

24º. Encontro Técnico AESABESP

UTILIZAÇÃO DE BIOFILTRO PARA O TRATAMENTO DOS ODORES DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DA RMSP

Allan Saddi Arnesen⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Engenheiro da Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Américo de Oliveira Sampaio

Engenheiro Civil e Sanitarista pela Universidade Mackenzie. Mestre em Hidráulica e Sanitária pela Universidade de São Paulo. Superintendente de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Rua Costa Carvalho, 300, Prédio da Prefeitura – piso superior – Pinheiros – São Paulo – SP - CEP: 05429-900 - País - Tel: +55 (11) 3388-9541 - Fax: +55 (11) 3388-8695 - e-mail: aarnesen@sabesp.com.br.

RESUMO

Diversas estações elevatórias e de tratamento de esgoto (EEEs e ETEs) não contam com sistemas de tratamento de odores ou têm unidades que não operam adequadamente devido aos elevados custos e complexidade de operação. Uma alternativa difundida em países europeus para o tratamento de gases odoríferos (especialmente o H₂S) de EEEs e ETEs são os biofiltros. Esta técnica consiste na passagem dos gases odoríferos através de um meio suporte, geralmente constituídos por materiais orgânicos e inorgânicos, onde os microorganismos ficam aderidos na forma de biofilme. O presente trabalho apresenta um projeto piloto desenvolvido pela Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (TX) da SABESP, em parceria com a Unidade de Negócios de Tratamento de Esgotos da Metropolitana (MT), para tratar os gases odoríferos emitidos na estação elevatória final da Estação de Tratamento de Esgoto de São Miguel, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Esta unidade foi instalada em Agosto de 2012 e têm apresentado bons resultados de eficiência de remoção de H₂S e comprovado sua simplicidade operacional.

PALAVRAS-CHAVE: biofiltração, gases odoríferos e esgoto sanitário.

INTRODUÇÃO

Até o passado recente a concepção da maioria dos projetos de sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário não previa a instalação de unidades para tratamento de odores. Por isto, os sistemas de esgotamento sanitário existentes apresentam vários pontos de liberação de gases odoríferos desagradáveis que causam incômodo à população do entorno. As tecnologias atuais para controle de odores podem ser categorizadas em 2 tipos: a) introdução de agentes químicos no meio líquido (oxigênio puro, nitrato de amônia e peróxido de hidrogênio); e b) exaustão e tratamento dos gases odoríferos confinados em unidades de bombeamento e tratamento de esgoto (filtros de adsorção, lavadores químicos de gás e biofiltração). O primeiro tipo vem sendo largamente utilizado pela Sabesp na Baixada Santista, mas tem como principais desvantagens a elevada complexidade de ajuste da dosagem de produtos químicos e os altos custos para sua aquisição. As unidades de tratamento dos gases confinados mais utilizadas pela Sabesp (lavagem química de gás) apresentam elevada complexidade operacional, e em sua maioria se encontram fora de funcionamento.

Por este motivo, a Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (TX) da SABESP desenvolveu um projeto piloto para utilizar a técnica de biofiltração, tecnologia consolidada e largamente utilizada para o tratamento do odor de esgoto na Europa. A técnica de desodorização por biofiltração consiste na passagem do ar com gases odoríferos através de um meio suporte, geralmente constituídos por materiais orgânicos e inorgânicos, onde os microorganismos ficam aderidos na forma de biofilme. Diversos trabalhos relataram a boa eficiência destas unidades para o tratamento dos gases odoríferos (como o gás sulfídrico, H₂S) liberados em unidades de tratamento de esgoto sanitário (BELLI & LISBOA, 1996; CARVALHO et al., 2001).

Esta técnica é vantajosa em relação aos lavadores de gás devido a sua maior simplicidade de operação e aos menores custos de implantação e manutenção, entretanto tem como desvantagem a necessidade de maior área para sua implantação. A TX, em parceria com a Unidade de Negócios de Tratamento de Esgotos da Metropolitana (MT), implantou um biofiltro de tratamento de gases odoríferos na estação elevatória final da Estação de Tratamento de Esgoto de São Miguel, na RMSP.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados preliminares da operação de um sistema de biofiltração implantado na ETE São Miguel (SP) para tratar gases odoríferos, em especial o H₂S, emitidos na estação elevatória de esgoto bruto.

