IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ALAGADO CONSTRUÍDO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS ESGOTADOS DE TANQUE/FOSSA SÉPTICA

Édio Damásio da Silva Junior[(1)]
Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Mestrando em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás.
Elisa Rodrigues Siqueira
Engenheira Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás.
Ábio Roduvalho da Silva
Graduando em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Rogério de Araújo Almeida
Engenheiro Agrônomo. Professor doutor do Programa de Pesquisa de Pós-graduação em Engenharia do Meio Ambiente da Universidade Federal de Goiás.

Endereço[(1)]: Escola de Engenharia Civil - UFG – Goiânia, Goiás - Praça Universitária s/n, Setor Universitário, CEP-74605-220, fone: (62) 3209-6084, e-mail: **ediodamasio@gmail.com**

RESUMO
Os sistemas alagados naturais podem melhorar a qualidade da água e reduzir a carga de poluentes no ambiente. Quando estes são construídos, visando replicar as funções das zonas húmidas naturais, são denominados alagados construídos. Poucos e recentes são os estudos no Brasil, que levam em consideração o tratamento de resíduos esgotados de tanque/fossa séptica (RETFS) nestes sistemas. O presente trabalho tem por objetivo apresentar e descrever o processo de implantação de um sistema de alagados construídos para avaliação do tratamento de RETFS da região metropolitana de Goiânia. Para dimensionamento, construção e estabelecimento dos critérios adotados na implantação do sistema, realizou-se a revisão literária específica do assunto em sites, periódicos, livros e anais de congressos. O sistema proposto consiste em 2 tanques escavados do solo, sendo um plantado e o outro não. Estes foram impermeabilizados e preenchidos com brita e areia. Foram implantados sistemas de drenagem de fundo para coleta e esvaziamento do tanque, além de tubos para ventilação. A espécie vegetal implantada foi o Capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) devidos suas características favoráveis. A eficiência do sistema, bem como suas dimensões ótimas e taxa de aplicação devem ser estudadas, levando-se em consideração as características dos resíduos dispostos.

PALAVRAS-CHAVE: Alagados construídos, resíduos, tanque/fossa séptica

INTRODUÇÃO

Alagados naturais, também conhecidos como *wetlands,* consistem em "áreas que são inundadas ou saturadas, de superfície ou subterrâneas, com frequência e duração suficiente, que propiciam circunstâncias normais de prevalência de vegetação tipicamente adaptada à vida em condições de solo saturado" (USEPA, 2013, p.12).

A vegetação desenvolvida nestes ambientes possui importantes características no tratamento de águas residuárias, pois fornecem nutrientes e carbono para os microrganismos, que são os mais importantes processadores de contaminantes de águas residuais. Também, liberam substâncias que metabolizam parte da matéria orgânica presente no ambiente, reduzem a velocidade de fluxo do efluente, permitindo a retenção de parte dos sólidos em seu sistema radicular e assimilam parte dos nutrientes presentes no efluente. Além disso, elas também oxigenam parte do sistema aquático através da liberação de oxigênio a partir de suas raízes, fornecendo condições de desenvolvimento de reações aeróbicas no ambiente, entre outras características (BRIX, 2003).

De acordo com Nikolić, Milićević e Milenković (2009), a partir da ideia de que os sistemas naturais podem melhorar a qualidade da água e reduzir a carga de poluentes no ambiente, engenheiros e cientistas constroem sistemas que replicam as funções das zonas húmidas naturais, denominadas *wetlands* construídas ou alagados construídos (SAC).

Os SAC têm sido usados no tratamento de uma variedade de águas residuárias, incluindo águas de drenagem, esgoto doméstico, industrial e agrícola, além de águas ácidas oriundas da drenagem de minas (USEPA, 2000).

Segundo Brasil e Matos (2008), o processo de tratamento de águas residuárias em sistemas de alagados construídos, cultivados com plantas, caracterizam-se como sistemas robustos e de baixos custos e simplicidade de operação e manutenção, favorecendo a implantação em regiões carentes de saneamento.

O uso destes ambientes no controle de poluição dos recursos hídricos tem sido bastante difundido pelo mundo a partir do final dos anos 80 e principalmente a partir do início dos anos 1990 (USEPA, 2000).

Entretanto, poucos e recentes são os trabalhos deste assunto no Brasil, ainda mais levando-se em consideração o tratamento de resíduos esgotados de tanque/fossa séptica (RETFS).

