

# Pós-tratamento de esgoto doméstico em filtro lento com diferentes meios filtrantes

## Post-treatment of domestic sewage in slow filter, with different filter media

• **Data de entrada:**  
04/02/2019


• **Data de aprovação:**  
23/12/2019


Marília Patricio Alves<sup>1\*</sup> | Matheus Rodrigues Lima Aguiar<sup>2</sup> | José Tavares de Sousa<sup>1</sup> | Valderi Duarte Leite<sup>1</sup> | Wilton Silva Lopes<sup>1</sup> | Juane Nogueira Nascimento<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2021.052>


### ORCID ID


Alves MP  <https://orcid.org/0000-0001-8730-1145>

Aguiar MRL  <https://orcid.org/0000-0003-2101-4703>

Sousa JT  <https://orcid.org/0000-0002-1056-1771>

Leite VD  <https://orcid.org/0000-0001-5861-7407>

Lopes WS  <https://orcid.org/0000-0002-0151-7664>

Nascimento JN  <https://orcid.org/0000-0003-3036-2320>

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade da filtração lenta, em diferentes meios filtrantes, no tratamento de água residuária doméstica, pré-tratada em sistema de lodo ativado, para produção de água de reúso urbano de classe II. Foram construídos três filtros lentos com três diferentes meios filtrantes, sendo um de areia (FLA), um de material não tecido agulhado de 20 cm (FNT 2) e de material não tecido agulhado de 30 cm (FNT3). Para avaliar a eficiência dos filtros, foram monitorados os parâmetros físico-químicos do efluente obtidos no sistema de lodo ativado (utilizado como afluente nos filtros) e efluentes produzidos nos filtros lentos. Como resultados foram obtidas eficiências médias de remoção de turbidez 78% para FLA e 74% para FNT 2 e 3. Para remoção de DQO 47% para FLA e FNT 2 e 43% para FNT 3. Para remoção de SST 40%, 35% e 41% para FLA, FNT 2 e FNT 3, respectivamente. Para remoção de SSV 38%, 46% e 43% para FLA, FNT 2 e FNT 3, respectivamente. Conclui-se que o filtro lento com meio filtrante de material não tecido agulhado apresenta eficiência equivalente à do filtro lento de areia, que é um sistema já difundido, porém os FNTs possuem maior facilidade de operação e de limpeza, além de curto tempo de amadurecimento quando comparados com o FLA.

**Palavras-chave:** Filtração lenta. Não tecido. Água residuária.

### Abstract

The objective of this work was to use different kinds of filtration media on slow filtration, and evaluate the system's capacity to treat domestic wastewater, pretreated with an activated sludge system, aiming the production of urban reuse water of class II. In this regard, three slow filters were built, with three different filtration media. The materials used were sand (FLA), needled nonwoven material of 20 cm (FNT 2) and needled nonwoven material of 30 cm (FNT 3). To evaluate filters efficiency, it was observed the physical, chemical parameters of the activated sludge system (used as affluent of the filters) and effluents produced by slow filters. As a result, we obtained average efficiencies of turbidity removal of 78% for FLA and 74% for FNT 2 and 3. For DQO removal, average efficiencies were 47% for FLA and FNT 2, and 43% for FNT 3. For SST removal, rates were 40%, 35% and 41% for FLA, FNT 2 and FNT 3, respectively. For SSV removal, rates were 38%, 46% and 43% for FLA, FNT 2 and FNT 3, respectively. Concluding that slow filter with needled nonwoven material as a filter media presents equivalency with sand slow filter that is a known system. However, FNT has operation and cleaning facilitations, besides a shorter maturing time comparing to FLA.

**Keywords:** Slow filtration. Nonwoven. Wastewater.

<sup>1</sup> UEPB (Universidade Estadual da Paraíba) - Campina Grande - Paraíba - Brasil.

<sup>2</sup> UFCG (Universidade Federal de Campina Grande) - Campina Grande - Paraíba - Brasil.

\* **Autora correspondente:** mariliapatrici@gmail.com.

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos é um grande desafio no desenvolvimento econômico e na saúde pública. E, devido à crescente preocupação com a pressão sofrida sobre esses recursos, promove-se o desenvolvimento de tecnologias capazes de ajudar a alcançar o equilíbrio entre a demanda e oferta da água. Diante disso, a água residuária torna-se um produto, sendo possível, por meio de seu tratamento, gerar água de qualidade para satisfazer às atividades que necessitam em maior parcela em termos quantitativos.

