

Avaliação de uma Proposta de Sistema para Tratamento de Gases de Defumação de uma Indústria de Alimentos

Evaluation of a Proposed System for Treatment of Smoking Gas Food Industry

José Adriano Kielling

Secretaria Municipal de Águas e Saneamento – SEMASA, Itajaí, SC

kielling1@hotmail.com

Toni Jefferson Lopes

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Pontal do Araguaia, MT

tonijl@unochapeco.edu.br

Murilo Cesar Costelli

Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECO

Chapecó, SC

mccostelli@unochapeco.edu.br

Resumo: Os sistemas de tratamento de gases apresentam na maioria dos casos a emissão de múltiplos componentes, causando odores indesejáveis, como também, a produção de particulados. Este trabalho foi dividido em duas fases. Na primeira, foram investigadas as variáveis do problema, como os tipos de poluentes e concentração dos poluentes principais. Na segunda parte, foi proposto um sistema de tratamento dos gases de exaustão, utilizando um biofiltro. Então o sistema foi avaliado quanto à utilização do biofiltro, referente à eficiência da desodorização. A análise dos gases no decorrer do sistema foi realizada usando-se um analisador portátil e um cromatógrafo a gás, antes e depois do biofiltro. Os resultados obtidos mostram reduções significativas dos gases poluentes escolhidos (CO e SO₂), bem como a redução significativa dos hidrocarbonetos (H_xC_y). Os resultados obtidos para o sistema constituído pelo biofiltro revelaram-se adequados para resolver o problema das emissões de gases.

Recebido em 10/09/2011 - Aceito em 09/11/2011.

RECEN Guarapuava, Paraná v. 13 n° 1 p. 125-136 jan/jun 2011

Palavras-chave: biofiltro; gases, CO, SO₂, C_xH_y; poluentes.

Abstract: Gases treatment systems have shown in the most cases emission of multiples components, causing undesirable odors. This research was divided in two parts. First, the variables as type of pollutants and main pollutant concentration were investigated. In the second part, a bio-filter system was built to treat the exhaustion gases. The indicator in measuring the performance of the bio-filter was the odor removal efficiency. It was based on the ratio of organic and inorganic gases load that were removed by the bio-filter to the load that were fed to the bio-filter. A gas chromatograph and a portable analyzer were used for the measurement of these gases concentrations. The results showed significant reduction in CO, SO₂ and hydrocarbons levels. Therefore, this system had shown a good potential for use in the reducing of gas emissions.

Key words: bio-filter; gases, CO, SO₂, C_xH_y; pollutants.

1 Introdução

Um grande volume de emissões de poluentes, principalmente de origem industrial, é lançado ao meio ambiente sem o devido tratamento. Entre os equipamentos implantados para o controle desses poluentes, nas indústrias, destaca-se a construção de Filtros Biológicos (BAS). Sendo que estes possuem uma elevada eficiência na retenção de odores que por ventura estiverem presentes nos gases submetidos a esse tratamento.

Deshusses e Johnson [1] relatam que o processo de biofiltração é adequado para tratamento de gases odorantes, utilizando altas vazões e baixas concentrações de poluentes biodegradáveis [2], ainda segundo Cox e Deshusses [3], os biofiltros requerem pouca manutenção e são, particularmente, efetivos no tratamento de odores e compostos voláteis que são facilmente degradados, e no tratamento de compostos que não geram subprodutos ácidos.

Um parâmetro limitante ao funcionamento dos biofiltros é a concentração dos

poluentes, pois, uma concentração elevada proporciona efeitos tóxicos sobre a biomassa [4]. Segundo Belli Filho [5], para um bom funcionamento de um biofiltro, é necessário ao seu dimensionamento, a fixação de uma concentração de $1\text{g}/\text{m}^3$ de ar como concentração limitante para compostos orgânicos voláteis.

