

X-050 – AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES ODORANTES DE UMA USINA DE COMPOSTAGEM MEDIANTE OLFATOMETRIA DINÂMICA**Marlon Brancher⁽¹⁾**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA/UFSC). Pesquisador do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr/UFSC).

Henrique de Melo Lisboa

Professor do ENS/UFSC; Eng. Civil pela UFSC (1980); Especialização em Hidrologia pela Escola de Hidrologia e Recursos Hidráulicos - Madrid (1981); Mestre em Meteorologia - USP (1986); DEA em Química da Poluição Atmosférica e Física do Meio-ambiente pela Université Paris VII (1993); Doutor em Poluição Atmosférica pela Université de Pau/Ecole des Mines d'Alès (França, 1996).

Leonardo Hoinaski

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA/UFSC). Doutorando no programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA/UFSC). Pesquisador do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar (LCQAr/UFSC).

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário-Trindade, Florianópolis, SC. Universidade Federal de Santa Catarina-Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental - CEP: 88040-970 - Brasil - Tel: +55 (48) 3721-4993 - Fax: +55 (48) 3721-9823 - e-mail: marlon_brancher@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho contempla a avaliação das emissões odorantes do sistema de estabilização dos resíduos de uma usina de compostagem mediante olfatometria dinâmica. As amostras foram coletadas em sacos Tedlar através de amostragem direta e amostragem superficial com câmara de fluxo, dependendo do ponto investigado. O valor médio das taxas de emissões odorantes pelo biofiltro e por uma leira de compostagem, determinadas na empresa avaliada, foram respectivamente de $2,9 \times 10^6$ e $7,48 \times 10^5$ U.O/h. Quando comparadas ao limite estabelecido pela resolução SEMA 054/2006 da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) do Estado do Paraná, utilizada aqui como referência, ambas não excedem o limite permitido de 5×10^6 U.O/h. Na portaria da empresa e no pátio atrás das leiras de compostagem foram observadas concentrações de 267 e 434 U.O/m³, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Odores, usina de compostagem, olfatometria dinâmica, poluição atmosférica.

INTRODUÇÃO

A poluição ambiental por emissões odorantes tornou-se um problema grave, difícil de resolver, sendo frequente ouvir queixas deste desconforto ambiental (DE MELO LISBOA *et al.*, 2002). Odores que resultam direta ou indiretamente de atividades humanas e que causam um efeito adverso são geralmente classificados como contaminantes e estão sujeitos à regulamentação (NICELL, 2009). De fato, odores são considerados uma das principais causas de reclamações do público às autoridades competentes (BLUMBERG & SASSON, 2001). Dentro deste contexto, uma usina de compostagem emissora de compostos odorantes no meio ambiente está sendo alvo de reclamações por parte da população circunvizinha. Por este motivo, houve a necessidade da investigação das emissões odorantes.

A problemática dos odores na empresa em questão está inserida dentro do sistema de estabilização dos resíduos, o qual funciona de acordo com os seguintes passos. Os materiais são recebidos no pátio de recepção, onde alimentam os silos dosadores. Estes possibilitam a dosagem dos materiais de acordo com a composição necessária a produção do melhor composto. Uma vez dosados, os materiais são transportados por esteiras transportadoras ao misturador, que promove a homogeneização dos componentes. Então, através de um transportador móvel em V, alimentam os reatores biológicos até o seu preenchimento. Uma vez preenchido o reator, dá-se início ao processo. Um sistema supervisor garante a insuflação de ar e exaustão dos gases, bem como, todos os controles automatizados e leituras de temperatura e da concentração de oxigênio, em

consonância com as premissas definidas por um “software”. Em aproximadamente 14 dias o processo está encerrado, sendo então procedida à descarga do reator.

O composto então é transportado a um dos pátios de cura, em uma área de descanso, onde permanecerá por 14 dias a fim de obter sua estabilização. O chorume formado durante os 14 dias de processamento, é confinado e completamente recirculado aos reatores.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as emissões odorantes de uma usina de compostagem de lodos de estação de tratamento de esgotos industriais, resíduos alimentares e resíduos verdes provenientes das podas de limpeza urbana. As amostragens representam a realidade do processo produtivo no momento de sua coleta. Amostras de ar foram coletadas no local, de acordo com a metodologia a ser apresentada, e levadas a laboratório, onde a concentração odorante foi avaliada mediante olfatometria dinâmica. Para determinação da taxa de emissão odorante foi medida a vazão de saída dos gases no biofiltro através de um anemômetro de fio quente. Os resultados obtidos foram comparados ao limite estabelecido pela resolução SEMA 054/2006 da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) do Estado do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

PROCEDIMENTO DE AMOSTRAGEM

As amostras de ar são coletadas em sacos fabricados em Tedlar® (marca registrada DuPont) que são resistentes à adsorção de odores e formam barreira a gases. Estes têm capacidade aproximada de 60 litros de ar (Figura 1).



