



## AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ODORANTES DE UM BIOFILTRO ABERTO

Marlon Brancher<sup>1\*</sup>, Henrique de Melo Lisboa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Controle da Qualidade do Ar, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 88040-970, Florianópolis, Brasil.

\*E-mail: [marlon.b@posgrad.ufsc.br](mailto:marlon.b@posgrad.ufsc.br)

Recebido em: 21/03/2014

Aceito em: 21/08/2014

### RESUMO

Incômodos relacionados a emissões de odores são considerados uma das principais causas de queixas da população aos órgãos ambientais em relação à qualidade do ar e representam um problema social crescente, especialmente em países industrializados. Devido à necessidade de diagnosticar fontes de odor para controle e mitigação de possíveis impactos em comunidades, foi avaliado, através de um estudo de caso, as emissões odorantes de um biofiltro aberto. O equipamento é responsável pelo tratamento de gases gerados na estação de tratamento de águas residuárias de uma indústria têxtil. A coleta de amostras foi conduzida no duto de entrada do biofiltro utilizando amostragem direta e sobre a superfície emissora (saída) com o auxílio de uma campânula (VDI 3477:2004). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos fabricados em fluoreto de polivinila (Tedlar®) e transportadas para o laboratório, onde a concentração odorante (em  $\text{UO m}^{-3}$ ) foi determinada por olfatometria de diluição dinâmica (EN 13725:2003). A vazão volumétrica ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ) do efluente gasoso no duto de entrada do biofiltro foi medida de acordo com normas da ABNT e, dessa forma, calculada a taxa de emissão odorante (em  $\text{UO h}^{-1}$ ). Os valores determinados para a eficiência de tratamento e a taxa de emissão odorante do biofiltro foram de 98,7 % e  $0,34 \times 10^6 \text{UO h}^{-1}$ , respectivamente. Comparando a eficiência obtida com o critério estabelecido pelo Artigo 12 da Resolução SEMA nº 054:2006, adotada como referência, o sistema de biofiltração avaliado atende a eficiência mínima requerida de 85% na remoção de odor.

**Palavras-chave:** poluição do ar, odor, olfatometria dinâmica, biofiltro.

### 1 Introdução

A poluição do ar por emissões odorantes tornou-se um problema grave, de difícil solução, sendo frequente a constatação de queixas deste desconforto ambiental [1]. Odores que resultam direta ou indiretamente de atividades antrópicas e que causam um efeito adverso à saúde humana, vida social e individual são geralmente classificados como poluentes e estão sujeitos à regulamentação específica por agências ambientais [2]. Incômodos relacionados a emissões odorantes são considerados uma das principais causas de reclamações do público às autoridades competentes em relação à qualidade do ar e representam um problema social crescente, especialmente em países industrializados [3-4]. Portanto, o adequado monitoramento juntamente com ferramentas para regulação são instrumentos necessários para mitigar e minimizar os impactos de odores em comunidades [4].

Diversas tecnologias estão disponíveis para o tratamento de gases odorantes provenientes de estações de tratamento de águas residuárias, instalações de tratamento de lodo e de

processamento de subprodutos de origem animal, indústrias petroquímicas e de papel e celulose, entre outras atividades geradoras de odores. Basicamente, existem três diferentes métodos: bioquímico (e.g. biofiltros, biolavadores, lodos ativados), químico (e.g. lavadores químicos, oxidação térmica, oxidação catalítica, ozonização, adsorção química), e físico (e.g. condensação, adsorção física e absorção) [5]. Entre essas alternativas, a biofiltração é bastante versátil sendo aplicável ao tratamento de efluentes gasosos das mais diversas origens e contendo os mais variados tipos de poluentes [6]. A biofiltração é um dos mais importantes processos biológicos utilizado para o tratamento de gases e controle de odores [7].

No que diz respeito à avaliação de sistemas de tratamento de odores através de métodos sensoriais, a determinação objetiva da concentração odorante fornece dados diretamente comparáveis para os diferentes tipos de odores e fontes, além de ser utilizada como dado de entrada em modelos de dispersão atmosférica para avaliação de impacto ambiental nos receptores [8].