Dentre os processos de tratamento de águas, uma tecnologia bastante difundida que permite o melhoramento da qualidade dos efluentes é a filtração lenta. Tem sido considerada uma tecnologia convencional eficaz no tratamento de água para o tratamento de uma ampla gama de poluição física, química e biológica (LI et al., 2018). Além disso, os processos de filtração lenta em areia são de simples operação e manutenção, apresentam baixo custo operacional e podem ser usados como tratamento terciário em estações de tratamento de águas residuárias.

Filtros lentos são dispositivos que permitem a filtração em meio granular que operam com taxa de filtração entre 2,4 a 9,6 m<sup>3</sup>.m<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup>. Esses filtros são basicamente constituídos por: sistema de drenagem, camada suporte, camada filtrante, tubulação de descarga do sobrenadante, tubulações, válvulas e acessórios de saída (HUISMAN; WOOD, 1974).

Para promover a otimizando da filtração lenta, pesquisas avaliam a utilização de uma camada de material não tecido, permitindo maior domínio do processo, que se desenvolve de forma natural e sem demanda de produtos químicos, mas que requer um adequado projeto, apropriada operação e cuidadosa manutenção para obter bons resultados.

De acordo com a norma NBR-13370 da ABNT (2002), não tecido é uma estrutura plana, flexí-

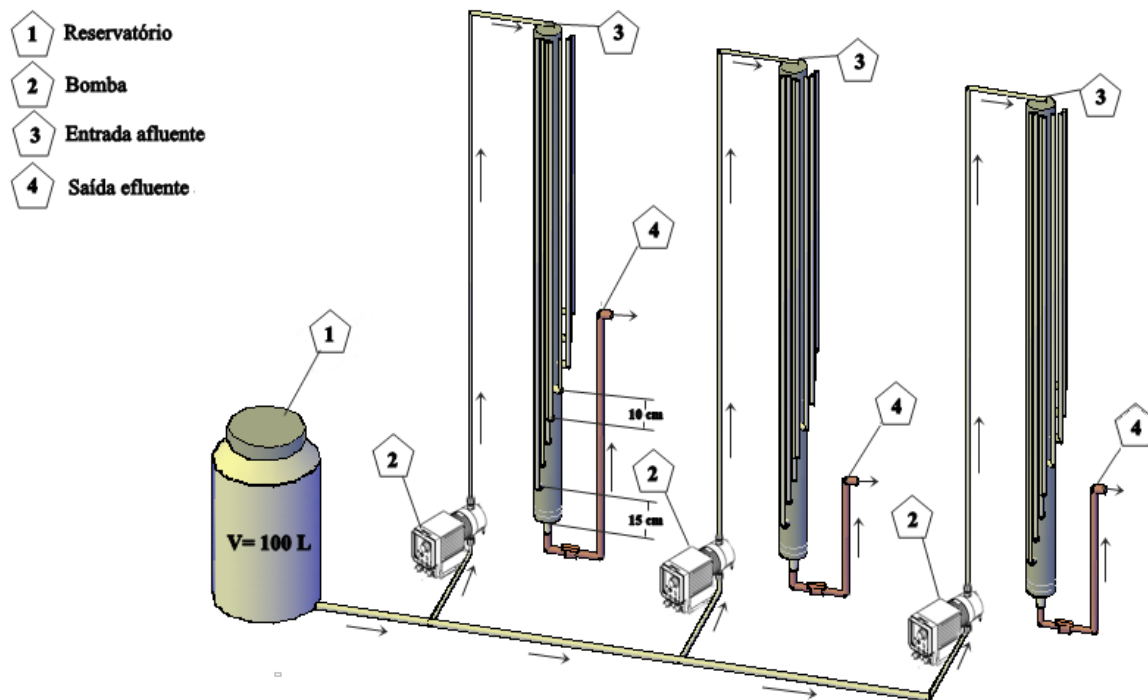
vel e porosa, constituída de fibras ou filamentos orientados aleatoriamente, consolidados por processo mecânico, por adesão, processo térmico ou combinações destes. Diferem das estruturas tecidas, pois estas são confeccionadas pelo entrelaçamento ordenado das fibras, formando, geralmente, um ângulo de 90°.

Diante disso, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a utilização de material não tecido como meio filtrante em filtros lentos além de comparar com a areia na capacidade em tratar água residuária doméstica pré-tratada em sistema de lodo ativado produzindo efluente para reúso de classe II.

