

X-032 - TRATAMENTO DOS GASES ODORANTES DE EEE E ETE POR BIOFILTRAÇÃO

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⁽¹⁾

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

A técnica de desodorização por biofiltração consiste na passagem do ar com gases odorantes através de um meio suporte, geralmente constituído por materiais orgânicos e inorgânicos, onde os microrganismos ficam aderidos na forma de biofilme. Comparados a outras unidades de tratamento de gases confinados (como as torres lavadoras de gases), os biofiltros apresentam como vantagens a maior simplicidade operacional, os menores custos de implantação e operação (CAPEX e OPEX, respectivamente) e a não geração de resíduos químicos que precisem ser tratados e destinados adequadamente. Neste contexto, este trabalho apresenta um biofiltro implantado na Estação de Tratamento de Esgoto de São Miguel, na Região Metropolitana de São Paulo, para tratar os gases odorantes (especialmente o H_2S) emitidos na estação elevatória de esgoto bruto. Também é apresentada uma avaliação dos custos de investimento e operacionais (CAPEX e OPEX) desta unidade, comparando-os com os custos de uma torre lavadora de gases. Os resultados da operação do biofiltro demonstram que esta alternativa é aproximadamente 35% mais econômica que a torre lavadora de gases, além de comprovar sua simplicidade operacional e elevada capacidade de remoção de H_2S .

PALAVRAS-CHAVE: Gás sulfídrico, esgoto sanitário, tratamento de odor, biofiltro.

INTRODUÇÃO

A maioria dos atuais sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário não apresenta unidades de tratamento de odor e, conseqüentemente, libera gases odorantes desagradáveis à atmosfera que causam incômodo à população do entorno. Dentre os gases odorantes produzidos nos sistemas de esgoto, destaca-se o gás sulfídrico (H_2S). Em condições de anaerobiose, as bactérias do gênero *Desulphovibrio desulphuricans* reduzem o sulfato presente no esgoto sanitário a sulfeto.

Além do incômodo à população do entorno das estações elevatórias e de tratamento de esgoto (EEEs e ETes), a liberação deste gás em altas concentrações pode provocar problemas de toxicidade aguda aos operadores dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto e causa corrosão nas estruturas (especialmente as de cimento e metais, reduzindo sua vida útil). Sendo assim, o interesse no tratamento dos gases emitidos em EEEs e ETes tem aumentado nas companhias de saneamento brasileiras.

As tecnologias atuais para controle de odores podem ser categorizadas em 2 tipos: a) introdução de agentes químicos diretamente no esgoto em pontos localizados à montante de unidades que liberam odores desagradáveis; e b) confinamento e posterior oxidação ou adsorção dos gases odorantes emitidos nas unidades de bombeamento e tratamento de esgoto.

Dentre os agentes químicos adicionados ao esgoto, destacam-se o oxigênio puro, o nitrato de amônia e o peróxido de hidrogênio (Tabela 1). A aplicação destes agentes químicos tem como vantagem não necessitar de reatores exclusivos para minimizar a emissão de H_2S (economia de área), mas apresenta como desvantagens a elevada complexidade de dosagem de produtos químicos e os altos custos para sua aquisição.

Tabela 1: Mecanismos básicos dos agentes químicos adicionados no esgoto para evitar a liberação de gases odorantes. Fonte: Pivelli & Kato, 2005.

AGENTE QUÍMICO	MECANISMO BÁSICO
Oxigênio puro	Tem a função de impedir condições de anaerobiose e, consequentemente, evitar a produção de sulfeto
Nitrato de amônia	Funciona comoceptor nas reações de oxidação biológica, ao invés do sulfato, evitando a produção de sulfeto
Peróxido de hidrogênio	Oxida o sulfeto produzido

Já na categoria de tratamento dos gases odorantes confinados, uma das soluções mais empregadas é a torre lavadora de gases. Estas unidades forçam o contato dos gases com reagentes químicos que oxidam ou absorvem os compostos odorantes. No entanto, apresentam elevada complexidade operacional, pois necessitam de dispositivos e operadores para controlar constantemente a dosagem das soluções químicas aplicadas. Esta difícil operação leva ao abandono desta técnica em muitas EEEs e ETEs.