São conhecidas diversas tecnologias utilizadas no tratamento dos odores, utilizando métodos físicos e químicos como: oxidação térmica, lavadores químicos, ozonização, adsorção por carvão ativado e, também, outros métodos biológicos, como biofiltração, biolavadores e biopercolação. Sendo a biofiltração, o método mais utilizado atualmente, com grande descrição na literatura e aplicação nas indústrias. Técnicas físico-químicas removem com eficiência, os compostos odorantes da corrente gasosa. Dentro de certas condições, a necessidade de adição de produtos químicos diariamente e da substituição do composto absorvente resulta em alto custo de operação, quando comparados com técnicas de tratamento biológico [6].

O tratamento biológico de gases possibilita a degradação dos compostos químicos, transformando os compostos odorantes e/ou tóxicos em inodoros e atóxicos. Os microrganismos utilizam os compostos orgânicos como fonte de carbono para a biosíntese e como fonte de energia para a degradação do substrato [7]. De acordo com Belli Filho *et al.* [5], os processos biológicos de tratamento de gases consistem na transferência de compostos voláteis, com odores, para uma fase líquida e, em seguida, na degradação por meio de microrganismos, com a ressalva da aplicação a produtos biodegradáveis e relativamente solúveis em soluções aquosas.

Dentro desse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar uma proposta de sistema para a minimização de poluentes gasosos emitidos pelo processo de defumação de uma indústria de alimentos.

2 Material e métodos

2.1 Equipamentos e análises

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Energia e Meio Ambiente – LEMA do Departamento de Engenharia Química e Alimentos da Universidade Fe-

deral de Santa Catarina (UFSC) e em uma indústria de alimentos do Estado de Santa Catarina. A análise dos gases foi realizada com o analisador de gases portátil Greenline MK2, a vazão foi determinada com auxílio de tubo de *Pitot* de 35in acoplado a manômetros de coluna de água, previamente calibrados e anemômetro digital Testo 425 de 0 a 20m/s de $\pm 5\%$. A temperatura foi medida com um termômetro digital a laser Raytek de 0 a 200°C, com exatidão de $\pm 5\%$.

Foi realizada análise cromatográfica, para a determinação dos gases presentes antes e depois do biofiltro e no condensado do trocador de calor do sistema piloto. Os gases, de exaustão, foram medidos através do analisador de gases, levando-se em conta a temperatura e vazão previamente determinadas.

A amostragem dos gases foi realizada nos dutos do projeto piloto, na entrada do exaustor, entrada e saída do trocador de calor e entrada e saída do biofiltro, conforme norma NBR 10701 [8]. As análises de cromatografia e de espectrometria de massa foram realizadas na Central de Análises Químicas, do Departamento de Química da UFSC, com cromatógrafo em fase gasosa SHIMADZU GC/17A com coluna DB1 de 30m/0,25mm/0,25 μm , usando Nitrogênio e rampa de aquecimento até 300°C/60 min.

2.2 Desenvolvimento do processo

Com os dados teóricos, procedeu-se a elaboração de um sistema de tratamento de gases de exaustão piloto (SSEP). Esse sistema foi concebido de acordo com a necessidade de se eliminar ou minimizar o lançamento de poluentes ao ambiente. É composto de um exaustor de 3 HP e 1500rpm, uma válvula globo, um trocador de calor tubo carcaça de 1,5m com tubo interno de 0,10m e externo de 0,20m e um biofiltro de 0,18 m³, conectados com tubos de PVC flexíveis de 0,10m com 20m de comprimento (Figura 1). O equipamento foi montado no setor de defumação da indústria, de acordo com o projeto proposto.

Foi realizada a análise de campo na unidade, sendo feito, inicialmente, um levantamento do *layout* do sistema de defumação. Após, procedeu-se uma análise minuciosa dos componentes do sistema estudado, com o levantamento de dados referentes