## 2 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários - Extrabes, localizada no município de Campina Grande - PB, e a água residuária utilizada para a presente pesquisa foi oriunda de Empreendimento Habitacional de 72 apartamentos localizado a 200 metros da área, garantindo uma vazão média diária de cerca de 20 m<sup>3</sup> de esgotos domésticos. O esgoto era bombeado por meio de conjunto motor-bomba de fabricante KSB, 220 V, modelo 50-160K, para um tanque de equalização de onde alimentava os sistemas. Para a obtenção do afluente aeróbio, o esgoto doméstico foi tratado em um reator de lodos ativados. Após tratado, o efluente oriundo do reator alimentava os sistemas de filtração.

Os filtros (Fig. 1) foram construídos com tubo de PVC de 100 mm de diâmetro e uma altura total de 2,0 m. O filtro lento de areia (FLA) possuía meio filtrante composto de 14 cm de brita nº 1; 6 cm de brita nº 0 e 60 cm de areia. O filtro de material não tecido (FNT) continha como meio filtrante uma camada de 20 cm e 30 cm de não tecido agulhado para o FNT 1 e FNT 2, respectivamente.



**Figura 1** - Desenho esquemático do sistema experimental.

Fonte: autor.

Para o controle da vazão afluyente aos filtros foram utilizadas bombas dosadoras magnéticas da marca ProMinent. No ensaio 1, a taxa de filtração aplicada foi de  $4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , dessa maneira sendo alimentado com uma vazão de  $31,4 \text{ L} \cdot \text{dia}^{-1}$ . No ensaio 2 e 3 foi realizada uma diminuição na taxa de filtração para  $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , dessa maneira sendo alimentado com uma vazão de  $23,55 \text{ L} \cdot \text{dia}^{-1}$ .

Para controle da perda de carga no decorrer da carreira de filtração foram fixados piezômetros, constituídos de oito mangueiras transparentes do tipo cristal de 5/4 de diâmetro e distância de 10 cm entre elas. O cálculo da perda de carga foi realizado a partir de medições da carga hidráulica por meio dos piezômetros, conforme Eq. 1.

$$\text{Perda de carga} = P2 - P1 \quad (1)$$

Onde,  $P1$  = carga hidráulica apresentada pelo primeiro piezômetro;  $P2$  = carga hidráulica apresentada pelo último piezômetro.

Quanto à limpeza dos filtros, esta foi realizada por retrolavagem, por meio de impulsão de água no sentido inverso ao fluxo de filtração com a finalidade de remover o material (biofilme) que adere à camada superior de areia.

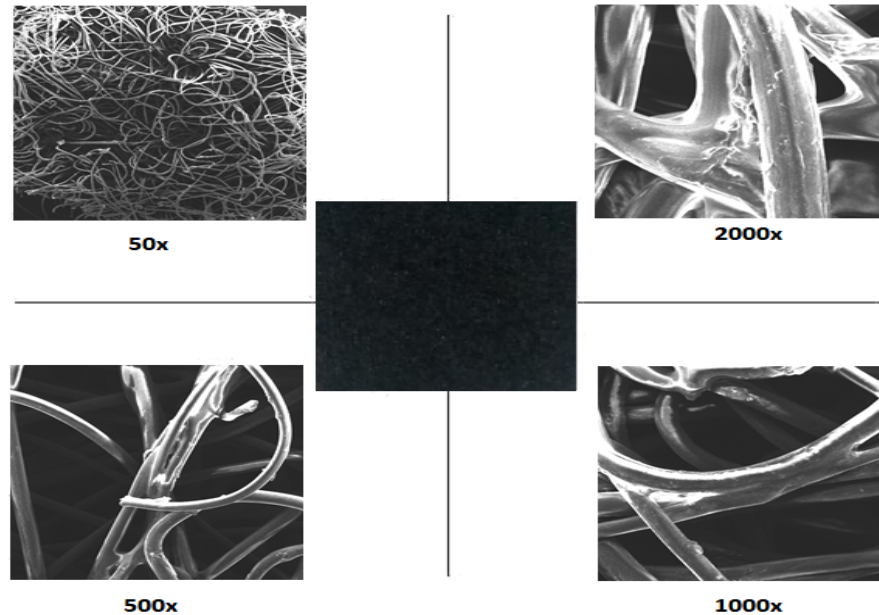
Para caracterização dos meios filtrantes foram realizadas para areia ensaios granulométricos segundo NBR-7217 da ABNT (1987) e para o material não tecido micrografias por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Para caracterização do afluyente aos sistemas e do efluente tratado, foram realizadas análises físico-químicas, sendo os parâmetros turbidez, frações de sólidos e DQO (demanda química de oxigênio), segundo metodologia proposta pelo APHA (2012). Para análise estatística foi realizada a análise de variância (ANOVA) e comparação entre as médias pelo teste de Tukey, por meio do Software Assistat versão 7.7.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Caracterização dos Meios filtrantes.

