

## DESEMPENHO DA FILTRAÇÃO LENTA EMPREGADA NO TRATAMENTO DA CARGA DE DBO ORIUNDA DE ESGOTO DOMÉSTICO

### *PERFORMANCE OF SLOW FILTRATION USED IN TREATMENT OF DBO FROM DOMESTIC SEWAGE*

**A. Ariston S. Melo Júnior**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN/USP, Brasil.

[juniorariston@gmail.com](mailto:juniorariston@gmail.com)

**C. Abrão C. Merij**

Universidade Federal de São Paulo UNIFESP, Brasil.

[abrao.merij@fmu.br](mailto:abrao.merij@fmu.br)

**B. Kleber A. Ribeiro & D. Leonardo Gerardini**

Faculdades Metropolitanas Unidas FMU.

[kleber.ribeiro@fmu.br](mailto:kleber.ribeiro@fmu.br)

[leonardo.gerardini@fmu.br](mailto:leonardo.gerardini@fmu.br)

#### RESUMO

Devido à preocupação atual com a preservação das fontes de água potável para as futuras gerações, cada vez mais tem sido importante o estudo de novos processos e tecnologias para tratamento do esgoto gerado pela sociedade. Uma das tecnologias emergentes para tratamento é o sistema de filtração lenta. É um sistema de câmaras compartimentadas com material granular, constituído de areia e pedregulho. Esse trabalho monitorou um sistema de filtro lento desenvolvido no campus da UNICAMP. O sistema possui dois filtros com camadas de material suporte em que em um existe, ainda, uma camada adicional de carvão ativado. O estudo durou nove semanas com coletas semanais para análise da DBO proveniente do esgoto do local. Os estudos mostraram que o sistema teve uma eficiência de até 70% para remoção da DBO para o filtro com camada adicional de carvão ativado, enquanto o filtro convencional teve desempenho na faixa de 60% na remoção.

**Palavras-chave:** Filtro de areia, esgoto doméstico, contaminação, poluição hídrica.

**Linha de Investigação:** Cidade e Ambiente.

**Tópico:** Meio ambiente, paisagem e alterações climáticas.

#### ABSTRACT

Due to the current concern with the preservation of drinking water sources for future generations, it has been increasingly important to study new processes and technologies for treating the sewage generated by society. One of the emerging technologies for treatment is the slow filtration system. It is a system of chambers compartmentalized with granular material consisting of sand and gravel. This work monitored a slow filter

system developed on the UNICAMP campus. The system has two filters with layers of support material in which there is still an additional layer of activated carbon. The study lasted nine weeks with weekly collections for the analysis of BOD from the local sewage. Studies have shown that the system had an efficiency of up to 70% for BOD removal for the filter with an additional layer of activated carbon, while the conventional filter performed in the range of 60% in removal.

**Keywords:** Filter sand, domestic sewage, contamination, water pollution.

**Research line:** City and Environment.

**Topic:** Environment, landscape and climate change.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as atenções de pesquisadores, engenheiros, agrônomos e sociedade em geral vêm sendo com a preservação das fontes de água potável no planeta.

As distribuições irregulares das fontes superficiais de água no planeta segundo o relatório da ONU (2012) são uma preocupação constante para a preservação da vida e, ao mesmo tempo, a continuidade do progresso tecnológico no qual a água é importante insumo.

Para se ter ideia das necessidades atuais de água para a produção de hortaliças, por exemplo, de acordo com Knott (1951) são necessários de 3 até 10 litros por metro quadrado de água para irrigação de culturas de hortaliças. Isso levando-se apenas em questão a produção de verduras e leguminosas. Se comparar aos valores necessários para produção de carne bovina ou suína, os valores sobem drasticamente para mais de 50 litros por metro quadrado (Knott, 1951).

Frente a essa problemática, e o aumento indiscriminado das cidades sem o acompanhamento correto de uma infraestrutura urbana adequada, leva ao surgimento de vários pontos de esgoto claudetino que ocasionam uma piora dos corpos d'água. Uma vez que, segundo um relatório da Sabesp (2010), tais conexões irregulares tendem a degradar os córregos que vem a contribuir com a bacia hidrográfica da capital paulista, por exemplo.