MATERIAIS E MÉTODOS

O biofiltro foi projetado seguindo as recomendações da Norma Técnica ABNT NBR 12.209 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgoto sanitários – e artigos técnico-científicos que adotaram este tipo de tratamento de odores de ETEs (BELLI FILHO & LISBOA, 1996; CARVALHO et al., 2001; CHENICHARO, 2011).

O protótipo foi construído por meio de adequações feitas em um contêiner marítimo modelo *dry Box* de 20 pés (Figuras 1 e 2). O meio filtrante é constituído por duas camadas: a) camada de brita n° 2 de 30 cm de espessura (inferior); e b) camada composta pela mistura de turfa de fibra de coco e cavaco de madeira, sendo aproximadamente 50% em volume para cada material. A turfa de fibra de coco é produzida pela Empresa Yagasai que coleta, transporta e processa cascas de coco produzidas na cidade de São Paulo. A adição do cavaco de madeira foi realizada para aumentar o índice de vazios do meio suporte e, conseqüentemente, prolongar a vida útil do biofiltro sem a necessidade de aumento do consumo energético devido à compactação do meio ao longo do tempo.

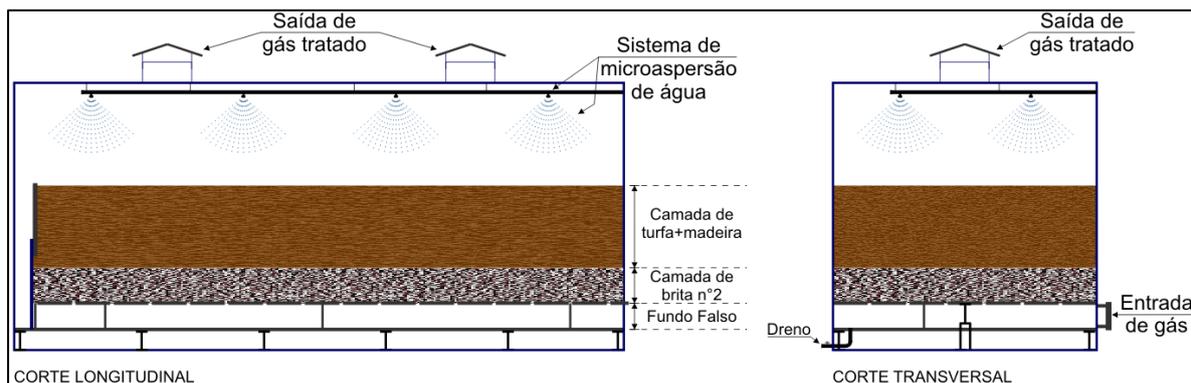


Figura 1 – Croqui do biofiltro instalado na ETE São Miguel.

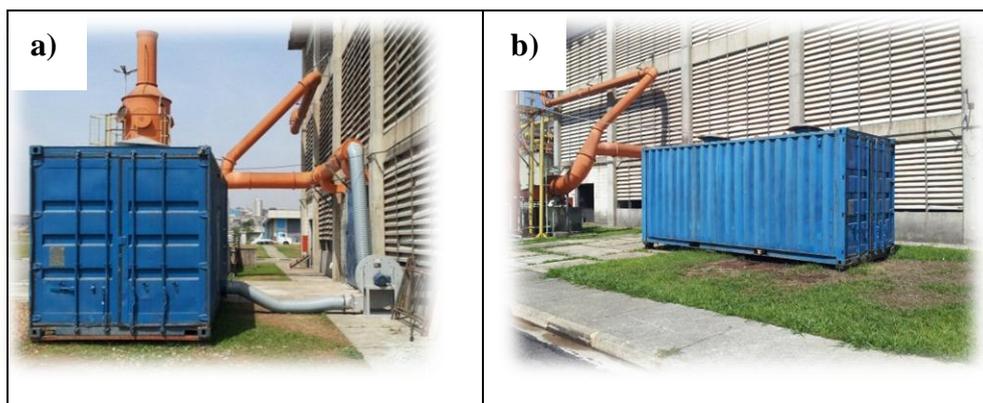


Figura 2 – Biofiltro construído em contêiner marítimo. Em (a) é possível visualizar o ventilador industrial que conduz os gases odoríferos da EEE ao biofiltro.