A partir da caracterização da areia, foi obtido para os grãos o tamanho efetivo 0,6 mm, coeficiente de uniformidade de 2, diâmetro mínimo de 0,6 mm e diâmetro máximo de 1,2 mm.



**Figura 2** - Resultado da micrografia eletrônica de varredura do material não tecido.

O material Não tecido utilizado como meio filtrante caracteriza-se como algodão, e as fibras que compõem esse material apresentam espessura média de 20  $\mu\text{m}$ .

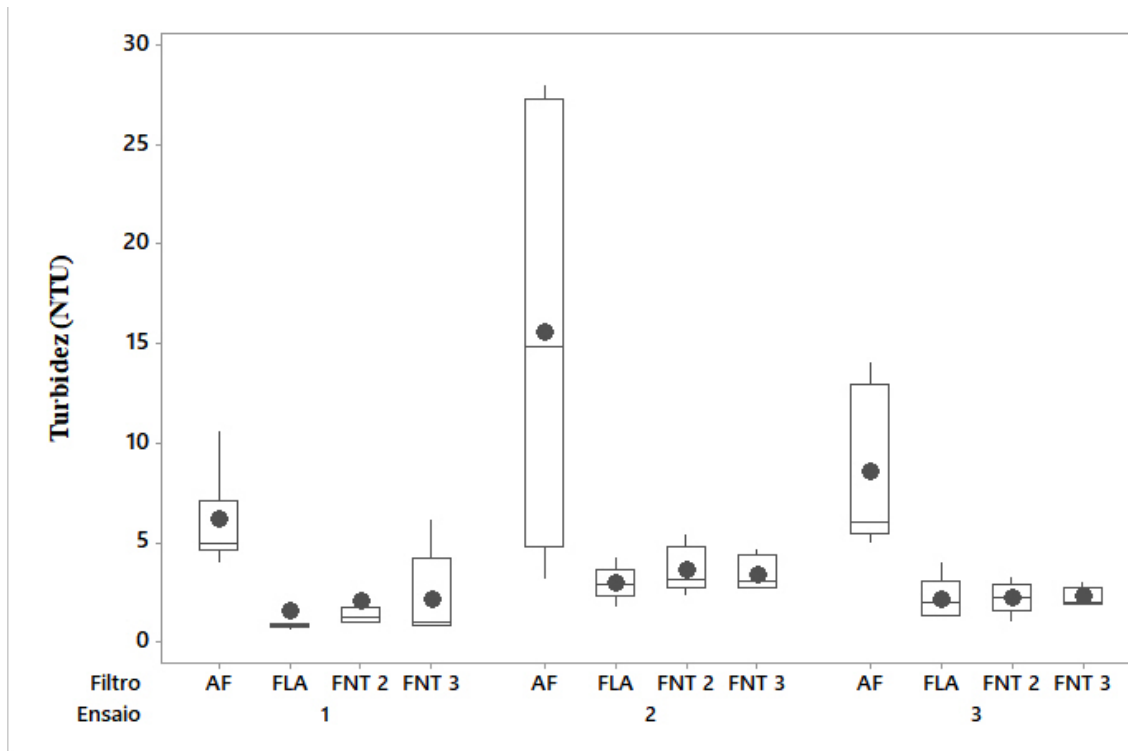
#### 3.2 Caracterização Físico-química

Na Fig. 3 são apresentados os dados de turbidez dos ensaios realizados. Observa-se que esses estão em conformidade com a legislação; a NBR-13.969/97 determina que a água para reúso de classe II deve apresentar turbidez inferior a 5 NTU.

Analisando-se a eficiência dos filtros individualmente, observa-se que o filtro lento de areia foi capaz de remover a turbidez do afluente. Quando a turbidez afluente de 20 NTU promoveu a redução para turbidez inferior ou igual a 4

NTU, apresentando capacidade de realizar uma redução do material em suspensão, constituído por partículas de pequenas dimensões. Os filtros preenchidos com material não tecido agulhado apresentaram capacidade de remoção da turbidez semelhante à do filtro de areia

Paterniani et al. (2011) avaliaram a eficiência de filtros lentos para tratar afluentes domésticos utilizando manta não tecida no topo dos meios filtrantes, conseguiram produzir efluentes com turbidez média de 14,5 e 17,1 NTU utilizando como meio filtrante carvão e areia e apenas areia, respectivamente. Os autores utilizaram como pré-tratamento uma filtração em pedregulho, apresentando eficiências inferiores para a remoção de turbidez quando comparadas com as obtidas na presente pesquisa.