O gerenciamento destes resíduos deve ser feito de maneira correta, uma vez que apresentam características indesejáveis que dificultam sua manipulação e processamento, tais como a presença de organismos patogênicos e de elementos tóxicos de origem orgânica ou mineral, dificuldade de desidratação e liberação de odores desagradáveis (AISSE et al., 1999).

Mediante a necessidade de se oferecer destinação ambientalmente correta para os RETFS, levando-se em consideração a preservação ambiental e da qualidade da saúde humana, além dos aspectos econômicos e operacionais, devem ser realizados estudos que avaliem a implantação de SAC para tratamento deste tipo de resíduo.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo principal apresentar e descrever o processo de implantação de um sistema de alagado construído (SAC) para avaliação da eficiência do tratamento de resíduos esgotados de tanques/fossas sépticas da região metropolitana de Goiânia, Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido mediante prévia revisão literária do assunto visando fomentar parâmetros e critérios técnicos para dimensionamento e construção do sistema proposto, além da escolha da espécie vegetal a ser utilizada.

Foram utilizados os buscadores de assuntos avançados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Portal *Web of Science* e do *Google Acadêmico* para busca de trabalhos que abrangessem o tema da pesquisa.

Nestes buscadores foram pesquisados artigos científicos que continham em seu assunto e palavras chaves os termos *wetlands, alagados construídos, resíduos de tanque e fossa séptica*.

Além disso, foram consultados livros impressos e anais de eventos específicos do assunto, em destaque a “International Conference on wetlands systems for water pollution control”.

Mediante a revisão literária do assunto, foi possível realizar o dimensionamento e construção do sistema proposto.

RESULTADOS

Os resíduos a serem tratados no SAC proposto são oriundos do esgotamento de tanques e fossas sépticas da região metropolitana de Goiânia, realizados pelos veículos denominados de “limpa-fossa”.

Habitualmente estes resíduos são coletados em residências ou comércios por empresas particulares e destinados à Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Brito, na cidade de Goiânia, para tratamento em seu sistema, sendo em média 55 caminhões por dia.

O local de implantação do presente sistema de tratamento está situado na Estação de Tratamento de Esgoto Dr. Hélio Seixo de Brito, na cidade de Goiânia, em coordenadas geográficas 16°37’55”Sul; 49°15’44” Oeste.

O SAC implantado foi projetado visando avaliar a eficiência do tratamento dos RETFS mediante interação do substrato-planta-microrganismos com os resíduos.

Foram construídos 2 tanques, escavados no solo, sendo um destes plantado com mudas da espécie vegetal Capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) e o outro sem vegetação, funcionando como controle, conforme apresentado nas Figura 1.