A técnica de desodorização por biofiltração consiste na passagem do ar com gases odorantes através de um meio suporte, geralmente constituído por materiais orgânicos e inorgânicos, onde os microrganismos ficam aderidos na forma de biofilme. Diversos trabalhos científicos relataram a boa eficiência destas unidades para o tratamento dos gases odorantes (como o H_2S) liberados em unidades de tratamento de esgoto sanitário (BELLI FILHO & LISBOA, 1999; CARVALHO et al., 2001). Apesar de demandar uma maior área para sua implantação do que as torres lavadoras, esta técnica possui como principais vantagens: a) menores custos de investimento e operação (CAPEX e OPEX); b) maior simplicidade de operação e manutenção; e c) não geração de resíduos químicos que precisem ser tratados e destinados adequadamente. A Tabela 2 apresenta os mecanismos básicos de tratamento dos gases confinados pelas técnicas de torre lavadora e biofiltração.

Tabela 2: Mecanismos básicos das unidades de torre lavadora e biofiltro para remoção de odor dos gases confinados.

UNIDADE	MECANISMO BÁSICO
Torre Lavadora	Os compostos odorantes são oxidados através do contato dos gases transportados à torre lavadora com agentes químicos (como por exemplo, hipoclorito de sódio, hidróxido de sódio, permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio)
Biofiltro	Além do princípio de adsorção dos gases odorantes no meio filtrante, ocorre a oxidação dos gases odorantes pelos microrganismos aderidos no meio, especialmente as bactérias do gênero <i>Thiobacillus</i> (que convertem H_2S em H_2SO_4)

Como a produção de odores em EEEs e ETEs é um problema ainda não solucionado em diversas instalações da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP -, foi desenvolvido um protótipo em escala real para avaliar a técnica de biofiltração para tratamento dos gases odorantes liberados na estação elevatória final da Estação de Tratamento de Esgoto de São Miguel, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da operação de um biofiltro implantado na ETE São Miguel (SP) para tratar gases odorantes, em especial o H_2S , emitidos na estação elevatória de esgoto bruto. Também é apresentada uma avaliação dos custos de investimento e operacionais (CAPEX e OPEX) desta unidade, comparando-os com os custos de uma torre lavadora de gases.

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, 1999; CARVALHO et al., 2001; CHERNICHARO, 2011).

O protótipo foi construído por meio de adequações feitas em um contêiner marítimo modelo *dry Box* de 20 pés (Figuras 1 e 2), tais como: a) construções de um fundo falso (grade de fibra de vidro e pontos de apoio), de chaminés para saída dos gases tratados, de um orifício para recebimento dos gases exauridos do poço de

sucção; b) revestimento interno do contêiner com tinta anticorrosiva (remoção da tinta + pintura com tinta epóxi); e c) instalação de dispositivos de controle de perda de carga (manômetros em 'U').