AF: Afluente; FLA: areia; FNT 2: Não tecido agulhado (20cm); FNT 3: Não tecido agulhado (30cm).

**Figura 3** - Dados da Turbidez obtidos nos ensaios.

Maiores variações da turbidez ocorreram no afluente; além disso, verifica-se que quando os filtros estão no fim da carreira de filtração apresentam aumento da turbidez, indicando a necessidade de retrolavagem.

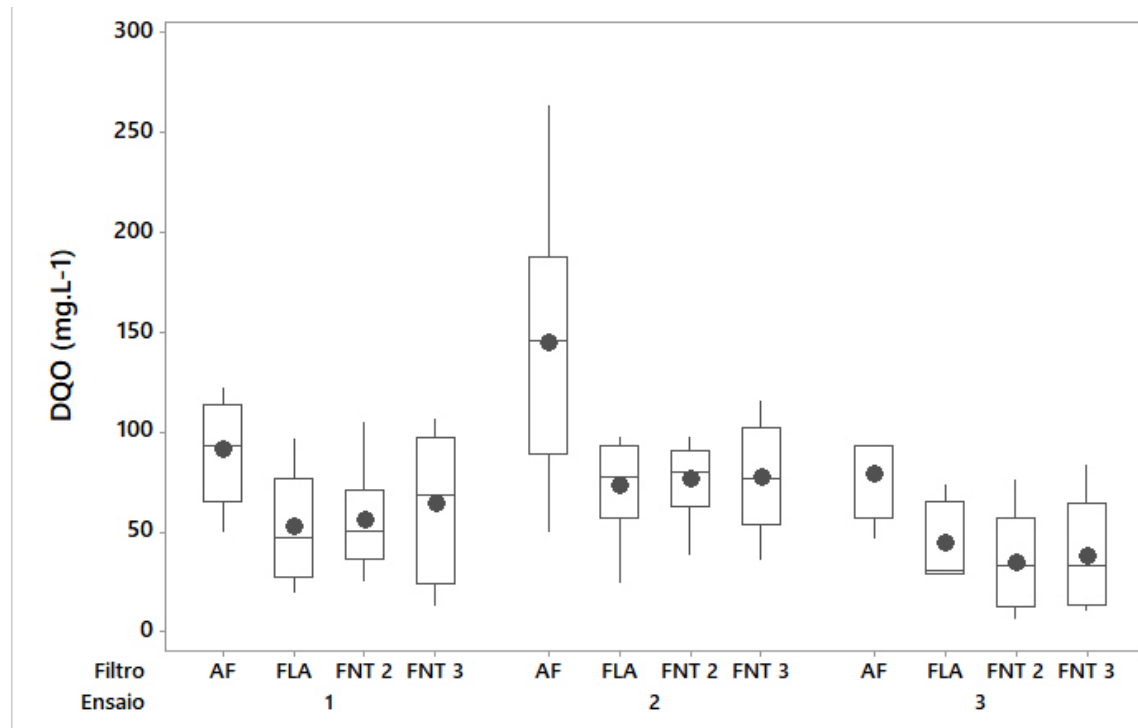
Farooq e Al-Yousef (1993), em estudo empregando a filtração lenta com meio filtrante em areia de tamanho efetivo variável como tratamento terciário de águas residuárias, obtiveram remoções superiores a 90% de turbidez. Os autores relatam que os níveis de turbidez no afluente variaram de 1,0 a 6,0 NTU, enquanto os níveis de turbidez do efluente variaram de 0,05 a 0,43 NTU.

Langenbach et al. (2009) também conseguiram altas remoções do parâmetro. Removendo

89% da turbidez afluente aos filtros, produziram efluentes com 0,5 NTU.

Na Fig. 4 estão apresentados os dados da demanda química de oxigênio para os ensaios realizados. É possível verificar que o ensaio 2 foi o que apresentou maior carga afluente do parâmetro, porém os efluentes produzidos mantiveram-se na média inferior a 100 mg.L<sup>-1</sup> de DQO. O ensaio 3 foi o que apresentou menores variações do parâmetro nas análises realizadas. Ocorreram eficiências semelhante para todos os filtros.