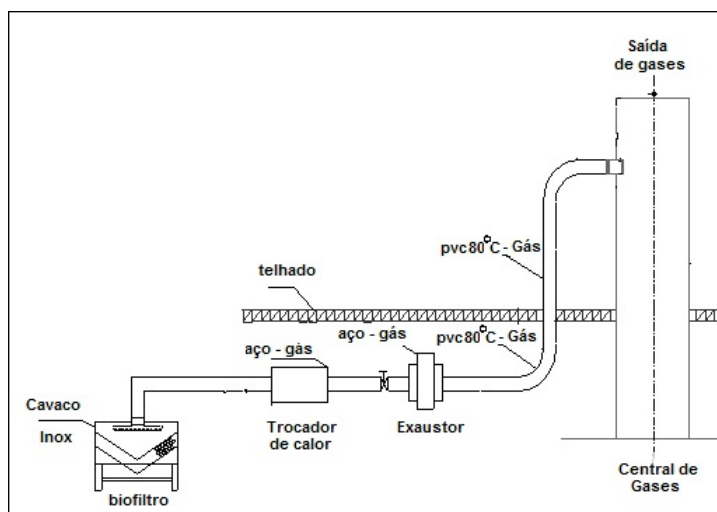


Figura 1. Planta do Sistema de Tratamento de Gases – Defumador

à exaustão, composição e temperatura dos gases que saem dos defumadores operando de forma descontínua. São defumados vários tipos de produtos, tais como paio, copa e linguiça.

O exaustor (Figura 2) succiona os gases a partir da chaminé, se necessário, a válvula globo serve para dar um controle de fluxo que entra no trocador de calor tubular (Figura 3), projetado para diminuir a temperatura dos gases e também promover a condensação de compostos presentes nos gases, assim diminuindo o teor de compostos presentes nesses gases, bem como alguns particulados que são carregados pela condensação do vapor d'água.

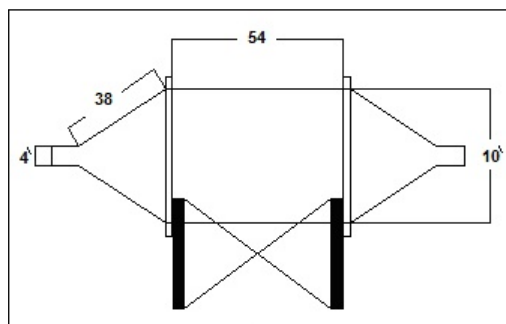


Figura 2. Diagrama Exaustor do Sistema de Tratamento de Gases – Defumador

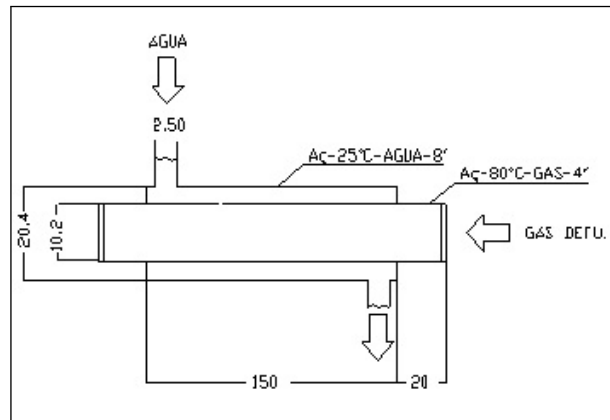


Figura 3. Diagrama Trocador de Calor do Sistema de Tratamento de Gases – Defumador

O biofiltro (Figura 4) possui um sistema de grelhas, projetadas em ângulo para melhor distribuição dos gases de exaustão, que foram preenchidas com uma camada de 0,30m de cavaco de pinus novo com cerca de 50% de umidade (em média). O Biofiltro (Figura 4) foi posicionado fora do prédio para minimizar um possível problema de contaminação dos alimentos por bactérias e fungos que poderiam desenvolver-se ou estar presentes no cavaco usado como leito de filtragem e retenção de particulados.

