

II-277 – AVALIAÇÃO DE SISTEMA TANQUE SÉPTICO/FILTRO ANAERÓBIO COM MEIO SUPORTE DE TAMPAS PLÁSTICAS REUTILIZADAS PARA O TRATAMENTO DESCENTRALIZADO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Thiago Bressani Ribeiro⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade FUMEC. Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Gabriel Rodrigues Vasconcellos

Engenheiro Ambiental pela Universidade FUMEC. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Larissa Marques Diniz

Engenheira Ambiental pela Universidade FUMEC.

Eduardo Vieira Carneiro

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutor em Public Health Engineering pela University of Newcastle (England). Professor titular da Universidade FUMEC.

Gabriel Tadeu de Oliveira Freitas

Engenheiro Ambiental pela Universidade FUMEC.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Antônio Carlos 6.627 – Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Bloco 1. Belo Horizonte. Minas Gerais. CEP: 31270-901. Brasil - Tel: +55 (31) 9828-2182 - e-mail: thiago.bressani@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de um sistema composto de tanque séptico (TS) e filtro anaeróbio (FA), tratando esgoto doméstico bruto. Cada unidade apresentava um volume de 1430 L. O sistema foi projetado para atender um equivalente populacional de 3 pessoas. O conjunto TS+FA recebeu uma vazão constante de aproximadamente $1,55 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, perfazendo um tempo de detenção hidráulica de aproximadamente 1,8 dia. O FA possuía meio suporte constituído por tampas plásticas rosqueáveis, muito utilizadas em garrafas tipo PET. Os resultados indicaram uma eficiência de remoção de aproximadamente 59% de DBO, 65% para DQO e 83% para SST. A contribuição encontrada de lodo líquido a ser tratado foi de $28 \text{ L} \cdot (\text{hab} \cdot \text{ano})^{-1}$ e a produção de sólidos foi de $0,11 \text{ kgSST} \cdot \text{kgDQO}_{\text{removida}}^{-1}$. Para a qualidade obtida do efluente tratado, a área per capita ocupada pelo sistema representou uma demanda de $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$.

PALAVRAS-CHAVE: Tanque séptico, filtro anaeróbio, meio suporte de tampas plásticas, tratamento de esgotos, sistema unifamiliar.

INTRODUÇÃO

As condições de esgotamento sanitário no Brasil ainda apresentam significativa carência principalmente no que se refere aos índices de tratamento dos efluentes coletados, sendo causa de problemas de saúde pública e impactos ambientais oriundos dos despejos domésticos.

Uma solução simples de ser construída e economicamente acessível se verifica através do sistema tanque séptico seguido de filtro anaeróbio (TS+FA), também conhecido simplesmente por fossa-filtro. É um tipo de sistema de tratamento de esgotos domésticos recomendado pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) para tratamento unifamiliar e reconhecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelece critérios de projeto, construção e operação desta tecnologia.

O TS+FA tem como finalidade preservar a saúde pública e ambiental, a higiene, o conforto e segurança dos habitantes providos por este tipo de sistema. A adoção de sistemas descentralizados unifamiliares se justifica, sobretudo, pelo fato dos baixos índices de atendimento por rede coletora (48,3% da população total) e tratamento de esgotos no Brasil (69,4% dos esgotos coletados) (SNSA/MCIDADES, 2014). Dessa maneira,

pequenos sistemas de tratamento descentralizados podem apresentar significativa contribuição para a minimização dos impactos negativos na saúde pública e meio ambiente, notadamente, a degradação de solos e corpos hídricos.

Há que se ressaltar também a necessidade da segregação e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares, segundo os preceitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Neste contexto, as aparas e tampas plásticas constituem-se em resíduo passivo de reciclagem ou reutilização e a participação do gerador deste descarte em sua correta destinação é fundamental. Logo, a utilização destes materiais como meio suporte de filtros anaeróbios pode se constituir uma interessante alternativa.

Segundo Gonçalves *et al.* (2001), em filtros anaeróbios com leito submerso a estabilização da matéria orgânica deve-se, principalmente, aos sólidos acumulados nos interstícios do material suporte. Além da retenção física propriamente dita, o meio suporte serve como aderência de microrganismos anaeróbios que degradam a matéria orgânica remanescente ao tanque séptico, garantindo as elevadas eficiências de remoção de matéria orgânica e sólidos no sistema.