Paterniani et al. (2011) conseguiram eficiências superiores a 33% para redução da DQO. Utilizando filtro lento de areia, com topo de manta não tecida, produziram efluentes com 31,4 mg.L<sup>-1</sup> de O<sub>2</sub>, a partir de afluentes com 53,9 mg.L<sup>-1</sup> de O<sub>2</sub>.



AF: Afluente; FLA: areia; FNT 2: Não tecido agulhado (20cm); FNT 3: Não tecido agulhado (30cm).

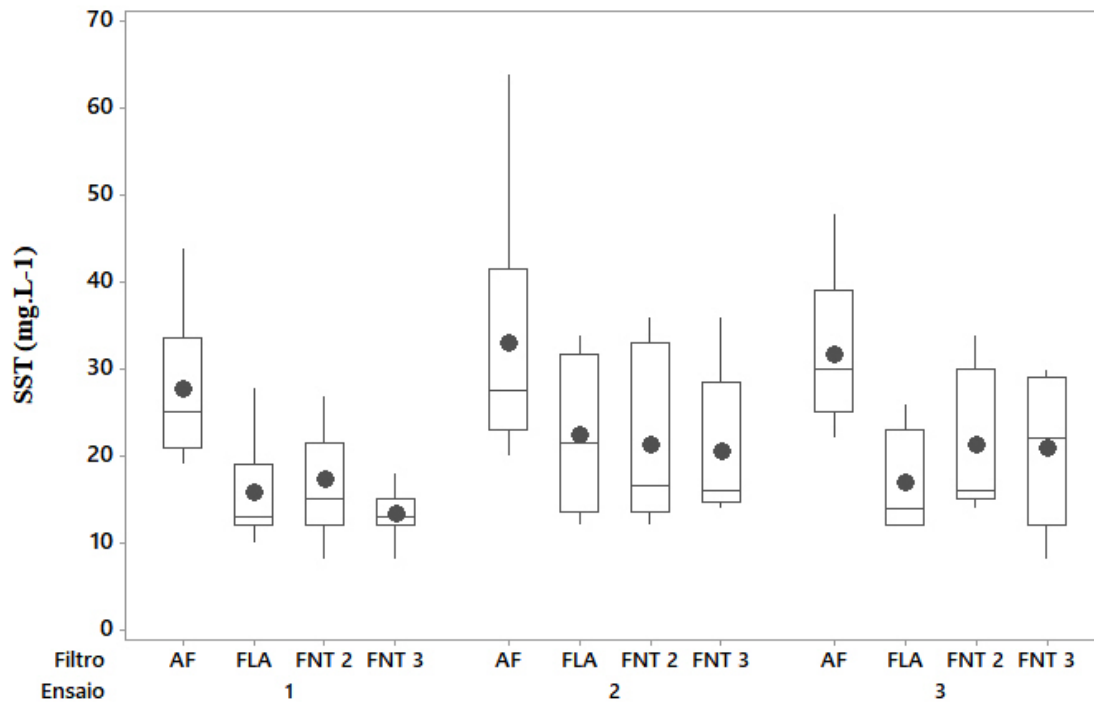
**Figura 4** - Dados da DQO obtidos nos ensaios.

Segundo Cruz et al. (2013), filtros anaeróbios permitem remoção média de 65 a 15%, tanto de DBO como de DQO; no presente estudo, eficiências superiores foram obtidas para a remoção de DQO. Tonon et al. (2015), em estudo realizando tratamento de águas residuárias por filtro anaeróbio e filtro de areia, obtiveram resultados que mostram que os filtros de areia são muito eficazes na remoção de matéria orgânica, independentemente das taxas de aplicação utilizadas.

Na Fig. 5 são apresentados os dados do parâmetro sólidos suspensos totais para os ensaios realizados. Verificam-se maiores variações no afluente, uma vez que esse foi pré-tratado em sistemas de lodo ativado, com aeração prolongada, e apresenta sensibilidade a variações da aeração.

Analisando-se individualmente a eficiência dos sistemas, o FLA produziu efluente com média inferior a 30 mg.L<sup>-1</sup> nos ensaios, mantendo uma constância para esse parâmetro até mesmo quando submetido a maior taxa de aplicação. O FNT 2 contendo 20cm de material não tecido manteve-se com valores efluentes, variando de 30 a 10 mg.L<sup>-1</sup>, assim como o FNT 3, preenchido com 30 cm de mesmo material não tecido.