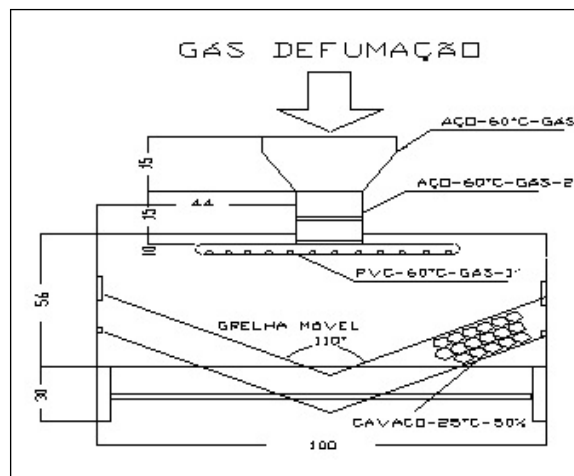


Figura 4. Diagrama Biofiltro do Sistema de Tratamento de Gases – Defumador

3 Resultados e discussão

Primeiramente, realizou-se testes do sistema em relação ao tempo de processo por um período de 1.632 horas (68 dias), para a quantificação das concentrações dos gases CO, SO₂, C_xH_y (hidrocarbonetos), totalizando um número de 29 amostras, em intervalos regulares, antes e depois do biofiltro.

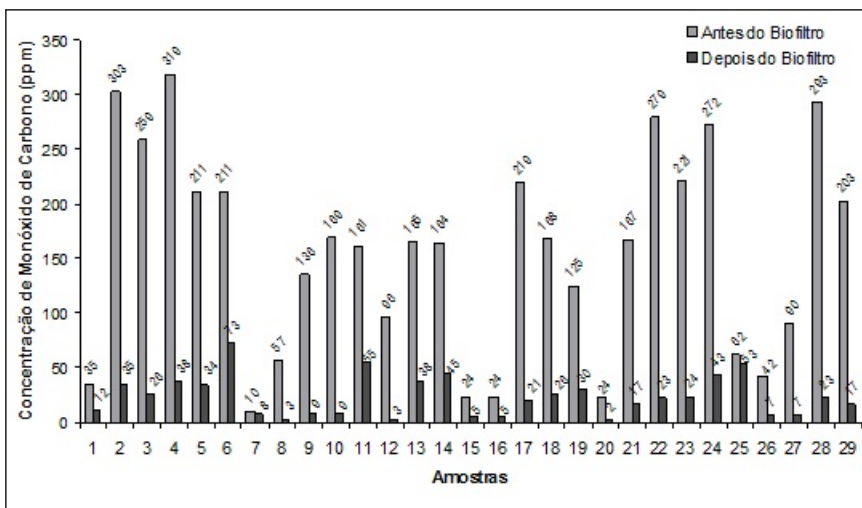


Figura 5. Teor de CO antes e depois do biofiltro

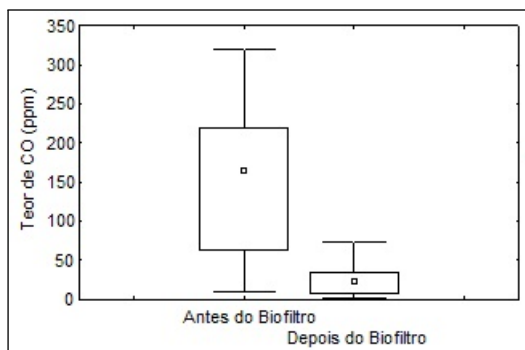


Figura 6. Desenho esquemático para o controle do teor de CO

Nas figuras 5 e 6, pode-se observar que, após os gases passarem pelo biofiltro, ocorre uma significativa redução do teor de CO em relação ao valor do número mediano total, de 165 para 23 ppm. Outro aspecto a relatar é a menor dispersão dos valores da concentração de monóxido de carbono após a passagem pelo biofiltro,

como pode ser observado através do intervalo interquartílico, na figura 6 (Quartil_{25%} e Quartil_{75%}). Os desvios interquartílicos valem 157 e 27 ppm, para antes e após o biofiltro, respectivamente, indicando que o teor de CO é menor após o biofiltro.

