

II-453 - FILTRO DE AREIA E DESINFECÇÃO SOLAR COMO PÓS-TRATAMENTO DE TANQUE SÉPTICO

Juliane Gonçalves da Silva ⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Católica Dom Bosco.

Beatriz Santos Machado

Acadêmica de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Católica Dom Bosco.

Isadora Godoy Brandão

Acadêmica de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Católica Dom Bosco.

Fernando Jorge Correa Magalhães Filho

Professor pela Universidade Católica Dom Bosco. Doutorando em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Rua Ponta Porã, Nº 1116 - Santo Amaro - Campo Grande - Mato Grosso do Sul - CEP: 79112-300 - Brasil - Tel: +55 (67) 9209-0943 - e-mail: juliane.esa@gmail.com.

RESUMO

Tecnologias simples e com menores custos de operação e manutenção também permitem o aproveitamento de esgoto doméstico com possibilidade de reúso. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a desinfecção solar (*Solar Disinfection – SODIS*), como pós-tratamento de tanque séptico, além da necessidade de um filtro de areia (FA) na remoção de turbidez como pré-tratamento da *SODIS*, visando o reúso na área rural. O filtro de areia foi desenvolvido de acordo com as recomendações de CAWST (2009), além dos critérios de projeto, como taxa de aplicação hidráulica, tempo de detenção hidráulico e as dimensões, da NBR 13969 e de TONETTI *et al.*, (2005). Operando em bateladas e de fluxo descendente, o sistema possui 1 m de profundidade, contendo uma camada superficial de 0,6 m de areia, 0,1 m de pedrisco (4,8 a 9,5 mm), 0,2 m de brita 2 (32 mm a 25 mm) e uma camada livre de 0,1 m para evitar transbordamento devido a uma possível colmatação do mesmo. O estudo foi realizado em duas etapas, (i) FA + *SODIS* e (ii) *SODIS* sem FA como pré-tratamento. Para avaliar o comportamento de ambas etapas foram utilizados os seguintes parâmetros: turbidez, pH, DQO, DBO, Nitrogênio (NTK), temperatura, coliformes totais e *E.coli*, de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Foi possível observar uma satisfatória remoção de matéria orgânica carbonácea e nitrogenada, sólidos e decaimento com relação aos indicadores de patógenos, na ordem de 3 a 4 casas logarítmicas, com neutralidade do pH mantida. A *SODIS* + FA obteve o melhor desempenho com o valor de $< 1,8 \times 10^3$ NMP/100 mL, ocasionando a redução do tempo de exposição do efluente. Este sistema pode ser aplicado como tecnologia em prol da universalização do tratamento de esgoto na área rural, diminuindo aspectos de operação e manutenção, além de ser mais sustentável, visando o reúso, podendo reduzir significativamente os prejuízos sociais e econômicos que a falta de saneamento básico causa para a população.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, saneamento, desinfecção solar, esgoto tratado.

INTRODUÇÃO

Segundo estimativa feita pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em torno de 2025 a população mundial será de 8,9 bilhões e será a máxima que o suprimento de água na terra pode suportar, dessa forma algumas providências devem ser tomadas no sentido de minimizar o problema da escassez.

A preocupação com o saneamento não está em primeiro plano, como mostra LANGERGRABER & MUELLEGER (2005) e WHO/UNICEF (2012), onde constataram que mais de 2,5 bilhões de pessoas no mundo, área urbana e rural, possuem instalações sanitárias precárias e 1,1 bilhão ainda defecava em espaços abertos, enquanto que mais de 90% da população de países em desenvolvimento lançam seus esgotos sanitários em rios, lagos e áreas costeiras poluindo esses ambientes.

Segundo FIGUEIREDO *et al.*, (2012), o uso desordenado dos recursos hídricos vem sendo considerado como uma das principais preocupações da comunidade científica internacional, uma vez que, apoiada por setores sociais, cobra medidas junto a instituições governamentais para criar meios de proteger os recursos ambientais com o uso de estratégias que respeitem os limites do ecossistema terrestre. Muitos países sofrem com a problemática da escassez de água. Diante de tais problemas, o tratamento de esgotos sanitários desponta como mais uma alternativa para reuso em diversas atividades produtivas.

Sendo assim, é necessário o tratamento do efluente gerado pelos seres humanos, sendo que a alternativa mais clássica são as Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs, no entanto, apesar do sistema estar bem definido, apresenta limitações principalmente com relação ao acesso da população, principalmente nas mais afastadas dos centros urbanos, o qual torna o este tipo de projeto oneroso, tanto na implementação como na operação e manutenção.

O filtro de areia é um método de tratamento bastante antigo, inicialmente adotado na remoção de turbidez para potabilização de água. A partir do século XIX, na Europa e nos Estados Unidos, passou a ser aproveitado na depuração de efluentes domésticos (FAROOQ e AL-YOUSEF, 1993; MICHELS, 1996)

No decorrer da história, apesar do seu emprego no processamento de esgotos com variação de composição e de quantidade aplicada, a eficiência dos filtros de areia mostrou-se frequentemente alta e comparável aos sistemas mais complexos (PELL e NYBERG, 1989a).

