeira etapa do sistema, elaboração de projeto e construção, com a qual se estabelecerá parâmetros de projeto e custos de execução. A estação de tratamento por Alagados Construídos está localizada na cidade de Bauru-SP e tratará o esgoto produzido pelo Campus do Departamento de Educação Física da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). A obra teve um custo de execução de R\$ 51.232,05 estando dentro dos valores estimados.

O a segunda etapa tem como objetivo aumentar a eficiência de remoção da matéria orgânica, uma vez que, a matéria carbonácea presente no esgoto é degradada, em sua maior parte, aerobicamente por microrganismos que estão aderidos ao material filtrante e nas raízes das macrófitas e anaerobicamente pelas bactérias aderidas no substrato do leito filtrante. Para uma melhor condição de estudo serão utilizados três sistemas de leitos compostos por diferentes substratos, o primeiro, preenchido com pedrisco, pedras nº3 e areia grossa, o segundo preenchido com pedrisco, poliestireno expandido (isopor) reciclado e moído e areia grossa e, o terceiro preenchido com areia grossa, pedrisco e bambu picado. Com o uso desses diferentes substratos será possível avaliar qual deles apresenta os melhores resultados e condições para o tratamento de águas residuárias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Wetlands, Alagados Construídos, Tratamento de Esgoto, Matéria Orgânica.

### INTRODUÇÃO

A conscientização de que o tratamento de esgotos é de grande importância para a saúde pública e ao combate da poluição dos recursos hídricos, aliado com a realidade socioeconômica brasileira surgiu a necessidade de se desenvolver tecnologias alternativas, de baixo custo e de alta eficiência para o tratamento das águas residuárias. Nas últimas cinco décadas, o país passou por um processo de intenso de urbanização, atualmente, mais de 80% da população vive em cidades, se concentrando nas periferias das grandes metrópoles onde se situa os maiores problemas relacionados à falta de saneamento básico (SILVA et al., 2001).

A utilização de espécies vegetais no tratamento de esgoto está se revelando uma alternativa eficiente, produzindo um efluente com qualidade para reúso não potável. Os Sistemas de Tratamento de esgoto por Alagados Construídos (SACs) cultivados com macrófitas aquáticas têm sido apresentados como uma técnica ambiental economicamente viável. Segundo Brix (1994), esses sistemas podem ser implementados no mesmo local onde o efluente é produzido, podem ser operados por mão de obra não especializada, possuem baixo custo energético e são menos susceptíveis às variações nas taxas de aplicação de esgoto. Sua principal

desvantagem está na maior necessidade de área (BRIX, 1993), o que nem sempre é um fator limitante, especialmente no Brasil, país de grandes extensões territoriais.

No Brasil, África, Ásia e Austrália o número de SACs tem aumentado rapidamente. Na Europa e Reino Unido existem de mais de 6.000 SACs documentados para tratamento de águas residuárias domésticas e mais de 1.000 SACs na América do Norte. O que mostra que a técnica está se difundindo mundialmente (KADLEC e KNIGHT, 1996).

Os Sistemas de tratamento de esgoto por Alagados Construídos utilizam-se da interação substrato-planta-microrganismos e a radiação solar para a depuração do efluente. Esses sistemas podem ser classificados de acordo com a forma de escoamento da água residuárias, em superficial, vertical e subsuperficial, sendo que o último apresenta como vantagem, o menor potencial para geração de maus odores e o surgimento de mosquitos e ratos (MATOS et al., 2003).

As macrófitas absorvem macro e micronutrientes pelas raízes durante o estágio de crescimento, os quais são, entretanto, reincorporados ao sistema com o envelhecimento das plantas e a queda de folhas ao solo. Realizando-se a poda periódica das plantas evita-se este processo e garante uma eficiência na remoção dos nutrientes, pois as plantas estarão sempre em processo de crescimento.

Devido a sua simplicidade conceitual, facilidade de construção e operação, versatilidade e longevidade além de proporcionar agradável estética paisagística os leitos cultivados são indicados para aplicação em regiões carentes de saneamento básico, adequando-se perfeitamente aos países de clima tropical, como é o caso do Brasil (VALENTIM, 2003).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área cedida pelo Campus do Departamento de Educação Física, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em Bauru - SP, a uma altitude média de 605 m, latitude 22° 21' 11" S e longitude 49° 01' 41" O. O efluente utilizado no sistema é gerado dentro do *Campus*, sendo composto pelo esgoto provenientes dos banheiros e vestiários dos prédios, totalizando um volume médio de 10 m<sup>3</sup>/ dia. O local de construção da Estação de Tratamento foi escolhido de forma a facilitar a canalização do efluente ao sistema, estando localizado em uma cota mais baixa do que os prédios que compõem o campus. A figura 1 mostra a localização da estação.