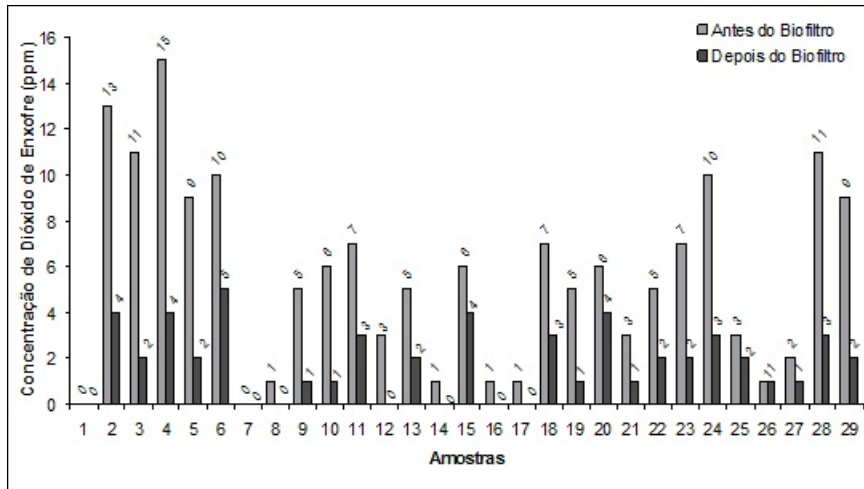


Figura 7. Teor de SO antes e depois do biofiltro

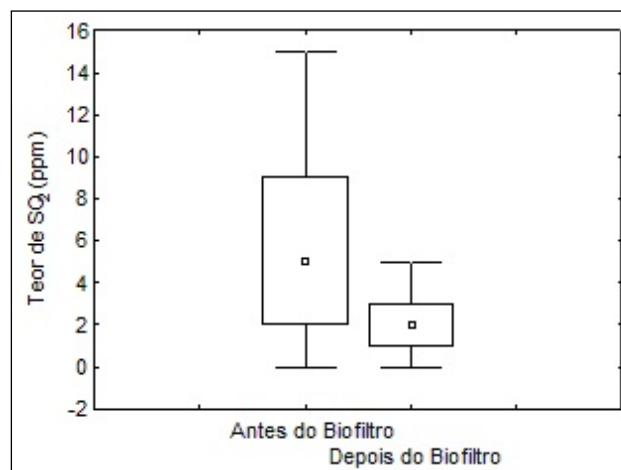


Figura 8. Desenho esquemático para o controle do teor de SO₂

Nas figuras 7 e 8, pode-se observar que, após os gases passarem pelo biofiltro, ocorre uma significativa redução do teor de SO₂ em relação ao valor do número mediano total, de 5 para 2 ppm. Outro aspecto a relatar é a menor dispersão dos valores do teor de SO₂ após a passagem pelo biofiltro, como pode ser observado através do

intervalo interquartilico (Quartil_{25%} e Quartil_{75%}). Os desvios interquartilicos valem 7 e 2 ppm, para antes e após o biofiltro, respectivamente, indicando que o teor de SO₂ é menor após o biofiltro.

