

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

EFEITO DA TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL NA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM FILTROS DE AREIA

*Robson Arruda dos Santos¹
Gilson Barbosa Athayde Junior¹
Natália de Souza Guedes¹

EFFECT OF RATE OF SURFACE APPLICATION ON THE REMOVAL OF ORGANIC MATTER IN SAND FILTERS

Recibido el 21 de septiembre de 2017; Aceptado el 16 de octubre de 2018

Abstract

This research consists of a study of the rate of surface application for sand filter sizing, with septic tank effluents and anaerobic filter. We evaluated the effect of rate of application in the removal of organic matter by sand filters as well as the relevance of the anaerobic filter interposed between the septic tank and the sand filter. The research was conducted on two wastewater treatment systems, both mounted in the University Residence of UFPB: (1) Septic Tank + Anaerobic Filter + Sand Filter and (2) Septic Tank + Sand Filter, in order to get the rate of surface application to be adopted in projects for the conditions of the study area (northeastern Brazil), for both options. The rates of application were analyzed in values of 200, 300, 500 and 600 L/m².d. Analyses of BOD₅, COD and NO₃ were held in Pastel UV equipment. The results of this research show the feasibility of using sand filters in an individual treatment system of sewage, whether for residential units, condominiums or small communities, since the high efficiency values reached on the removal of organic matter. It was obtained a good performance on the nitrification of effluents from the septic tank and the anaerobic filter in the sand filters. Finally, with the analysis of the behavior of the filters results to changes in the applied rates, it reached an "excellent" value of 300 L / m².d, for both systems studied.

Keywords: sewage treatment, sand filter, rate of surface application.

¹ Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

*Autor correspondente: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Cidade Universitária, s/n, João Pessoa, Paraíba. CEP: 58051-900, Brasil. Email: robson.santos@ifpb.edu.br

Resumo

Esta pesquisa consiste no estudo da taxa de aplicação superficial para dimensionamento do filtro de areia, com efluentes de tanque séptico e filtro anaeróbio. Avaliou-se o efeito da taxa de aplicação na remoção de matéria orgânica pelos filtros de areia, bem como a pertinência da interposição do filtro anaeróbio entre o tanque séptico e o filtro de areia. A pesquisa foi desenvolvida em dois sistemas de tratamento de esgoto, ambos montados na Residência Universitária da UFPB: (1) Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio + Filtro de Areia e (2) Tanque Séptico + Filtro de Areia, com a finalidade de obter-se a taxa de aplicação superficial a ser adotada em projetos para as condições da região de estudo (nordeste do Brasil), para ambas as opções. Foram analisadas as taxas de aplicação nos valores de 200, 300, 500 e 600 L/m².dia. As análises de DBO₅, DQO e NO₃ foram realizadas no equipamento Pastel UV. Os resultados obtidos nesta pesquisa mostram a viabilidade do uso de filtros de areia em um sistema de tratamento individual de esgoto, seja para unidades residenciais, condomínios ou pequenas comunidades, visto os elevados valores de eficiência de remoção de matéria orgânica alcançados. Obteve-se bom desempenho quanto a nitrificação dos efluentes do tanque séptico e do filtro anaeróbio nos filtros de areia. Por fim, com a análise dos resultados do comportamento dos filtros às variações das taxas aplicadas, chegou-se a um valor “ótimo” de 300 L/m².dia, para ambos os sistemas estudados.

Palabras chave: tratamento de esgoto, filtro de areia, taxa de aplicação superficial.

Introdução

O saneamento básico, com destaque ao esgotamento sanitário é uma importante ferramenta para a preservação dos recursos hídricos, visto que os esgotos são descartados na maioria das vezes em corpos hídricos sem tratamento adequado.

A garantia do direito ao saneamento está disposta como diretriz da Política Urbana (brasileira), na Lei no 10.257/2001, em seu artigo 2º (Brasil, 2013). Contudo, o cenário atual das condições de infraestrutura urbana relacionadas à coleta e tratamento de efluentes não atende a grande parte da população brasileira.

A quantidade de municípios atendidos com esgotamento sanitário no Nordeste brasileiro é muito baixa. Os piores resultados estão nos Estados do Piauí e Maranhão, com apenas 4 e 5%, respectivamente, de municípios atendidos SNIS (2015). As outras regiões também apresentam índices baixos de esgotamento, trata-se de um problema nacional.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, SNIS (2015), o índice médio nacional de atendimento da população identificado para o abastecimento de água foi de 82,5%, enquanto que o percentual médio de atendimento por rede de coleta de esgoto constatado foi de apenas 48,6%. Além disso, a abrangência dos serviços de saneamento apresenta grande variação entre os estados do país: enquanto que o Sudeste apresenta percentual de coleta de esgoto acima de 70% de cobertura, o Norte apresenta 6,5% e o Nordeste 22,1%.

Os sistemas de coleta e transporte de esgotos podem ser individuais ou coletivos. Os sistemas coletivos são adotados para o atendimento de uma comunidade e são constituídos por uma rede, que recebe os esgotos para transportar adequadamente ao destino final. O atendimento com relação ao tratamento do esgoto gerado por essa comunidade é realizado através de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que requer investimento para construção; assim, em pequenos municípios, obras de saneamento desse porte sequer são levados em consideração pelos governantes como solução para o tratamento dos efluentes.