Com base nos dados, pode ser verificado que o FNT 2 se apresenta como uma alternativa aos demais filtros, uma vez que possui a menor camada de material filtrante e eficiência semelhante ao filtro com 60 cm de areia, sistema já difundido, mas que requer maior controle de limpeza por exemplo.



AF: Afluentes; FLA: areia; FNT 2: Não tecido agulhado (20cm); FNT 3: Não tecido agulhado (30cm).

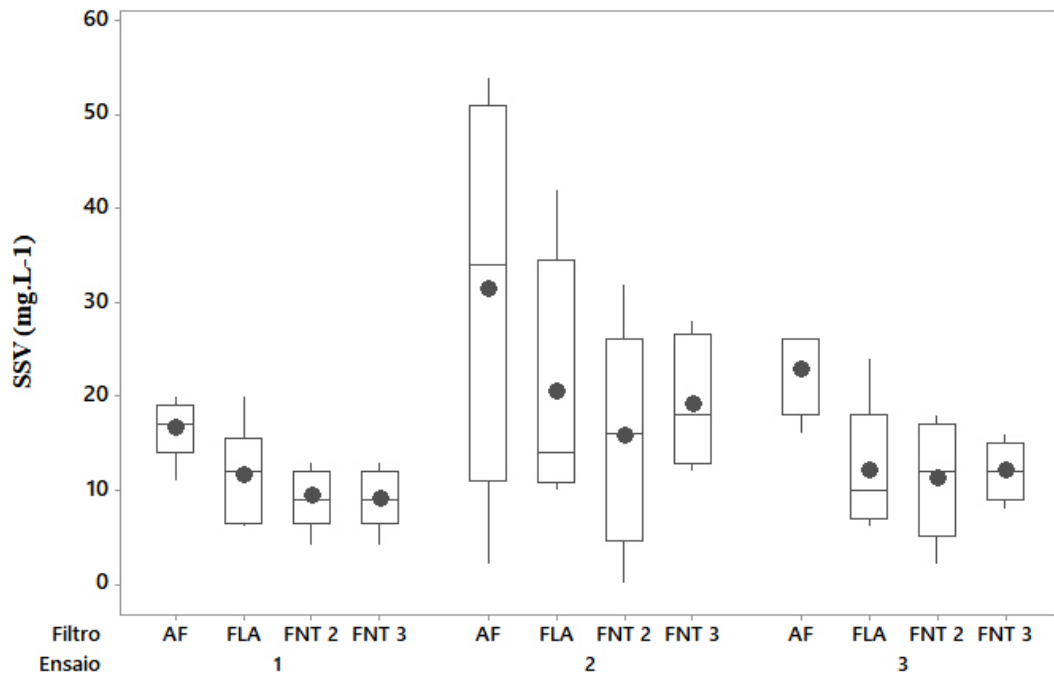
**Figura 5** - Dados da SST obtidos nos ensaios.

Na Fig. 6 estão apresentados os dados de sólidos suspensos voláteis para os ensaios realizados. Assim como para a fração de SST, os SSV variaram em maiores proporções no afluente e em menores proporções nos efluentes; portanto, os sistemas de filtração empregados no trabalho são capazes de gerar efluente com uniformidade, apesar da variação do afluente.

Airoldi et al. (2003), em investigação experimental realizada para avaliar o desempenho dos meios filtrantes disco (130 mm) e manta sintética não tecida na filtração da água de açude, obtiveram como valor médio da concentração de sólidos suspensos na parcela com filtro de manta de 10,96 mg.L<sup>-1</sup>, e para a parcela com filtro de disco, para o mesmo parâmetro de 11,04 mg.L<sup>-1</sup>.

Paterniani et al. (2011) realizaram o tratamento de esgoto doméstico com baixa concentração de sólidos em suspensão em relação à carga de sólidos apresentada pelo afluente da presente pesquisa, apresentando média de 13,4 mg.L<sup>-1</sup>. Os autores obtiveram concentração de sólidos suspensos inferiores para efluentes de filtro lento preenchido com areia e topo de manta não tecida, apresentando média de 9,2 mg.L<sup>-1</sup>.

Langenbach et al. (2009), em estudo empregando a filtração lenta como tratamento terciário de água residuária pré-tratada em lodos ativados, produziram efluentes com concentração média de sólidos suspensos inferiores ao presente trabalho. As médias variavam de 1,2 a 2,3 mg.L<sup>-1</sup>, obtendo remoções de até 84%.