Sob este aspecto, o presente trabalho objetiva avaliar o comportamento de um sistema de tratamento de esgotos domésticos composto por tanque séptico seguido por filtro anaeróbio (TS+FA), preenchido com tampas plásticas reutilizadas, considerando o atendimento a uma residência unifamiliar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento da Universidade Federal de Minas Gerais em parceria com a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), localizado junto à Estação de Tratamento de Esgotos do Arrudas (ETE Arrudas), em Belo Horizonte – MG. Após a passagem do esgoto bruto pelo tratamento preliminar da ETE Arrudas, sendo este composto por grade grossa manual, grade fina mecanizada e desarenador, uma fração do esgoto foi derivada para alimentar as unidades experimentais.

Aparato experimental

O dimensionamento das unidades de tratamento baseou-se em critérios definidos nas normas técnicas NBR 7229 (1993) e NBR 13969 (1997), à exceção da garantia do volume útil mínimo do leito filtrante.

O tanque séptico (TS) utilizado na pesquisa foi executado em fibra de vidro, sob a forma cônica, possuindo diâmetro inferior de 1,00 m, diâmetro superior de 1,20 m e altura de 1,50 m, perfazendo um volume de 1430 litros (Figura 1a). O filtro anaeróbio (FA) foi executado segundo as mesmas dimensões, com um volume de cerca de 396 litros para o meio suporte (leito filtrante com 35 cm de altura), descumprindo o valor mínimo de 1000 L recomendado pela NBR 13969 (1997). O conjunto TS+FA recebeu uma vazão constante, com média de 1,55 m³/d, garantindo um tempo de detenção hidráulica de aproximadamente 1,8 dia (0,9 dia para cada tanque).

O filtro anaeróbio possui como meio suporte tampas plásticas rosqueáveis, muito utilizadas em garrafas tipo PET (politereftalato de etileno). As tampas plásticas são constituídas de polietileno, com densidade de 0,94 g.cm⁻³ (menor que a densidade da água), por isso verifica-se a capacidade de flutuação do material. Este é um importante aspecto para sistemas unifamiliares descentralizados, uma vez que se pode eliminar a laje de fundo do filtro anaeróbio. Além de ser um material reutilizável, as tampas plásticas apresentam fácil aquisição e boa resistência à agressividade do esgoto. O material foi adquirido na ASMARE – Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reciclável de Belo Horizonte. Na Figura 1b pode-se observar o material suporte no interior do FA.

Ressalta-se que o sistema foi projetado para atender a um equivalente populacional de aproximadamente 3 pessoas, o que se alia a característica de um sistema unifamiliar, tendo em vista que o número médio de moradores por domicílio no Brasil é de 3,3 pessoas (IBGE, 2010).

A partida do sistema (TS+FA) foi realizada seguindo os critérios definidos por Chernicharo (2007). O tanque séptico foi inoculado com 40 litros de lodo anaeróbico a uma concentração de 2,5% oriundo de um reator tipo UASB, no dia 06/09/2013, junto com aproximadamente 715 litros de esgoto bruto. No dia 09/09/2013, o tanque séptico foi completado com mais 675 litros de esgoto e após 21 dias deu-se início a operação do sistema com regime de alimentação contínuo.



Figura 1: (a) vista geral do sistema tanque séptico e filtro anaeróbico; (b) detalhe do filtro anaeróbico com meio suporte de tampas plásticas reutilizadas.

Análise dos dados e parâmetros de monitoramento

Os dados físico-químicos gerados no presente trabalho perfazem um período operacional de 320 dias. O programa de monitoramento realizado teve de se ajustar à carência de recursos financeiros, resultando em limitação de análises laboratoriais. Nas campanhas amostrais foram analisados os seguintes parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos em suspensão total (SST), pH e temperatura. Após o dia operacional 367 pôde-se realizar análises semanais dos parâmetros: sólidos sedimentáveis (SS), pH, temperatura, condutividade, potencial redox (ORP) e oxigênio dissolvido (OD).