Na ausência desse sistema coletivo (por dificuldade de implantação ou inviabilidade), são adotadas soluções individuais, em que a coleta, tratamento e disposição final dos efluentes são realizados de modo a atender apenas uma unidade residencial, ou um pequeno número delas. Os sistemas individuais mais comuns consistem em tanques sépticos seguido por sumidouros, ou ainda tanques sépticos, filtros anaeróbios e sumidouros. A inserção do filtro de areia após o tanque séptico ou filtro anaeróbio, confere ao sistema de tratamento elevada eficiência de remoção de matéria orgânica, assim, a qualidade do efluente desses sistemas individuais será significativamente melhorada, que contribuirá para a diminuição do impacto ambiental nos corpos d'água e solo. O Plano Nacional de Saneamento Básico (brasileiro) apresenta como ação estruturante a revalorização de soluções individuais para o esgotamento sanitário.

Esta pesquisa consiste no estudo da taxa de aplicação superficial para dimensionamento do filtro de areia, com efluentes de tanque séptico e filtro anaeróbio. Trata-se de um parâmetro de projeto definido pela NBR 13969/97 (Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação) no item 3.23 como a relação entre a vazão de esgoto e a área superficial de uma unidade de tratamento.

Segundo a NBR 13969/1997, as taxas de aplicação são de, no máximo, 100 L/m².dia, quando da aplicação direta de efluentes de tanques sépticos, e 200 L/m².dia, para efluentes de processos aeróbios de tratamento. Esta Norma não faz menção à taxa de aplicação a ser adotada para efluente de filtro anaeróbio, deixando aberta a escolha da taxa de aplicação para o dimensionamento.

A pesquisa foi desenvolvida em dois sistemas de tratamento de esgoto: (1) Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio + Filtro de Areia e (2) Tanque Séptico + Filtro de Areia, com a finalidade de obter-se a taxa de aplicação superficial a ser adotada em projetos para as condições da região de estudo (nordeste do Brasil), para ambas as opções.

O efluente de cada sistema proposto foi monitorado durante 3 meses, variando as taxas de aplicação do esgoto a cada semana, totalizando a aplicação de 4 taxas distintas (200 L/m².dia, 300 L/m².dia, 500 L/m².dia e 600 L/m².dia) com o intuito de avaliar a qualidade final do efluente de

pós-tratamento, para então determinar a relação entre a taxa de aplicação superficial e o desempenho do filtro de areia na remoção de matéria orgânica.

Materiais e métodos

Local de estudo

Foi estudado um sistema de tratamento de esgoto domiciliar instalado na Residência Universitária do Campus I da UFPB, na cidade de João Pessoa-PB. Cidade com clima tropical, que segundo o banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia/INMET as médias para temperatura e umidade relativa do ar são, respectivamente, 26.9°C e 75.4%.

Sistema de tratamento de esgoto instalado na Residência Universitária da UFPB

Os filtros de areia, objeto desta pesquisa, foram inseridos em um sistema experimental de tratamento de esgoto instalado na Residência Universitária, em que já foram desenvolvidas três dissertações de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFPB - PPGECAM (Fernandes, 2012; Souza, 2014; Oliveira, 2014). A Figura 1 apresenta uma vista geral do sistema, ainda sem os filtros de areia, com detalhe aos tubos de queda dos dois apartamentos.



Figura 1. Esgoto afluente ao sistema de tratamento - tubos de queda. (SOUZA, 2014).

O sistema de tratamento de esgoto que já estava em operação era composto por um tanque séptico (com 1428 L de volume útil), caixa distribuidora de vazão e 3 (três) filtros anaeróbios de fluxo ascendente (com 201 L, cada reator), conforme a Figura 2. Esta pesquisa utilizou o efluente de apenas 1 (um) dos filtros anaeróbios (FAN2).

A Figura 2 mostra o esquema do sistema estudado nesta pesquisa, resultado do sistema já em operação com a inserção dos Filtros de Areia (FA1 e FA2), destacados em amarelo. Foram realizadas algumas alterações no sistema em operação: o filtro anaeróbio 3 foi desativado e utilizado como reservatório para o efluente do filtro anaeróbio 2 (FAN2), afluente ao filtro de areia 1 (FA1). A Figura 3 mostra uma visão geral do sistema.