Neste contexto, tendo em vista à necessidade de diagnosticar fontes emissoras de odor para prevenção e controle

de possíveis impactos em comunidades, foi avaliado, através de um estudo de caso, as emissões odorantes de um biofiltro aberto, responsável pelo tratamento dos gases gerados a partir na estação de tratamento de águas residuárias de uma indústria têxtil.

## 2 Parte experimental

### 2.1 Planejamento de amostragem e análises

Para o adequado planejamento das amostragens foi realizado um estudo do processo industrial da indústria têxtil em questão. Nesse sentido, as amostras foram coletadas concomitantemente na entrada e saída do biofiltro em um momento representativo de produção da fábrica (processo contínuo) de modo a refletir as características típicas da fonte de odor avaliada. A composição teórica dos gases a ser analisado foi estudada para proteção dos membros do painel (jurados) durante a realização das análises olfatométricas.

### 2.2 Procedimento de amostragem

Medições de gases odoríferos requerem, em primeiro lugar, a coleta e armazenamento de um certo volume do efluente em um recipiente fechado. Em seguida, a amostra é levada a um equipamento conhecido como olfatômetro para realização de análises olfatométricas [9].

A técnica utilizada para amostragem do efluente gasoso foi a amostragem direta – Figura 1.

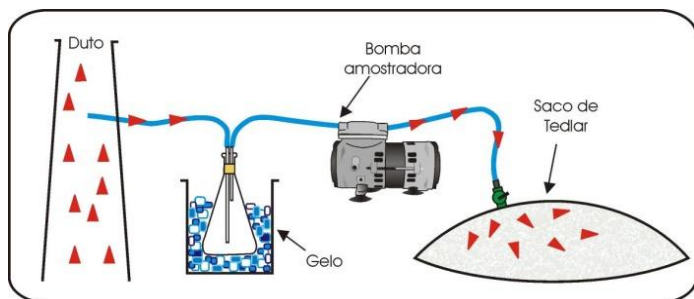


Figura 1 – Desenho esquemático do sistema de amostragem direta. Fonte: [10].

As amostras foram coletadas com o auxílio de uma bomba diafragma de pressão/vácuo (Cole-Parmer, L-79200-30), que possui interior revestido de aço inoxidável, para evitar a adsorção de compostos odoríferos. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos específicos para gases odorantes, fabricados em fluoreto de polivinila (DuPont, Tedlar®) e com volume aproximado de 60 L. Esse material é quimicamente inerte e não adsorvente. Na realização das coletas foram utilizadas mangueiras de poliuretano novas e isentas de odores residuais.

No caso de efluentes gasosos com alta temperatura e/ou alto teor de umidade é utilizado um sistema de resfriamento (Energética, poço frio) da amostra para condensação de umidade excedente e para preservar os materiais utilizados na amostragem. O resfriamento do efluente gasoso se faz necessário uma vez que possíveis gotículas de água condensadas no interior do saco Tedlar podem absorver compostos odoríferos e resultar na diminuição da concentração odorante da amostra. Durante e após as coletas, os sacos Tedlar foram mantidos à temperatura constante (aproximadamente 20 °C) e envoltos por um saco preto para evitar a ocorrência de fotólise dos compostos odoríferos e o aquecimento das amostras devido à incidência de radiação ultravioleta.

### 2.3 Amostragem em fontes superficiais aplicadas a biofiltros abertos

A fim de se obter resultados representativos e reprodutíveis é necessário adaptar a técnica de amostragem de acordo com a tipologia de fonte. Por esta razão, diferentes estratégias de amostragem devem ser adotadas em função da fonte a ser avaliada [8].

Em biofiltros abertos as emissões ocorrem a partir de uma superfície sólida (fonte difusa do tipo área). Logo, para determinar a taxa de emissão odorante e investigar a homogeneidade de emissão do biofiltro foi utilizada uma campânula amostradora conforme norma alemã VDI 3477:2004 [11]. Esse equipamento é utilizado para isolar uma parte da área superficial da fonte emissora [9].

A partir da área superficial coberta pela campânula (Figura 2) é possível coletar amostras para as análises olfatométricas e analisar a homogeneidade do substrato do biofiltro, mediante a determinação de velocidades de emissão. Esse procedimento permite detectar a existência de possíveis caminhos preferenciais dos gases de saída através do leito filtrante.