Como forma de mitigar tais problemas ambientais gerados, o sistema de filtração lenta é uma ferramenta que pode contribuir com o controle da poluição hídrica e garantir a possibilidade de um efluente tratado para reuso em atividades que não demandem água potável como, por exemplo, descarga de vasos sanitários. Isso fica mais preocupante, uma vez que apenas um vaso sanitário chega a consumir 30 litros de água em seu sistema de descarga (Sabesp, 2010).

Os sistemas de filtração lenta são mecanismos construídos em que o resíduo passa por suas camadas granulométricas e por processos físico-químicos ocorre a depuração da água residuária (esgoto).

A proposta da pesquisa foi estudar, a partir de coletas semanais, o comportamento na remoção da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) em um sistema piloto desenvolvido na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

## 2. Filtração Lenta - Mecanismo

Segundo Marrara (2005), a filtração lenta é um sistema de tratamento de água de operação simplificada que, em verdade, simula mecanismos naturais de depuração das águas, em sua percolação pelo subsolo, sendo que, nesse percurso, são removidos microrganismos, partículas e substâncias químicas.

Di Bernardo (1989) relata que o sistema teve sua implantação e desenvolvimento na Europa na década de 1960, e nos anos 1980 começou a ser difundida no Brasil, tendo, inclusive, empresas de abastecimento público como a SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento) que o utilizam para tratamento de esgoto no município de Limeira, São Paulo, Brasil.

Segundo Di Bernardo (1989), a filtração lenta, hoje, é o resultado da combinação de três ações que são: (a) Transporte das partículas da suspensão para as superfícies dos grãos; (b) Aderência das partículas aos grãos ou matéria previamente retida; e (c) Atividade biológica.

A filtração lenta destaca-se por ser um sistema que não requer uso de coagulantes ou de outro produto químico, é de simples construção, operação e manutenção, não requer mão de obra qualificada para sua operação, produz águas com características menos corrosivas e apresenta custos geralmente acessíveis a pequenas comunidades, principalmente de países em desenvolvimento (Azevedo Netto e Hespanhol, 1979). Além de ser um dos processos de tratamento de águas de abastecimento que produz menos quantidade de lodo (Marrara, 2005).

Os filtros lentos consistem em uma unidade de fluxo descendente com taxa de filtração entre 3 e 6 m.d<sup>-1</sup> e meio filtrante composto de areia com curva granulométrica definida entre 0,08 mm e 1 mm e camada suporte de pedregulho com espessura total entre 0,8 e 1 m e carga hidráulica entre 1,4 e 1,9 m (Paterniani, 1991).

## 3. Estrutura da filtração lenta

Na Fig. 1, extraída de Farias (2011), apresenta-se um esquema simplificado do funcionamento do sistema de filtro de areia, com sua estratificação em camadas de meio suporte e granulometria distintos.