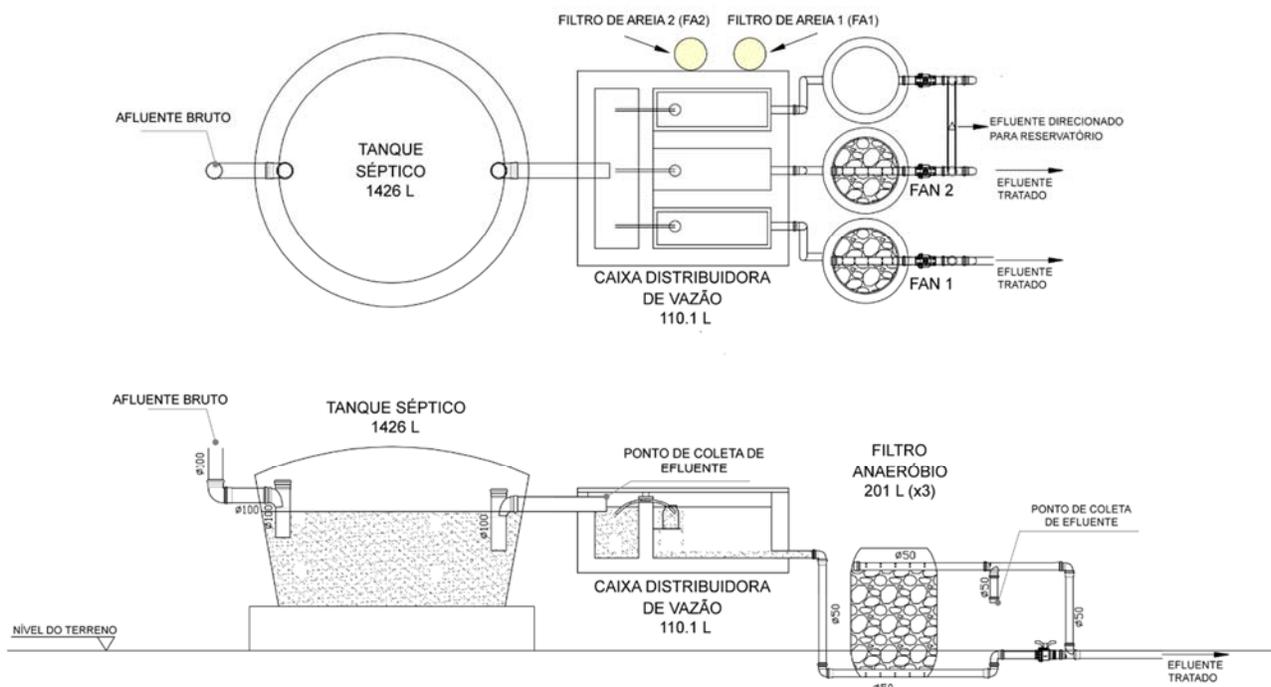


Figura 2. Esquema geral do sistema estudado.



Figura 3. Visão geral do sistema (sem os filtros de areia) (SOUZA, 2014).

O esgoto dos banheiros eram direcionados para o tanque séptico diretamente dos tubos de queda, como vê-se na Figura 3. Não houve contribuições de cozinhas ou áreas de serviço. O tanque séptico foi construído com um reservatório cilíndrico em fibra de vidro de 2000 litros. Para distribuir equitativamente o efluente do tanque séptico este passava por uma caixa de distribuição de vazão. Esta foi construída em alvenaria de tijolo cerâmico, revestida, com compartimentos no formato prismático retangular, como mostra a Figura 4.



Figura 4. Caixa de distribuição de vazão (SOUZA, 2014).

O efluente do tanque séptico era direcionado a um primeiro compartimento e deste era transferido a outros dois compartimentos em paralelo, que alimentavam os dois filtros anaeróbios, já considerando que o terceiro filtro anaeróbio foi desativado. O esgoto era transferido através de sifões (Figura 4).

Montagem dos filtros de areia

Os filtros foram construídos utilizando-se tubo de PVC da linha de infraestrutura com diâmetro interno de 22cm.

A NBR 13969 recomenda que podem ser utilizados como meio filtrante, conjuntamente ou isoladamente:

- a) areia, com diâmetro efetivo na faixa de 0.25 mm a 1.2 mm, com coeficiente de uniformidade inferior a 4;
- b) pedregulho ou pedra britada.

Para calcular o diâmetro efetivo, bem como o coeficiente de uniformidade da areia utilizada no filtro foi realizado o ensaio de granulometria no material. O diâmetro efetivo (d_{ef}) corresponde a abertura da peneira que deixa passar apenas 10% da areia, ou seja, abertura que retém 90% da areia e, que o coeficiente de uniformidade é obtido pela relação entre as aberturas da peneira que permite a passagem de 60% e a que permite a passagem de 10% da areia.

Assim, com o resultado da granulometria, pode-se chegar aos resultados de $d_{ef} = 0.6 \text{ mm}$ e $Cu = 2.9$, valores dentro do limite recomendado pela NBR 13969.

A NBR 13969 não faz recomendação para diâmetro da pedra britada, assim foi utilizada brita nº 2 no fundo do filtro. A Figura 5 apresenta os detalhes da construção do filtro de areia.



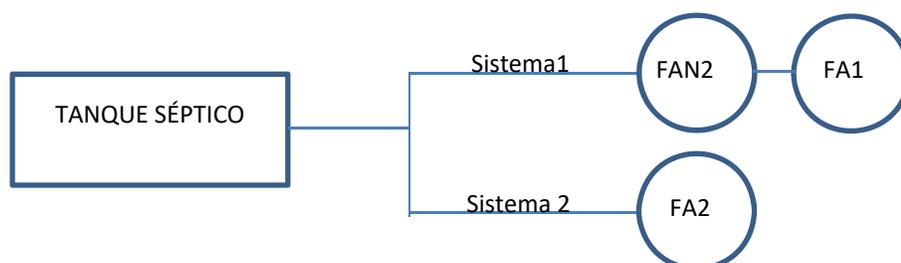
Figura 5. Corte do filtro de areia.

Divisão dos sistemas estudados

A pesquisa avaliou dois sistemas: ^[1]SEP

- Sistema 1: Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio (FAN2) + Filtro de Areia 1 (FA1);
- Sistema 2: Tanque Séptico + Filtro de Areia 2.

A Figura 6 apresenta a configuração dos sistemas.



FA1: Filtro de areia 1; FA2: Filtro de areia 2; FAN2: Filtro anaeróbio.

Figura 6. Representação dos sistemas.