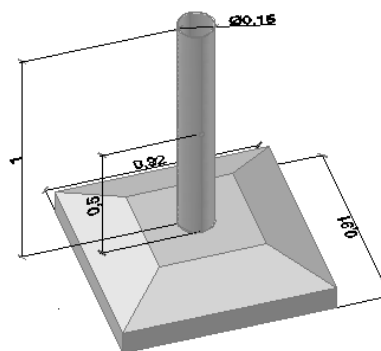


Figura 2 – Desenho esquemático da campânula utilizada para amostragem em biofiltros abertos (dimensões cotadas em metro). Fonte: [10].

Para medições das velocidades do fluxo e temperaturas no orifício da campânula foi utilizado um anemômetro a fio quente (AIRFLOW, TA45). Os dados são medidos em intervalos de aproximadamente 0,5 s. A função “média” do aparelho foi considerada, onde se estabelece o início e fim das medições (adotou-se um período de aproximadamente 1 min), e o equipamento fornece o valor médio dos dados coletados neste período. De acordo com o fabricante [12], as especificações do equipamento são as seguintes: faixa de velocidade entre 0,00 e 30,00 m s<sup>-1</sup> ± 0,01 m s<sup>-1</sup>; temperatura de 0,0 a 80,0 °C ± 0,1 °C.

#### 2.4 Trabalho de campo

No processo fabril de tingimento dos tecidos de uma indústria têxtil ocorre a geração de efluente líquido, o qual é direcionado a um tanque de equalização, para regularização de vazão anteriormente à estação de tratamento de águas residuárias. Neste momento, devido à natureza do efluente líquido, ocorre a geração de gases odorantes. Por essa razão, o tanque de equalização foi coberto e o efluente gasoso gerado direcionado a um biofiltro aberto, através de um sistema de exaustão, para tratamento biológico anteriormente à emissão na atmosfera. O leito filtrante do biofiltro é composto por cavaco de madeira e possui uma área superficial total de aproximadamente 290 m<sup>2</sup>.

O número de pontos de amostragem depende do tamanho da área do biofiltro e da superfície coberta pela área da campânula. Levando-se em conta os resultados das medições de distribuição de fluxo (tomadas de velocidade), um mínimo de 9 pontos de amostragem são normalmente requeridos. Entretanto, por questões de custo e aplicabilidade é recomendado que sejam extraídos um mínimo de 4 (quatro) amostras na saída do biofiltro para determinação da concentração odorante e otimização da representatividade dos resultados [11]. Dessa forma, anteriormente à amostragem propriamente dita, foram definidas 4 subáreas de coleta de amostras no biofiltro. Medidas de velocidades em diferentes posições, em cada uma destas 4 (quatro) subáreas estabelecidas no biofiltro, foram previamente tomadas, a fim de se observar a existência de caminhos preferenciais (homogeneidade do biofiltro).

Este conhecimento permite, e.g., a seleção de pontos de amostragem para medições de odores utilizando a campânula e, reduz, portanto, a arbitrariedade de escolha dos locais de coleta [8]. As medições de velocidades finais e consequentes amostragens foram realizadas no ponto com a maior das velocidades medidas na chaminé da campânula de cada uma das 4 sub-áreas investigadas, portanto, de maior concentração odorante específica. Logo, para determinar a taxa de emissão e avaliar a eficiência do biofiltro em termos de redução da concentração odorante 7 amostras foram coletadas em sacos Tedlar, sendo 3 sacos no duto de entrada (montante) e 4 na saída, sobre o biofiltro (jusante).

#### 2.5 Determinação da vazão volumétrica do efluente gasoso

Os procedimentos de amostragem, bem como as medições de velocidade e pressão para determinação da vazão volumétrica do efluente gasoso, no duto de entrada do biofiltro, seguiram normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT [13-15].

Na realização das medições de temperatura, pressão estática e pressão dinâmica do efluente gasoso foram utilizados um tubo de Pitot do tipo “S” (Energética), acoplado a um termopar do tipo K e um termômetro digital (IOPE, IOP Therm 45), juntamente com um manômetro manual (Energética).

#### 2.6 Análises olfatométricas

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório onde foi realizada a determinação da concentração odorante por olfatometria de diluição dinâmica. As análises foram realizadas com o auxílio de um painel de jurados treinados e certificados de acordo com EN 13725:2003 [16].