A exaustão dos gases do poço de sucção e do compartimento de descarga da linha de recalque da EEE é realizada por um ventilador centrífugo de fibra de vidro, especificado para atender a vazão de projeto do biofiltro (1.300 m³/h) com uma pressão na saída do exaustor de 325 mmca, com tubulações de sucção e recalque de 300 mm e 250 mm, respectivamente. No painel elétrico de controle do exaustor, foi incluído um variador de velocidade para possibilitar o controle da vazão de gases ao longo da vida útil do biofiltro. Para monitorar as perdas de carga na linha de recalque e no meio filtrante foram instalados manômetros em 'U' na tubulação de recalque e na lateral externa do biofiltro, respectivamente (Figura 3c).

Foi instalado um sistema de irrigação de água potável superficial por microaspersão para manutenção da umidade do meio filtrante. A literatura recomenda uma umidade do meio suporte entre 40% e 60% para o desenvolvimento das bactérias, e sugere uma taxa de irrigação superficial de 25 L/m².dia (CHENICHARO et al., 2011). Para simplificar a operação do biofiltro, a irrigação é ativada automaticamente por meio de um timer uma vez ao dia.



Figura 3 – a) Materiais que constituem a camada superior do biofiltro (antes da mistura e inseridos no contêiner); b) Amostra do meio suporte (mistura de turfa de coco e cavaco de madeira) coletada durante a operação; e c) Manômetros em ‘U’ da tubulação de recalque e após o meio filtrante.

O biofiltro foi instalado no dia 23/08/12 e passou por um período de ajustes até o final do mês de Outubro, sendo que as principais adequações foram nos sistemas de irrigação e de exaustão dos gases odoríferos.

No intuito de identificar a demanda de água do meio filtrante adotado e adequar sua umidade à faixa recomendada pela NBR 12.209/11, foi monitorada a umidade relativa da camada superior do biofiltro (turfa de coco e cavaco de madeira), utilizando-se uma balança de infravermelho (Figura 4a). Para ajuste da taxa de irrigação adequada para o meio filtrante adotado, também foram medidos em algumas ocasiões os volumes excedentes de água acumulados no fundo falso do contêiner. Deve-se destacar que é importante ter certo excedente de água no fundo falso para garantir que a brita fique umidificada, conforme recomendado pela NBR 12.209/11 (a umidade da brita foi verificada por orifício na lateral do contêiner - Figura 4b).

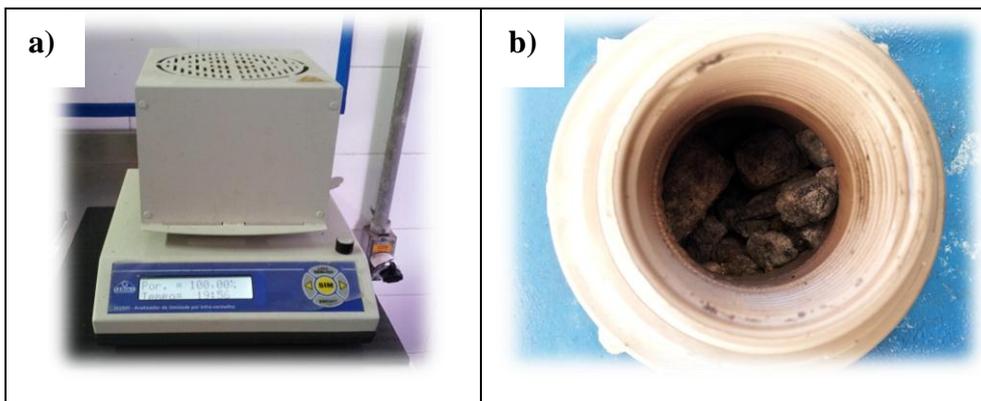


Figura 4 – a) Balança de infravermelho utilizada para estimar a umidade da camada superior do meio filtrante durante a fase de ajustes do biofiltro. b) Verificação da umidade da brita pelo orifício na lateral do contêiner.

O ajuste necessário no sistema de exaustão foi o aumento da perda de carga na linha de recalque do gás através de uma placa de orifício de borracha. Esta teve que ser inserida porque a soma das perdas de no meio filtrante estavam inferiores à esperada, o que resultava em uma vazão muito superior à de projeto. Para adequar a vazão à projetada (1.300 m³/h), realizou-se um teste de variação de frequência do exaustor e medição da perda de carga na linha de recalque do biofiltro.