Determinação das taxas de aplicação superficial

Foram escolhidas 4 (quatro) taxas distintas para operação e monitoramento dos filtros: 200 L/m².dia, 300 L/m².dia, 500 L/m².dia e 600 L/m².dia. Partiu-se da taxa inicial de 200 L/m².dia devido a norma ser bem conservadora (como enfatiza Tonetti (2012)) ao propor a taxa de 100 L/m².dia para efluentes de tanque séptico.

Aplicação do esgoto nos filtros

Os efluentes (sistema 1: do filtro anaeróbio; sistema 2: do tanque séptico) eram aplicados três vezes ao dia: às 7:00, 13:00 e 18:00 horas. Os volumes eram aplicados a partir de um dispositivo confeccionado com garrafa plástica e mangueira dosadora. Os sistemas foram operados de 6 de junho a 29 de agosto de 2014.

O volume aplicado diariamente nos dois filtros foi determinado através da área superficial do filtro (0.038 m²) e de cada uma das taxas de aplicação. Com os volumes definidos, calibrou-se um recipiente para as medições e aplicações do volume de esgoto. Para evitar erros nas aplicações dos efluentes foram definidos os volumes de cada horário, para cada taxa de aplicação (Tabela 1).

Tabela 1. Volumes das aplicações no filtros de areia

Taxa de aplicação (L/m ² .dia)	Volume diário (L)	Volume de cada aplicação (L)
200	7.6	2.53
300	11.4	3.8
500	19	6.33
600	22.8	7.6

Análises em campo

Os parâmetros estudados foram obtidos pelo Pastel UV (Secoman). Este equipamento consiste em um dispositivo de análise in loco, com base em um ponto de amostragem, que fornece medições da demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), carbono orgânico total (COT), sólidos suspensos totais (SST), nitrato (NO₃), e surfactantes.

Segundo Gonzalez (2007) o equipamento foi validado em condições de laboratório e campo para a medição das concentrações de nitratos em águas superficiais. O equipamento é de fácil operação, requerendo apenas atenção com relação às diluições quando as amostras apresentam grandes concentrações de nitrato, caso dos efluentes dos filtros de areia.

Resultados e discussão

A metodologia empregada nesta pesquisa através do Pastel UV mostrou-se eficiente, visto os resultados das amostras. O equipamento foi calibrado para as condições de cada efluente

amostrado. Todos os valores apresentados nas Tabelas 2,3,4 e 5 foram obtidos pelo referido equipamento, escolhido devido a sua praticidade e rapidez nas análises.

As Tabelas 2,3,4 e 5 apresentam os resultados da DBO₅, DQO, nitrato, bem como as remoções para as taxas de aplicação superficial de 200, 300, 500 e 600 L/m².dia, nos filtros 1 e 2. Não foram expressas as remoções de nitrato porque não foram constatados valores deste no tanque séptico nem no filtro anaeróbico. Os resultados representam as médias de todas as coletas realizadas para a taxa de aplicação correspondente.

Os resultados das tabelas supracitadas mostram o melhor desempenho na remoção de matéria orgânica no FA1 em relação ao FA2. O FA1 recebe o efluente do filtro anaeróbico, isento de sólidos grosseiros, já retidos e/ou digeridos no tanque séptico. Verifica-se esse resultado até a taxa de aplicação de 300 L/m².dia, para taxas maiores o FA2 apresenta melhores remoções. Assim, pelos resultados, o inserção do filtro anaeróbico confere melhor desempenho para uma taxa limite de 300 L/m².dia.

Nos valores de mínimo e máximo dos parâmetros (DBO₅, DQO e NO₃⁻) das taxas de 200 e 300 L/m².dia verifica-se um diferença expressivas nos valores do FA1, que pode ter relação com a maturação do filtros nas primeiras coletas, mesmo estes tendo passado por alguns dias de aclimação, em que era disposto os efluentes antes da primeira semana contabilizada nas coletas.

Tabela 2. Resultados de DBO₅, DQO, NO₃⁻ e remoções para a taxa de 200 L/m².dia

	Efluente do Tanque Séptico			Efluente do Filtro Anaeróbico				Efluente do Filtro de Areia								
	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	%R	Filtro 1				Filtro 2				
								Méd.	Máx.	Mín.	%R	%R Global	Méd.	Máx.	Mín.	%R
DBO	56.2	57.2	53.5	40.4	49.7	21.2	28.1	27.8	34	5	31.1	50.5	46.2	58	35	17.7
DQO	93.9	99.2	88	82.6	92.5	59.5	12.1	31.5	37.5	5	61.9	66.5	77.1	98	63	17.9
NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	48.1	86.6	39.6	0		43.7	54.5	26.8	

Tabela 3. Resultados de DBO₅, DQO, NO₃⁻ e remoções para a taxa de 300 L/m².dia

	Efluente do Tanque Séptico			Efluente do Filtro Anaeróbico				Efluente do Filtro de Areia								
	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	%R	Filtro 1				Filtro 2				
								Méd.	Máx.	Mín.	%R	%R Global	Méd.	Máx.	Mín.	%R
DBO	50.14	60	32.5	26.25	37.5	21.33	47.6	16.21	29.25	5	38.2	67.7	40.56	54.5	32	19.1
DQO	107.94	140.33	87	53.21	59	44.25	50.7	25.17	44.25	5	52.7	76.7	53.77	88	36.25	50.2
NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	55.51	77.5	35.58	0		61.06	69.75	46.4	