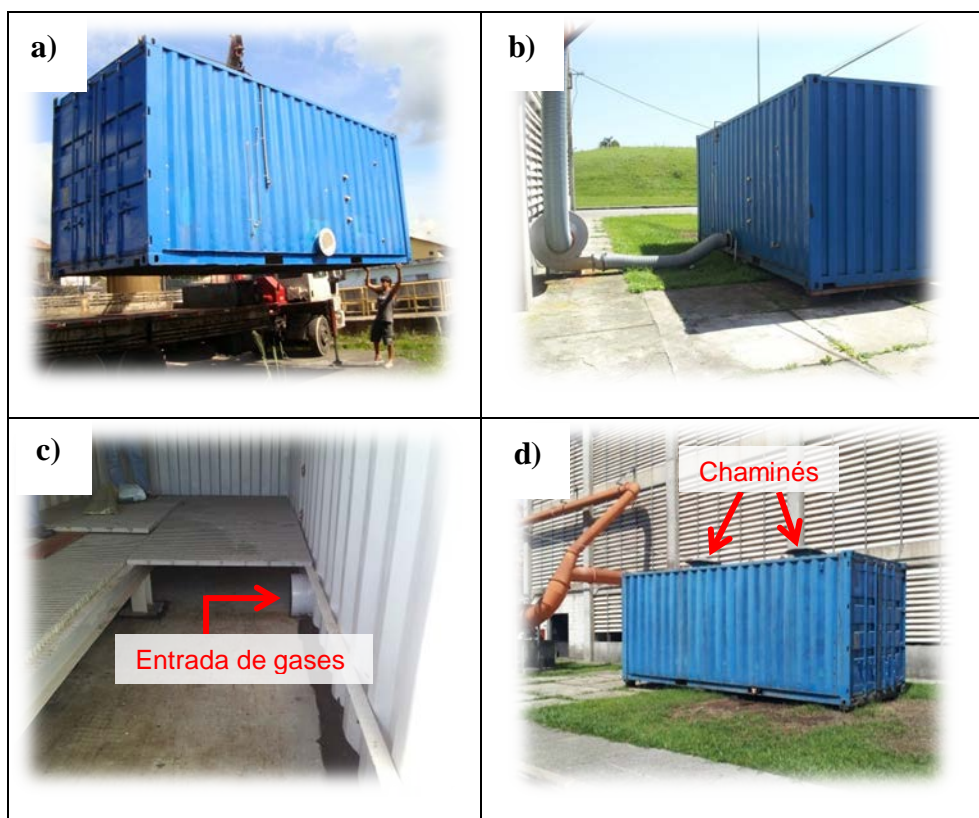


Figura 1 – Biofiltro construído com adaptações em contêiner marítimo. Em (b) é possível visualizar o ventilador centrífugo que conduz os gases odorantes da EEE ao biofiltro; em (c) é apresentado o fundo falso com destaque para o ponto de entrada dos gases odorantes; e em (d) são apresentadas as localizações das chaminés para saída dos gases tratados.

O meio filtrante é constituído por duas camadas: a) camada de brita nº 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 por meio de um processamento realizado nas 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.

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. A perda de carga na linha de recalque e no meio filtrante foram monitorados por manômetros em 'U' na tubulação de recalque e na lateral externa do biofiltro.