Tendo em vista a eficiência deste tratamento, foram realizadas diversas pesquisas. Dentre elas podemos citar as que foram realizadas no âmbito PROSAB, com filtros utilizados para o pós-tratamento de efluentes de tanques sépticos e reatores UASB, em que foi possível observar em termos de concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que podem produzir efluentes que atendem aos padrões de lançamento estabelecidos pelos órgãos ambientais (GONÇALVES *et al.*, 2001).

Há também outros tipos de sistemas, que tem por objetivo a desinfecção de microorganismos enteropatogênicos (LAPOLLI *et al.*, 2005). Dentre os métodos de desinfecção temos os métodos químicos, utilizando ozônio e derivados clorados, bromo, peróxido de hidrogênio, iodo e os métodos físicos, podendo ser artificial como a radiação ultravioleta ou natural como a luz solar, denominado de desinfecção solar ou *SODIS* (do inglês *Solar Disinfection*). (AZEVEDO NETO, 1974; TOMINAGA & MIDIO, 1999; RICHTER & AZEVEDO NETTO, 2002).

Financiada por organismos internacionais da Universidade das Nações Unidas como a UNICEF e a *Integrated Rural Energy Sistem Association* (INRESA), foram realizados estudos primários, posteriormente foi sendo aperfeiçoado em um instituto suíço, o EAWAG, que preocupou-se em tornar o método universal, a partir do uso apenas de garrafas do tipo PET e usando a radiação solar.

Em 2011 contabilizou-se no mundo aproximadamente um milhão de usuários que utilizam regularmente a metodologia *SODIS* como processo único de desinfecção de água para consumo humano em 20 diferentes países. Somente em países da América Latina, computados até o final de 2004, havia mais de 200.000 usuários cotidianos do método. Há efetivamente uma grande aceitação da metodologia *SODIS* em comunidades onde já houve sua apresentação e utilização. O percentual de usuários contínuos situa-se entre 40% e 80% do total de pessoas qualificadas para a utilização do processo. Os resultados positivos efetivos da *SODIS* na saúde pública são evidentes, ocorrendo uma redução de até 75% nos casos de diarreia entre os usuários contumazes do processo *SODIS* (EAWAG/SANDEC, 2005).

Nas áreas rurais as soluções descentralizadas de saneamento são mais adequadas. O tratamento do esgoto doméstico nessas comunidades rurais pode ser realizado por sistemas de fossa séptica (tanque séptico) ou outras vertentes dessa tecnologia quando as habitações não possuem instalações hidráulicas e sanitárias, como fossas secas ou outras denominações como: privadas higiênicas, fossa negra ou poço absorvente (JORDÃO & PESSÔA, 2011).

Diante do exposto, é de fundamental importância oferecer a população condições básicas de saúde. Sendo o filtro de areia e a *SODIS*, um sistema de tratamento simplificado e de baixo custo, se apresentando como uma alternativa eficiente. Esses filtros possuem uma boa capacidade de remoção de matéria orgânica e remoção de

patógenos. Nesse sentido, a análise bacteriológica do esgoto depois de tratado, com a combinação dos dois sistemas deve ser avaliada visando o reuso. De acordo com a USEPA (1999a) o bom funcionamento de um filtro de areia depende basicamente de três fatores: condições ambientais, projeto construtivo e biodegradabilidade do afluente.

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver e avaliar o comportamento de um filtro de areia e *SODIS* como pós-tratamento de tanque séptico, sendo uma alternativa descentralizada mais econômica do ponto de vista de operação e manutenção, visando o reuso.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do presente experimento foi realizado em duas etapas. A primeira etapa (i) consiste em avaliar a eficiência do filtro de areia juntamente com a avaliação do mesmo seguido do sistema de desinfecção solar. Enquanto que a segunda etapa (ii) ocorreu a avaliação do sistema *SODIS* como pós-tratamento de tanque séptico. Na Figura 1 tem-se a ilustração esquemática do sistema referente as etapas da pesquisa.