Para detecção do limite de percepção olfativo (k<sub>50</sub>) foi utilizado um olfatômetro de diluição dinâmica (ODOTECH, Odile, Versão 3500). O olfatômetro Odile é composto por sistema de geração de ar puro; unidade de pressurização; unidade de diluição com rotâmetros mássicos; mesa olfatométrica com seis baias (ou *boxes*); além de um *software* de operação (Figura 3).

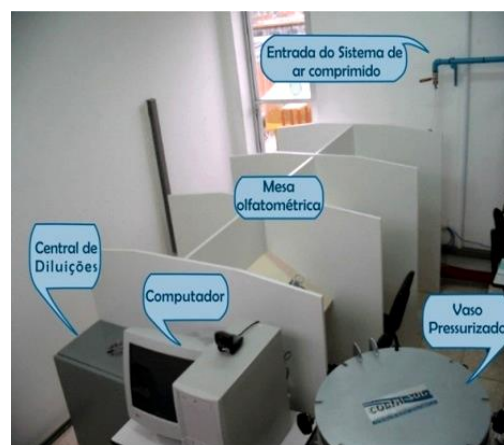


Figura 3 – Componentes do sistema do olfatômetro ODILE.  
Fonte: [10]

As diluições são realizadas de maneira decrescente e logarítmica. O *software* faz a análise contínua dos resultados, trabalhando com a média logarítmica de cada um dos jurados e



depois com a média de todos os jurados. Cada baía é provida de um painel para votação e três saídas de ar, das quais apenas uma sai a mistura de ar odorante com ar puro. As outras duas saídas liberam somente ar puro (Figura 4). A amostra diluída é apresentada de maneira aleatória aos jurados e ocorre em diversas ordens de diluição.



Figura 4 – Saídas de ar propostas a um jurado.

Os resultados de concentração odorante (i.e., do Limite de Percepção de Odor) foram determinados conforme a norma EN 13725:2003 [16]. A base de cálculo estabelecida por essa norma se baseia na estimativa dos limites de percepção individuais de cada jurado ( $EZ_{50p}$ ) para determinar o valor do limite de percepção do júri ( $EZ_{50}$ ), a partir da média geométrica dos limites pessoais estimados.

O resultado da análise é expresso em termos de concentração em unidades de odor por metro cúbico ( $UO\ m^{-3}$ ). Isso significa que a concentração da amostra representa o número de vezes que esta deve ser diluída para que seja atingido o limite de detecção do odor (quando existe apenas 50% de probabilidade deste odor ser percebido).

Anteriormente a análise das amostras odorantes, foi realizada a análise de uma amostra controle (branco laboratorial), que representa a concentração odorante residual dos componentes do sistema do olfatômetro. O resultado da amostra controle é utilizado para verificar e atestar que o sistema está isento de contaminação, sendo que seu valor deve ser o menor possível, de modo a minimizar uma possível interferência nas análises das amostras.

### 2.7 Determinação da taxa de emissão odorante e avaliação da eficiência do sistema de biofiltração

Para o cálculo da concentração odorante média emitida pela superfície do biofiltro será efetuada a ponderação apresentada na Equação 1 [adaptado de 11]. Nesta é levado em conta que as regiões do biofiltro que possuem maior fluxo,

consequentemente contribuem mais perante a emissão total do biofiltro. Dessa forma, cada concentração obtida nas análises olfatométricas é multiplicada pela velocidade do fluxo onde a amostra foi coletada. Posteriormente, para obter-se a concentração média em toda a superfície do biofiltro é feita a divisão das concentrações ponderadas pela média das velocidades multiplicada pelo número de medições ou ponderações realizadas.

$$C_b = \frac{C_1 \cdot v_1 + C_2 \cdot v_2 + \dots + C_n \cdot v_n}{n \cdot v_m} \quad (1)$$

Onde “ $C_b$ ” é a concentração odorante média considerando todo o biofiltro ( $UO\ m^{-3}$ ); “ $C_1$ ” é a concentração odorante no ponto número 1 ( $UO\ m^{-3}$ ); “ $v_1$ ” é a velocidade no ponto número 1 ( $m\ s^{-1}$ ); “ $n$ ” é o número de pontos avaliados; “ $v_m$ ” é a velocidade média entre os pontos de coleta ( $m\ s^{-1}$ ).