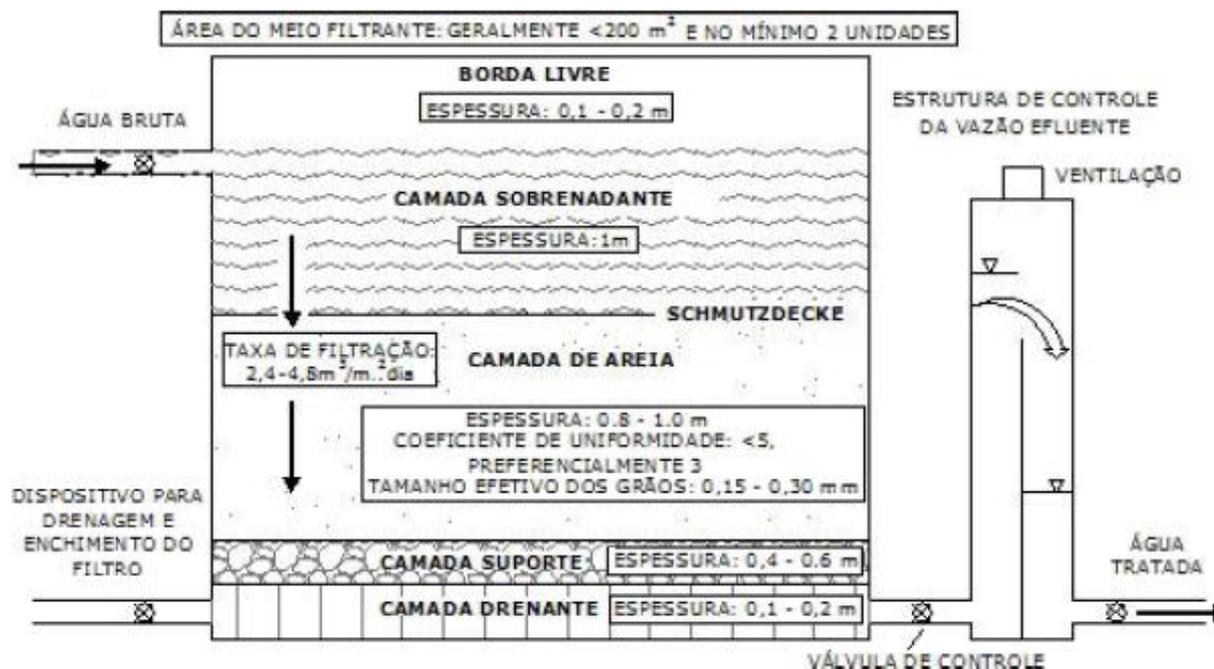


Fig. 1: Esquema de pré-tratamento residual pelo processo de filtração lenta. (FARIAS, 2011)

Farias (2011) relata que no processo de filtração lenta, os mecanismos físicos e biológicos responsáveis pelo tratamento atuam em conjunto para promover a retenção de impurezas.

A depuração do efluente inicia-se pelo processo físico nas camadas de material distinto. A próxima etapa de tratamento, que é o processo biológico, inicia-se após algum tempo de operação, determinado pelo tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ). Isso parece razoável, uma vez que há necessidade de formação do sistema de bactérias aeróbicas que irá realizar essa etapa.

Para Farias (2011), a ação física de coar é responsável pela retenção das partículas de tamanho superior aos interstícios entre os grãos, o que faz com que o topo do meio filtrante funcione como uma peneira. Nesse contexto, existem 3 fase de tratamento no filtro, sendo elas: interceptação, sedimentação e difusão. A interceptação, um dos processos importantes da filtração lenta, é observada quando a partícula vai ao encontro do grão; já a sedimentação, outra fase, está relacionada com a velocidade de sedimentação das partículas influenciada pela força gravitacional. Enquanto a fase de difusão ocorre devido ao movimento desordenado das menores partículas junto com a água.

#### 4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Oliveira (2005) comenta que a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é usualmente definida como a quantidade de oxigênio requerida pelas bactérias para estabilizar a matéria orgânica degradável em condições aeróbicas após um tempo determinado e a uma temperatura padrão. O termo degradável pode ser interpretado no sentido de que a matéria orgânica pode servir como alimento para as bactérias e a energia deriva de sua oxidação (Sawyer; Mccarty; Parkin, 1994).

Segundo Oliveira (2005), a remoção de DBO, para muitas finalidades práticas, é de caráter de “primeira ordem”, ou seja, a velocidade da reação é diretamente proporcional à quantidade de matéria orgânica (substrato) oxidável remanescente em algum tempo, igualmente modificada pela população de organismos ativos. Uma vez que a população de organismos alcancem um nível no qual ocorrem apenas mínimas variações, a velocidade de reação é controlada pela quantidade de alimento disponível para os organismos.

O processo de estabilização completa da matéria orgânica demora, em termos práticos, vários dias (cerca de 20 dias ou mais para esgotos domésticos). Isto corresponde à Demanda Última de Oxigênio (DBOu). Entretanto, para evitar que o teste de laboratório fosse sujeito a uma grande demora, e para permitir a comparação de diversos resultados, foram efetuadas padronizações. Convencionou-se, desta forma, que a DBO padrão é expressa por  $DBO_{5,20}$ , com a análise realizada no 5º dia e que o teste efetua-se a temperatura de 20° C, já que temperaturas diferentes interferem no metabolismo bacteriano (Oliveira, 2005).