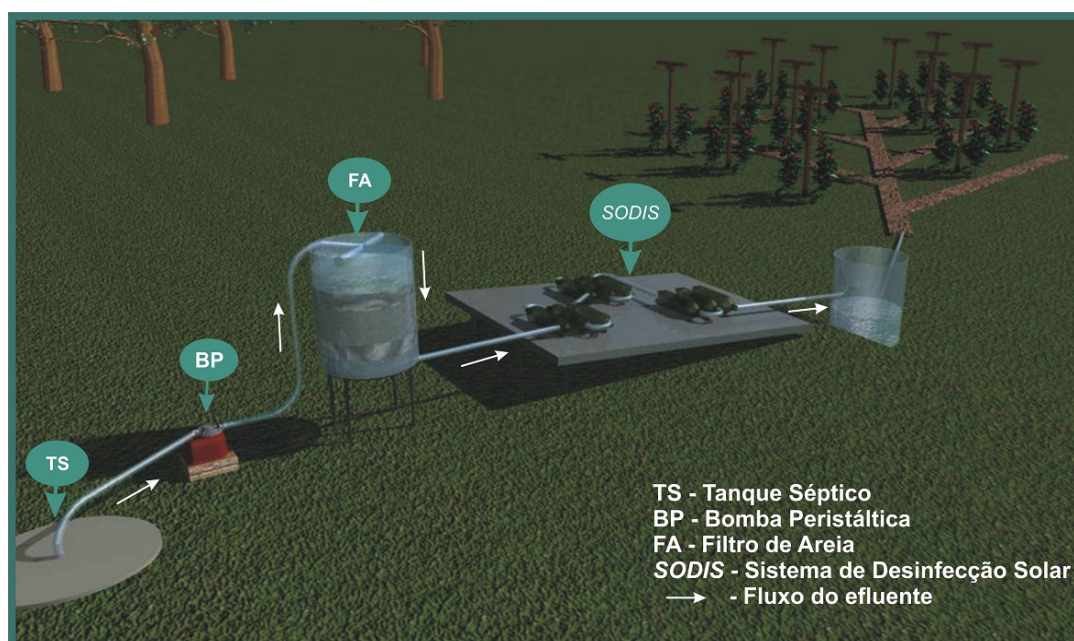


Figura 1. Representação da Etapa I para o sistema de desinfecção solar, fazendo uso do filtro de areia.

Etapa (i) o efluente coletado com auxílio da bomba peristáltica (BP) de um tanque séptico (TS) presente no local de desenvolvimento da pesquisa, foi encaminhado para o filtro de areia (FA) que opera em fluxo descendente e em seguida encaminhado através de mangueiras até o sistema de *SODIS*, permanecendo por intervalos de tempo de 2h, 4h e 6h em exposição à radiação solar.

Etapa (ii) o efluente coletado com auxílio da bomba peristáltica (BP) de um tanque séptico (TS) presente no local de desenvolvimento da pesquisa, foi encaminhado para as garrafas PETs, permanecendo estas por intervalos de tempo de 2h, 4h e 6h em exposição a radiação solar. A seguir na Figura 2, temos o detalhamento do sistema *SODIS*.

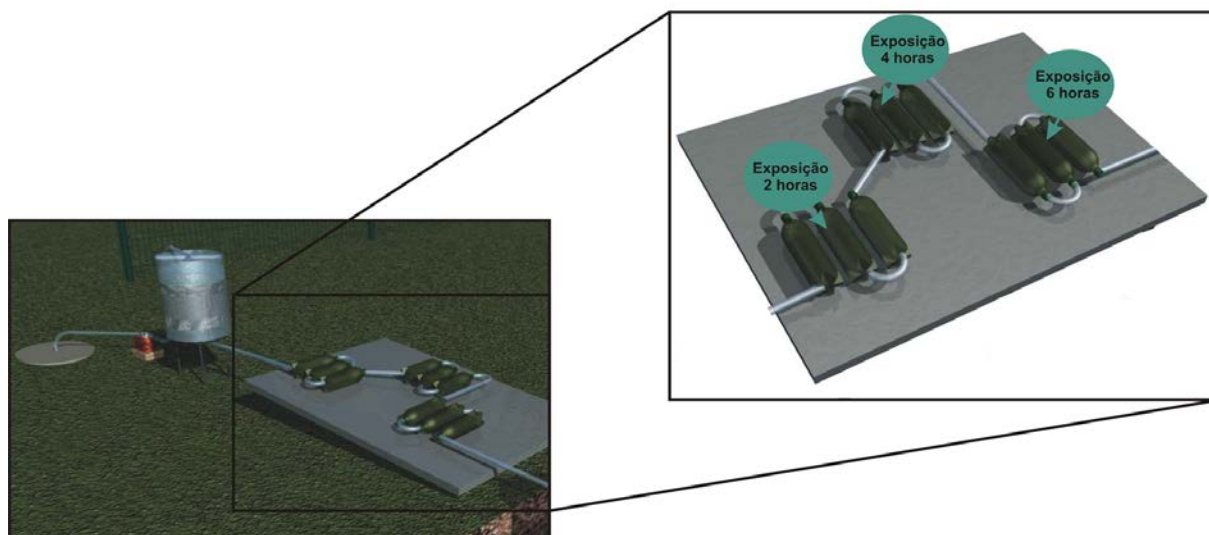


Figura 2. Detalhamento do sistema de SODIS.

DESENVOLVIMENTO DO FILTRO DE AREIA

Para a primeira etapa do experimento, teve-se necessidade de realizar a construção do filtro de areia, seu dimensionamento foi feito de acordo com as recomendações de CAWST (2009), chamados de biofiltros, uma adaptação dos filtros de areia tradicionais. Apropriados para residências, são menores e são adaptados para o uso intermitente e podem ser construídos de concreto ou algum material plástico como o PVC. Esses biofiltros são utilizados para tratamento de água visando o consumo potável.