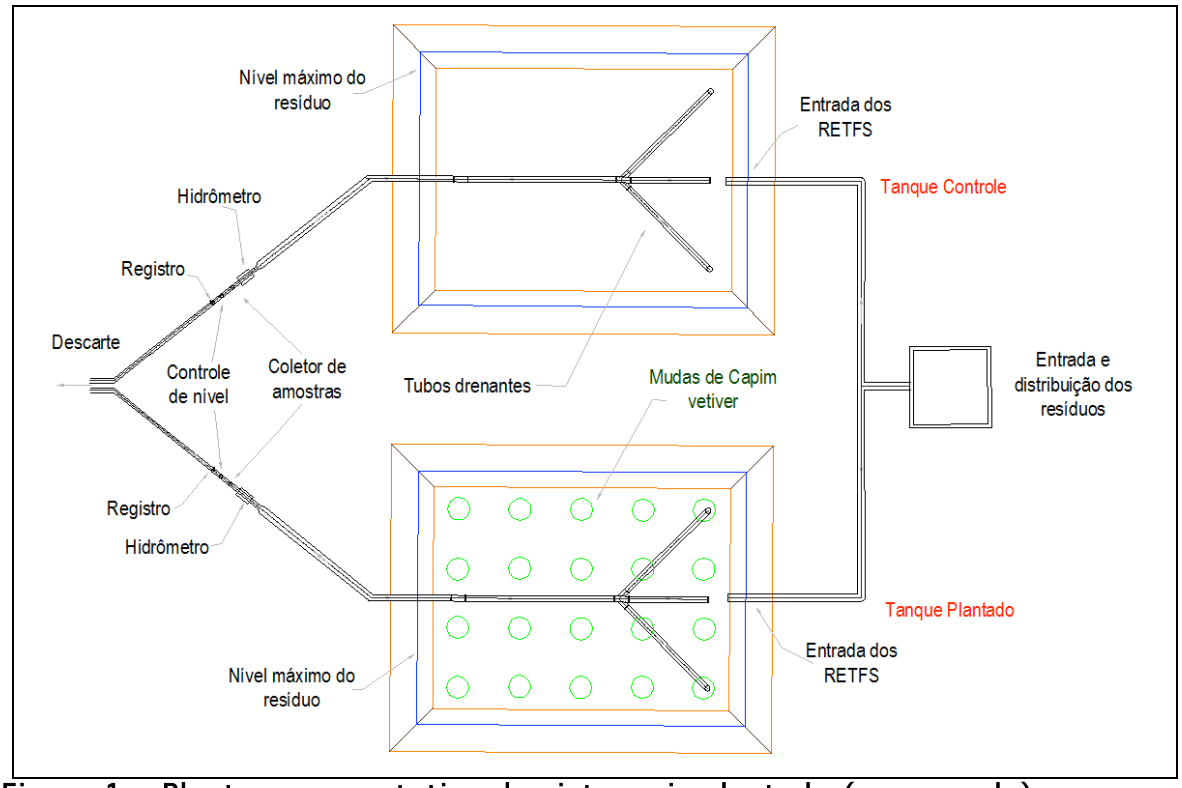


Figura 1 – Planta representativa do sistema implantado (sem escala).

O princípio de funcionamento do sistema proposto consiste no tratamento do RETFS, tanto em sua fase líquida como sólida, através da interação do resíduo/SAC em fluxo descendente por batelada.

O sistema (Figura 2) consiste na unidade experimental escavada no solo, revestida com manta impermeabilizante, preenchida com substrato e plantada com mudas de Capim vetiver.

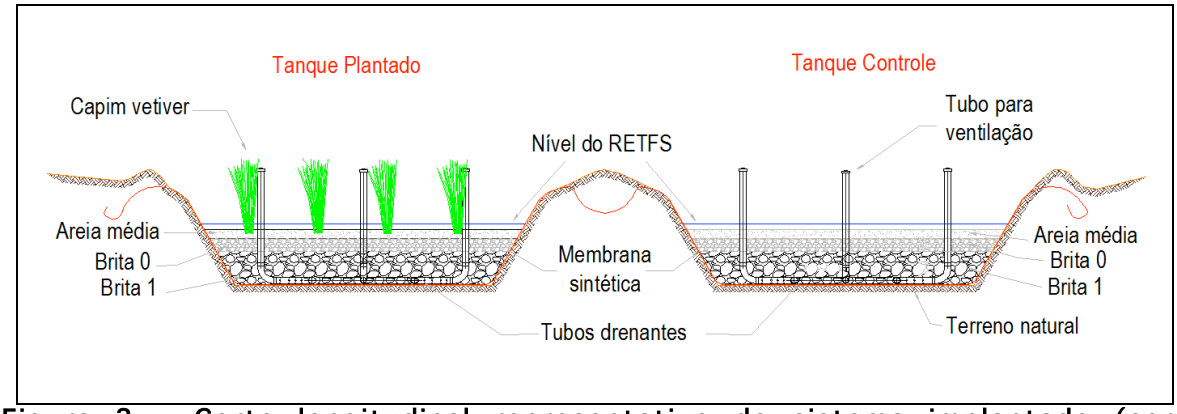


Figura 2 – Corte longitudinal representativo do sistema implantado (sem escala).

Ambos os tanques (plantado e controle) foram escavados no solo, utilizando uma retroescavadeira, em formato de tronco de pirâmide invertida.

Estes tanques possuem dimensões iguais de 3,0 m x 4,0 m de base inferior, 4,15 m x 5,15 m de base superior, 1,20 m de profundidade e inclinação do talude de 60°.

Após a escavação dos tanques, suas margens, taludes e fundo foram nivelados e aplanados com ferramentas manuais.

Para garantir a estanqueidade dos tanques foi utilizada uma lona dupla de PVC de 200 micra em quatro camadas sobrepostas (Figura 3). As bordas da lona foram presas diretamente no terreno através do grampeamento com ganchos no solo.