Depois de realizados os ajustes mencionados, iniciou-se o monitoramento regular dos seguintes parâmetros: volume de água irrigada (medido através de hidrômetro), perdas de carga na entrada do biofiltro e no meio filtrante (para garantir o atendimento da vazão de projeto), concentração de H₂S na entrada e na saída do biofiltro (com equipamentos de saúde ocupacional – Figura 5), relação C/N do material orgânico (turfa de coco). A Tabela 1 apresenta os parâmetros monitorados e as respectivas frequências de monitoramento.

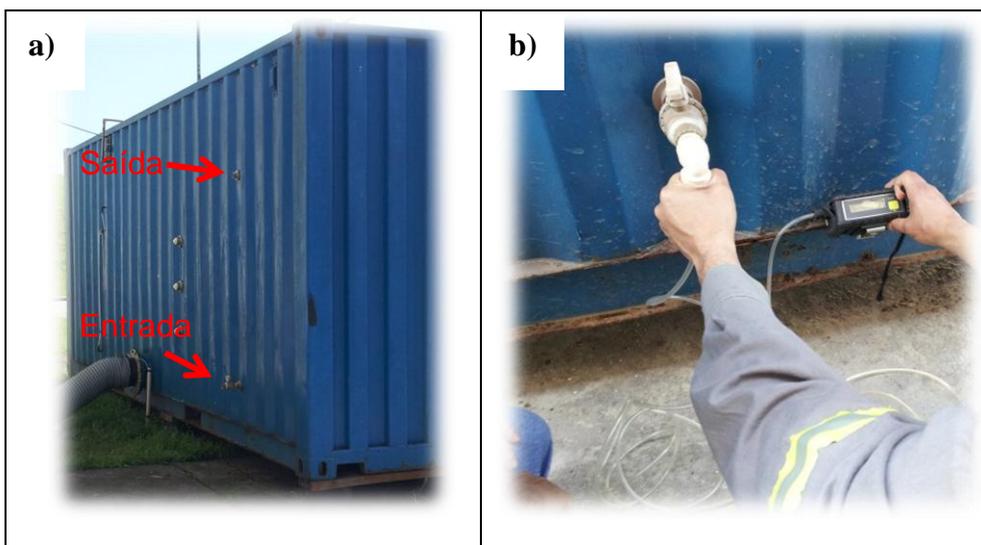


Figura 5 – Monitoramento da eficiência de remoção de H₂S do biofiltro. Em (a) estão apresentados os pontos de monitoramento (entrada e saída); em (b) medição sendo realizada com analisador de H₂S de saúde ocupacional.

Tabela 1: Parâmetros monitorados e frequências de monitoramento.

PARÂMETROS	TÉCNICA/EQUIPAMENTO	FREQUÊNCIA
Volume de água irrigada	Hidrômetro	2 vezes por mês
Perdas de carga na entrada e no meio filtrante	Manômetros em U	2 vezes por mês
Concentração de H ₂ S na entrada e na saída do biofiltro	Analizador da concentração de H ₂ S (em ppm)	2 vezes por mês
Relação C/N do material orgânico (turfa de coco)	Método de determinação*: N-Kjeldahl; C Org: Walkley-Black	1 vez por semestre

* Análise realizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

RESULTADOS

Durante o período de ajustes (Agosto a Outubro/2012), a umidade do meio filtrante foi monitorada e, com o objetivo de adequar a umidade do meio filtrante à recomendada pela literatura. Como a umidade do meio estava acima da recomendada (em torno de 80% - Figura 6), a irrigação foi drasticamente reduzida para que o meio atingisse a faixa indicada pela Norma.

Entretanto, ao longo deste período inicial, constatou-se que a turfa de fibra de coco apresenta uma elevada capacidade de retenção de umidade, sendo que a umidade no meio não foi reduzida nem mesmo com significativa redução da água irrigada. Esta elevada retenção de umidade da fibra de coco também foi verificado no trabalho de Pagans et al. (2006), que comparou cinco materiais orgânicos (compostagem, fibra de coco, cascas de vegetais, resíduos de poda e turfa natural) aplicados para o tratamento de gases odoríferos pela técnica de biofiltração (características apresentadas na Tabela 2). Dentre estes materiais, a fibra de coco foi o que apresentou a maior retenção de umidade, com uma umidade de 77,6%.