Ainda como base para o dimensionamento do filtro de areia levou em consideração os critérios de projeto, como a taxa de aplicação hidráulica, tempo de detenção hidráulico e as dimensões, da NBR 13969 e de TONETTI *et al.*, (2005), que utilizou filtros de areia como pós-tratamento de um filtro anaeróbio com recheio de bambu, sistema esse semelhante ao que foi proposto por essa pesquisa.

O filtro de areia possui uma camada superficial de 0,1 m de pedrisco (4,8 a 9,5 mm), 0,6 m de areia e 0,2 m de brita 2 (32 mm a 25 mm), deixando livre uma borda de 0,1 m para aplicar o efluente e evitar que ocorra transbordamento em caso de alagamento, devido a uma possível colmatção do filtro, operando em fluxo descendente, entrada de cima para baixo.

A distribuição do efluente na entrada do filtro é uniforme, ocupando toda sua área, com intuito de melhorar a hidrodinâmica. As britas encontradas no meio apresentam características distintas que contribuem de forma eficiente para o funcionamento do filtro. A primeira camada constituída por pedrisco impossibilita a erosão do meio filtrante quando o efluente é lançado. A segunda camada de areia é denominada como camada filtrante. A brita 2, sendo a última camada é responsável por impedir a saída da areia, além do bidim. (Figura 3 e Figura 4)

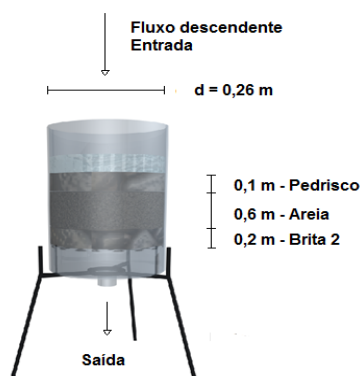


Figura 3. Dimensões do filtro de areia.



Figura 4. Montagem do filtro de areia para a realização do experimento.

Granulometria

A granulometria foi analisada de acordo com a NBR 7181:1984, pois o funcionamento de filtros baseia-se na passagem da água pela camada filtrante, que é constituída de areia. Portanto, é muito importante a determinação da granulometria correta da areia que constitui esse leito filtrante. Para DI BERNARDO e DANTAS (2005), a determinação adequada deve utilizar os parâmetros de diâmetro médio efetivo (D_{10}), coeficiente de uniformidade (CU), coeficiente de desuniformidade (D_{60}/D_{10}), que corresponde à relação entre as aberturas das peneiras pelas quais passam respectivamente 60% e 10% da amostra, além esfericidade e porosidade, que são primordiais para a condição ideal de filtração.

Coeficiente de Permeabilidade (Ks)

É a carga constante de água percolando através do solo, em regime de escoamento laminar com continuidade do escoamento, sem variação do volume do solo durante o ensaio.

$C = 125$ (adotado)

$K_s = C \times (D_{10})^2$

Os resultados desses coeficientes servem para avaliar se o meio filtrante é suscetível a colmatção/entupimento.

Alimentação do sistema

A alimentação do sistema foi realizada utilizando o efluente tratado oriundo de tanque séptico (tratamento primário). Sendo alimentado em um período de 6 meses, em três bateladas ao longo do dia, com taxa de aplicação de 15 L.m^{-2} , totalizando $45 \text{ L.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. O controle da vazão foi realizado por uma bomba peristáltica (Watson-Marlow, Brasil).

Análises e amostragem

A amostragem, preservação e análise das amostras se deram conforme estabelecido pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). Para cada bateria de ensaios foram analisados os seguintes parâmetros: turbidez (Turbidímetro AP 2000 Policontrol), pH (pHmetro de Bancada Modelo W3B), temperatura da amostra (Termômetro Espeto -50 a +300°C), demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO), nitrogênio e por fim quantificada a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) (método do Número Mais Provável – NMP).

O sistema de desinfecção solar foi feito a partir do uso de garrafas transparentes do tipo PETs com capacidade para 600 mL, totalmente transparentes. Elas foram lavadas com detergentes e água corrente e deixadas para secar naturalmente. Após o seu uso com o efluente proveniente do tanque séptico, as garrafas foram deixadas de molho em hipoclorito de sódio por um dia e em seguida lavadas com água corrente e secas naturalmente.

Em cada etapa foram utilizadas 12 unidades de PETs sendo que na primeira etapa 09 unidades continham efluente proveniente da passagem pelo filtro e eram expostas a radiação, enquanto as outras 03 unidades serviam como controle. Para a segunda etapa manteve-se o número de 12 unidades trabalhadas, sendo que 09 unidades de PET foram destinadas para estudar a remoção de patógenos, expondo-as a radiação solar e as outras 03 unidades, como controle, sem a incidência de luz solar.

O sistema de desinfecção solar foi analisado em batelada, sempre no período de 9h da manhã até às 15h da tarde, por ser o horário de maior incidência de radiação solar.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nas duas etapas em que esta pesquisa foi desenvolvida, isto é, sem e com a utilização do filtro de areia, além de avaliar a influência do tempo de exposição e temperatura na remoção de *E. coli*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Granulometria do meio filtrante

Na Figura 5 é apresentada a curva granulométrica do meio filtrante realizada de acordo com a NBR 7181, pois o funcionamento de filtros é baseado na passagem da água pela camada filtrante, sendo esta a areia.