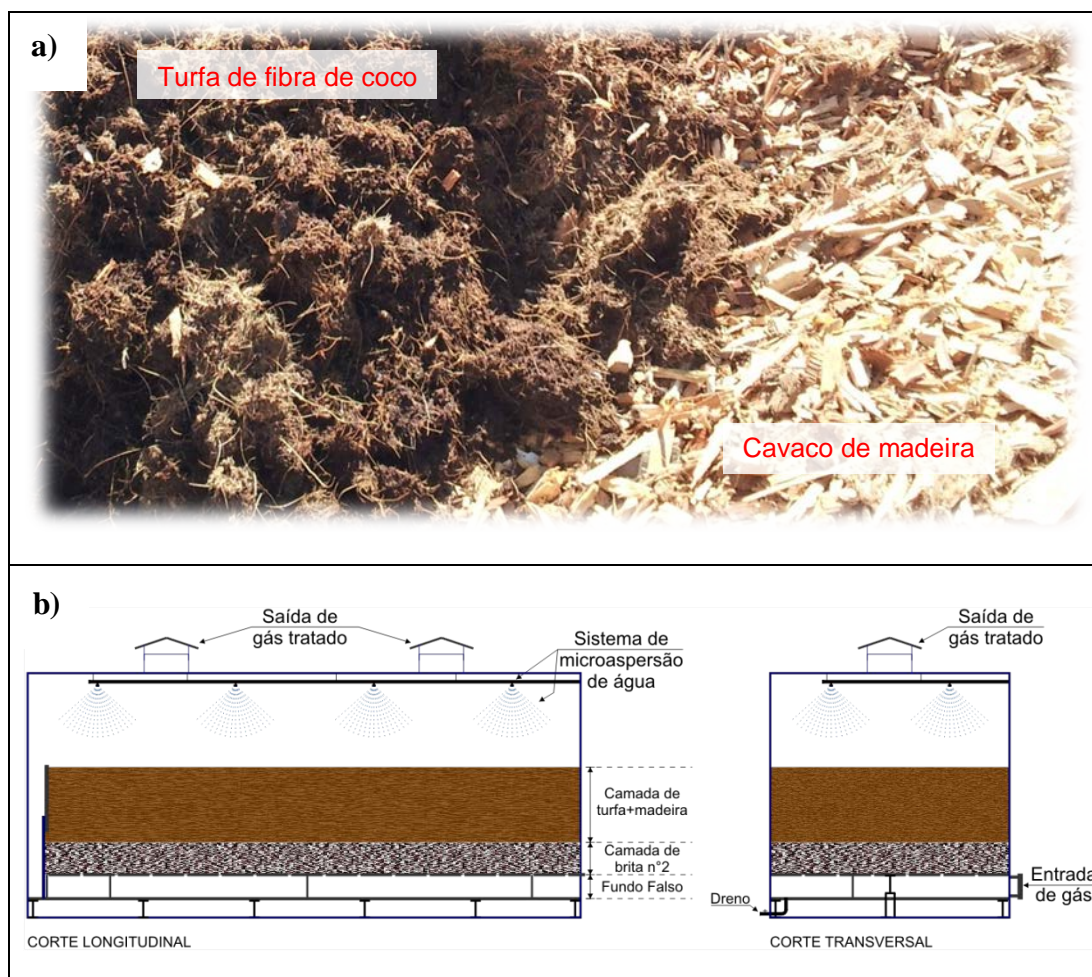


Figura 2 – a) Meios filtrantes utilizados na camada superior do biofiltro; e b) croqui do protótipo instalado na ETE São Miguel.

Foi instalado um sistema de irrigação superficial de água potável superficial por microaspersão para manutenção da umidade do meio filtrante. Este sistema consiste em quatro microaspersores do tipo bailarina localizadas no teto do contêiner espaçadas 1,5 m entre si (Figura 3). 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 (CHERNICHARO et al., 2011). Para a área superficial do biofiltro, esta taxa implicava em um volume diário irrigado de 330 L/dia, o qual foi inicialmente aplicado. Para simplificar a operação do biofiltro, a irrigação é ativada automaticamente uma vez ao dia por meio de um timer instalado no painel elétrico de controle da unidade. A água excedente acumulada no fundo falso é drenada periodicamente e destinada à entrada da ETE.

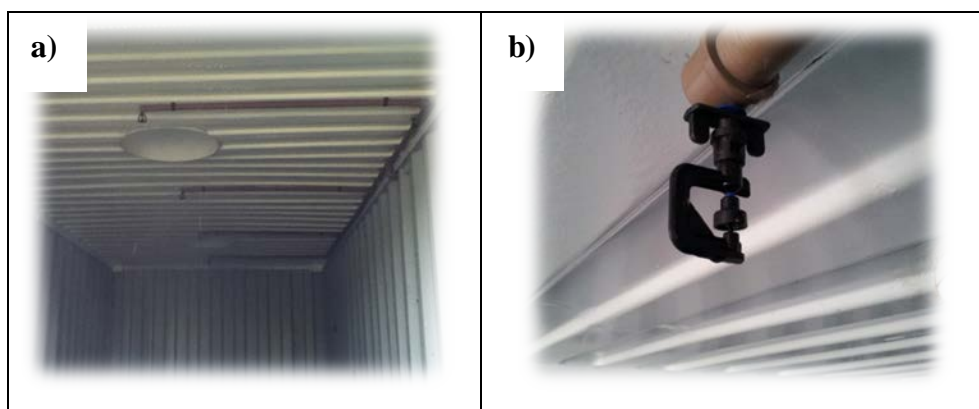


Figura 3 – Sistema de irrigação superficial utilizado no protótipo. Em (a) aparecem os quatro pontos de saída de água; e em (b) está apresentado em detalhe um dos microaspersores do tipo bailarina.

Após todas as adequações necessárias no contêiner marítimo, o preenchimento desta unidade com todo o material filtrante (duas camadas) foi realizada rapidamente em aproximadamente 4 horas, utilizando uma pá carregadeira, no dia 23/08/12.

A unidade passou por um período de ajustes até o final do mês de Outubro/12, sendo que as principais adequações foram nos sistemas de irrigação e de exaustão dos gases odorantes. No intuito de identificar a demanda de água do meio filtrante 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) durante este período, utilizando-se uma balança de infravermelho. 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.

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 (Figura 4). Esta teve que ser inserida porque a soma das perdas de carga no meio filtrante e na entrada do contêiner estava inferior 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.