Figura 3 – Imagem parcial do sistema de impermeabilização dos tanques e do sistema de drenagem do lixiviado. Destaque também para implantação dos tubos de ventilação.

Foram construídos, em ambos os tanques, sistemas de drenagem da fase líquida lixiviada. Para estes foram utilizados tubos de esgoto em PVC de 75 mm de diâmetro com três linhas de furos de 10 mm (3/8") espaçados a cada 50 mm no sentido do comprimento e perfurados com furadeira de mão com broca apropriada. Os tubos de drenagem de fundo foram dispostos no esquema espinha de peixe (Figura 3). Em suas extremidades foram instalados tubos para ventilação e troca de gases, sendo estes sem furos.

O sistema de drenagem foi concebido para funcionar por gravidade de modo a possibilitar o completo deságue da unidade ao final do tempo de detenção utilizado. Para tal, a inclinação do sistema foi de 1%.

Para implantação do substrato, utilizaram-se os materiais areia média e brita #1 e #0, dispostos em camadas (Figura 4). Em cada tanque foram colocados 5,50 m³ de brita #1, 2,40 m³ de brita #0 e 2,00 m³ de areia média lavada. A sequência de enchimento, a partir da base, foi em camadas de 40 cm de brita #1, 15 cm de brita #0 e 10 cm de areia média, totalizando 65 cm de altura total de camadas sobrepostas. Ao final da última camada de agregado, foram preservados 55 cm para a aplicação do resíduo e borda livre.



Figura 4 – Imagem geral da disposição no interior do tanque do substrato de areia média e brita #0 e #1.

Os substratos (areia e brita) utilizados neste trabalho foram adquiridos em uma loja de venda de materiais de construção na cidade de Goiânia.

O processo de disposição dos agregados foi manual, em estado solto, numa altura de 1,50 m, evitando que estes fossem compactados.

A configuração final do sistema, sem o plantio das mudas, é apresentada na Figura 5.



Figura 5 – Imagem geral do sistema de drenagem, ventilação e substratos implantados.

Posteriormente foram construídas pequenas valas ao redor dos tanques, seguidas da disposição de sacos preenchidos com solo, para proteção dos taludes e impedimento do carreamento de água e solo para o interior dos tanques e drenagem das águas pluviais.

A escolha da espécie vegetal Capim vetiver (*Vetiveria zizanioides*) foi feita mediante pré-conhecimento das características desta planta, tais como resistência às pragas, doenças, déficit hídrico e geadas. Além disso, possui adaptabilidade a diversos ambientes, sejam eles secos, úmidos, quentes ou frios. Também é tolerante a valores extremos de pH, salinidade, toxicidade e baixos índices de nutrientes no solo, é ainda resistente ao fogo, alagamentos e pastoreio (TRUONG, 1999).

De acordo com Truong (1999), esta planta possui crescimento ereto, formando touceiras. Reproduz somente por mudas. Apresenta sistema de raízes densas e de alta resistência, atingindo em média 3 m de profundidade.

As mudas plantadas foram produzidas a partir da divisão de uma touceira existente na Estação de Pesquisas em Tratamento de Esgoto com Plantas (EPTEP) da Universidade Federal de Goiás, e plantadas com solo orgânico local em sacolas plásticas, próprias de viveiro, de um litro de capacidade volumétrica.

Após o pegamento e desenvolvimento das mudas, procedeu-se o replantio em sacolas maiores, de dez litros de capacidade, completando-o com o mesmo solo local, suficientes para que as mudas se desenvolvam até o momento do transplante ao tanque de alagados construídos.

Antes do transporte e plantio das mudas nos tanques, foi realizada a poda das mesmas visto que as touceiras atingiram um porte em torno de 1,5 m de altura. Procurou-se preservar em torno de 40 cm das folhagens.

O plantio das mudas no SAC em estudo foi realizado cerca de um mês após a implantação do substrato.

Por ocasião do plantio, o substrato foi umedecido previamente de modo a facilitar a escavação das covas e garantir o processo de adaptação da planta no tanque.

Foram plantadas em um dos tanques 20 mudas da espécie vegetal Capim vetiver, com espaçamento aproximado de 60 x 60 cm.

As covas foram feitas com uma profundidade de 20 cm (atingindo o substrato brita #0) que corresponde ao tamanho médio das raízes das plantas nos sacos plásticos.