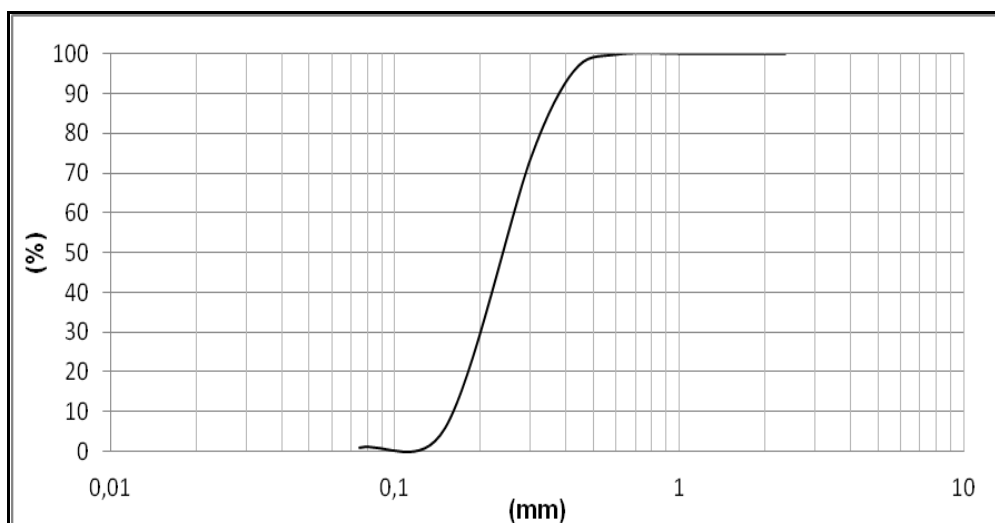


Figura 5. Curva granulométrica da areia (meio filtrante do filtro).

De acordo com SEZERINO & PHILIPPI (2004) o valor de C_u deve ser $< 5,00$ e o de $K_s < 10^{-2}$ para evitar a colmatção/entupimento do meio filtrante, para o meio filtrante empregado na pesquisa tem-se, por meio da curva granulométrica, coeficiente de uniformidade (C_u) de 2,52 e de permeabilidade (K_s) 0,0143.

Parâmetros analisados

Na Tabela 1 são apresentados os valores da qualidade do efluente para os parâmetros analisados, na entrada e saída do sistema, com o intuito de avaliar o comportamento do filtro na capacidade de remoção dos poluentes.

Tabela 1. Resultados dos parâmetros analisados para o filtro de areia.

PARÂMETRO	UNIDADE	ENTRADA	SAÍDA	REMOÇÃO (%)
DQO	mgO ₂ /L	715 (12)	67 (12)	91
DBO	mgO ₂ /L	257 (6)	14 (6)	95
pH	-	7,09 (12)	7,26 (12)	
Turbidez	NTU	148 (12)	16 (12)	89
E. coli	NMP/100 mL	1,46E+07 (8)	4,33E+04 (8)	99,70
CT	NMP/100 mL	5,38E+08 (8)	3,15E+04 (8)	99,99
NTK	mg/L	0,46 (8)	0,02 (8)	97
Temperatura	°C	26,7 (12)	26,7 (12)	

(*): número de análises; CT – coliformes totais; NTK – nitrogênio Kjeldahl.

Avaliando as informações presentes na Tabela 1 o filtro de areia apresentou boa capacidade de remoção da matéria orgânica (DQO e DBO), além da matéria orgânica nitrogenada (NTK), promovendo a nitrificação, indicando a oxigenação no sistema.

Com relação ao pH o mesmo apresentou valores análogos de entrada e saída, indicando que o filtro de areia não promove alteração significativa para este parâmetro, mantendo o efluente com seu pH neutro, com desempenho similar ao obtido por TONETTI *et al.* (2010) e explicado pela existência de compostos com características básicas na areia.

O valor de turbidez na saída com média de 16 NTU indica a possibilidade de usar esse sistema como pré-tratamento para posterior desinfecção solar, onde é essencial que a radiação penetre no efluente, pois a turbidez é um indicativo de sólidos suspensos que dificultam a passagem de luz pela massa líquida.

Com base nos resultados apresentados foi possível concluir que o filtro tem proporcionado resultados satisfatórios. Comparando com outros trabalhos é possível conferir que de fato o sistema tem sido eficiente. Na Irlanda, HEALY *et al.*, (2010) estudou sistemas similares com diferentes profundidades do meio filtrante areia. A taxa de remoção do parâmetro DQO foi de 45%, apresentando menor eficiência em relação a este de 91%. No Brasil, TONETTI *et al.*, (2012) obteve resultados semelhantes, no entanto sua taxa de aplicação é de 50 L.m⁻².dia⁻¹, apresentando remoção de 86,8% de turbidez, 85% de DBO, 98,99% de *E. coli* e coliformes totais, com eficiência semelhante ao sistema proposto no trabalho.