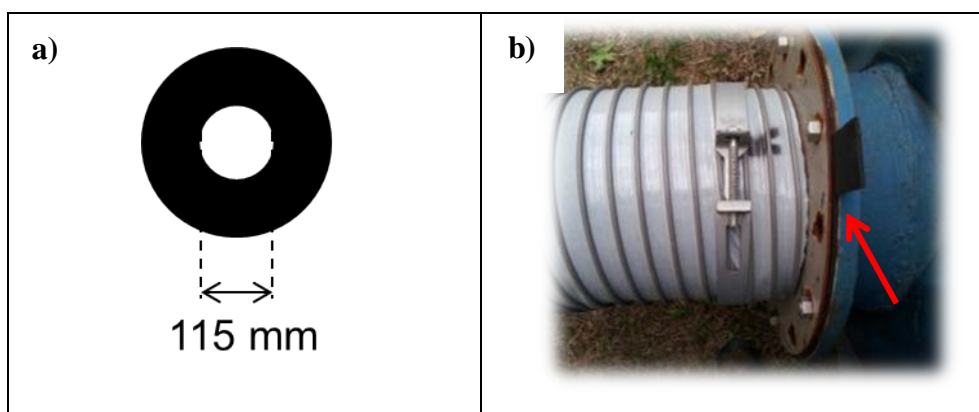


Figura 4 – a) Esquema representativo da placa de orifício de borracha utilizada; e b) local onde a placa de orifício foi introduzida na entrada do biofiltro.

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 equipamento de saúde ocupacional – Figura 5) e relação C/N do material orgânico (turfa de coco). A Tabela 3 apresenta os parâmetros monitorados e as respectivas frequências de monitoramento.

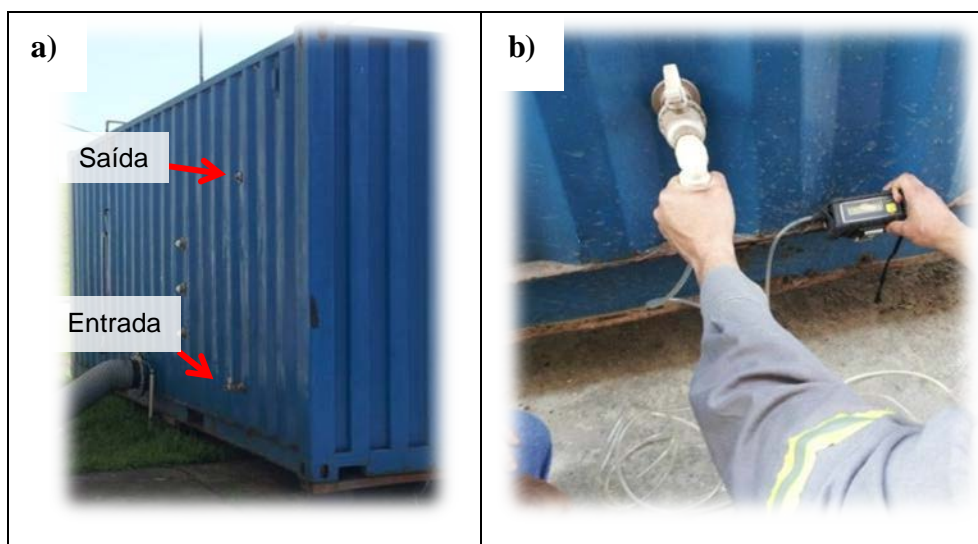


Figura 5 – Monitoramento das concentrações de H_2S na entrada (fundo falso) e na saída (após passar pelo meio filtrante) do biofiltro. Em (a) estão apresentados os pontos de monitoramento; e em (b) medição sendo realizada com analisador de H_2S de saúde ocupacional.

Tabela 3: Parâmetros monitorados, técnicas/equipamentos utilizados 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_2S na entrada e na saída do biofiltro	Analisador da concentração de H_2S (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).