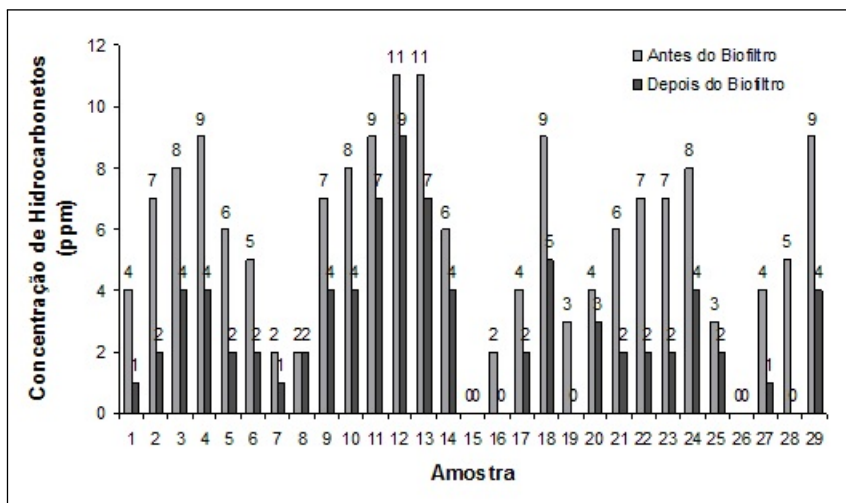


Figura 9. Teor de C_xH_y antes e depois do biofiltro

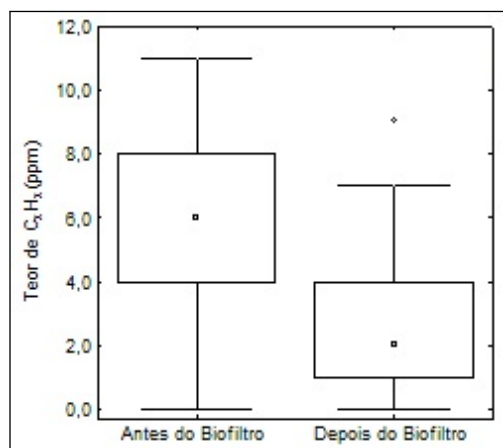


Figura 10. Desenho esquemático para o controle do teor de C_xH_y

Já nas figuras 9 e 10 observa-se que, após os gases passarem pelo biofiltro, ocorre uma significativa redução do teor de C_xH_y em relação ao valor do número mediano total, de 6 para 2 ppm. Outro aspecto a relatar é a dificuldade do biofiltro em diminuir a dispersão dos hidrocarbonetos presentes nos gases de exaustão do defumador,

comportamento este diferente do que o observado para o SO_2 e para o CO , como pode ser observado através do intervalo interquartílico ($\text{Quartil}_{25\%}$ e $\text{Quartil}_{75\%}$).

Os desvios interquartílicos valem 4 e 3 ppm, para antes e após o biofiltro, respectivamente, indicando que o teor de C_xH_y é menor após o biofiltro, porém equivalentes em relação a dispersão. Também no conjunto de valores obtidos neste ensaio, para o ponto após o biofiltro, observou-se a presença de um ponto *outliers*, este valor corresponde a 9,0 ppm de H_xC_y . A análise de comparação das médias por *t-student*, variância por qui-quadrado e teste F, mostrou que os dois conjuntos de dados são diferentes em um intervalo de confiança de 95% para CO , SO_2 e C_xH_y .

3.1 Análise cromatográfica

Uma amostragem dos gases do sistema proposto foi realizada, para análise cromatográfica da entrada e saída do biofiltro. Nas figuras 11 e 12, nota-se a diferença entre os picos 1 e 2 (cerca de 2,24 vezes), enquanto entre os picos 3 e 4 a diferença é de, aproximadamente, 8,26 vezes. Esta diferença é crucial para a análise da eficiência do sistema piloto proposto, quanto a compostos orgânicos voláteis (VOC's), tornando-se um padrão interno, comprovando assim que há redução dos contaminantes entre a entrada e a saída do biofiltro e não uma simples diluição dos gases.

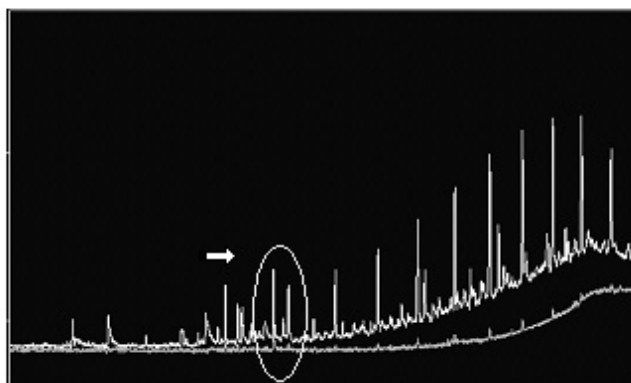


Figura 11. Gráfico dos cromatogramas dos gases de entrada (branco) e saída (cinza) do biofiltro