Para determinar a taxa de emissão odorante ( $T$ ), em Unidades de Odor por hora ( $UO\ h^{-1}$ ), multiplica-se o valor da concentração odorante média ( $C_b$ ), em unidades de odor por metro cúbico ( $UO\ m^{-3}$ ), pela vazão volumétrica ( $Q$ ) dos gases ( $m^3\ h^{-1}$ ), que alimenta o biofiltro (Equação 2). A vazão foi calculada para a condição de referência de temperatura e pressão ( $20\ ^\circ C$ ,  $101,3\ kPa$ ) em base úmida [16].

$$T = C_b \times Q \quad (2)$$

A eficiência na redução da concentração odorante ( $\eta$ ) foi calculada através da Equação 3:

$$\eta = \frac{100 \times (A - B)}{A} [\%] \quad (3)$$

Onde “ $\eta$ ” é a eficiência do sistema de tratamento (%); “ $A$ ” é a concentração odorante média na entrada do biofiltro ( $UO.m^{-3}$ ); “ $B$ ” é a concentração odorante média na saída ( $C_b$ ) considerando todo o biofiltro ( $UO.m^{-3}$ ).

### 2.8 Conformidade ambiental

Com vistas à verificação de conformidade ambiental foi adotada como referência a Resolução SEMA 054:2006, da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA), do Estado do Paraná. Esta norma objetiva definir critérios para o controle da qualidade do ar no Estado do Paraná e menciona em seu artigo 12º que [17]:

*“As atividades geradoras de substâncias odoríferas, com uma taxa de emissão acima de 5.000.000 UO/h (Unidades de Odor por hora), deverão promover a instalação de equipamento,*

previamente analisado pelo Instituto Ambiental do Paraná, visando a captação e remoção do odor. O tipo de equipamento de remoção de odor a ser instalado dependerá das condições locais de dispersão, da proximidade de áreas habitadas e da quantidade de substâncias odoríferas emitidas, a qual deverá ser quantificada por olfatométrica e expressa em Unidades de Odor lançadas na atmosfera por hora. A eficiência do equipamento de remoção de odor, determinada por olfatométrica deve ser no mínimo de 85%”.

### 3 Resultados e discussões

#### 3.1 Análises olfatométricas

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para a concentração odorante de cada uma das amostras analisadas. A análise do branco laboratorial apresentou o valor de 13 UO m<sup>-3</sup>, atestando a confiabilidade do procedimento analítico.

Tabela 1 – Concentração odorante obtida através de olfatométrica dinâmica (EN 13725:2003) no duto de entrada e saída do biofiltro.

Ponto	Amostra	Concentração odorante [UO m <sup>-3</sup> ]	Concentração odorante média [UO m <sup>-3</sup> ]
Entrada (duto)	1	25.660	22.260 <sup>a</sup>
	2	21.215	
	3	20.261	
Saída (biofiltro)	1	137	C <sub>b</sub> = 275 <sup>b</sup>
	2	223	
	3	366	
	4	320	

<sup>a</sup> Média geométrica;

<sup>b</sup> Calculada de acordo com a Equação 1.

Como pode-se observar na Tabela 1, as concentrações odorantes médias, no duto de entrada e na saída do biofiltro foram de 22.260 UO m<sup>-3</sup> e 275 UO m<sup>-3</sup>, respectivamente.

O tempo decorrido entre amostragem e análise (i.e, o tempo de acondicionamento) deve ser minimizado de modo a reduzir o risco de alteração da amostra durante o armazenamento [18]. O tempo máximo entre amostragem e análise foi de aproximadamente 21 horas (dados não apresentados), o que está em concordância com o período máximo recomendado de 30 horas [16].

#### 3.2 Biofiltro

A Tabela 2 apresenta os resultados encontrados para as velocidades e temperaturas nos 4 pontos de coleta sobre a superfície emissora do biofiltro.

Tabela 2 – Temperaturas e velocidades médias na saída do biofiltro.