A configuração do sistema, após o plantio das mudas é apresentado na Figura 6.

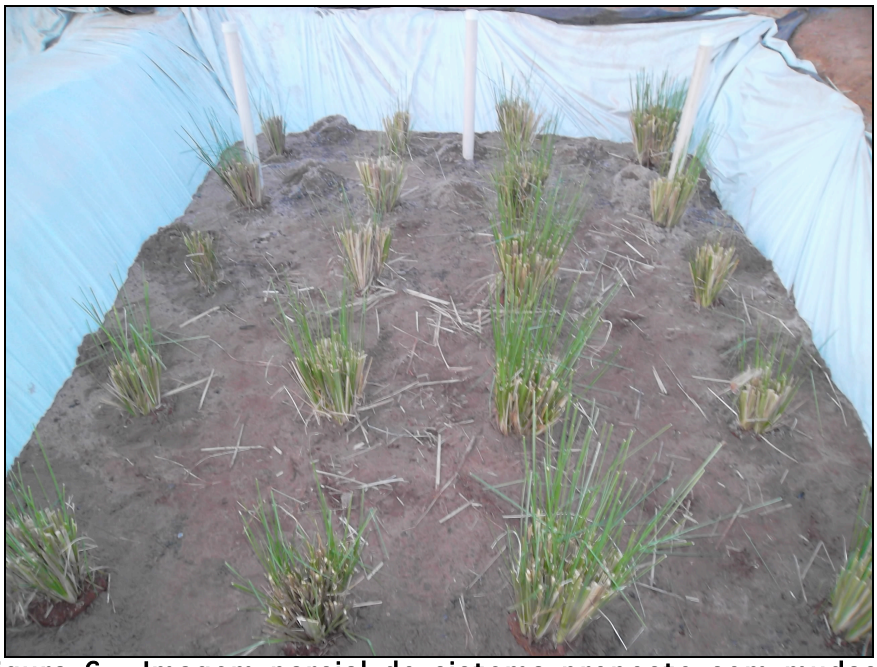


Figura 6 - Imagem parcial do sistema proposto com mudas de Capim vetiver plantadas.

No intuito de caracterizar o substrato utilizado, mediante interesse da pesquisa, foi realizado um ensaio empírico para se encontrar o volume de vazios no sistema. Este volume é importante para se identificar a quantidade do resíduo (volume) que pode ser disposto e para realização do cálculo do tempo de detenção hidráulica (TDH) dos RETFS no sistema proposto.

O ensaio utilizou-se de um tubo de PVC (estanque), de diâmetro interno de 144 mm e altura de 109 cm (Figura 7), preenchido com camadas 40 cm de brita #1, 15 cm de brita #0 e 10 cm de areia média, respectivamente de baixo para cima, totalizando uma altura de substrato de 65 cm e um volume ocupado de 8,957 litros. Este substrato foi parte da amostra do mesmo utilizado na construção dos tanques.