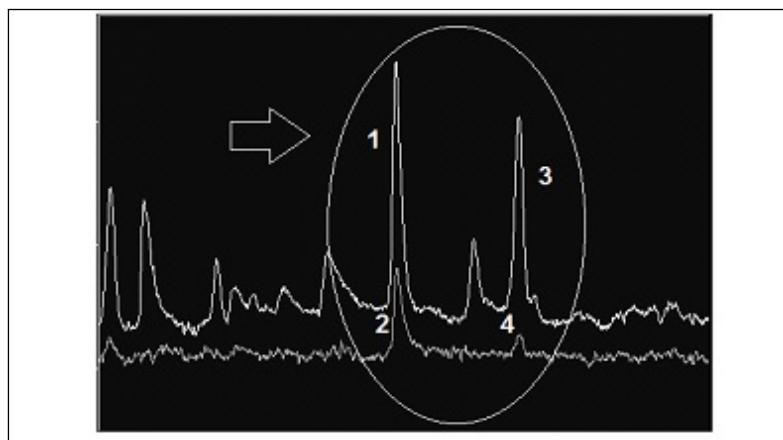


Figura 12. Gráfico dos cromatogramas dos gases de entrada (branco) e saída (cinza) do biofiltro

4 Conclusões

O sistema de tratamento de gases de exaustão proposto demonstra ser viável e permite que seja realizada uma considerável depuração dos compostos químicos presentes nos gases, tais como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (C_xH_y) e dióxido de enxofre (SO_2). Foram encontradas grandes reduções dos teores desses gases, relativamente à entrada e saída do sistema, com ênfase na saída do biofiltro que denotou uma redução significativa desses gases.

O sistema de tratamento de gases proposto demonstrou ser muito eficiente e viável para implantação em escala industrial, para a indústria local, proporcionando um ganho ambiental significativo, perante órgãos ambientais (FATMA) e principalmente para a comunidade circunvizinha.

A partir dos resultados apresentados neste trabalho, obtidos nas diversas etapas de coleta de dados, concluiu-se que a necessidade de um trocador de calor no sistema é imperativa, pois, além de retirar o condensado que carrega compostos químicos, ajuda na redução da temperatura dos gases do sistema, para melhorar a eficiência e poupar o biofiltro de sobrecarga de SO_2 , CO e de hidrocarbonetos. A vida útil longa e o baixo valor do sistema de tratamento de gases (estimado) torna-o economicamente viável. Também, apresenta como ponto positivo um baixo valor de perda de carga de

- 3 (Equação de Babcock) [9] para uma vazão de operação de 0,0036 m³/s.

5 Referências

- [1] DESHUSSES, M. A.; JOHNSON, C. T. Development and validation of a simple protocol to rapidly determine the performance of biofilters for VOC treatment. *Environ Sci Technol*, v. 34, p. 461–467, 2000.
- [2] VDI-3477. Biofilters-Biological waste gas/waste air purification. Verein Deutscher Ingenieure, 1991.
- [3] COX, H. H. J.; DESHUSSES, M. A. Biotrickling filters. In: C. Kennes (Editor), *Bioreactors for Waste Gas Treatment*. Kluwer Academic Publisher bc4.pdf. cap 4, 2000b. Disponível em: <http://enr.ucr.edu/~mdeshuss/>. Acesso em jun de 2004.
- [4] LE CLOIREC, P.; HUMEAU, P.; RAMIREZ-LOPEZ, E. M. Biotreatments of odours: control and performance of a biofilter and a bioscrubber. *Water Sci Technol*, v. 44, n. 9, p. 219–226, 2001.
- [5] BELLI FILHO, P. Tratamento de odores em sistemas de esgotos sanitários. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios – PROSAB, cap. 8, 2001.
- [6] MATOS, T. A. Avaliação do uso simultâneo de um biofiltro aerado submerso para tratamento de secundário de esgoto sanitário e para biodesodorização contendo gás sulfídrico. 121f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2001.
- [7] LE CLOIREC, P.; FANLO, J. Odeur et désodorisation industrielles. Ecole des Mines D'Alès, 2000.
- [8] NBR-10701 - Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Procedimento, 1989.
- [9] PERRY, R. H.; GREEN, D. W. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7th Ed., McGraw-Hill, 1997.