Tabela 4. Resultados de DBO₅, DQO, NO₃⁻ e remoções para a taxa de 500 L/m².dia

	Efluente do Tanque Séptico			Efluente do Filtro Anaeróbio				Efluente do Filtro de Areia								
	Méd.	Máx. mg/L	Mín	Méd.	Máx. mg/L	Mín	%R	Filtro 1				Filtro 2				
								Méd.	Máx. mg/L	Mín	%R	%R Global	Méd.	Máx. mg/L	Mín	%R
DBO	56.13	58	55	43	49.75	19.75	23.4	38.46	43.75	30.5	10.6	31.5	47.13	57.5	36.75	16.0
DQO	94.21	99	92.5	79.42	89.5	47.25	15.7	48.92	57	25.25	38.4	48.1	65.33	81.25	48	30.7
NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	70.38	83.35	32.85	0		70.85	88.25	0.65	

Tabela 5. Resultados de DBO₅, DQO, NO₃⁻ e remoções para a taxa de 600 L/m².dia

	Efluente do Tanque Séptico			Efluente do Filtro Anaeróbio				Efluente do Filtro de Areia								
	Méd.	Máx. mg/L	Mín	Méd.	Máx. mg/L	Mín	%R	Filtro 1				Filtro 2				
								Méd.	Máx. mg/L	Mín	%R	%R Global	Méd.	Máx. mg/L	Mín	%R
DBO	58.63	70.25	52.25	43.79	48	35.75	25.3	42.13	49	36	3.8	28.1	47	51.25	40	19.8
DQO	101	127	87.75	81.42	88.5	58.5	19.4	46.04	51.75	36.75	43.5	54.4	83.25	88	72	17.6
NO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0		50.82	81.6	27.8	0		45.14	68.4	29	

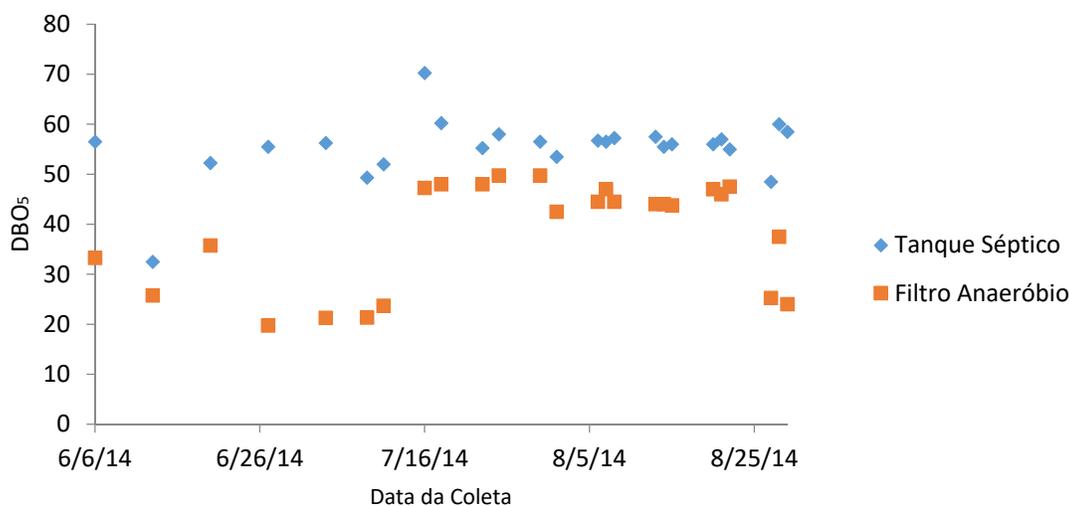
A pertinência da inserção do filtro anaeróbio entre o tanque séptico o filtro de areia expressa-se nos resultados da DBO₅ e DQO afluente aos filtros de areia. Os valores da DBO₅ e DQO afluentes ao FA1 são de 23 a 48% e de 12 a 51%, respectivamente, menores que as afluente ao FA2 (recebe diretamente do tanque séptico). Outro fator que confirma a inserção do filtro anaeróbio são os valores das tabelas 2, 3, 4 e 5, contudo, apenas para as taxas de aplicação até 300 L/m².dia.

As Figuras 7 e 8 apresentam as variações dos valores de DBO₅ e DQO durante toda a pesquisa para tanque séptico e filtro anaeróbio; alguns dias mostram expressiva diferença na remoção da matéria orgânica no reator em questão. As Figuras 9 e 10 mostram as remoções de matéria orgânica (DBO₅ e DQO) para o FA1 e FA2, respectivamente. As faixas de cores identificam as taxas de aplicação correspondentes àqueles períodos de coleta.

Nas primeiras coletas (Figuras 9 e 10), o FA1 e FA2, as remoções de DBO₅ e DQO foram baixas, visto que o filtro estava no início da sua operação, então a eficiência deu-se predominantemente pela remoção física; a fração de remoção por meio biológico ainda era pequena, sendo necessário alguns dias para maturação, crescimento do biofilme. Ressalta-se que os microrganismos do biofilme desenvolveram-se a partir da aplicação do efluente, não utilizou-se inóculo.

Verifica-se os picos de remoção de 91% no FA1 e 70% no FA2, ambos para DQO, nas taxas de aplicação de 200 – 300 L/m².dia. O FA1 mostrou-se mais eficiente, mesmo com menor quantidade

de matéria orgânica de fácil degradação. Nas figuras vê-se o comportamento das eficiências durante a pesquisa, enquanto que as Tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam os resultados da médias de cada taxa de aplicação.