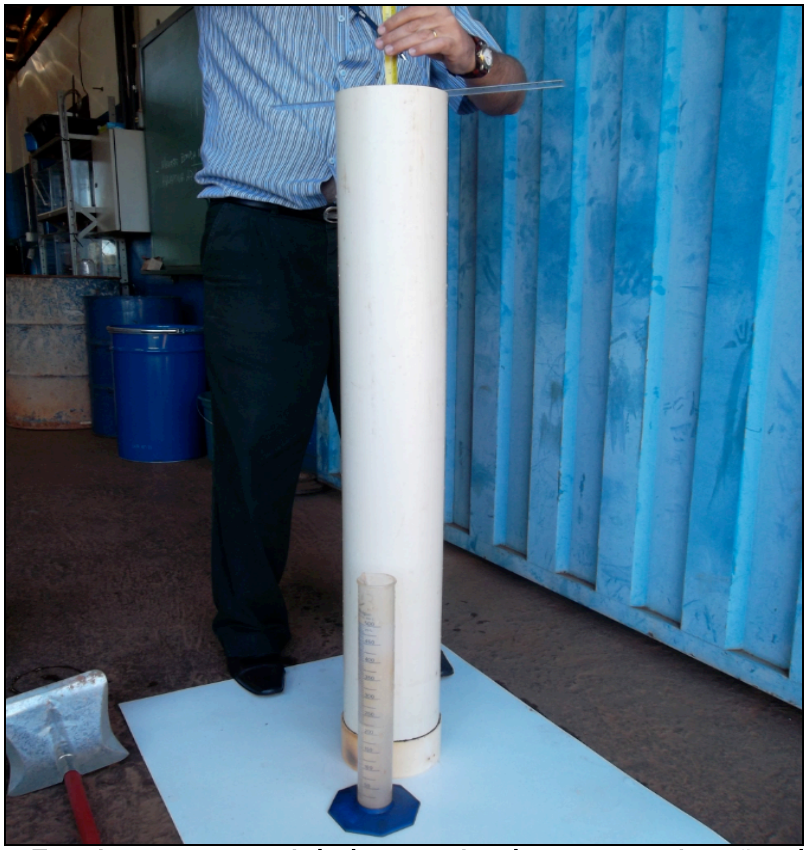


Figura 7 – Imagem parcial do ensaio de caracterização do volume de líquidos presentes no substrato.

A forma de disposição do material também foi a mesma, ou seja, manual, em estado solto, a uma altura de cerca de 1,50 m.

Após a disposição do substrato, adicionou-se volumes conhecidos de água, utilizando-se uma proveta graduada, até o nível de água estabilizar-se na camada superficial da brita #1. Para tal, foram gastos 5,195 litros de água.

Mediante o conhecimento do volume ocupado pelo substrato (8,957 litros) e pela água (5,195 litros) neste ensaio, obteve-se a relação de 58,04% de líquido para cada parte de coluna de substrato.

Neste ensaio foi utilizado água do sistema de abastecimento público e simula a aplicação dos RETFS, uma vez que estes são compostos quase totalmente por água e uma pequena quantidade de sólidos.

Após os plantio, antes da aplicação dos RETFS no sistema proposto, este foi monitorado por um período de 2 meses para realização de testes de estanqueidade, adaptação das plantas e alguns ajustes técnicos.

Quanto à etapa de aplicação dos resíduos sépticos no sistema, tanto no tanque testemunha como no controle, estes foram distribuídos de maneira uniforme com utilização de uma caixa receptora (situada a uma cota maior do que a dos tanques) e tubos de distribuição igualitária do resíduo, conforme Figura 1. Tomou-se cuidado para que a distribuição de vazão fosse realizada de maneira igual, em ambos os tanques. Para tal, o nivelamento das caixas e dos tubos foi feito de maneira minuciosa.

A caixa receptora é feita de plástico polipropileno, com dimensões de 1m x 0,9 m de base e 0,9 m de altura. Esta não possui a função de armazenar o resíduo, mas apenas recepcioná-lo para posterior distribuição nos tanques, não correndo riscos de transbordo.

Já os tubos de distribuição implantados são de PVC com 150 mm de diâmetro de entrada e divisão em 2 tubos de 100 mm para os tanques. Foram adotadas estas dimensões para dividir a vazão em ambos os tanques e para não transbordar o resíduo na caixa de recepção.

O sistema de descarga do caminhão na caixa receptora é por gravidade, sem bombeamento, por meio de um mangote de 100 mm ligado ao tanque do caminhão.

Na caixa de recepção foi implantada uma grade com aberturas de 3 cm para retenção de sólidos grosseiros presentes no resíduo. Esta grade é fundamental para evitar o entupimento dos canos, ou a disposição de materiais indesejáveis no tanque.

Foi adicionado um anteparo sobre a superfície do leito dos tanques, um bloco de concreto, para evitar a erosão e revolvimento do material ou a criação de caminho preferencial de escoamento, no momento da descarga do resíduo nos tanques.

Uma vez dispostos os RETFS nos tanques, o nível destes é controlado por meio de duas tubulações de descarga (uma para cada tanque), implantadas em um tanque de controle de nível e de realização de coletas de amostras (Figuras 8 e 9). O controle do nível é feito através do extravasamento do líquido nestas tubulações, mantendo o nível constante a cerca de 10 cm abaixo da superfície da camada de areia.