Os custos de implantação (CAPEX) considerados para os dois sistemas foram levantados no ano em que o protótipo foi projetado (2010). Os custos de operação (OPEX) da torre lavadora de gases compreenderam energia elétrica, manutenção e produtos químicos (hipoclorito de sódio e hidróxido de sódio). Já o OPEX do biofiltro compreendeu energia elétrica, manutenção e renovação do meio suporte (que o projeto assumiu sua substituição a cada dois anos e foram incluídos os custos com mão-de-obra para substituição do mesmo).

Para avaliar os custos de implantação e de operação da torre lavadora e do biofiltro foram utilizados os seguintes dados:

- taxa de desconto de 8,06% ao ano;
- vida útil de 10 anos;
- sem valor residual;
- custo de manutenção de 2% do valor dos equipamentos;
- tarifa de energia elétrica: R\$ 0,22 por kW.h (ETE São Miguel);
- produtos químicos: preço da última compra da Sabesp;
- capacidade do sistema de controle de odor: 1.300 m³/h;

RESULTADOS

Durante o período de ajustes (Agosto a Outubro/2012), a umidade do meio filtrante foi monitorada com o objetivo de adequar a umidade do meio filtrante à recomendada pela NBR 12.209/2011. 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.

No entanto, 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. (2007), que comparou cinco materiais orgânicos (composto orgânico, fibra de coco, cascas de vegetais, resíduos de poda e turfa natural) aplicados para o tratamento de gases odorantes pela técnica de biofiltração (características apresentadas na Tabela 4). Dentre estes materiais, a fibra de coco foi o que apresentou a maior retenção de umidade, com uma umidade de 77,6%.

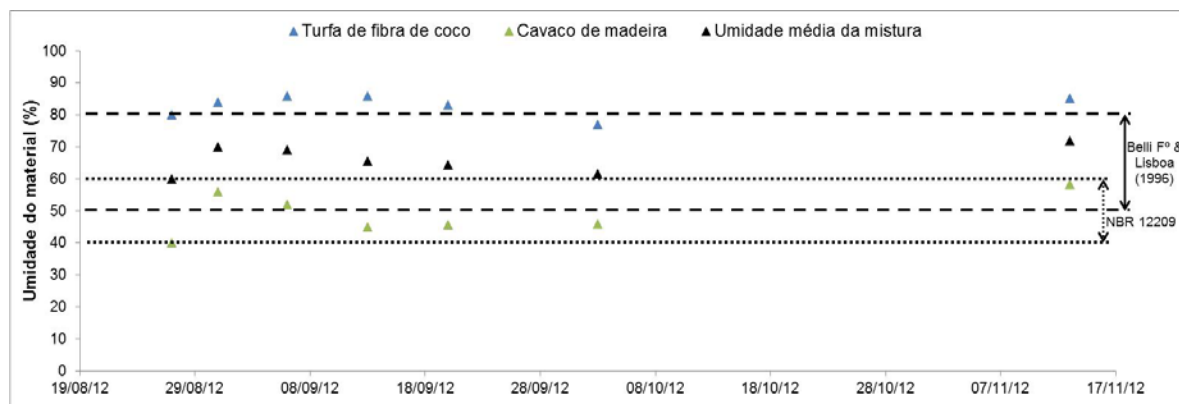


Figura 6 – Gráfico de monitoramento da umidade do meio filtrante durante o período de ajustes do biofiltro.

Tabela 4: Características de materiais orgânicos utilizados para biofiltração.

Fonte: Pagans et al. (2007)

MATERIAL ORGÂNICO	UMIDADE RELATIVA (%)	MATÉRIA ORGÂNICA* (%)	pH	Condutividade elétrica (mS/cm)
Composto orgânico	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 (1999) 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, 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 (com o exaustor operando em sua menor frequência - aprox. 35 Hz), o que implicava em uma vazão superior a 2200 m³/h. Para adequar a vazão à projetada, foi inserida uma placa de orifício de borracha 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).