Figura 1: Saco Tedlar usado para amostragem

As amostragens utilizadas no presente trabalho foram do tipo direta e superficial:

AMOSTRAGEM DIRETA

Neste caso, a amostra é coletada através de uma bomba diafragma pressão/vácuo, que possui interior revestido de inox, para não absorver odores. No caso de amostras com alta temperatura ou alta umidade, é usado um sistema de resfriamento da amostra para condensação da umidade excedente (Figura 2).

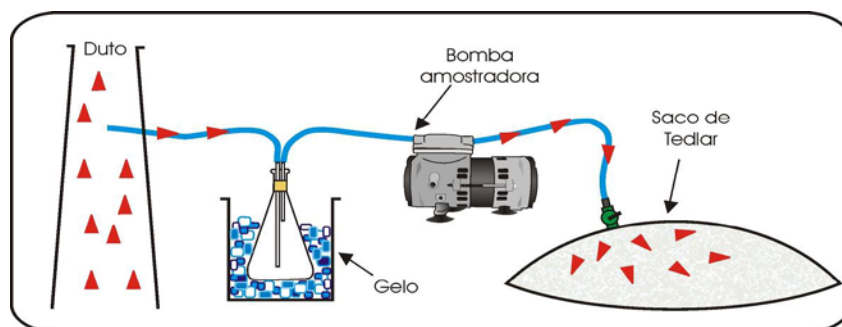


Figura 2: Sistema de coleta de amostra em campo (com bomba diafragma).

AMOSTRAGEM SUPERFICIAL

Em locais onde as emissões de odores ocorrem a partir de uma superfície (sólida ou líquida), utiliza-se de uma câmara de fluxo. A partir da área superficial coberta pela câmara é possível determinar a taxa de emissão específica (emissão odorante por unidade de área) e pode ser adotada para toda a área a ser analisada. Este procedimento é representado esquematicamente através da Figura 3. Este procedimento foi utilizado para estimar a emissão odorante sobre as leiras de compostagem.

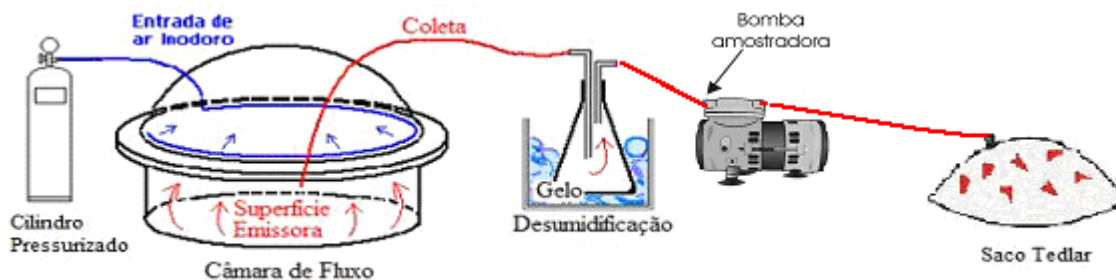


Figura 3: Sistema de coleta de amostra em fonte superficial.

As câmaras de fluxo dinâmicas são similares às câmaras de fluxo estáticas, mas estas utilizam uma corrente de ar de vazão controlada como parte da medição da taxa de emissão. A taxa de emissão é determinada pelo produto da vazão de ar inodoro inserida na câmara e a concentração odorante. As câmaras de fluxo dinâmicas possuem geralmente uma seção transversal circular e uma entrada de ar radial (FRENCHEN *et al.*, 2003). O ar insuflado na câmara deve ser desprovido de umidade e de compostos orgânicos. Deve-se usar um regulador de vazão na entrada e saída da câmara, ajustável para a faixa de 1 a 10 l/min. A câmara deve possuir um orifício para liberar qualquer pressão excedente, sendo que este orifício nunca deve ser fechado. Também deve haver um termômetro acoplado à câmara para a medição da temperatura no seu interior durante todo o período de amostragem (USEPA, 1986).