A DBO é geralmente expressa em  $mg.L^{-1}$  e representa um dos mais importantes parâmetros no dimensionamento de ETE's, além de ser fundamental para a caracterização do grau de poluição.

Oliveira (2005) comenta que a origem de DBO pode ser tanto natural, matéria orgânica animal e vegetal, ou antropogênica, proveniente de despejos domésticos e industriais. A  $DBO_5$  das águas residuárias domésticas possui uma variabilidade muito grande, sendo função do clima da região, fatores socioeconômicos e culturais da população, estações do ano, comprimento de redes, entre outros fatores.

## 5. MATERIAL E MÉTODO

### 5.1 Estudo de Caso

Para o monitoramento, utilizou-se um sistema piloto de filtro lento construído no campus experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Localizado na latitude S22°53'20" e longitude W47°04'40", em Campinas, Brasil.

O sistema é alimentado pelo esgoto proveniente da própria instituição de ensino, sendo apresentado na Fig. 2, abaixo.



**Fig. 2:** Vista da estação de filtro lento da FEAGRI.

O sistema possui três câmaras de tratamento, sendo uma da entrada (afluente) do esgoto sem o tratamento e duas câmaras de pós-tratamento (efluente) da água residuária, estas possuem brita de granulométrica distinta.

O que as diferenciam está no fato de uma possuir, inclusive, carvão ativado para complementação do tratamento, enquanto a outra não possui esse composto.

As câmaras que formam o sistema de filtro lento são em formato cilíndrico e tem como constituição polietileno com diâmetro (D) de base 60 cm e altura útil (h) individual de 120 cm (Fig. 2). Isso gera, convertendo para escala metros, um volume efetivo individual interno de 0,34 m<sup>3</sup>.

A Equação 1, a seguir, apresenta o dimensionamento (Porto, 1999).

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{4}$$

Equação 1

A vazão afluente (Q) foi regulada para um valor de 5.10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, tal valor propiciou com o auxílio da Equação 2 (Porto, 1999), num tempo de detenção hidráulico ( $\theta_h$ ) de 7,87.10<sup>-2</sup> d.

$$\theta_h = \frac{V}{Q}$$

Equação 2

Tal valor, ao normalizamos para um padrão de tempo compreensível, resulta, pelo processo de análise dimensional, em aproximadamente 2 horas para estabilização do líquido residual no interior da câmara.

Na Fig. 3 é apresentado o sistema antes da fase de pintura, que possui um fundo em formato cônico onde se apoia com o uso de uma base metálica de sustentação as câmaras individuais (Fig. 3a). Nessa figura podem-se observar os dois filtros de tratamento residual a jusante e o pré-filtro a montante.

Na Fig. 3b observa-se a separação entre camadas no interior das câmaras.



**Fig. 3:** Vista do sistema antes da pintura (3a) e um esboço das separações de camadas internas.

A fase de pintura é necessária para garantir que o reservatório internamente tenha um aumento na temperatura para uma fase de pré-desinfecção, com a eliminação de parte dos agentes patogênicos anaeróbicos.

Em cada câmara foi realizada uma distribuição em camadas internas de quatro divisões internas (conforme Fig. 3b).

A tabela 1 apresenta as divisões de cada câmara; deve-se notar a descrição de três camadas de material suporte e uma camada de distribuição da água bruta.

**Tabela 1:** Descrição do meio filtrante do pré-filtro.

	Material Granular (mm)	Espessura (cm)
Camada superior	3,2 a 6,4	25 cm
Camada intermediária	6,4 a 19,0	25 cm
Camada Inferior	19,0 a 31,0	25 cm

## 5.2 Pré Filtro lento

O sistema de filtros lentos, adotado nesse projeto, tem como ponto de partida os parâmetros recomendados por Ferraz & Paterniani (2002), tendo como características:

- Uma camada de areia de 40 cm de espessura;

- Uma camada de brita 1 (granulometria 5 mm) de 20 cm de espessura;
- Uma camada de brita 2 (granulometria 31,5 mm) de 20 cm de espessura.

Para o filtro com carvão ativado tem-se, ainda, uma quarta distribuição, com a presença de uma camada de 10 cm de espessura com granulometria de carvão de 8,5 mm.