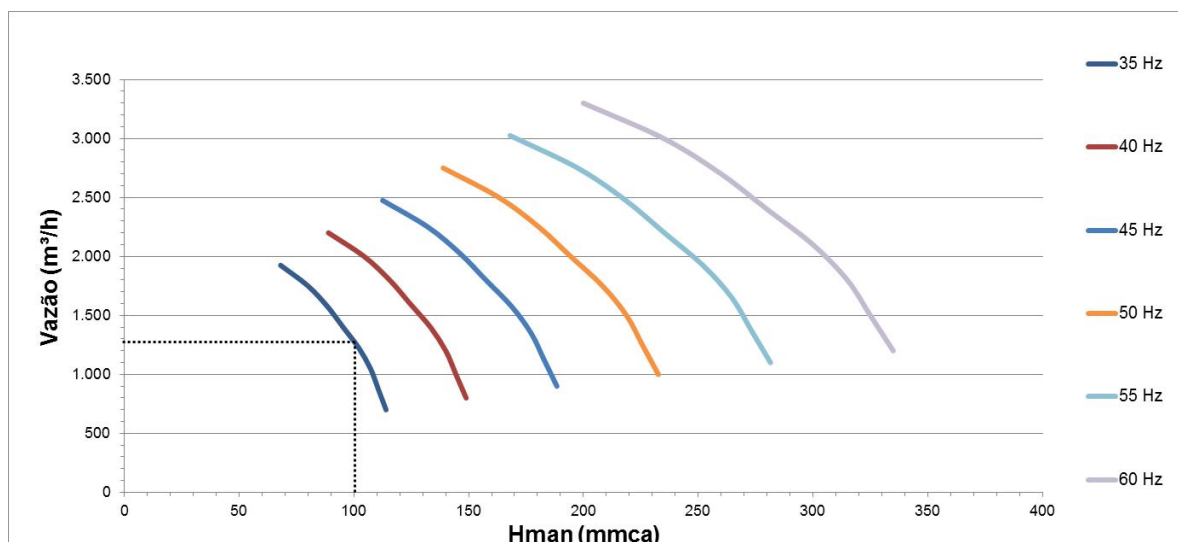


Figura 7 – Curvas Vazão X Hman do exaustor para diferentes frequências.
Fonte: SIEL – Sistemas Industriais de Exaustão Ltda.

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 5.

Tabela 5: 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 (m³/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 e de saída foram monitoradas para avaliar a capacidade de remoção deste gás pelo biofiltro. Ao longo deste período, observou-se grande variação das concentrações de H₂S na entrada do biofiltro (variando de 1 a 26 ppm) e concentrações bastante reduzidas de H₂S na saída (variando de 0 a 2 ppm). A grande variação observada na entrada do biofiltro pode ser explicada por variações climáticas (temperatura), carga afluyente à estação elevatória e até mesmo ao nível do poço de sucção.

Deve-se destacar que na maioria das datas monitoradas a concentração de ppm ficou abaixo de 1 ppm (limite mínimo de detecção do analisador de H₂S utilizado), sendo que apenas em duas ocasiões a concentração de H₂S na saída do biofiltro foi de 2 ppm. Nestas datas, notou-se que haviam ocorrido interrupções no fornecimento de água, devido a quedas de energia, entupimento dos bicos aspersores ou interrupções para realização de manutenção na rede de água da ETE.

Uma das razões que provocaram a interrupção parcial de água no biofiltro foi o entupimento de um dos microaspersores do tipo bailarina, o que fez com que uma parte do meio filtrante ficasse muito mais seca do que o restante do biofiltro. As soluções adotadas foram: revolvimento do meio filtrante (para misturar esta parte seca com a parte úmida) e desobstrução deste microaspersor (de forma a retomar a irrigação de forma uniforme sobre todo o meio filtrante).

Constatou-se que a capacidade do biofiltro em remover H_2S está fortemente relacionada à umidade do meio filtrante. 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 gases odorantes. Aliando a estes fenômenos o desenvolvimento da comunidade microbiana, dependente da umidade do meio e do fornecimento de gases odorantes, é possível aumentar a capacidade de remoção de H_2S 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). Esta análise será repetida a cada semestre e pretende-se utilizá-lo 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.

Os custos de implantação e operação das unidades foram comparados e estão apresentados na Tabela 6. Conforme se pode observar nesta Tabela, com exceção da energia elétrica (a potência do exaustor deve ser maior para vencer a perda de carga do meio filtrante), os custos da torre de lavagem são superiores aos de uma unidade por biofiltração.

Tabela 6: Comparação dos custos de implantação e operação de unidades de torre de lavagem e biofiltro.