Operação:

Todas as superfícies expostas à amostra devem ser limpas com água e secas antes da montagem do sistema. A câmara de fluxo deve ser colocada sobre a superfície a avaliar em uma profundidade de 2 a 3 cm. A vazão de amostragem deve ser ajustada em 5 L/min. O volume da câmara é de 30 L e, assim, o tempo de residência (τ) é de 6 minutos. A cada intervalo de 6 minutos (τ), as vazões de entrada e saída da câmara devem ser checadas e reajustadas para 5L/min e a temperatura dentro da câmara deve ser medida e anotada (USEPA, 1986).

O sistema deve estar em funcionamento por 24 minutos antes do início da amostragem, equivalentes a 6 vezes o tempo de residência, para que todas as conexões dentro da câmara de fluxo sejam homogeneizadas com a mistura de gás odorante e gás de varredura (USEPA, 1986).

Cálculos:

A câmara de fluxo dinâmica funciona como um reator de mistura perfeita assegurando assim que a concentração da mistura gasosa na saída da câmara é a mesma que dentro desta. O fluxo superficial de um composto "i" é definido na Equação 1 (USEPA, 1986; FRENCHEN *et al.*, 2003).

$$F_i = [i] \times C \times Q_{ar}/S \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

- F_i : fluxo do composto, em U.O./m²s
- $[i]$: concentração do composto i, em U.O./m³
- Q_{ar} : vazão de ar puro que alimenta a câmara, em m³/s
- S : área da superfície coberta pela câmara de fluxo, em m²
- C : fator de correção da temperatura

Obs: A câmara utilizada possui 0,5m de diâmetro cobrindo, portanto, uma área de 0,196m².

Deve ser feita uma correção para a temperatura dentro da câmara, pois variações na temperatura influenciam a taxa de emissão das superfícies, usando a Equação 2 (USEPA, 1986):

$$C = \exp[0,13x(T_a - T_c)] \quad \text{Equação 2}$$

Onde: C: Fator de correção; T_a: Temperatura atmosférica média durante a amostragem; T_c: Temperatura média dentro da câmara

Estes cálculos devem ser realizados para cada zona de medição e, depois, os fatores de emissão de cada zona devem ser somados para gerar o fator de emissão total da área em estudo.

PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE LABORATORIAL

Para detecção do limite de percepção olfativo (k₅₀) foi utilizado o olfatômetro de diluição dinâmica, marca Odile versão 2000. O Olfatômetro Odile 2000 é composto por sistema de ar puro; unidade de pressurização; unidade de diluição; mesa olfatométrica com seis baias (ou *boxes*); e *software* de operação em computador. 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 dos 6 jurados. Cada baia 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 recebem somente ar puro. A amostra diluída é apresentada de maneira aleatória aos jurados, e ocorre em diversas ordens de diluição. O detalhe do olfatômetro e da baia é apresentado na Figura 4.



Figura 4: Componentes do sistema do olfatômetro ODILE 2000 e saídas de ar propostas a um jurado.

Os resultados do Limite de Percepção de Odor foram apresentados pela norma EN 13.725, da comunidade européia.

Também foi realizada a análise de um branco laboratorial, que representa a concentração do odor de fundo dos sacos de Tedlar, do sistema de ar puro e de quaisquer impurezas porventura existentes no sistema de diluição do olfatômetro. Para tanto, é procedida análise laboratorial de um saco preenchido com ar puro do próprio sistema que fornece ar comprimido para o olfatômetro. O valor da concentração desta amostra é então subtraído dos valores de concentração encontrados para as amostras obtidas em campo.

AMOSTRAGEM EM CAMPO

Foram coletados ao todo 15 sacos de Tedlar, em cinco pontos de amostragem, sendo coletados 3 em cada local. Os seguintes pontos de amostragem foram selecionados:

- Ponto 1: Amostragem direta no portão da empresa;
- Ponto 2: Amostragem direta no misturador de resíduos;
- Ponto 3: Amostragem direta na saída do biofiltro de tratamento dos odores provenientes dos bioreatores;

- Ponto 4: Amostragem direta atrás das Leiras de compostagem;
- Ponto 5: Amostragem com câmara de fluxo em uma leira de compostagem – conforme Figura 5.



Figura 5: Amostragem com câmara de fluxo sobre a leira de compostagem.

A Figura 6, a seguir, mostra a distribuição destes pontos no layout da empresa.