Adicionalmente, foi realizada a caracterização do volume de lodo acumulado no sistema, após um período operacional de 310 dias.

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, contemplando a utilização de tabelas e gráficos *box-plot*, bem como através da comparação com valores típicos reportados na literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Afluente ao tanque séptico

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos dados de qualidade (em termos de concentração) do esgoto bruto afluente ao sistema de tratamento.

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis de qualidade do afluente.

	DBO (mg.L ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)	SST (mg.L ⁻¹)	Temperatura (°C)	pH	OD (mg.L ⁻¹)	REDOX (mV)	Cond. Elétrica (μS.cm ⁻¹)	Turbidez (NTU)	SS (mL.L ⁻¹)
Número de dados	3	2	3	13	13	13	13	13	8	10
Desvio padrão	63	25	228	2,6	0,3	0,24	44	80	125	5,8
Média	222	304	252	23,3	7,6	0,28	-206	754	263	4,8
Mediana	207	304	124	22,9	7,7	0,18	-217	766	216	3,0
Percentil 10%	176	290	118	20,5	7,3	0,13	-247	684	159	1,4
Percentil 25%	188	295	120	21,0	7,4	0,13	-242	690	181	1,5
Percentil 75%	249	312	320	25,9	7,8	0,40	-182	795	310	5,8
Percentil 90%	274	318	437	26,6	7,8	0,50	-144	843	457	7,4

Segundo Jordão e Pessoa (2011) a faixa típica para esgoto doméstico bruto é de 100 a 400 mg.L⁻¹ para DBO e 200 a 800 mg.L⁻¹ para DQO. Esses valores demonstram que o afluente ao sistema TS+FA está de acordo com o reportado na literatura.

Efluente do filtro anaeróbio

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva dos dados de qualidade (em termos de concentração) do efluente tratado, após sua passagem pelo sistema TS+FA.

Tabela 2: Estatística descritiva das variáveis de qualidade do efluente.

	DBO (mg.L ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)	SST (mg.L ⁻¹)	Temperatura (°C)	pH	OD (mg.L ⁻¹)	REDOX (mV)	Cond. Elétrica (μS.cm ⁻¹)	Turbidez (NTU)	SS (mL.L ⁻¹)
Número de dados	3	2	2	13	13	13	13	13	8	13
Desvio padrão	37	9	0	2,9	0,2	0,53	59	85	246	0,1
Média	80	105	21	22,7	7,5	0,92	-177	766	169	< 0,1
Mediana	101	105	21	23,1	7,5	0,79	-195	773	95	< 0,1
Percentil 10%	51	99	21	19,4	7,2	0,30	-239	711	59	< 0,1
Percentil 25%	70	101	21	19,6	7,5	0,45	-204	711	81	< 0,1
Percentil 75%	102	108	21	25,3	7,7	1,27	-153	781	105	< 0,1
Percentil 90%	102	110	21	26,0	7,7	1,33	-108	828	312	< 0,1

De acordo com von Sperling (2005), a faixa típica de concentrações médias efluentes de TS+FA são: DBO entre 40 a 80 mg.L⁻¹; DQO entre 100 a 200 mg.L⁻¹; e SST entre 30 a 60 mg.L⁻¹. Os valores médios observados nas campanhas amostrais, para DBO e DQO, encontram-se situados dentro das faixas típicas reportadas pelo autor. Ressalta-se a baixa perda de sólidos (SST e SS) no efluente final do sistema.

Os valores negativos de potencial redox indicam que o meio apresenta condições redutoras (metabolismo anaeróbio). As concentrações de oxigênio dissolvido reforçam as condições redutoras observadas.

Por meio da Figura 2 evidencia-se a remoção de matéria orgânica no sistema. Os valores efluentes de DBO estão acima dos padrões de lançamento especificados na DN Conjunta COPAM/CERH n° 01/2008, o que não se verifica para os valores efluentes de DQO. Em termos de eficiência de remoção (Figura 3), observa-se comportamento similar, qual seja: o padrão de remoção de DBO não é atendido, visto a remoção média obtida de 59,2%, entretanto, obteve-se remoção média de 65,3% para DQO, o que se situa acima do padrão

especificado na legislação ambiental estadual (eficiência mínima de 55%). Ainda, cita-se a eficiência observada em termos da remoção de SST, qual seja de 82,5%.