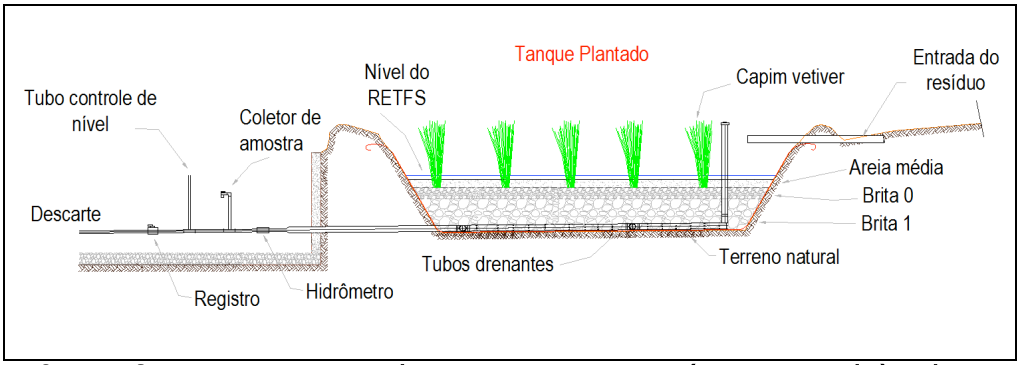


Figura 8 – Corte transversal representativo (sem escala) do sistema implantado para disposição, tratamento e controle de nível dos resíduos dispostos.

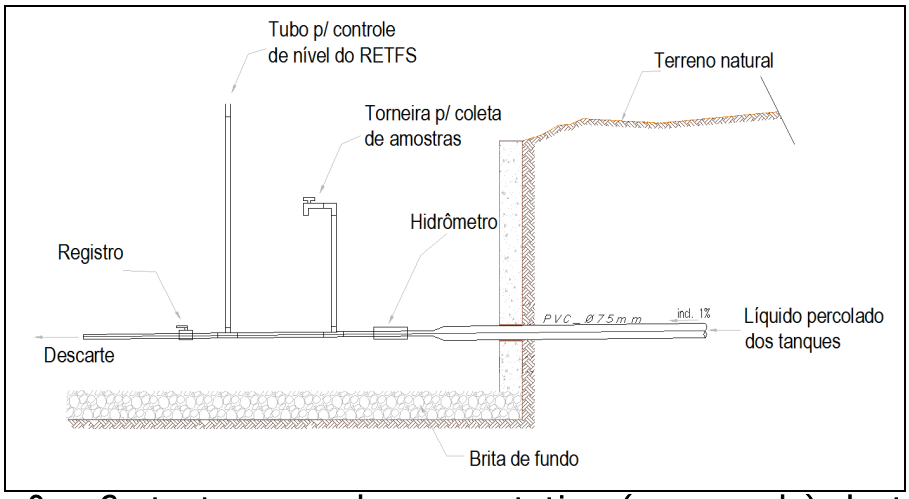


Figura 9 – Corte transversal representativo (sem escala) do tanque de controle do nível de resíduo nos tanques de tratamento.

Nestas tubulações de controle de nível dos tanques de tratamento, foram instaladas torneiras para amostragem do líquido percolado e tratado, além de registros para esvaziamento dos tanques.

A frequência de disposição do resíduo no sistema foi de uma vez a cada 7 dias, totalizando cerca de 16 aplicações dentro de um período de 4 meses.

Um dia antes de cada nova aplicação, os tanques foram esvaziados posteriormente à realização das coletas de amostras do líquido tratado, implicando em um TDH no sistema de 6 dias.

Estes valores foram escolhidos baseados nos resultados do trabalho de Koottatep et al. (2004) que concluíram que o TDH mais adequado é de cerca de 6 dias e que a taxa de acúmulo de sólidos na superfície é de 1 cm/mês.

Conforme as dimensões do tanque e da altura do nível do resíduo (55 cm), foi calculado o volume total ocupado pelos agregados.

Tendo a base inferior de 3,0 m x 4,0 m e a base superior (a altura de 55 cm) de 3,18 m x 4,18 m, aplicou-se estes valores na fórmula para cálculo do volume de tronco de pirâmide. O valor encontrado para o volume total ocupado pelo substrato foi de 7,31 m³.

Como a porcentagem de ocupação deste volume por líquidos foi de 58, 04% (mediante ensaio prévio), obteve-se que cada tanque (na altura da camada de areia) possui capacidade de retenção de 4,24 m³ de líquidos.