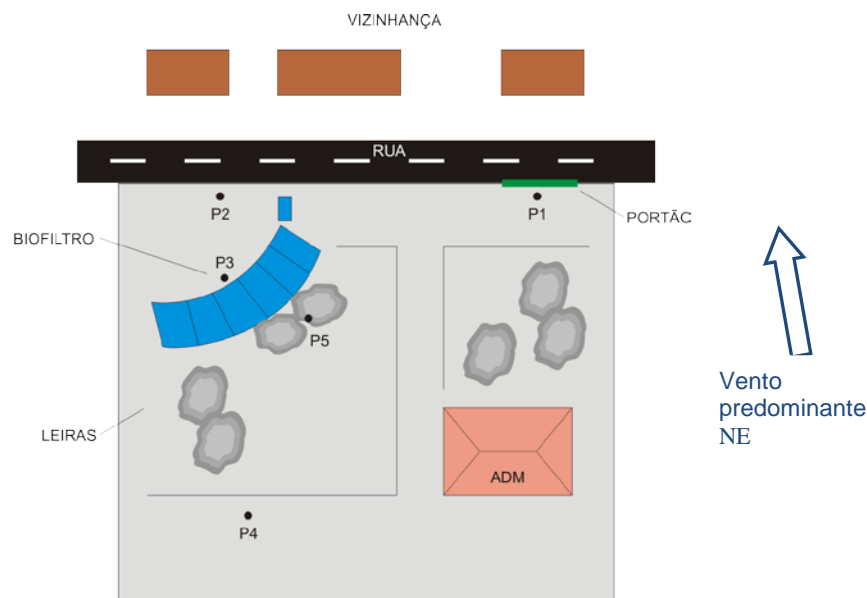


Figura 6: Localização dos pontos de amostragem dentro da empresa

RESULTADOS OBTIDOS

Foram analisadas 3 amostras coletadas em cada ponto de coleta. Os resultados apresentados foram calculados pela norma EN 13.725 (da Comunidade Européia), sendo que cada amostra passou por três rounds de análise. Todas as amostras foram analisadas dentro de 20 horas após o momento da sua amostragem, obedecendo ao limite recomendado pela norma EN 13.725, de 30 horas.

A Tabela 1, a seguir, mostra os resultados obtidos para a concentração de odor média em cada amostra na portaria da empresa (Ponto 1). O branco laboratorial foi medido no início da sessão de análises e foi subtraído da concentração de odores calculada pelo olfatômetro (EN 13.725) gerando a concentração de odores Cf (concentração calculada pelo olfatômetro subtraindo-se o valor do branco laboratorial).

Tabela 1: Resultados obtidos para olfatometria dinâmica no Ponto 1.

Local	Saco	Branco	CEN13725	Cf	Média (U.O/m³)
Portaria	E09	19	306	287	267
	E11	19	309	290	
	E15	19	242	223	

Na Tabela 2, abaixo, estão presentes os resultados das análises de olfatometria dinâmica das amostras coletadas no misturador de resíduos.

Tabela 2: Resultados obtidos para olfatometria dinâmica no Ponto 2.

Local	Saco	Branco	CEN13725	Cf	Média (U.O/m³)
Misturador de resíduos	D09	1.172	10.245	9.073	34.505
	E13	1.172	77.549	76.377	
	E19	1.172	19.236	18.064	

A concentração de odores, em unidades de odor por metro cúbico, obtida pela análise das amostras coletadas no biofiltro está representada na Tabela 3, abaixo. A taxa de odor emitida pelo biofiltro foi encontrada multiplicando-se a concentração média de odor, emitida em U.O/m³, pela vazão no duto de saída do biofiltro. Neste caso, sendo o diâmetro da tubulação de saída do biofiltro de 150mm e a vazão medida pelo termomanômetro 0,037m³/s, encontra-se uma taxa de emissão odorante de 2.876.890 U.O/h.

Tabela 3: Resultados obtidos para olfatometria dinâmica no Ponto 3.

Local	Saco	Branco	CEN13725	Cf	Média (U.O/m³)	Taxa (U.O/h)
Biofiltro	D27	65	19.873	19.808	21.760	2.876.890
	D06	1172	30.322	29.150		
	D11	1172	17.494	16.322		

A Tabela 4, a seguir, apresenta os resultados obtidos quanto a avaliação de odores no Ponto 4.

Tabela 4: Resultados obtidos para olfatometria dinâmica no Ponto 4.

Local	Saco	Branco	CEN13725	Cf	Média (U.O/m³)
Atrás das leiras	E02	19	156	137	434
	E10	65	663	598	
	E12	65	632	567	

O resultado da concentração de odores para o Ponto 5, diretamente amostrado da leira de compostagem, está presente na Tabela 5, abaixo. O valor da taxa de odor citada abaixo foi calculado para apenas uma leira de compostagem de 9m², de acordo com a Equação 1, utilizando-se, portanto, a câmara defluxo dinâmica para a coleta de amostras em fonte superficial. A taxa de emissão corrigida foi calculada utilizando o fator de correção C, como apresentado no item materiais e métodos, para uma temperatura atmosférica média durante a amostragem de 26°C e uma temperatura média dentro da câmara de 28°C.