Comportamento da SODIS com e sem filtro de areia

Tendo como objetivo inativar *E.coli* a Figura 6 e Figura 7 apresentam o decaimento desses microrganismos para o efluente submetido ao tratamento da SODIS, assim como Filtro de Areia seguido pela SODIS.

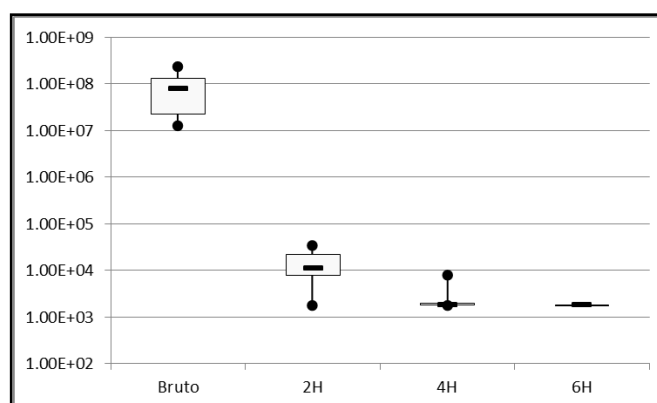


Figura 6. Decaimento *E. coli* sem a presença do filtro de areia em função do tempo de exposição.

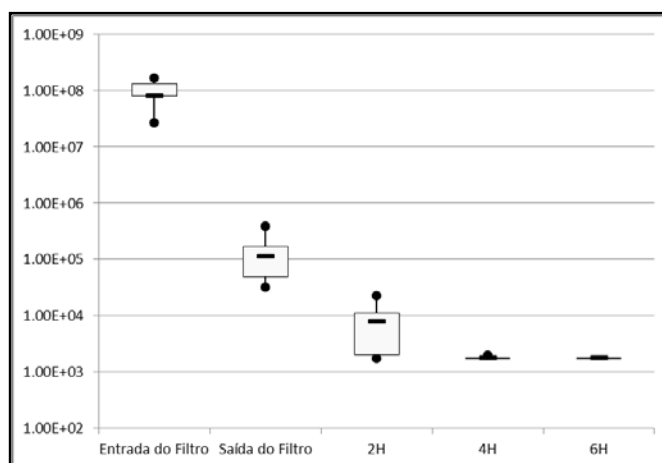


Figura 7. Decaimento *E. coli* com a presença do filtro de areia em função do tempo de exposição.

Com base Figura 6 e Figura 7 pode-se observar que a remoção acentuada de *E. coli* ocorre no período das 2h iniciais do tratamento. Enquanto que ao avaliar os períodos das 4h e 6h, tanto com a presença do filtro quanto sem, a remoção é constante, isto é, não apresenta variações de decaimento de concentração desses microrganismos.

Ainda analisando a Figura 6 e Figura 7, nota-se que a presença do filtro de areia como pré-tratamento possibilitou que o efluente ao entrar na *SODIS* já apresentasse concentrações reduzidas, demonstrando assim que o filtro de areia remove parte desses microrganismos.

A premissa mostra que a aplicação do mesmo seguido pelo sistema de desinfecção solar torna o efluente tratado apto para ser aplicado na agricultura, principalmente para culturas mais restritivas (categoria B < 1,0 x 10³ NMP/100 mL) chegando a um efluente com concentração de < 1,8 x 10² NMP/100 mL.

Turbidez e Decaimento Bacteriano

A turbidez consiste na presença de sólidos em suspensão em um meio líquido, diante disto, por ter como objeto de análise o efluente bruto que apresenta considerável presença de sólidos, notou-se a necessidade de implantar antes da *SODIS* um filtro de areia que tem por função primária realizar a remoção desses sólidos, facilitando a penetração dos raios solares, tornando seu poder de ação mais eficiente. A seguir, na Figura 8, têm-se os valores de turbidez sem e com filtro, enquanto que a Figura 9 apresenta a relação entre os coeficientes de decaimento bacteriano com a temperatura nos diferentes períodos em que o experimento foi realizado.

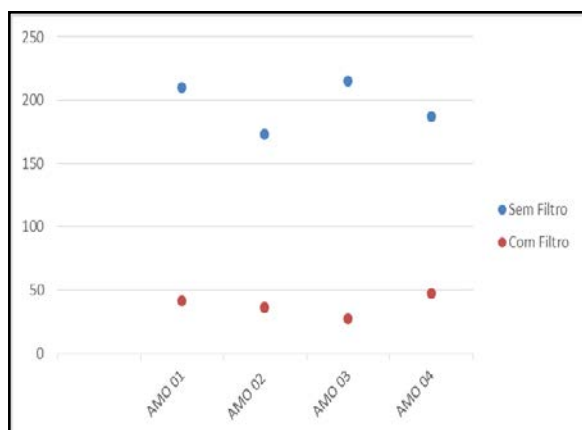


Figura 8. Valores de turbidez obtidos para o efluente sem e com o filtro de areia.