**FIGURA 1** Localização do Sistema de Tratamento de Esgoto por Alagados Construídos no Campus do Departamento de Educação Física.

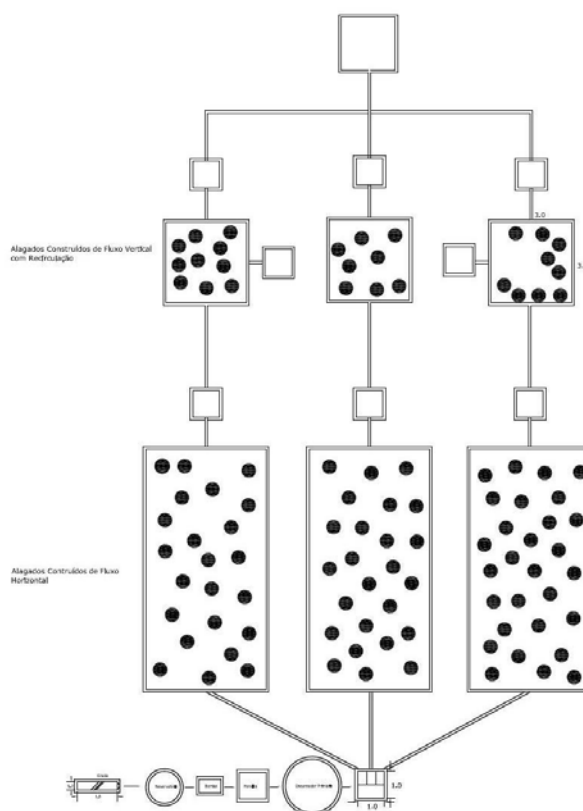
## PROJETO E LEVANTAMENTO DE CUSTOS DO SISTEMA

O projeto da Estação de Tratamento de Esgotos por Alagados Construídos foi elaborado com base em revisões bibliográficas e análises das melhores tecnologias já utilizadas. Após isto, definiu-se para o sistema o escoamento subsuperficial de fluxo horizontal se caracterizando como o melhor para a redução da carga orgânica do efluente. O local onde de instalação foi escolhido devido à facilidade de acesso, facilidade de

canalização dos efluentes e a disponibilização da área pela universidade. O Departamento de Educação Física conta com cerca de 277 alunos, 43 docentes e 3 funcionários. Considerando uma carga orgânica média para instituições de ensino, foi estimado que a vazão média diária de efluente gerada é de 10.000 litros.

Foram dimensionados 3 leitos com 4.5 m de largura por 9.0 de comprimento e 0.80m de altura tais quais com meios suportes diferentes para comparação das eficiências. Com o objetivo de testar a capacidade de depuração dos sistemas, serão aplicados três variações de carga orgânica equivalente a 1; 1,5 e 2 m<sup>2</sup>/hab.

O Sistema conta ainda com um tratamento preliminar composto por gradeamento, reservatório, peneira estática e decantador primário, e um pós-tratamento com Alagados Construídos de fluxo vertical.



**FIGURA 2: Planta esquemática do Sistema de Alagados Construídos**

Os custos foram feitos com base em pesquisas orçamentárias realizadas na região de Bauru, foram levantados três orçamentos de cada item que compõe a lista de materiais necessários. A tabela a seguir apresenta os preços e os materiais comprados para utilização na obra.

**Tabela 1 Descrição de custos do Sistema**

<b>Material permanente</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Material de Consumo</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Serviços de Terceiros</b>	<b>Preço unitário</b>
<b>Peneira Estática Hidrodinâmica</b>	R\$ 9.800,00	Tubulação	R\$ 1.860,00	Instalação dos alagados	R\$ 1.960,00
<b>Medidor de vazão ultra-sônico</b>	R\$ 3.750,00	Plantio de Grama (paisagismo)	R\$ 2.000,00	Instalação de calha parshall	R\$ 500,00
<b>Calha Parshall de 1"</b>	R\$ 550,00	Material para preenchimento dos leitos	R\$ 4.612,05	Instalação de tubulações e caixa de passagens	R\$ 1.500,00
<b>Manta de impermeabilização</b>	R\$ 17.000,00	Anéis de concreto para execução da fossa séptica	R\$ 5.500,00	Instalação da fossa séptica	R\$ 1.500,00
<b>Caixas de passagem</b>	R\$ 1.000,00			Colocação do enchimento dos alagados	R\$ 1.200,00
<b>TOTAL</b>	<b>32.100,00</b>		<b>13.972,05</b>		<b>5.160,00</b>