Tabela 5: Resultados obtidos para olfatometria dinâmica no Ponto 5

Local	Saco	Branco	CEN13725	Cf	Média (U.O/m³)	Taxa de emissão unitária corrigida (U.O/h)
Leiras de compostagem	B08	65	62.951	62.886	72.032,33	748.772
	E01	65	72.368	72.303		
	E14	65	80.973	80.908		

Na Tabela 6 está presente o cálculo das taxas acumuladas emitidas para até 8 leiras de compostagem no pátio da empresa, considerando que todas tenham a mesma dimensão e emitam a mesma taxa de odor. O total gerado

pelas leiras foi calculado multiplicando-se o número de leiras pela taxa de emissão unitária. Portanto, de acordo com os dados desta tabela, a empresa poderia trabalhar com até 6 leiras no pátio, ainda atendendo o limite da SEMA.

Tabela 6: Total de odores simulado para até 8 leiras de compostagem.

Numero de leiras	Total gerado pelas leiras (U.O/h)
2	$1,50 \times 10^6$
3	$2,25 \times 10^6$
4	$3,00 \times 10^6$
5	$3,75 \times 10^6$
6	$4,50 \times 10^6$
7	$5,25 \times 10^6$
8	$6,00 \times 10^6$

A Tabela 7 mostra todos os dados utilizados para o cálculo da taxa de emissão de odores pelas leiras de compostagem utilizando a câmara de fluxo.

Tabela 7: Dados dos cálculos para obtenção da taxa de emissão de odores utilizando a câmara de fluxo.

Leira de compostagem		
Área da leira	9,00	m ²
Fluxo de odor	$8,3 \times 10^4$	U.O/m ² .h
Área câmara	0,196	m ²
Vazão da câmara	5,00	l/min
	0,30	m ³ /h
Variação de temperatura	-2,00	°C
Fator de correção	0,77	-
Taxa de emissão corrigida	$7,48 \times 10^5$	U.O/h

CONCLUSÕES

O valor médio das taxas de emissão odorante pelo biofiltro e por uma leira de compostagem determinadas no dia 27 de agosto de 2009, na empresa avaliada, foram respectivamente de $2,9 \times 10^6$ e $7,48 \times 10^5$ U.O/h. Quando comparadas ao limite estabelecido pela resolução SEMA 054/2006 da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) do Estado do Paraná, utilizada aqui como referência, ambas não excedem o limite permitido de 5×10^6 U.O/h para fontes pontuais (apesar de que esta resolução não tem sido aplicada para fontes superficiais).

A resolução SEMA 054/2006 objetiva definir critérios para o controle da qualidade do ar neste Estado e menciona no seu artigo 12º que:

“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 à captação e remoção do odor, com eficiência mínima de 85%”.

Verificou-se pouca presença de odores na portaria da empresa e no pátio atrás das leiras de compostagem, com concentrações de 267 e 434 U.O/m³, respectivamente. O valor mais elevado da concentração de odores na região atrás das leiras de cura pode ser devido à proximidade da região com elevada taxa de emissão, neste caso as leiras de cura. A direção do vento e demais condições meteorológicas podem afetar diretamente na dispersão de odores no entorno da empresa. Portanto, os valores da concentração podem variar consideravelmente em diferentes cenários meteorológicos e condições operacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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* 63, pp. 103–111, 2001.
2. 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.
3. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). EN: 13.725 Air quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry (english version). European Standard. Bruxelas, 2003.
4. FRENCHEN, F.B. FREY, M. WETT, M. LÖSER, C. Aerodynamic performance of a low speed wind tunnel. 2nd IWA International Conference on Odour & VOCs – Measurement, Regulation and Control Techniques. Singapura, 2003.
5. NICELL, J.A. Assessment and regulation of odour impacts, *Atmospheric Environment*, Volume 43, Issue 1, pp. 196-206, 2009.
6. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO PARANÁ (SEMA). Resolução Sema 054, de dezembro de 2006: Estabelece padrões de emissões atmosféricas. 2006.
7. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Measurement of Gaseous emission rates from land surfaces using an emission isolation flux chamber: User's Guide. EPA Environmental Monitoring Systems Laboratory, Las Vegas, Nevada. NTIS No. PB-86-223161. February, 60pages, 1986.