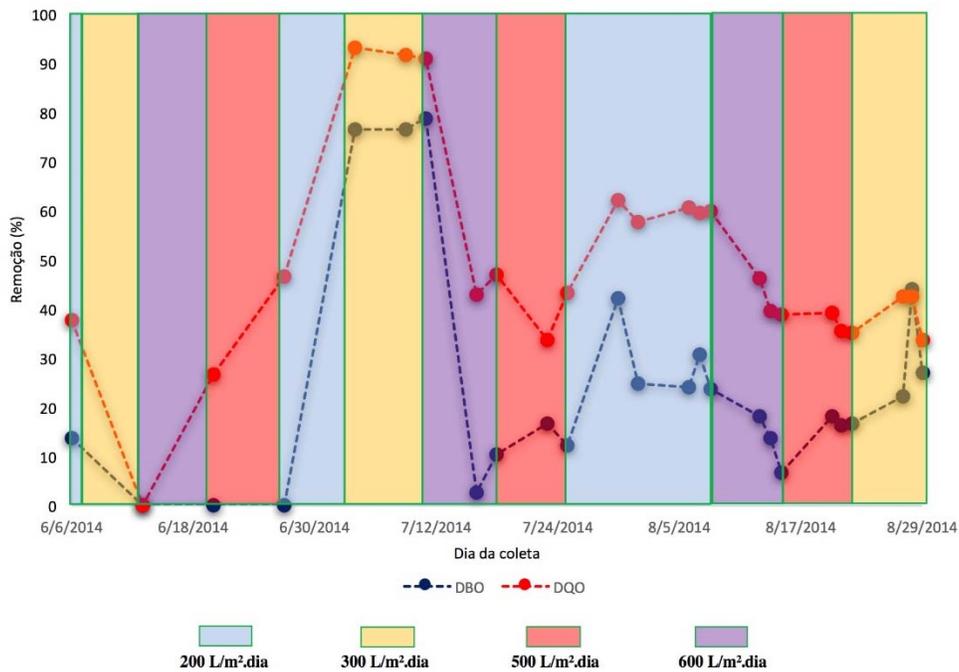


Figura 9. Resultados de remoção de DBO₅ e DQO para todas as taxas de aplicação estudadas (filtro de areia 1)

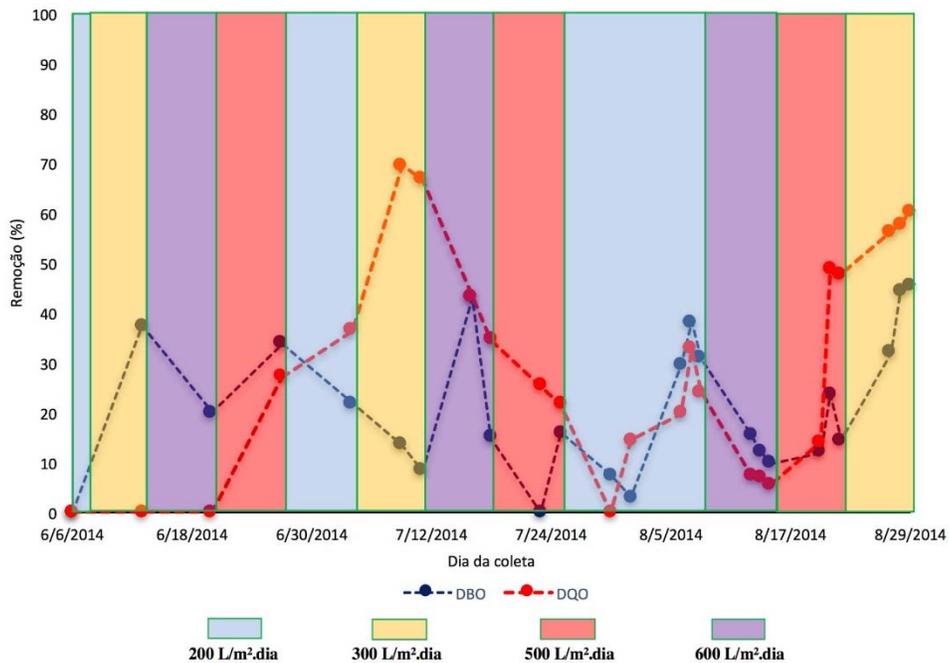


Figura 10. Resultados de remoção de DBO₅ e DQO para todas as taxas de aplicação estudadas (filtro de areia 2)

Nenhuma das referências pesquisadas avaliaram as mudanças de taxas de aplicação de forma a alternar entre taxas maiores e menores, aumentaram gradativamente. Outro ponto comum nas referências consultadas (exceto Tonetti et al., 2005 e 2010), e diferente nesta pesquisa, consiste na avaliação das taxas em filtros distintos, ou seja, para cada taxa de aplicação existia um filtro, monitorado do início a fim dos estudos sem alterar o volume aplicado.

A alternância de taxas adotadas resultou numa curva na qual identifica-se um ponto que se pode ter como referência para dimensionamento de filtros de areia com as mesmas condições ambientais da área estudada, na taxa de 300 L/m².dia.

Ressalta-se que nesta pesquisa o esgoto afluyente ao filtro anaeróbio (sistema 1) e ao filtro de areia 2 (sistema 2) teve parte da matéria orgânica removida no tanque séptico. Esta remoção não está incluída nos valores previamente discutidos neste trabalho.