Os resultados acima reportados condizem com aqueles verificados por Ávila (2005) ao avaliar o desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com meio suporte de anéis plásticos. O autor observou eficiências de remoção de 68,5%, 68,2% e 90,3% para DQO, DBO e SST, respectivamente, as quais foram similares às obtidas no presente trabalho.

Cabe ressaltar que a legislação ambiental supracitada especifica eficiências de redução anuais para DBO e DQO. Logo, um monitoramento de longo termo poderia representar melhor o comportamento do sistema, caracterizado por um baixo número de dados relativos à remoção de matéria orgânica.

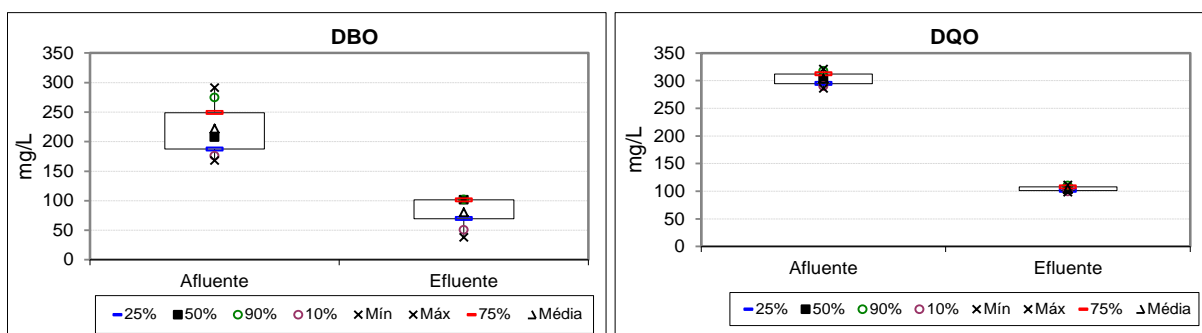


Figura 2: Concentrações afluentes e efluentes de DBO (esquerda) e DQO (direita) do sistema TS+FA.

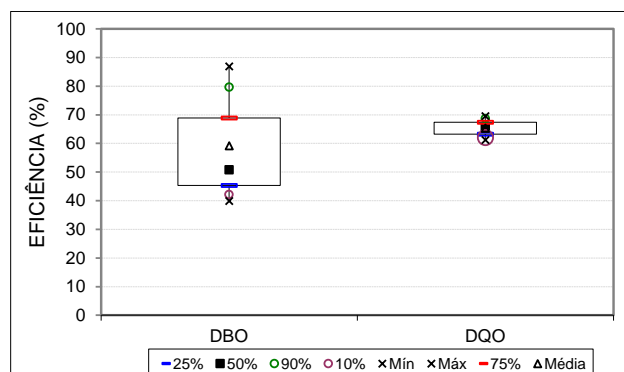


Figura 3: Eficiências de remoção de DBO e DQO do sistema TS+FA.

Através de medições de altura do meio suporte, aplicadas ao volume do cilindro, obtêm-se o volume de meio suporte utilizado no FA. Relembra-se que o volume total de meio suporte utilizado no FA foi de cerca de 396 litros (35 cm de altura). Nota-se que em função do menor peso específico das tampas plásticas, observou-se que o volume útil do meio suporte em contato direto com o líquido foi de cerca de 260 litros (23 cm de altura), uma perda de aproximadamente 136 litros (12 cm de altura) de material suporte sem contato com o líquido. Por se tratar de um material leve, verifica-se então a necessidade de um suporte fixo, na parte superior do FA, possibilitando que todo o material suporte tenha contato direto com o efluente líquido.

Em relação ao acúmulo de lodo no TS, observou-se 9 cm de camada de lodo acumulado no fundo do reator. O acúmulo médio de lodo foi de 0,88 cm ao mês, o que corresponde a uma projeção de aproximadamente 10,6 cm acumulados no período de um ano. De acordo com a NBR 7229 (1993) a contribuição de lodo fresco para o sistema proposto é de 1 L.hab⁻¹.d⁻¹ e a taxa de acumulação de lodo digerido é de 57 dias, considerando o intervalo de um ano de limpeza e temperatura média do mês mais frio mais de 20°C.