Ponto	Temperatura (°C)	Temp. média (°C)	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	Veloc. média (m s <sup>-1</sup> )
1	37,7 ± 0,1	41,7	0,39 ± 0,01	0,51
2	41,2 ± 0,1		0,52 ± 0,01	
3	45,1 ± 0,1		0,65 ± 0,01	
4	42,7 ± 0,1		0,49 ± 0,01	

Através da análise da Tabela 2, a possível existência de caminhos preferenciais entre os 4 pontos de coleta pode ser visualizada pela diferença de velocidade entre os pontos analisados (1,6 vezes entre o ponto com a menor velocidade para o de maior velocidade). Além disso, há uma tendência de elevação da temperatura dos gases com o aumento da velocidade. A temperatura média de emissão, calculada a partir da média dos 4 pontos medidos na superfície do biofiltro e, a temperatura do efluente gasoso, na entrada do biofiltro, foram de aproximadamente 41,7 e 53,7 °C, respectivamente. A flora microbiana trabalha de forma eficiente em temperaturas variando entre 15 a 30 °C. Quanto maior for a temperatura maior a taxa de metabolismo e a taxa de biodegradação, até uma temperatura de aproximadamente 40 °C. Em temperaturas abaixo de 15 °C, os sistemas biológicos começam a diminuir significativamente sua atividade, reduzindo a eficiência do tratamento. Em temperaturas acima de 40 °C, o tipo de sistema microbiano muda de mesofílico para bactérias termofílicas, o que também reduz potencialmente o rendimento de remoção de odor. Por outro lado, a solubilidade e a taxa de adsorção diminui com o aumento da temperatura. Biofiltros recebem a maior parte do calor necessário para manter a temperatura do leito a partir do efluente gasoso e o restante provém da atividade metabólica dos microrganismos [19].

A concentração odorante média emitida pela superfície do biofiltro (C<sub>b</sub>), determinada de acordo com a Equação 1, foi de 275 UO m<sup>-3</sup>.

#### 3.3 Eficiência de tratamento e taxa de emissão odorante

A taxa de emissão odorante foi calculada considerando a concentração odorante calculada a partir da média ponderada das 4 amostras coletadas na saída do biofiltro (C<sub>b</sub>). A vazão volumétrica calculada no duto de entrada do biofiltro foi de 1.234 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>. Portanto, conforme Equação 2, a taxa de emissão odorante do biofiltro foi de aproximadamente 0,34 x 10<sup>6</sup> UO h<sup>-1</sup>.

Considerando a concentração odorante média e a vazão volumétrica medida na entrada do sistema, a taxa de emissão odorante emitida na atmosfera, na ausência do sistema de biofiltração, seria de aproximadamente  $27,4 \times 10^6$  UO  $h^{-1}$ . Esse valor estaria em desconformidade com o padrão máximo de emissão de odores estabelecido pela Resolução 054:2006 [17]. A eficiência do sistema de tratamento, calculada de acordo com a Equação 3, foi de 98,7 %.

O controle operacional e manutenção apropriados do sistema de biofiltração podem ser responsáveis pela elevada eficiência atingida. Temperatura, umidade, pH, vazão e taxa de aplicação superficial estão entre os principais fatores que influenciam a eficiência dos biofiltros [20].

O pré-condicionamento (pré-umedecimento) do fluxo gasoso na entrada do processo é recomendado para manter a umidade requerida no meio filtrante do biofiltro, além de potencialmente reduzir a temperatura dos gases na entrada do sistema. Temperaturas elevadas dos gases na superfície do biofiltro prejudica o tratamento biológico [19]. Em geral, biofiltros operam de maneira eficiente com temperaturas entre 15 e 30 a 35 °C [19, 21].

O controle de umidade é um dos aspectos mais importantes para a manutenção do material filtrante, se não o mais importante, particularmente para meios naturais. Meios filtrantes muito secos não desenvolverão uma comunidade microbiana diversificada e robusta. Meios muito molhados podem tornar-se muito densos, resultando em redução da porosidade por compactação e altas perdas de carga [19].

No presente trabalho, o efluente gasoso ao entrar no fundo falso do biofiltro e ser direcionado ao leito filtrante é umidificado através de um sifão invertido para controle de temperatura e umidade.