Na Fig. 4 tem-se uma visão da válvula de entrada do pré-filtro, onde foi instalada uma torneira para coleta de amostras.



Fig. 4: Vista detalhada da câmara de entrada do esgoto.

A Fig. 5 apresenta uma visão geral do sistema completo de filtro lento instalado e operacional da FEAGRI.



Fig. 5: Detalhe do conjunto de filtro lento.

A Fig. 6 apresenta uma visão das torneiras instaladas para retirada de amostras do esgoto tratado pelo sistema de filtração lenta.



Fig. 6: Detalhe do conjunto de filtros lentos.

### 5.3 Coletas de Amostragem

O projeto de monitoramento iniciou-se em 2 de janeiro de 2019 até 2 de março de 2019, com a remoção de uma amostra semanal de entrada (afluente) e saída (efluente), sendo que se retiraram duas amostras de efluente: câmara com adição de carvão ativado e sem carvão ativado.

As coletas totalizaram 27 amostras finais para análise quanto ao grau de concentração de DBO.

O horário de coleta das amostras nas válvulas foi às 14 horas, um horário fixado de modo a permitir uma uniformidade de coletas semanais.

As amostras foram coletadas em garrafas PET e resfriadas a  $-5^{\circ}\text{C}$  para conservação de suas características físico-químicas.

### 5.4 Análise de DBO

A metodologia adotada para análise de DBO foi a Norma NTS 003/97, fornecida pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (Sabesp).

O método consiste na incubação das amostras residuais líquidas por 5 dias, mantida à temperatura de  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , o que caracteriza o método como o padrão  $\text{DBO}_{5,20}$ .

O processo tem como procedimento a reação bioquímica dos organismos aquáticos contidos e a medição do crescimento bacteriano com a formação de compostos NPK: Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) em traço elementar contido.

Segundo a NTS 003/97, o procedimento do ensaio  $\text{DBO}_{5,20}$  pode ser considerado um procedimento de oxidação em meio líquido, no qual os organismos vivos servem como meio para oxidar a matéria orgânica em dióxido de carbono e água.

### 5.5 Preparação do Ensaio Químico da NTS 003

O procedimento de ensaio necessitou de compostos com alto grau de pureza (p.a.) para não haver divergência da análise. Sendo assim, foi utilizada a seguinte lista de reagentes:

- Fosfato monobásico de potássio,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;
- Fosfato dibásico de potássio,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  p.a.;
- Fosfato dibásico de sódio heptahidratado,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  p.a.;
- Cloreto de amônio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  p.a.;
- Sulfato de magnésio heptahidratado,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  p.a.;
- Cloreto de cálcio,  $\text{CaCl}_2$  anidro p.a.;
- Cloreto férrico hexahidratado  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  p.a.;
- Hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$  p.a.;
- Ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado p.a.;
- Sulfito de sódio p.a.,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ;
- Inibidor de nitrificação 2-cloro-6 (tricloro-metil) piridina, p.a.;
- Dicromato de potássio p.a.,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ : secando a  $103^\circ\text{C}$  por 2 horas;
- Hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$  p.a.;
- Ácido glutâmico  $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$  p.a., seco previamente a  $103^\circ\text{C}$  por 1 hora;
- Glicose p.a.,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , com secagem a  $103^\circ\text{C}$  por 1 hora.

Com os reagentes, tomou-se o cuidado de dissolver 8,5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  p.a., com 21,75 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  p.a. Adicionando-se 33,4 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e 1,7 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  p.a. em aproximadamente 500 ml de água deionizada e diluiu-se em 1000 ml. O pH da solução foi ajustado em 7,2; em seguida armazenou-se a solução em frasco âmbar; onde se dissolveu 22,5 g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  p.a. em água deionizada e diluiu-se a 1000 ml, armazenando em frasco âmbar. Posteriormente dissolveu-se 27,5 g de  $\text{CaCl}_2$  anidro p.a. em água deionizada e diluiu-se a 1000 ml.

O procedimento continuou dissolvendo-se 0,25 g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  em água deionizada e diluindo-se a 1000 ml, sendo armazenado em frasco âmbar. Dissolveu-se, ainda, 40 g de  $\text{NaOH}$  p.a. em água deionizada isenta de  $\text{CO}_2$  e diluiu-se a 1000 ml, armazenando-se em frasco plástico opaco. O  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado p.a. foi diluído gradualmente num volume de 28 ml com água deionizada em 1000 ml e armazenado em frasco âmbar.