Como visto na Figura 10, as curvas do FA1, para DBO₅ e DQO, apresentam os picos de eficiência na taxa de 300 L/m².dia, quando variadas as taxas de 200, 300, 500 e 600 L/m².dia. No FA2, o pico de eficiência para remoção de DQO deu-se também na taxa de aplicação de 300 L/m².dia.

Para confirmar se a referida taxa de aplicação que apresentou picos de eficiência (Figuras 9 e 10) seria a maior taxa a ser aplicada, visando a eficiência de remoção de matéria orgânica e a diminuição da área dos filtros, avaliou-se as curvas das eficiências médias de DBO₅ e DQO dos dois filtros de areia e a curvas das eficiências médias globais do sistema 1 (tanque séptico - filtro anaeróbio – filtro de areia 1), dispostas nos gráficos das Figuras 11 e 12.

Os resultados (Figuras 11 e 12) confirmam a análise dos resultados ao longo do tempo das coletas, com pico de eficiência média na taxa de aplicação de 300 L/m².dia.

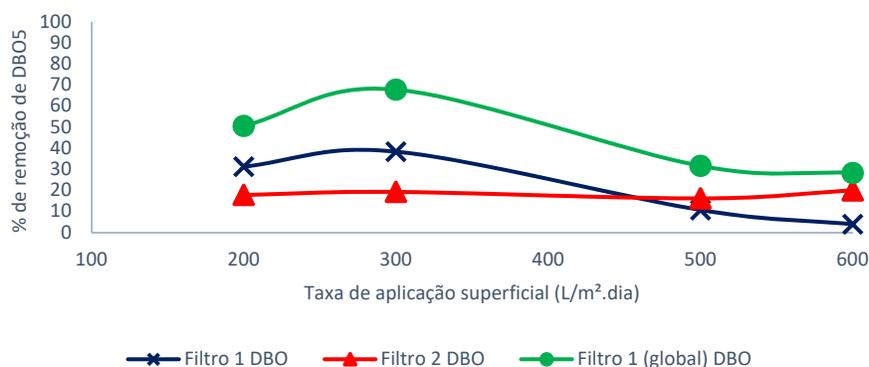


Figura 11. Eficiências de remoção de DBO₅ (Filtros 1, 2 e Sistema 1)

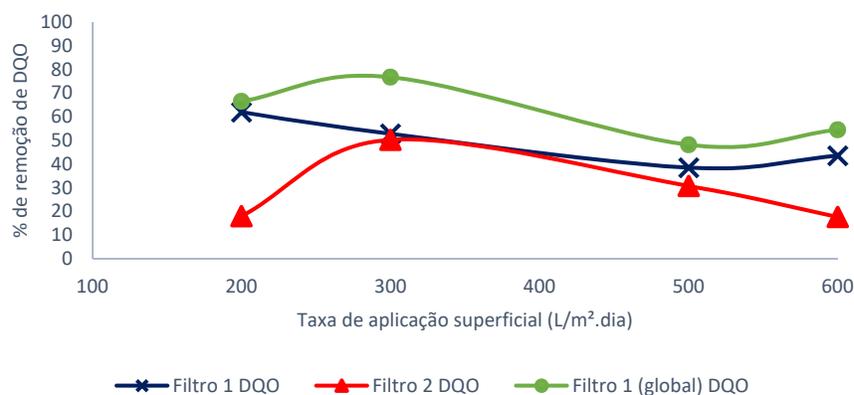


Figura 12. Eficiências de remoção de DQO (Filtros 1, 2 e Sistema 1)

As eficiências de remoção de matéria orgânica mais baixas em relação a literatura podem estar relacionadas ao tipo de efluente tratado nos sistemas estudados, visto que não havia contribuição de esgoto de cozinha, apenas de banheiro. Destaca-se também que os efluentes, tanto do tanque séptico, como do filtro anaeróbio apresentavam valores baixos de DBO₅ e DQO.

Atendendo ao objetivo geral da pesquisa, verifica-se que a maior taxa de aplicação a ser adotada, sem que haja prejuízos de eficiência de remoção de matéria orgânica, consiste em 300 L/m².dia, visto que a partir desta a eficiência reduz significativamente, nos filtros 1 e 2. Logo, o resultado desta pesquisa mostra que a norma brasileira para dimensionamento de filtros de areia é muito conservadora para as taxas de aplicação superficial, recomendando uma taxa três vezes menor que a obtida nesta pesquisa. Ressalta-se que os filtros foram concebidos seguindo as recomendações para a areia do leito filtrante e para sua profundidade.

Atendendo ao objetivo geral da pesquisa, verifica-se que a maior taxa de aplicação a ser adotada, sem que haja prejuízos de eficiência de remoção de matéria orgânica, consiste em 300 L/m².dia, visto que a partir desta a eficiência reduz significativamente, nos filtros 1 e 2. Logo, o resultado desta pesquisa mostra que a norma brasileira para dimensionamento de filtros de areia é muito conservadora para as taxas de aplicação superficial, recomendando uma taxa três vezes menor que a obtida nesta pesquisa. Ressalta-se que os filtros foram concebidos seguindo as recomendações para a areia do leito filtrante e para sua profundidade.

Das formas de nitrogênio, o Pastel UV, equipamento utilizado nas análises, faz as leituras apenas do nitrato contido nas amostras. Não foram detectadas concentrações de nitrato nos efluentes do tanque séptico nem do filtro anaeróbio, sendo estes resultados explicados pelo fato de que se tratam de reatores anaeróbios, nos quais não ocorre nitrificação.