A faixa do teor de umidade de 40 a 70 % é considerada típica para materiais filtrantes orgânicos de acordo com a literatura, com resultados entre 40 a 60 % sendo normalmente relatados. Se o efluente gasoso não for adequadamente umidificado para aproximadamente 100 % de umidade relativa, o fluxo através do biofiltro pode rapidamente retirar a umidade do meio. A secagem pode ocorrer rapidamente mesmo em baixas vazões de operação. O efeito será impactos negativos sobre a flora microbiana com conseqüente redução de eficiência de tratamento. Por outro lado, um fluxo gasoso quente e úmido atravessando o meio filtrante em um ambiente frio pode condensar grandes volumes de água que devem ser considerados ao determinar as taxas de aspersão [19].

#### 4 Conclusão

A eficiência de remoção de odores do sistema de biofiltração da industrial têxtil investigada e a taxa de emissão odorante foram de 98,7 % e  $0,34 \times 10^6$  UO  $h^{-1}$ , respectivamente.

Levando-se em conta apenas os resultados obtidos a partir da presente trabalho e comparando o valor da eficiência de tratamento obtida com o critério estabelecido pelo Artigo 12 da Resolução SEMA nº 054:2006, adotada como referência, o sistema de biofiltração avaliado atende a eficiência mínima requerida de 85% na remoção de odor.

Apesar do estudo do processo industrial e do sistema de tratamento para o adequado planejamento das amostragens, ressalta-se que os valores determinados refletem a realidade do momento das coletas e medições. Diferentes condições operacionais podem resultar em variações na eficiência de tratamento do biofiltro.

A realização de um estudo de modelagem matemática de dispersão atmosférica estabeleceria uma ligação entre as emissões de odor na fonte e as concentrações odorantes percebidas em ar ambiente (imissão). Dessa forma, a extensão da pluma de dispersão e a magnitude do impacto ambiental das emissões odorantes da empresa investigada sobre a comunidade poderia ser avaliada. Modelos de dispersão atmosférica incorporam, basicamente, as características das fontes de emissão, do terreno (topografia) e uma série histórica de dados meteorológicos, com a finalidade de determinar a concentração de imissão de poluentes em diversos pontos geográficos (receptores) dentro de um domínio de modelagem estabelecido. Por outro lado, uma avaliação de impacto odorante poderia ser realizada diretamente junto à população, através de inspeções de odor em campo. As inspeções de campo são baseadas na norma VDI 3940:2006 [22] e consistem em realizar um determinado número de visitas em uma região de interesse por assessores treinados, que avaliam os odores existentes nessa área. Os resultados são expressos em frequência de exposição (horas de odor) da comunidade aos odores considerados identificáveis.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de doutoramento do autor principal.



## ASSESSMENT OF ODOUR EMISSIONS FROM AN OPEN BIOFILTER

**ABSTRACT:** Odour annoyances are considered a major cause of public complaints to regulatory agencies regarding air quality and represent a growing social problem, especially in industrialized countries. In view of the need to diagnose odour sources for control and mitigation of possible impacts on communities, was assessed, through a case study, the odorous emissions from an open biofilter. The equipment was responsible for gas treatment generated in the wastewater plant treatment of a textile industry. Sampling was conducted in the inlet duct of the biofilter using direct sampling and on the emission surface (output) using a hood (VDI 3477:2004). Samples were stored in plastic bags manufactured in polyvinyl fluoride (Tedlar®) and transported to the laboratory, where the odour concentration (in  $\text{UO m}^{-3}$ ) was determined based on the dynamic olfactometry dilution procedure (EN 13725:2003). To calculate the odour emission rate (OER) (in  $\text{UO h}^{-1}$ ), the volumetric flow rate (in  $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ) was measured in the inlet duct of the biofilter. The values obtained for the efficiency and the OER were 98.7 % and  $0.34 \times 10^6 \text{UO h}^{-1}$ , respectively. Comparing the efficiency value with the criterion established by Article 12 of Resolution SEMA N° 054:2006 (State of Paraná, Brazil), adopted as reference, the biofiltration system meets the minimum efficiency rating of 85 % required in removing odour.