Uma massa de 1,575 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  foi dissolvida posteriormente a 1000 ml de água deionizada. Uma vez que essa solução é instável, foi necessária sua preparação diária.

Com a preparação adequada dos compostos reagentes, introduziu-se um volume de água desmineralizada num frasco de Mariot. Adicionando-se 1 ml de cada solução por litro de água, na seguinte sequência de ensaio: tampão de fosfatos, sulfato de magnésio, cloreto de cálcio e cloreto férrico. Deixou-se aerando durante tempo suficiente, para que a concentração de oxigênio dissolvido (OD) fosse saturação. Após este período, desligou-se o aerador e aguardou-se por 30 minutos.

Em seguida, 150 mg de  $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$  p.a. foram adicionados a 150 mg de  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  p.a. e diluiu-se a 1000 ml. A solução foi distribuída em frascos de diluição de leite até a marca de aferição e autoclavado a  $120^\circ\text{C}$  por 30 minutos, mantendo-se os frascos graduados no escuro.

As amostras para determinação de DBO foram coletadas em frasco de vidro. O volume necessário foi de 2000 ml. Homogeneizou-se a amostra e retirou-se uma porção em um béquer de 1000 ml; onde se acertou o pH com solução de ácido sulfúrico 0,5 M. Separou-se os frascos de DBO, identificando-os sequencialmente de acordo com o seu conteúdo. Como foi utilizado o método do oxímetro, para medição de oxigênio, foram utilizados 5 frascos, sendo 4 para amostras e 1 para controle.

Os frascos foram preparados seguindo-se a sequência abaixo:

- Frasco 1 ( $f_1$ ): V1 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 2 ( $f_2$ ): V2 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 3 ( $f_3$ ): V3 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco 4 ( $f_4$ ): V4 e completou-se o volume do frasco com água de diluição;
- Frasco do branco ( $f_b$ ): preenche-se o frasco com água de diluição.

Os frascos foram tampados e completados com água deionizada, selados e levados à incubadora, de onde foram retirados após 5 dias, e mensurou-se a concentração de OD final.

### 5.6 Cálculo dos padrões – Formulação matemática

Os padrões após toda a preparação sem medidos a partir da determinação das equações descritas abaixo:

$$DBO = \frac{OD_{inicial} - OD_{final}}{p}$$

**Equação 3**

Onde:

$f_n$  = frasco da amostra com as diluições (n de 1 a 4)

$p$  = fração volumétrica decimal da amostra

Sendo ainda que a função “p” descrita na Equação 3 é determinada pela relação abordada na Equação 4, abaixo:

$$p = \frac{\text{volume (ml) da amostra introduzida no frasco de DBO}}{\text{volume (ml) do frasco de DBO}}$$

**Equação 4**

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do procedimento experimental pela NTS 003/97, foi possível determinar as concentrações da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) das amostras de entrada e saída com e sem a adição da camada de carvão ativado.

A partir da tabulação dos resultados e plotagem do gráfico, foi possível gerar a Fig. 7, a seguir, onde se pode observar o comportamento das concentrações de DBO nas águas residuárias do estudo de caso.

O detalhamento da criação de uma camada adicional de carvão ativado acaba por funcionar como um importante colaborador para o recrudescimento do processo de depuração, conforme a Fig. 7 apresenta.

Os valores de DBO que entraram no sistema (afluente) ficaram na faixa dos 300 mg.l<sup>-1</sup>, enquanto que nas saídas (efluente) dos filtros com carvão ativado e sem carvão ativado os valores ficaram na faixa de 100 mg.l<sup>-1</sup> e 150 mg.l<sup>-1</sup>, respectivamente.

