

CONTROLE E TRATAMENTO DE ODORES DE UM REATOR ANAERÓBIO COM BIOFILTRAÇÃO

Paulo Belli Filho⁽¹⁾, Delmira Beatriz Wolff⁽²⁾, Flávia Andrea da Silva Cabral⁽³⁾, Cleide Martins de Carvalho⁽⁴⁾, Helen Simone Chiaranda⁽⁵⁾ e Rejane Helena Ribeiro da Costa⁽⁶⁾

Endereço^(1,2,3,4,5,6) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Campus Universitário – Universidade Federal de Santa Catarina – SC CEP 88040-900 belli@ens.ufsc.br, delmira@ens.ufsc.br, rejane@ens.ufsc.br

RESUMO

O trabalho teve o objetivo de avaliar e tratar os maus odores gerados no tratamento de esgotos sanitários, através de processo biológico anaeróbio utilizando um biofiltro piloto. Este foi construído com coluna de PVC (diâmetro 0,20 m e altura de 0,70 m, preenchido com 0,50 m de meio filtrante). São apresentadas metodologias para determinação da intensidade odorante através de análise olfatométrica e a qualificação e quantificação de compostos gasosos. O experimento foi realizado em duas etapas, sendo que, na primeira utilizou-se turfa como material filtrante e na segunda, um composto orgânico de resíduos sólidos. A amostragem dos gases de entrada e saída do biofiltro é constituída por uma sequência de frascos lavadores para a absorção dos compostos específicos, controladores de vazão e bombas amostradoras à vácuo. Na primeira etapa foram obtidas eficiências médias de 79% e máximas 81% na remoção de H₂S, de 71% (média) e 95% (máxima) para o NH₃ e 42% (média) e 78% (máxima) para COVs. Na segunda etapa as eficiências obtidas foram de 54% e 90% na remoção de H₂S e de 86% (média) e 99% (máxima) para NH₃. Na avaliação da redução dos odores foi observado que os dois meios filtrantes foram eficientes no tratamento dos gases odorantes.

PALAVRAS CHAVE

Biofiltro; odores; olfatometria, reator anaeróbio.

INTRODUÇÃO

Um dos inconvenientes dos processos anaeróbios é sem dúvida a formação de gases odorantes. Neste trabalho analisa-se o desempenho de um biofiltro piloto, com fluxo ascendente. Foram testados dois meios filtrantes: turfa orgânica natural e composto orgânico, sob várias condições experimentais e avalia as emissões gasosas provenientes do tratamento anaeróbio de esgotos sanitários integrados aos do efluente líquido do restaurante universitário da Universidade Federal de Santa Catarina.

Os odores são gerados por misturas complexas de moléculas químicas com enxofre (H₂S, mercaptanas), nitrogênio (NH₃ e aminas), fenóis, aldeídos, cetonas, álcoois e ácidos orgânicos. As substâncias responsáveis pela geração de odores são resultantes da decomposição anaeróbia de matéria orgânica contendo, principalmente, enxofre e nitrogênio. Destaca-se a redução de sulfatos produzindo gás sulfídrico (H₂S) e a produção da amônia (NH₃). Os compostos com

enxofre podem ser tóxicos e irritantes para os olhos e vias respiratórias, mesmo em baixas concentrações.

Os sulfetos podem ser produzidos pela redução biológica de sulfatos e outros compostos orgânicos contendo enxofre, presentes nos esgotos sanitários. A presença da forma não dissociada H_2S está condicionada a parâmetros como temperatura e pH. A quantidade produzida ainda depende de parâmetros como carga orgânica, composição do substrato e do processo de competição entre as bactérias sulforedutoras e metanogênicas.

O gás sulfídrico (H_2S) é o mais importante gás associado à produção de odores desagradáveis. Alguns dos efeitos que a exposição humana ao gás sulfídrico pode causar são mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Efeitos produzidos pela exposição humana ao de gás sulfídrico

| Tempo e condições de exposição | Concentrações de H_2S na atmosfera do sistema de esgotos ppm (em volume) | Efeitos |
|-------------------------------------|--|--|
| Exposição prolongada, trabalho leve | 5-10 (algumas pessoas menos) | pouco ou nenhum |
| 1 a 2 horas, trabalho leve | 10-50 (algumas pessoas menos) | irritações leves nos olhos e nas vias respiratórias, dores de cabeça |
| 6 horas de trabalho manual pesado | Cerca de 50 | cegueira temporária |
| 1 hora de trabalho manual pesado | Cerca de 100 | limite máximo consequências sérias |

Fonte: (Além Sobrinho et al, 2000)

Os compostos odorantes podem ser determinados através de análises químicas e olfatométricas. As análises químicas identificam e quantificam os compostos responsáveis pelos odores, enquanto que a olfatometria qualifica e apresenta as intensidades odorantes com seus níveis de incômodos.