As elevadas concentrações de nitrato nos efluentes dos filtros de areia expressam a eficiência destes com relação a nitrificação. De acordo com Silva (2006) o expressivo grau de nitrificação do efluente indica a natureza aeróbia do processo de digestão.

Um ponto destacado pelo autor supracitado refere-se ao fracionamento da carga hidráulica diária em um número maior de doses, que favorece os mecanismos de convecção para aporte de oxigênio ao meio filtrante. Nesta pesquisa a carga foi dividida em 3 (três) doses diárias, que aplicadas por um dispositivo dosador proporcionou ainda mais o fracionamento nas aplicações, contribuindo para uma boa nitrificação nos filtros de areia.

Outro fator determinante para uma boa nitrificação corresponde a profundidade do leito de areia, quanto mais profundo for, maior será o processo de nitrificação, segundo Tonetti (2004). A profundidade adotada, segundo a NBR 13969/1997, foi suficiente para o processo de nitrificação, sendo confirmada por pesquisas que avaliaram profundidades próximas a recomendada (70 cm).

Conclusões

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostram a viabilidade do uso de filtros de areia em um sistema de tratamento individual de esgoto, seja para unidades residenciais, condomínios ou pequenas comunidades, visto os elevados valores de eficiência de remoção de matéria orgânica alcançada.

Com resultados das análises cabe destaque, por fim:

- A avaliação do comportamento dos filtros de areia variando as taxas de aplicação, em um mesmo filtro, tornou possível obter-se o resultado de uma taxa de aplicação “ótima” para dimensionamento dos filtros, visto que a avaliação feita em filtros exclusivos para cada taxa de aplicação não simula as situações reais de operação em um sistema de tratamento, resultando em curvas de eficiência decrescente ao aumentar a taxa de aplicação, sem efeitos conclusivos com relação a recomendações de parâmetro de projeto.
- Os resultados de nitrificação dos efluentes dos Sistemas 1 e 2 foram semelhantes em valores médios, mostrando o bom desempenho dos filtros de areia para efluentes de tanque séptico e filtro anaeróbio.
- A inserção do filtro anaeróbio mostrou-se pertinente em função do bom desempenho, em relação ao sistema que possuía apenas tanque séptico, nas taxas de até de 300 L/m².dia. Visto que na avaliação das taxas de aplicação (dos dois sistemas) encontrou-se um valor “ótimo” de 300 L/m².dia, torna-se notória a viabilidade técnica do Sistema 1 (Tanque séptico + Filtro anaeróbio + Filtro de areia). Corrobora com Isoldi, et al., (2005), que discorre sobre os benefícios da combinação de reatores anaeróbios e aeróbios em um mesmo sistema.

Agradecimentos

Este artigo é parte dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental/PPGECAM da Universidade Federal da Paraíba, com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES – Ministério da Educação.

Referencias bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1997) NBR 13969 - Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT.
- Brasil, Ministério das Cidades - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. (2013) Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB. Brasília, DF.
- Fernandes, W. V. (2012) Uso da luffa cylindrica como meio suporte para crescimento bacteriano em filtro anaeróbio tratando esgotos domésticos. Dissertação. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil e Ambiental/UFPB. João Pessoa-PB.
- Isoldi, L. A., Koetz, P. R., Isoldi, L. A. (2005) Pós-tratamento de efluente nitrificado da parboilização de arroz utilizando desnitrificação em reator UASB. *Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro*, **10**(4), 271-277.
- Silva, E. H. B. C. (2006) Polimento de efluente de UASB com Filtros intermitentes de areia. Dissertação - mestrado profissional em Gerenciamento e tecnologias Ambientais no processo produtivo, Escola Politécnica – UFBA. Salvador-Bahia.
- Brasil, Ministério das Cidades. (2015) Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgoto. Brasília – DF.
- Tonetti, A. L. (2010) Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **14**(2), 227-234.
- Tonetti, A. L., Coraucci Filho, B., Stefanutti, R., Figueiredo, R. F., São Pedro, C. C. O. (2005) Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, **10** (3), 209-218.
- Tonetti, A. L.; Filho, B. C., Stefanutti, R., Figueiredo, R. F. (2004) O emprego do filtro de areia no pós-tratamento de efluente de filtro anaeróbio. *Sanare. Revista Técnica da Sanepar, Curitiba*, **21**(21), 42-52.
- Tonetti, A. L., Coraucci Filho, B., Nicolau, C. E., Barbosa, M., Tonon, D. (2012) Tratamento de esgoto e produção de água de reúso com o emprego de filtros de areia. *Eng. Sanit. Ambient.*, **17**(3), 287-294.
- Auria, R., Frere, G., Morales, M., Acuña, M.E., Revah, S. (2000) Influence of mixing and water addition on the removal rate of toluene vapors in a biofilter, *Biotechnology and Bioengineering*, **68**(4), 448-455.
- Bitton, G. (1994) Wastewater Microbiology. Wiley-Liss, New York, 478 pp.
- Cogerh, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (2015) Monitoramento Quantitativo e Qualitativo dos Recursos Hídricos, Campanha Novembro/2014. Acesso em 03 de fevereiro de 2015, disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/reservatorios/qualidade/eutrofizacao>
- García, J., Romero, H. (1997) El tratamiento de las aguas residuales de ciudades medianas: problemática y alternativas de solución, en *Memorias Técnicas XI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales*, Tomo1, FEMISCA A.C., 4 a 7 de noviembre, Zacatecas Zac. 243-250.