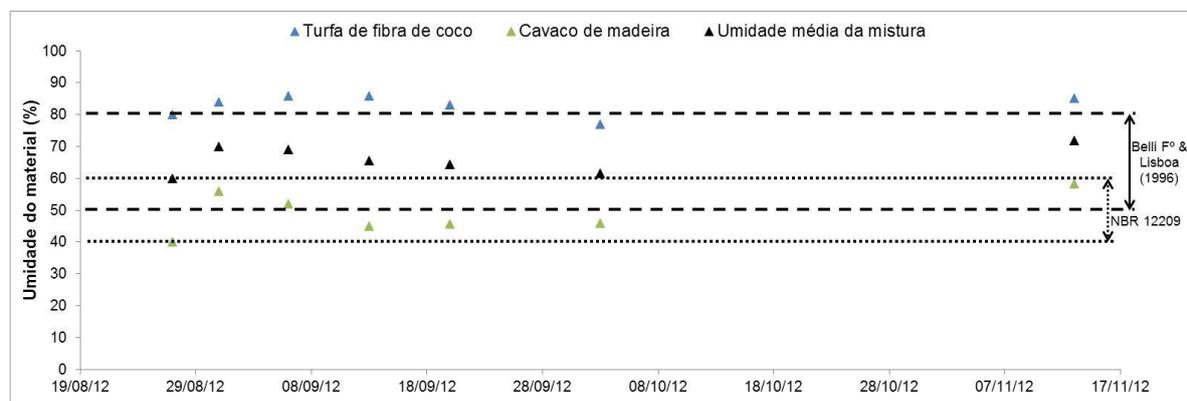


Figura 6 – Gráfico de monitoramento da umidade do meio filtrante durante o período de ajustes do biofiltro.

Tabela 2: Características de materiais orgânicos utilizados para biofiltração.

FONTE: Pagans et al. (2006)

MATERIAL ORGÂNICO	UMIDADE RELATIVA (%)	MATÉRIA ORGÂNICA* (%)	pH	Condutividade elétrica (mS/cm)
Compostagem	38,1	47,8	7,1	5,42
Resíduos de poda	54,3	55,9	7,5	1,52
Casca de vegetais	59,5	68,9	6,6	0,74
Turfa natural	69,6	47,0	7,0	0,50
Fibra de coco	77,6	98,1	6,8	7,58

Após identificar-se que a turfa de fibra de coco trabalha em uma umidade superior à indicada pela Norma, mas que segundo a bibliografia possibilita o crescimento microbiano - Belli Filho & Lisboa (1996) indicam uma faixa mais ampla de umidade de 50 a 80% (ver Figura 6), a taxa de irrigação ajustada pôde ser consideravelmente inferior à recomendada pela literatura (3,8 L/m².dia, ao invés de 25 L/m².dia). Com esta

taxa de irrigação o volume diário despejado é inferior a 50 L/dia (ao invés dos 300 L/dia iniciais), possibilitando economia de água.

Outro importante aspecto verificado no período de ajustes foi a perda de carga no meio filtrante inferior à esperada, resultando em uma vazão de exaustão superior à vazão de projeto (1300 m³/h). No início, mesmo com a menor frequência do exaustor (aprox. 35 Hz) a perda de carga no meio filtrante próxima de 10 mm e a perda total (H_{man} = sucção + entrada + meio filtrante) era de aproximadamente 30 mmca, implicando em uma vazão superior a 2200 m³/h. Para adequar a vazão à projetada, foi inserida uma placa de orifício na entrada do biofiltro, de modo que a soma das perdas de carga na entrada e no meio filtrante do biofiltro aumentasse.

Após este ajuste, a soma da perda de carga na entrada e no meio filtrante para uma frequência de 35 Hz passou para 80 mmca e a perda total subiu para 100 mmca, e a vazão foi reduzida para aproximadamente 1.300 m³/h, conforme se pode verificar nas curvas Vazão X H_{man} (Figura 7).