	Torre lavadora de gases	Biofiltro
Custo de implantação (CAPEX)	R\$ 127.575,00	R\$ 76.977,00
Custo de operação (OPEX)		
Energia elétrica (R\$/ano)	R\$ 2.837,00	R\$ 3.120,00
Manutenção (R\$/ano)	R\$ 1.920,00	R\$ 440,00
Produtos químicos (R\$/ano)	R\$ 4.575,00	-
Material suporte (R\$/ano)	-	R\$ 4.000,00

Considerando uma taxa de desconto de 8,06% ao ano e um período de 10 anos, o custo de um biofiltro é aproximadamente 35% inferior ao de uma torre lavadora de gases (R\$122.644,00 do biofiltro e R\$190.024,00 da torre lavadora).

CONCLUSÃO

As principais conclusões relativas à instalação e operação desta unidade de biofiltração são:

- O biofiltro apresenta elevada capacidade de remoção de H_2S dos gases odorantes produzidos nas unidades de tratamento de esgoto, sendo que os valores monitorados foram menores ou iguais a 1ppm quando o fornecimento de água e gases odorantes foi regular;
- A unidade tem a operação muito simples, bastando verificar se os sistemas de irrigação e alimentação de gases odorantes estão funcionando adequadamente;
- A taxa de irrigação necessária para o biofiltro preenchido com turfa de fibra de coco e cavaco de madeira é muito inferior à indicada pela literatura, o que possibilita economia de água (redução de 330 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 o que, consequentemente, implica em menores custos com energia elétrica ao longo da operação da unidade;
- A realização da análise da relação C/N foi realizada com o objetivo de auxiliar a determinação do ponto de troca ou correção (pela inserção de nutrientes) do meio filtrante orgânico. Entretanto, até este momento não se encontrou na literatura técnico-científica um valor de relação C/N referência para subsidiar esta tomada de decisão; e
- A unidade de biofiltração com meios filtrantes orgânicos (como a turfa de fibra de coco, por exemplo) é uma alternativa em torno de 35% mais econômica do que a torre lavadora de gases, com a mesma capacidade de remoção de gases odorantes. Como a perda de carga no meio suporte adotado

neste trabalho foi inferior à esperada, a economia de energia pode baixar ainda mais o OPEX do biofiltro.

O próximo passo desta pesquisa será a elaboração do projeto, construção e monitoramento de dez unidades protótipos em EEEs e ETEs da SABESP, para otimizar a instalação e operação desta tecnologia e futuramente possibilitar o desenvolvimento deste tipo de tratamento de odor em diversas unidades da Companhia.

RECOMENDAÇÕES

Foram identificados aspectos importantes neste trabalho que podem servir de subsídio para o desenvolvimento de unidades similares, sendo os principais:

- Sistema de irrigação: 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 microaspersores. Outro aspecto que será analisado no protótipo apresentado será a umidade da camada de brita, por meio da escavação do meio filtrante. Caso esta camada inferior esteja seca, será necessário prever uma camada subsuperficial de irrigação em futuros projetos;
- Sistema de alimentação de gases odorantes: como a perda de carga no meio filtrante foi inferior à esperada, um aspecto importante do protótipo foi a inserção de um variador de velocidade no painel de controle do exaustor, possibilitando o ajuste da vazão de acordo com a variação da perda de carga na linha de recalque do sistema; e
- Sistema de monitoramento da concentração de H₂S: o monitoramento das concentrações de entrada e saída de H₂S ocorreu de forma pontual ao longo do tempo. Caso fosse realizado um monitoramento contínuo ao longo do tempo (a cada 15 minutos, por exemplo) seria possível caracterizar a emissão deste gás pela EEE e, eventualmente, identificar horários em que a concentração de entrada de H₂S fosse tão baixa que o exaustor pudesse ser desligado.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a colaboração da Divisão de Operação e Manutenção da ETE São Miguel (MTTM), 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 agradecemos 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. CHERNICHARO, C.A.L. et al. Contribuição para o projeto de biofiltros aplicados ao tratamento de emissões odorantes provenientes de reatores anaeróbios. Revista DAE, v.186, Nota técnica, p. 56-62. 2011.
5. PIVELLI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: Aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES, 2005. 285p.
6. 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.