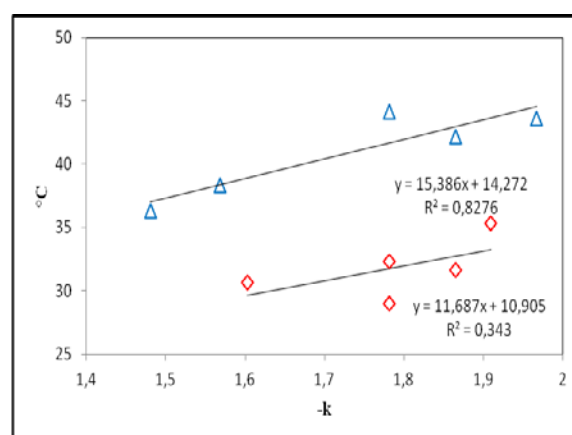


Figura 9. Relação entre o coeficiente de decaimento bacteriano e temperatura.

- ◇ Decaimento bacteriano na primeira etapa do experimento (com o filtro de areia)
- △ Decaimento bacteriano na segunda etapa do experimento (sem o filtro de areia)

Desta forma, analisando a Figura 8, nota-se que as amostras submetidas ao pré-tratamento (FA) apresentaram redução considerável em sua turbidez, isto é, parte dos sólidos em suspensão presente no esgoto doméstico coletado ficou retida no filtro. A diminuição da turbidez do efluente influencia diretamente na eficiência do sistema da *SODIS*, visto que, permite que a radiação solar passe com maior intensidade.

Em estudo realizado por PARTENIANI & SILVA (2005) os valores de turbidez trabalhados estiveram entorno de 5,52 NTU para obter remoção de *E. coli* na ordem de 104 NMP/100 mL utilizando efluente doméstico proveniente de tratamento terciário e submetendo ao sistema de *SODIS*. Para este estudo a turbidez do efluente girou entorno de 30 a 40 NTU após passagem pelo filtro de areia.

Com relação a Figura 9 nota-se que a temperatura máxima na primeira etapa foi de aproximadamente 30°C (com filtro) enquanto que na segunda etapa chegou-se a 45°C (sem filtro). Na etapa sem o filtro, percebeu-se uma maior relação entre o coeficiente de decaimento bacteriano com a temperatura, isso revela que a presença de turbidez, e menor incidência de UV, afeta a relação de quanto maior a temperatura, maior será o decaimento bacteriano. Isso se deve pelo fato de que com menor turbidez e consequentemente maior incidência de raios UV, sendo diferente ao longo do dia e época do ano, pode possibilitar uma maior ou menor remoção de patógenos, independente da temperatura.

Conforme WEGELIN *et al.*, (1994) e TANAKA *et al.*, (2003) a eficiência da solarização na inativação de microrganismos patogênicos em água para consumo humano é com temperatura mínima de 50°C com tempo de exposição de 6 horas. Para os resultados obtidos, pode-se notar que temperatura menor com tempo de exposição igual foi capaz de remover os organismos patogênicos.

Esses resultados estão relacionados a microrganismos fecais da espécie *E. coli*. Em trabalho utilizando solarização na inativação de fito patogênicos, constatou-se que para *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum lindemuthianum* e *Phythium* sp são inibidos a temperatura de 45°C, enquanto que os *Fusarium solani*, *Fusarium subglutinans* e *Fusarium* spp sobrevivem a temperaturas acima de 55°C (TANAKA *et al.*, 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O filtro de areia desenvolvido foi eficiente na remoção de matéria orgânica com remoção de DBO e DQO de 95% e 91% respectivamente, além de apresentar boa capacidade de nitrificação, com remoção de 97% do NTK, cumprindo os valores da legislação pertinente;
- Em relação ao filtro de areia estudado por TONETTI *et al.*, (2005), o filtro aplicado na pesquisa se mostrou eficiente na remoção de matéria orgânica e nitrogenada, embora sua construção,

operação e manutenção seja mais simples, podendo ser aplicado em áreas rurais visando o reuso e em escala domiciliar;