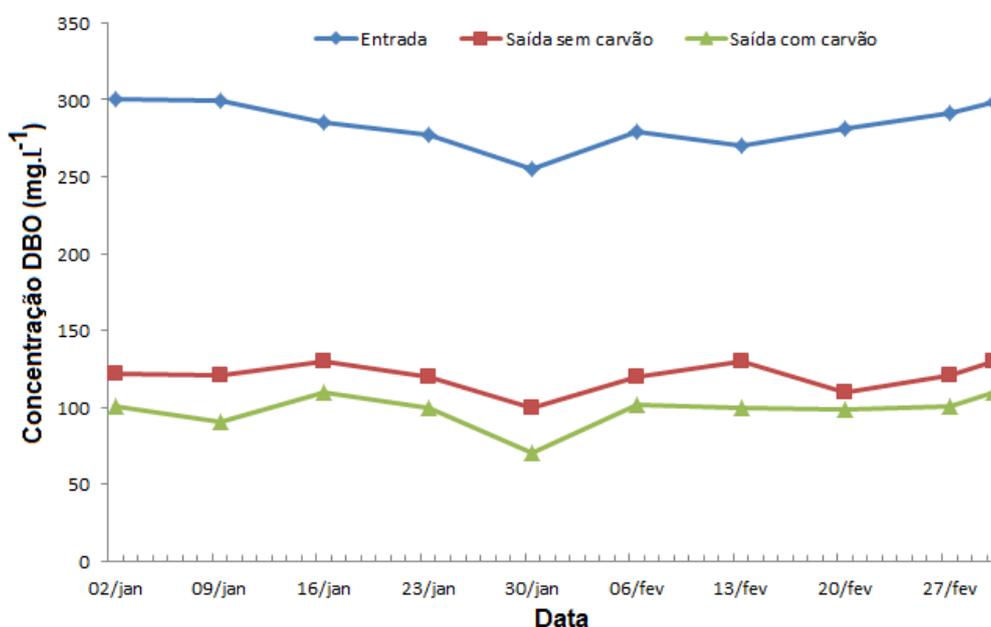


Fig. 7: Concentrações semanais da DBO do sistema de filtro lento.

A Fig. 7 revela que o sistema de filtração lenta gera uma melhora considerável no processo de depuração e recuperação das águas residuárias, sendo que, de modo geral, os valores percentuais de evolução no tratamento residual são observados pela Fig. 8, onde o sistema com camada adicional de carvão ativado consegue uma eficiência com relação à concentração de DBO de até 72% para o dia 30 de janeiro de 2019.

As flutuações dos percentuais de eficiência de remoção de DBO para o filtro com camada adicional de carvão ativado ficaram na faixa dos 70%, enquanto o filtro convencional sem a camada de carvão ativado flutuou no percentual de 60%, conforme apresenta a Fig. 8, a seguir.