AF: Afluyente; FLA: areia; FNT 2: Não tecido agulhado (20cm); FNT 3: Não tecido agulhado (30cm).

**Figura 6** - Dados da SSV obtidos nos ensaios.

Na Tabela 1 é apresentado o estudo estatístico dos dados obtidos nos ensaios.

**Tabela 1.** Magnitudes dos dados estatísticos dos parâmetros dos três ensaios realizados.

Parâmetro	Tratamento			
	AF	FLA	FNT 2	FNT 3
Turbidez	10,06 a	2,20 b	2,590 b	2,57 b
DQO	104,65 a	55,94 b	55,14 b	59,35 b
SST	30,66 a	18,30 b	19,86 b	18,21 b
SSV	23,56 a	14,65 b	12,62 b	13,38 b

Parâmetro	ENSAIO		
	1	2	3
Turbidez	2,94 c	6,35 a	3,78 b
DQO	65,53 b	92,30 a	48,50 c
SST	18,47 b	24,20 a	22,60 a
SSV	11,61 b	22,08 a	14,50 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. AF: Afluyente; FLA: areia; FNT 2: Não tecido agulhado (20cm); FNT 3: Não tecido agulhado (30cm).

Por meio da análise de variância (ANOVA) e do teste de Tukey, foi verificado que os filtros não apresentam diferença estatística significativa entre si, ao nível de 5% de probabilidade.

Porém ocorreu diferença significativa estatística entre os ensaios realizados, podendo ser explicado para o ensaio 1 a maior taxa de aplicação que os filtros operaram, sendo de 4 m<sup>3</sup>.m<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup>,



enquanto nos outros ensaios foi de  $3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ . Em relação ao ensaio 2, pode ser explicado devido à maior carga de DQO afluente apresentada no ensaio.

#### 4 CONCLUSÕES

Nas condições operacionais e climáticas em que foram realizados os experimentos, o filtro lento de areia propiciou a capacidade de produzir efluente de qualidade. Foi verificado que quando alimentado com afluente pré-tratado de sistema de lodo ativado, a eficiência de remoção de turbidez foi inferior à estabelecida pela legislação para água de reúso de classe II. O material Não tecido agulhado, além de apresentar eficiência para o tratamento de esgoto doméstico como meio filtrante em filtros lentos, conseguiu produzir efluentes de qualidade semelhante ao filtro lento de areia, sem apresentar diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

#### 6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

#### 7 REFERÊNCIAS

AIROLDI, R. P. S.; PATERNIANI, J. E. S.; RIBEIRO, T. A. P.; SILVA, M. J. M. Comparação entre elementos filtrantes de manta sintética não tecida e de discos no tratamento de água para irrigação. **Irriga**,

v. 8, n. 3, set-dez, 2003. <https://doi.org/10.15809/irriga.2003v-8n3p218-233>

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE NÃO TECIDOS E TECIDOS TÉCNICOS - ABINT. Disponível em: [www.abint.org.br](http://www.abint.org.br). Acessado em: janeiro/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13370**: Não tecidos – Terminologia. 2002.

FAROOQ, S., & AL YOUSEF, AK (1993). Slow sand filtration of secondary effluent. **Journal of Environmental Engineering**, 119 (4), 615-630. doi: 10.1061 / (asce) 0733-9372 (1993) 119: 4 (615).

HUISMAN, L.; WOOD, W. E. **Slow sand filtration**. Geneva: World Health Organization, p. 120, 1974.

LANGENBACH, K., KUSCHK, P., HORN, H., & KÄSTNER, M. (2009). Slow Sand Filtration of Secondary Clarifier Effluent for Wastewater Reuse. **Environmental Science & Technology**, 43(15), 5896–5901. <https://doi.org/10.1021/es900527j>

LI, J., ZHOU, Q., & CAMPOS, L. C. The application of GAC sandwich slow sand filtration to remove pharmaceutical and personal care products. **Science of The Total Environment**, 635, 1182–1190, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.198>

PATERNIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M. da; RIBEIRO, T. A. P.; BARBOSA, M. Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados. **Eng. Agríc.**, v. 31, n. 4, 803-812, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400018>

SILVA, F. de A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res.**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

TONON, D., TONETTI, A. L., CORAUCCI FILHO, B., & BUENO, D. A. C. Wastewater treatment by anaerobic filter and sand filter: Hydraulic loading rates for removing organic matter, phosphorus, pathogens and nitrogen in tropical countries. **Ecological Engineering**, 82, 583–589. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.018>