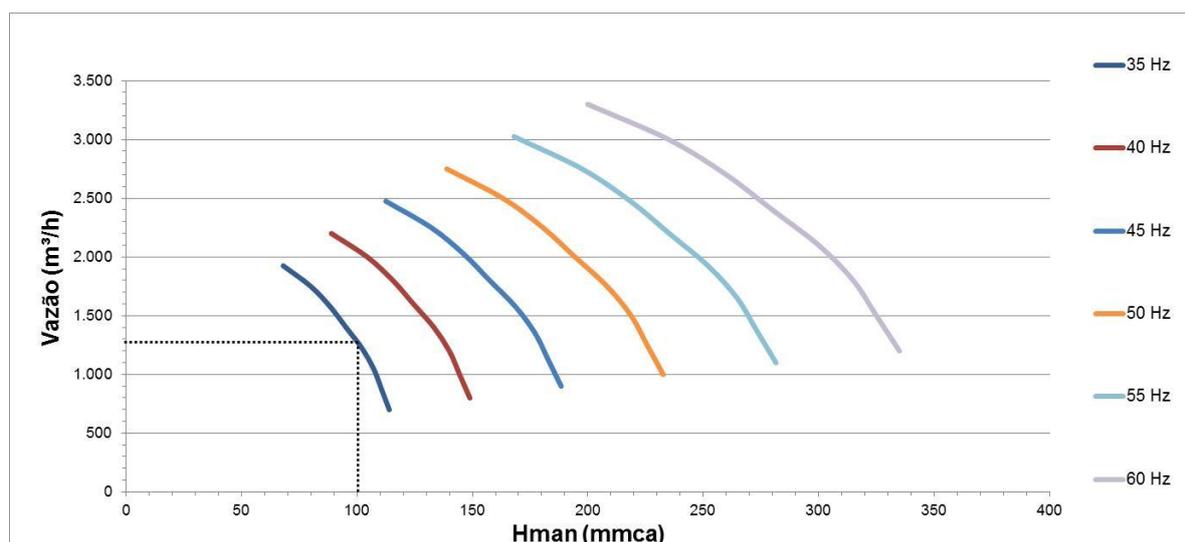


Figura 7 – Curvas Vazão X H_{man} do exaustor para diferentes frequências.

Fonte: SIEL – Sistemas Industriais de Exaustão Ltda.

Também foi realizado um teste de variação de frequências para analisar as perdas de carga do sistema no atual momento do biofiltro. Este teste possibilitará avaliar futuramente os valores de perda de carga para identificar a necessidade de adoção de uma nova frequência de operação do exaustor. Os resultados de perdas de carga e dos valores de vazão equivalentes estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados do teste de variação da frequência do exaustor realizado dia 01/01/13.

FREQUÊNCIA (HZ)	PERDA DE CARGA - MEIO FILTRANTE (mmca)	PERDA DE CARGA - ENTRADA+MEIO (mmca)	VAZÃO (m ³ /h)
35	1	80	1267
40	2	100	1722
45	2	120	2155
50	2	150	2433
55	2	183	2710
60	3	215	3028

A partir do início de Novembro 2012, as concentrações de H₂S na entrada (fundo falso) e de saída (após o meio filtrante) foram monitoradas para estimar a eficiência do biofiltro para remoção deste gás (Figura 8). Observou-se que em ocasiões de falha dos fornecimentos de água ou gases odoríferos, devido a quedas de energia, entupimento dos bicos aspersores ou interrupções para realização de manutenção na rede de água da ETE, a eficiência do biofiltro caiu para 50%. Segundo Lagans et al. (2006), na ausência de água o fenômeno

predominante é a adsorção, enquanto que com o aumento da umidade no meio a absorção ganha grande importância na remoção de nutrientes, aumentando a eficiência do sistema. Aliando a estes fenômenos o desenvolvimento da comunidade microbiana, dependente da umidade do meio e do fornecimento de gases odoríferos, é possível alcançar uma boa eficiência (acima de 80%) para abatimento do H₂S.