**Keywords:** air pollution, odor, olfactometry, biofilter.

## Referências

- [1] DE MELO LISBOA, H.; BELLI FILHO, P.; CARMO JR, G. N. R.; QUEIRÓZ, N.; EVANGELHO, M. R.; GUTIERREZ, R.; MOREIRA, A. Methodologies for evaluation of odors in oil refinery. In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2002, Cancun. CD ROM, 2002.
- [2] NICELL, J.A. Assessment and regulation of odour impacts, Atmospheric Environment, Vol. 43, n. 1, p. 196-206, 2009.
- [3] BLUMBERG, D.G.; SASSON, A. Municipal hotlines and automated weather stations as a tool for monitoring bad odour dispersion: the northern Negev case, Journal of Environmental Management, Vol. 63, p. 103-111, 2001.
- [4] RANZATO, L.; BARAUSSE, A.; MANTOVANI, A.; PITTARELLO, A.; BENZO, M.; PALMERI, L. A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF. Atmospheric Environment, Vol. 61, p 570-579, December 2012.
- [5] BURGESS, J.A.; PARSONS, S.A.; STUETZ, R.M. Developments in odour control and waste gas treatment biotechnology: a review. Biotechnology Advances, Vol. 19, p. 35-63, 2001.
- [6] BUSCA, G.; PISTARINO, C. Technologies for the abatement of sulphide compounds from gaseous streams a comparative overview. Loss Prev. Process Indus. J., Vol. 16, p. 363-373, 2003.
- [7] OMRI, I.; AOUIDI, F.; BOUALLAGUI, H.; GODON, J.; HAMDI, M. Performance study of biofilter developed to treat H<sub>2</sub>S from wastewater odour. Saudi Journal of Biological Sciences, Vol. 20, n. 2, p. 169-176, 2013.
- [8] BOCKREIS, A.; STEINBERG, I. Measurement of odour with focus on sampling techniques. Waste Management, Vol. 25, p. 859-863, 2005.
- [9] GUILLOT, J-M. Odour Measurement: Focus on Main Remaining Limits Due to Sampling. Chemical Engineering Transactions, Vol. 30, p. 295-300, 2012
- [10] DE MELO LISBOA, Henrique. (Coord.). Metodologias olfatométricas para avaliação do impacto odorante. Florianópolis, UFSC. 2010. 48 p. ISBN 978-85-913483-1-2. Disponível em: <[http://www.lcqr.ufsc.br/aula\\_met.php](http://www.lcqr.ufsc.br/aula_met.php)>. Acesso em: 10 jan. 2014.
- [11] VDI (Verein Deutsche Ingenieure). VDI 3477: Biological Waste Gas Purification – Biofilters, 2004. Handbuch Reinhaltung der Luft.
- [12] AIRFLOW. Manual de instruções termo-anemômetro TA45. Airflow: New Jersey, 2001.
- [13] ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 10701: Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT 1989.
- [14] ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 11966: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da velocidade e vazão. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT 1989.
- [15] ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 11967: Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da umidade. Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT 1989.
- [16] CEN (EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION). EN 13725:2003: Air quality: Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. Brussels: CEN, 2003.
- [17] PARANÁ. Secretária de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA). Resolução SEMA n° 054, de 22 de dezembro de 2006. Define critérios para o controle da qualidade do ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar da população e melhoria da qualidade de vida. Disponível em: <[www.iap.pr.gov.br](http://www.iap.pr.gov.br)>. Acesso em: 01 mar. 2014.
- [18] CAPELLI, L., SIRONI, S.; DEL ROSSO, R. Odor Sampling: Techniques and Strategies for the Estimation of Odor Emission Rates from Different Source Types. Sensors, Vol. 13, p. 938-955, 2013.
- [19] EASTER, C.; QUIGLEY, C.; BURROWES, P.; WITHERSPOON, J.; APGAR, D. Odor and air emission control using biotechnology for both collection and wastewater treatment systems. Chemical engineering journal, Vol. 113, n° 2-3, p. 93-104, 2005.
- [20] HONG, J.H.; PARK, K.J. Compost biofiltration of ammonia gas from bin composting. Bioresource Technology, Vol. 96, p. 741-745, 2005.
- [21] JANNI, K.A.; NICOLAI, R. Designing biofilters for livestock facilities. Air pollution from agricultural operations. Proceedings of the Second International Conference, Des Moines, Iowa, USA, October 9-11, p. 376-383, 2000.
- [22] VDI (Verein Deutsche Ingenieure). VDI 3940 Part 1: Measurement of odor impact by field inspection – measurement of the impact frequency of recognizable odors grid measurement, Vol. 1, 2006. Reinhaltung der Luft.