## **CONSTRUÇÃO DO SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS**

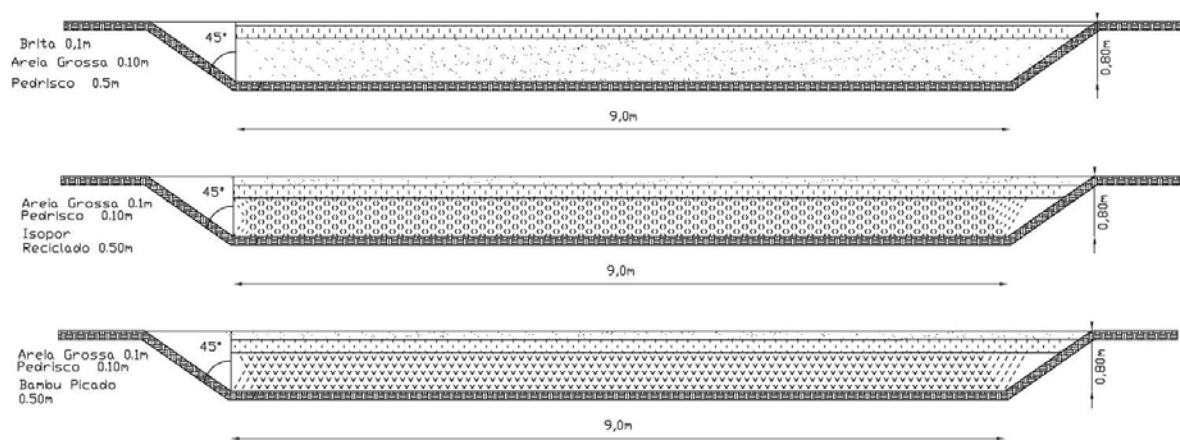
O efluente foi canalizado inicialmente a um tratamento preliminar que visa à remoção de sólidos grosseiros composto por gradeamento, reservatório, peneira estática e decantador primário. Este tratamento preliminar retirará, todo material grosseiro que possa obstruir o sistema e causar mau funcionamento posterior. Contribuindo também para uma redução da carga orgânica. O reservatório servirá de regulador de vazão para a bomba que leva o efluente até a peneira estática. Nesta bomba foi instalado um sistema de contagem de ligamento da bomba, assim pode-se saber qual a vazão diária de efluente que entra no sistema.

Após passar pelo decantador primário o efluente passará para uma caixa divisória de vazão e então distribuído para os alagados. Tais Alagados são compostos por três tipos de leitos com escoamento subsuperficial de fluxo horizontal, que foram instalados paralelamente um ao outro com dimensões de 9 x 4,5 m cada um e 0,8 m de profundidade com declividade longitudinal de 1%, posicionado sobre o solo impermeabilizado no fundo de laterais com manta de PEAD de 0,8 mm. Após o efluente passar pelos Alagados Construídos de fluxo horizontal seguirá para um outro sistema de Alagados Construídos de fluxo vertical que visa a remoção de nitrogênio, o qual será base para o desenvolvimento de outra pesquisa. A figura 3 apresenta os detalhes de escavação do terreno para montagem dos leitos.



**FIGURA 3: Escavação do terreno para montagem do leito**

O meio suporte dos leitos é composto por diferentes substratos diferentes, para avaliação do desempenho de cada um deles, no processo de tratamento do esgoto. Assim sendo, o primeiro leito será preenchido por uma camada de 50 cm de pedrisco no fundo, uma camada de areia grossa de 10 cm e uma camada superficial de brita de 10 cm . O segundo leito será composto por 50 cm de Poliestireno expandido (isopor), reciclado e moído no fundo, outra camada de 10 cm de pedrisco e a ultima camada de 10 cm de areia grossa. E finalmente, o terceiro leito será composto por 50 cm de Bambu picado no fundo, outra camada de 10 cm de pedrisco e a ultima camada de 10 cm de areia grossa. Todos os leitos serão plantados com Vertiver (*Chrysopogon zizanioides*). Conforme o apresentado na figura abaixo.



**FIGURA 4** Corte esquemático do preenchimento dos leitos

A distribuição do afluente foi feita num ponto central sobre a zona de entrada de cada leito, por meio de uma tubulação de 100 mm. O sistema de drenagem do efluente é composto por uma canalização abrangendo todo o fundo do leito em formato retangular composto por canos de 100 mm e com uma saída de fundo.