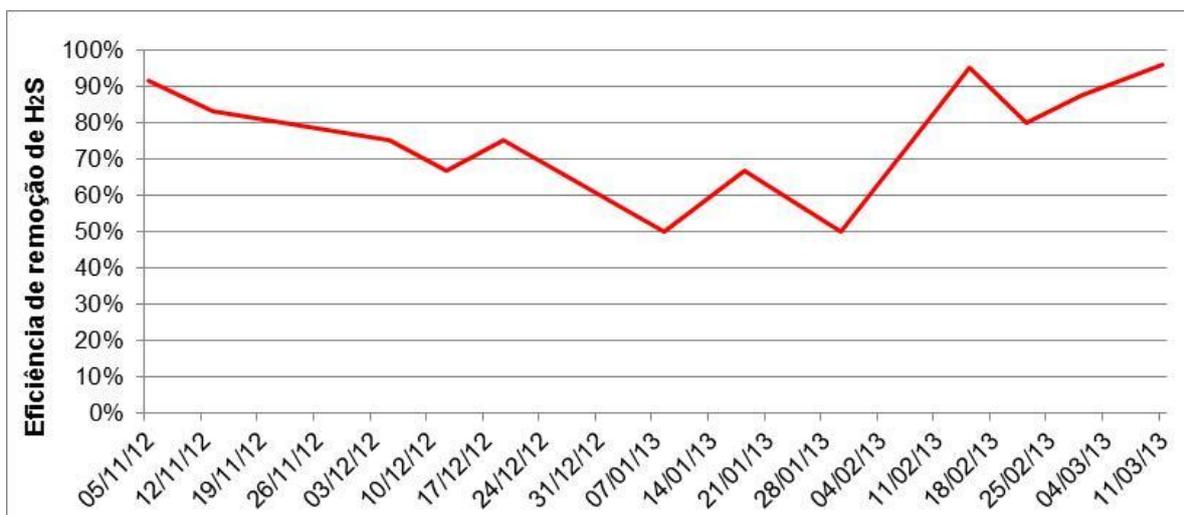


Figura 8 – Resultados do monitoramento da eficiência de remoção de H₂S pelo biofiltro.

A análise da relação C/N realizada pelo IAC indicou um valor de 23,2 (sendo 18,6 g/Kg de Nitrogênio total e 430,8 g/Kg de Carbono Orgânico). Este valor será utilizado como referência inicial da relação C/N para futuramente detectar o decaimento de nitrogênio disponível às bactérias e ter-se um indicador da necessidade de troca do meio filtrante ou adição de nutrientes.

CONCLUSÃO

As principais conclusões após os seis meses iniciais de operação do biofiltro são:

- A taxa de irrigação necessária para o biofiltro preenchido com turfa de fibra de coco e cavaco de madeira é muito inferior ao indicado pela literatura, o que possibilita economia de água potável (redução de 340 L/dia para menos de 50 L/dia);
- A perda de carga neste meio filtrante também é inferior à esperada, o que possibilitará dimensionar exaustores com potências menores e, conseqüentemente, implicando em economia energética; e
- O biofiltro apresenta eficiência acima de 80% para a remoção de H₂S, desde que os fornecimentos de água irrigada e gases odorantes sejam regulares.

RECOMENDAÇÕES

Foram identificados aspectos importantes neste trabalho que podem servir de subsídio para o desenvolvimento de unidades similares, especialmente a necessidade de fornecimento regular de água e gases odorantes. Para evitar interrupções no fornecimento de água, propõe-se para futuros projetos a instalação de um filtro no sistema de irrigação, visando evitar a ocorrência de entupimentos dos bicos aspersores.

Outro ponto importante que deve ser previsto nos projetos é a inclusão de um variador de velocidade no painel de controle do exaustor, de forma que seja possível ajustar a vazão de acordo com a variação da perda de carga na linha de recalque do sistema.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a colaboração da Divisão de Operação e Manutenção da ETE São Miguel (MTM), especialmente dos colaboradores Selma Regina de Souza, José Dias Barbosa Filho, Hamilton Bernardo de Lima e Carlos Ernandes Costa, na operação e monitoramento do biofiltro. Também agradece à Empresa Yagasai pelo fornecimento da turfa de fibra de coco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 12.209 - Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários. 2 ed. 2011.
2. BELLI FILHO, P.; LISBOA, H. M. Odor e desodorização de estações de tratamento de efluentes líquidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, Rio de Janeiro – Brasil. 1999.
3. CARVALHO, C. M. et al. Biofiltração para desodorização em reatores anaeróbios. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, João Pessoa – Brasil. 2001.
4. CHENICHARO, C.A.L.; STUETZ, R.M.; SOUZA, C.L.; MELO, G.C.B. Contribuição para o projeto de biofiltros aplicados ao tratamento de emissões odoríferos provenientes de reatores anaeróbios. Revista DAE, v.186, Nota técnica, p. 56-62. 2011.
5. PAGANS, E., FONT, X., SÁNCHEZ, A. Adsorption, Absorption, and Biological Degradation of Ammonia in Different Biofilter Organic Media. Biotechnology and Bioengineering, v.97, n.3, p.515-525, jun. 2007.