Sendo que 73% dos caminhões limpa-fossa que esgotam os RETFS da região metropolitana de Goiânia na ETE possuem de 12 a 15 m³ de capacidade volumétrica (RIOS, 2010), apenas um destes foi suficiente para ser aplicado em ambos os tanques, já que se adotou uma altura de lâmina de resíduo de cerca de 10 cm abaixo da camada de areia.

No intuito de se controlar a quantidade de líquido que entra e que sai do sistema, foram instalados hidrômetros (uma para cada tanque) nas tubulações de descarga do líquido do sistema. Para cálculo do valor de entrada, o caminhão no qual se esgotou o resíduo foi pesado antes e após o processo de descarga. Com isso, obteve-se o valor da massa esgotada. Para cálculo do volume de RETFS que entrou no sistema, realizou-se no momento da descarga um ensaio para averiguar a massa específica do resíduo (utilizando-se de uma amostra do resíduo em um pequeno volume conhecido e uma balança precisa) e multiplicando-se este valor pela massa esgotada.

Para posteriores cálculos da eficiência de tratamento do sistema, deve-se levar em consideração a evapotranspiração do sistema. Para tal, foi instalado nas proximidades dos tanques um pluviômetro.

CONCLUSÃO

O SAC proposto visa tratar os resíduos esgotados de tanques/fossas sépticas através de mecanismos de interação do substrato-planta-microrganismos com o resíduo.

Este sistema foi dimensionado para funcionamento em bateladas, em fluxo descendente, com tempo de detenção hidráulica (TDH) de 6 dias, e capacidade para tratamento de cerca de 4,25 m³ em cada tanque.

Para atendimento aos objetivos deste sistema, as etapas de impermeabilização e construção do sistema de drenagem são fundamentais. Além disso, as dimensões dos tanques, bem como altura da camada do substrato, devem ser calculadas em função do TDH desejado e do volume de resíduos a serem tratados.

Deve-se atentar também para a construção de adequados sistemas de drenagem de águas pluviais, impedindo o carreamento de solo e água para o interior dos tanques.

Faz-se necessário também destacar a importância da implantação de adequado sistema de recepção, distribuição e gradeamento dos resíduos, uma vez que estes contêm diversos sólidos grosseiros que podem entupir as tubulações.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que estudos sejam realizados para comprovar a eficiência do sistema proposto, bem como da ótima taxa de aplicação e tempo de detenção hidráulica adotados, além da ideal quantidade de mudas a serem plantadas.

Além disso, aconselha-se estudar o dimensionamento ótimo do sistema, tanto dos tanques como das camadas de substrato, levando-se em consideração a ótima taxa de aplicação e tempo de detenção hidráulica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AISSE, M.M. et al. Tratamento e destino final do lodo gerado em reatores anaeróbios. In: **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** José Roberto Campos (coord.). Rio de Janeiro: ABES, 1999.
2. BRASIL, M.S.; MATOS, A.T. **Avaliação de aspectos hidraúlicos e hidrológicos de sistemas alagados construídos de fluxo subsuperficial**. Artigo técnico: Engenharia sanitária e ambiental, v.13, nº3, 2008.
3. BRIX, H. **Plants used in constructed wetlands and their Functions.** In: 1º International seminar on the use of aquatic macrophytes for wastewater treatment in constructed wetlands. Lisboa, Portugal, 2003.
4. KOOTTATEP, T. *et al.* **Treatment of septage in constructed wetlands in tropical climate –Lessons learnt after seven years of operation.** In: 9th International IWA Specialist Group Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control, Avignon, France, 2004.
5. NIKOLIĆ, V; MILIĆEVIĆ, D.; MILENKOVIĆ, S. **Wetlands, contructed wetlands and their's role in wastewater treatment with principles and examples of using it in Serbia.** Architecture and Civil Engineering, v.7, nº1, 2009.
6. RIOS, F.P. **Avaliação de sistemas individuais de disposição de esgotos e das empresas limpa-fossas na região metropolitana de Goiânia**. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás, 2010.
7. TRUONG, P. **Vetiver Grass Technology for Mine Rehabilitation**. Tech. Bull, nº 1999/2, Bangkok, Thailand, 1999.
8. USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater.** Office of Research and Development Cincinnati, Ohio, 2000. Disponível em: <http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/upload/constructed-wetlands-design-manual.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2013.
9. USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Wetlands**. 2013. Disponível em: <http://water.epa.gov/type/wetlands/index.cfm>. Acesso em: 08 mar. 2013.