A seleção da espécie vegetal para cultivo no sistema foi baseada na sua adaptabilidade a zonas constantemente alagadas e com concentração de grande carga orgânica. O capim vetiver (nome popular) é uma gramínea perene originária da Ásia Tropical (Índia, Sri Lanka e Malásia) com talos eretos que atingem de 0,5 a 1,5 m de altura e folhas relativamente rígidas e compridas, com 75 cm de comprimento e não mais de 8 mm de largura (THE WORLD BANK, 1993). Além de possuir um enraizamento muito intenso e bastante profundo, chegando a 5 m em casos de solos férteis. Por isso, possui grande valor como planta pioneira para a reabilitação de solo e estabilização de áreas, aumentando em muito o poder de contenção do solo (CASTRO, 2007).



As mudas do capim Vertiver foram obtidas de plantas adultas (touceiras), fornecidas pelo Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, e foram plantadas no sistema obedecendo um adensamento de quatro plantas por metro quadrado, o que proporcionou um total de 162 mudas por leito. As figuras 5 e 6 mostram detalhes da planta.



**FIGURA 5: Detalhe do sistema radicular do capim Vertiver**  
Fonte: Boletim técnico Deflor, 2006.



**FIGURA 6: Capim Vertiver (*Chrysopogon zizanioides*)**  
Fonte: Boletim técnico Deflor, 2006.

## MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Para avaliação do desempenho dos Alagados Construídos cultivados com capim Vertiver na remoção da matéria orgânica, serão realizadas análises físicas, químicas e microbiológicas nos afluentes e efluentes, sendo que as análises laboratoriais realizadas semanalmente no Laboratório de Águas Residuárias do Departamento de Engenharia Civil da Unesp, seguindo-se as recomendações contidas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A execução da obra da Estação de Tratamento de Esgoto por Alagados Construídos de fluxo subsuperficial e escoamento horizontal teve um custo total de R\$ 51.232,05. Neste valor não está cotado os custos de construção do pós tratamento por alagados de escoamento vertical, devido a este se tratar de outra pesquisa.

O sistema foi projetado objetivando-se atingir uma eficiência de remoção de 90 a 95%. Espera-se que o tratamento seja eficaz como pós-tratamento de esgotos domésticos com melhorias na qualidade e na aparência do efluente final.

## CONCLUSÕES

O sistema mostrou-se ser uma alternativa viável economicamente por ter um custo relativamente baixo se tratando de uma Estação de Tratamento de Esgotos que atenderá uma população significativa. Por ser um projeto simples e fácil manutenção, é recomendado para tratamento de esgoto doméstico de pequenas comunidades, por se mostrar eficaz nos estudos já realizados e em sua maioria dentro da Resolução CONAMA 357 de 2005.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington DC – USA. 1998.
2. BRIX, H. Functions of macrophytes in constructed wetlands. Water Science Technology, n.4, 1994.
3. BRIX, H. Wastewater treatment in Constructed Wetlands System Design, Removal Processs and Tretment Performance. In: Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. Ed. By Gerald A. Moshiri. Lewis Publishers, 1993.
4. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 2005. Resolução CONAMA no357. “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências”. Disponível em<[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res\\_conama\\_357\\_05.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf)> Acesso em 10 de novembro de 2009.
5. CASTRO, P. T. da C. Cobertura vegetal e indicadores microbiológicos de solo em talude regetado. Viçosa, MG, 2007. 39p. (Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa).
6. MATOS, A.T.; LO MÔNACO, P.A. Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. Viçosa-MG: UFV, 2003. 68 p. (Boletim Técnico, 7).
7. SILVA, J.C.C., CHERNICHARO, C. A. de L., ZERBINI, A. M., GODINHO, V. M. e LAUFFER, J. Desenvolvimento e avaliação de um fotorreator simplificado de radiação UV para inativação de coliformes e ovos de helmintos em esgotos tratados. In: Pós- Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte; PROSAB; 2001. v2.
8. KADLEC, R. H., e KNIGHT, R. L. Treatment wetlands. Boca Raton: Lewis Publishers, 1996. 893p.
9. VALENTIM, M.A.A. Desempenho de leitos cultivados (“construted wetland”) para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação. Campinas: FEAGRI – Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, 210 p. (Tese de Doutorado). 2003.
10. WORLD BANK. Vetiver grass: the hedge against erosion. Washington, D.C., 1993. Disponível em: <[www.vetiver.com/TVN\\_greenEng.pdf](http://www.vetiver.com/TVN_greenEng.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2011.