Neste contexto, verificou-se uma produção de sólidos da ordem de 0,11 kgSST.kgDQO_{removida}⁻¹. Sousa (2004) apresentou coeficiente de produção de lodo descartado variando entre 0,10 a 0,30 kgSST.kgDQO_{removida}⁻¹, que são compatíveis com valores referenciados para reatores UASB e filtros anaeróbios.

Ressaltam-se ainda importantes características do sistema de tratamento de esgoto investigado, a saber: *i)* a demanda per capita de área para a obtenção de efluente com o nível de tratamento alcançado ($DQO_{\text{efluente}}: 105 \text{ mg.L}^{-1}$; $SST_{\text{efluente}}: 21 \text{ mg.L}^{-1}$) foi de $2,5 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$, valor este superior ao reportado na literatura; *ii)* o volume per capita de lodo líquido acumulado no tanque séptico foi de aproximadamente $28 \text{ L}.\text{(hab.ano)}^{-1}$, valor este ligeiramente inferior ao reportado na literatura (VON SPERLING, 2005).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pôde-se notar que as concentrações médias efluentes de DBO e DQO situaram dentro das concentrações típicas reportadas na literatura para esgotos domésticos, demonstrando a potencialidade do uso das tampas plásticas reutilizadas como meio suporte de filtros anaeróbios.

Recomenda-se que a avaliação de sistemas de menor porte, a exemplo dos utilizados na presente pesquisa, possa ser reproduzida também em regime de vazão afluente variável, o qual seria mais fidedigno uma vez que sistemas TS+FA são marcados por contribuições pontuais que podem representar importantes choques de carga.

Em função do baixo peso específico de materiais suporte como as tampas plásticas reutilizadas, observa-se a não necessidade da execução de fundo falso, porém, faz-se necessário a presença de uma estrutura superior (por exemplo: tela metálica inoxidável) para garantia de imersão de todo material suporte presente no FA, e consequentemente maior contato entre o líquido e talvez maiores eficiências de remoção de poluentes.

No que se refere ao custo de implantação do sistema TS+FA com tampas plásticas reutilizadas, nota-se que a obtenção do meio suporte a partir de material plástico pós-consumo (tampas rosqueáveis), via catadores de material reciclável, ainda apresenta desafios, visto se tratar de uma demanda não consolidada no mercado.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFGM) e à Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade Fumec (FEA/FUMEC) por todo envolvimento que permitiram a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos – Norma Brasileira - NBR 7229, ABNT. 1993.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, Tanques sépticos – Unidades de Tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação – Norma Brasileira 13969, ABNT. 1997.
3. ÁVILA, R. O. Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte. 2005. 166p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.
4. BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 3 ago. 2010.
5. CHERNICHARO, C. A. L. Princípio do Tratamento Biológicos de Águas Residuárias. Vol. 5: Reatores Anaeróbios. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFGM, 380 p. 2007.
6. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo. Brasília, Distrito Federal. 2010.
7. JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6 ed. Rio de Janeiro: ABES. 1050 p. 2011.

8. MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, Diário executivo Minas Gerais de 17 de mar. 2008. Diário Oficial de Minas Gerais, Poder executivo, Belo Horizonte, MG, 13 de maio 2008.
9. SNSA/MCIDADES, 2014. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2012. Brasília: SNSA/MCIDADES, 164 p.: il. 2014.
10. SOUSA, V. P. Concepção inovadora e avaliação de desempenho de um sistema compacto de tratamento de esgotos domiciliares. 2004. 213p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2004.
11. VON SPERLING, M. (2005). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Vol. 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 452 p. 2005.
12. GONÇALVES, R.F., CHERNICHARO, C.A.L., NETO, C.O.A., ALEM SOBRINHO, P., KATO, M.T., COSTA, R.H.R., AISSE, M.M., ZAIAT, M. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme. In: CHERNICHARO, C.A.L. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. 1.ed. Belo Horizonte: FINEP/PROSAB, 4. p. 171-278. 2001.