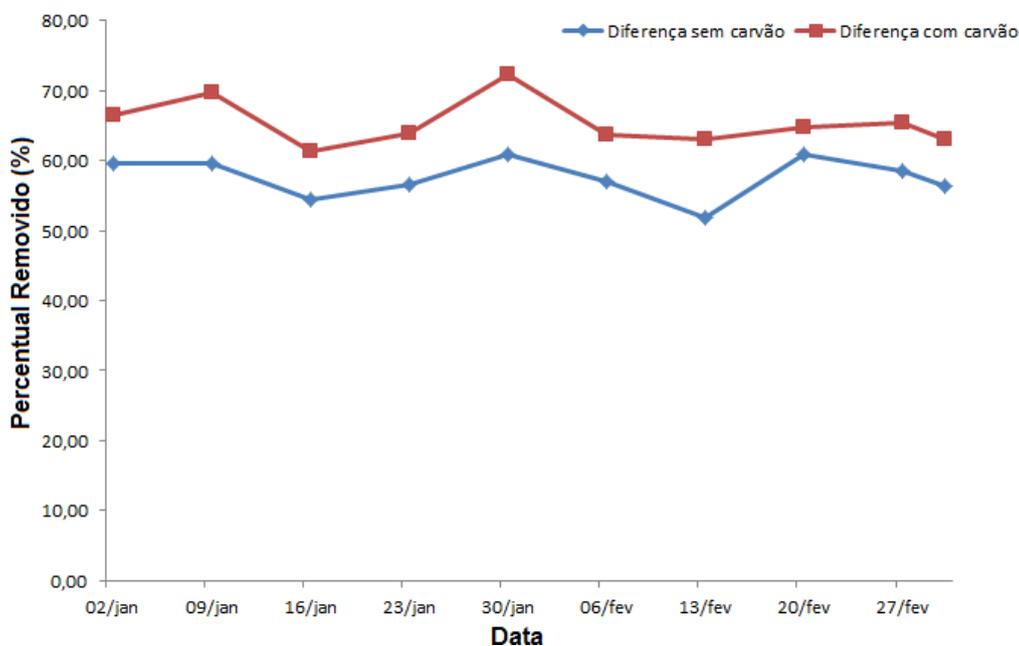


Fig. 8: Concentrações semanais da DBO do sistema de filtro lento.

## 7. CONCLUSÃO

O monitoramento do projeto do sistema piloto de filtração lenta mostrou a importância na execução e aprimoramento de um sistema de baixo custo para implantação (aproximadamente R\$ 4.000,00) e de fácil manuseio.

O sistema de filtração lenta é mais uma ferramenta criada pelo setor de pesquisas sanitárias, que promove uma melhora no padrão da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), de modo a preservar o bioma aquático.

Com a melhora no padrão das águas residuárias, após o pré-tratamento pelo complexo de filtros lento, é possível o reuso dessas águas em atividades que não exigem água potável, preservando, com isso, as fontes potáveis para o consumo humano e preservação da vida.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, J.M. & HESPANHOL, I. Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água. Cap. 23: Filtração Lenta, São Paulo: CETESB, 20 ed., vol 2, p.869-882., 1979.

DI BERNARDO, L. **Filtração lenta e pré-filtração de águas de abastecimento**. Apostila, Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 1989.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. Vol. 2 Rio de Janeiro: ABES, 1993.

FARIAS, N. J. V. **Desempenho de filtros, com diferentes períodos de amadurecimento, precedidos de pré-filtração em pedregulho no tratamento de águas contendo células tóxicas de *Microcystis aeruginosa***. Dissertação de Mestrado. UNB. 2011.

FERRAZ, F.C., PATERNIANI, J.E.S., Redução da Espessura da Camada Suporte através da Substituição por Mantas Sintéticas Não Tecidas na Filtração Lenta de Água de Abastecimento **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental** – ABES, Vol 7, nº 6 e 7, pg 8 – 15, Jan/Jun 2002.

HESPANHOL, I. Filtração lenta. In: **Técnicas de abastecimento e tratamento de água**, vol. 2. 3ª ed. São Paulo, CETESB, 1987.

HUISMAN, L & WOOD, W.E. **Slow sand filtration**. Geneva, World Health Organization, 1974.

KNOTT J. E. **Palestras sobre Horticultura**. Edição da Reitoria da Universidade de São Paulo, pp. 1 — 213. 1951.

MABWETTE, T.S.A. & GRAHAM, N.J.D. Improving the efficiency of slow sand filtration and separation with non-woven synthetic fabrics. In: **Filtration and separation**, vol. 24.1987.

MELO JÚNIOR, A. S. **Dinâmica da remoção de nutrientes em alagados construídos com *Typha sp.*** Dissertação de Mestrado. UNICAMP. 2003.

MARRARA, D. A. F. **Filtração lenta em areia, manta não tecida e carvão ativado como pós-tratamento de efluentes domésticos e reuso**. Dissertação. UNICAMP. 2005.

NTS 003 – **DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio, Método de Ensaio**. Norma Técnica Interna SABESP, 1997.

Organização das Nações Unidas (ONU). [Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos](#), 2012.

OLIVEIRA, E. C. A. **Avaliação da Remoção de matéria Orgânica na Estação de Tratamento de Esgotos de Ponta Negra/RN**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2005.

PATERNIANI, J.E.S. **Utilização de mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta em areia de águas de abastecimento**. Tese de doutoramento, EESC - USP, 1991.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**, 2 edição, EESC – USP, 1999.

SABESP. **Investigação do esgoto clandestino na zona norte de São Paulo**. 2010.

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental engineering**. 4th ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1994.

TATE, C.H. et al. Health and aesthetic of water quality. In: **Water quality treatment**, 4<sup>th</sup> ed., AWWA, McGraw-Hill Book Co. 1990.