- Conforme os resultados apresentados, este efluente, após passar pelo tratamento, pode ser aplicado nas culturas classificadas em B e C (árvores, pastagens, cereais, industriais, sem exposição de pessoas). No entanto vale ressaltar que o objetivo da presente pesquisa foi avaliar o sistema de *SODIS* na remoção de *E.coli*, todavia, para que o efluente possa ser reutilizado na agricultura é necessário que o mesmo apresente concentração < 1,0 nematodas intestinais (ovos/L) tanto paras as categorias A e B. Sendo assim, recomenda-se avaliar o sistema para a remoção deste microrganismos, para que então se enquadre na legislação e seja efetivamente aplicado.
- Com a presença do filtro de areia, e consequentemente a redução da turbidez, permite que o tempo de exposição seja reduzido;
- O aumento da turbidez dificulta a incidência dos raios UV, entretanto a baixa turbidez, com maior índice de UV afeta a correlação entre decaimento bacteriano e temperatura;
- Um pré-tratamento simplificado (filtro de areia) seguido pelo sistema de *SODIS* é tão eficiente quanto sistemas mais robustos, possibilitando aplicar essa tecnologia em áreas rurais visando o reuso na agricultura, com intuito de conservação de águas e nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica, ABNT, 1984.
2. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação. São Paulo. 1997.
3. APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 edition. Washington DC: American Public Health Association, 2012.
4. AZEVEDO NETO, J. M. A desinfecção: princípios, agentes físicos e químicos, a ação de desinfetantes, fatores envolvidos, equações. In: São Paulo. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. Desinfecção de águas. São Paulo, 1974.
5. BOTTO, M. P.; MOTA, F. S. B.; CEBALLOS, B. S. O. Efeito da oxigenação por agitação manual da água na eficiência de inativação de coliformes termotolerantes utilizando luz solar para desinfecção em batelada. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2009.
6. CAWST. Biosand Filter Manual, Design, Construction, Installation, Operation and Maintenance. Alberta: Center for Affordable Water and Sanitation Technology 2009.
7. Di BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. Métodos e técnicas de tratamento de água. 2.ed. Ed. Rima, v.1, 2005.
8. EAWAG/SANDEC. Desinfección Solar del Agua - Guia de Aplicación, Cochabamba, Bolívia. P.80. 2005.
9. FAROOQ, S. e AL-YOUSEF, A. K. Slow sand filtration of secondary effluent. Journal of Environmental Engineering - ASCE, n. 199, p. 615–630, 1993.
10. FIGUEIREDO, A. M. F.; MELO, A. A.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A.; NETO, J. D.; PINHEIRO, I. F. S. Crescimento e produção de algodão colorido com água residuária doméstica tratada e composto orgânico. Revista Educação Agrícola Superior – ABEAS – v.27, n.1, p. 19- 24, 2012.
11. GONÇALVES, R. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; ANDRADE NETO, C. O.; 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. p.171- 278. In: CHERNICHARO, C. A. L. (coord.) Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: Projeto PROSAB, 2001. 544p.
12. JORDÃO, E.P; PESSÔA, C.A. Tratamento de esgotos. 6.ed. - Rio de Janeiro: ABES. 2011.
13. LANGERGRABER, G.; MÜLLEGER, E. Ecological sanitation - A way to solve global sanitation problems. Environment International. Austria. 2005.
14. LAPOLLI, F. et al. Desinfecção de efluentes sanitários através de dióxido de cloro. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, V. 10, n. 3, p. 200-208, jul./set. 2005.
15. M. G. HEALY, M. RODGERS, P. BURKER. Quantification of biofilm build-up in filters when intermittently loaded with low-strength synthetic wastewater. Desalination, 271 (1-3):105-110. 2011
16. PATERNIANI, J. E. S., SILVA, M. J. M. Desinfecção de Efluentes com Tratamento Terciário Energia Solar (SODIS): Avaliação do Uso do Dispositivo para Concentração dos Raios Solares. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 10 – Nº 1. Jan/mar 2005.
17. PELL, M. e NYBERG, F. Infiltration of wastewater in a newly started pilot sand-filter system: I Reduction of organic matter and phosphorus. Journal of Environmental Quality, n. 18, p. 451–457, 1989a.

18. PHILIPPI, S.L.; SEZERINO, P.H. Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Ed. do Autor, 2004.
19. RICHTER, C. A., AZEVEDO NETO, J. M. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo. Edgard Blucher, 2002. 332p.
20. SOMMER, B., MARÍÑO. A., SOLARTE, Y., SALAS, M.L., DIEROLF, C., VALIENTE, C., MORA, D., RECHSTEINER, R., SETTERS, P.; WIROJANAGUD, W., AJARMEH, H., AL-HASSAN, A., e WEGELIN, M. SODIS - an emerging water treatment process. Journal WSRT-Aqua, 46, p. 127-137, 1997.
21. TANAKA, M. A. S. et al. Tratamento térmico solar da água para controle de fitopatógenos. Fitopatologia Brasileira. V. 28, n. 4. Jul/Ago. 2003.
22. TOMINAGA, M. Y., MIDIO, A. F. Exposição humana a trihalometanos presentes em água tratada. Revista de Saúde Pública, V. 33, n. 4, p. 413-421, ago. 1999.
23. TONETTI, A. L.; FILHO, B. C.; STEFANUTTI, R.; FIGUEIREDO, R. F.; PEDRO, C. C. O. S. Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia. Engenharia Sanitária Ambiental. vol.10, n.3, pp. 209-218. 2005.
24. 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. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, p. 287-294.
25. UNICEF et al. World Health Organization, Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Progress on drinking water and sanitation, 2012.
26. USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Wastewater technology fact sheet – Intermittent sand filter. Washington, 1999^a
27. VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.
28. WEGELIN, M., et al. Solar Water Disinfection: Scope on Process and Analysis of Radiation Experiments, Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua, v. 43, n3, p. 154 – 169, 1994
29. WHO/UNICEF. Joint Monitoring Programme (JMP) on water supply and sanitation. World Health Organization/United Nations Children's Fund. 2012.