A avaliação dos odores através da olfatometria (medida dos odores), esta fundamentada no sistema olfativo do ser humano, encarregando-o de discriminar e identificar os corpos odorantes. Esta avaliação de intensidade odorante na atmosfera pode ser feita comparando a amostra a ser analisada com referências de odores, constituídos por diluições conhecidas de um composto padrão (Belli Filho e Lisboa, 1998). Neste método utiliza-se uma escala referencial com concentrações diferentes de compostos e tendo-se o 1-butano como um padrão bastante difundido. Estas determinações se efetuam por tratamento estatístico das várias respostas de um júri de pessoas treinadas e selecionadas para avaliar uma atmosfera com odores. A precisão dos resultados depende de vários fatores, entre estes a seleção do júri. São mostrados na tabela 2 os compostos e os limites de percepção olfativa

Tabela 2 – Limite de Percepção Olfativa

| Famílias | Limite Olfativo (mg/m ³) |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| Compostos de N | |
| Amônia | 20 |
| Aminas | 0,03 à 0,1 |
| Compostos de S | |
| H ₂ S e mercaptanas | 0,002 à 0,1 |
| Compostos carboníls | |
| Aldeídos e cetonas | 0,2 à 0,4 |

Fonte: (Bonim et al, 1993)

A olfatometria é um método fundamentado em bases científicas com diferentes normas existentes, tais como AFNOR (França), GDI (Alemanha) e EPA (USA), podendo ser utilizado com proveito nas indústrias, comunidades e órgãos ambientais, na avaliação dos incômodos odorantes.

As análises químicas qualitativas e quantitativas dos odores podem ser realizadas através dos métodos de análises gravimétricas, iodométricas, volumétricas, colorimétrica, absorção do infra vermelho ou através da cromatografia gasosa.

Existem várias tecnologias aplicadas ao tratamento dos odores, entre elas os processos biológicos que podem ser classificados em três grandes categorias: biofiltro (meio suporte: turfa, composto orgânico, solo e outros), biolavagem e biopercolação, os dois últimos são métodos análogos ao princípio da lavagem química que utilizam os mesmos parâmetros clássicos: solubilidade, coeficiente de partição, temperatura, pH e tempo de contato.

O princípio básico da biodesodorização é a oxidação microbiológica dos compostos odorantes, que podem ser tóxicos em determinadas concentrações, os quais são biodegradados em compostos inodoros e atóxicos (Kowall, 1993). A realização da oxidação microbiológica ocorre através dos microorganismos e enzimas que oxidam a matéria orgânica, parcialmente ou totalmente, até a produção de água e gás carbônico. Esta biodegradação exige a presença da matéria carbonácea, oxigênio, de derivados do nitrogênio, enxofre e fósforo.

A biofiltração consiste na passagem do gás odorantes geralmente em fluxo ascendente, através de um meio filtrante constituído de material orgânico: turfa, composto orgânico, lodo desidratado de estações de tratamento de efluentes, solo orgânico e outros. O meio filtrante deve estar úmido (50% à 80%) e rico em microorganismos. Neste meio úmido e oxigenado, os compostos voláteis são transferidos da fase gasosa para o biofilme líquido através do mecanismo de absorção, e degradados pelos microorganismos através do processo de oxidação (Kowal, 1993).

Os materiais filtrantes são componentes essenciais na biofiltração e devem apresentar as seguintes características.

- Serem ricos em microorganismos;
- Possuir grande superfície a fim de favorecer a transferência de massa gás/ líquido/sólido ao crescimento do biofilme;
- Contribuir com os elementos necessários à vida dos microorganismos (nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre);
- Boa retenção de água: a umidade é um fator indispensável para permitir a transferência gás/líquido (absorção) e o crescimento dos microorganismos;
- Permitir o fenômeno de adsorção: transferência gás/sólido e líquido/sólido (biofilme);

- Dispor de um comportamento hidrodinâmico adaptado, sem passagens preferenciais, nem perda de cargas elevadas;
- Enfim, representar um investimento de baixo custo.

A estrutura física e a composição química do biofiltro podem oferecer um meio de crescimento favorável aos microorganismos, heterotróficos ou autotróficos. Os organismos heterotróficos utilizam como fonte de energia o carbono orgânico presentes nos açúcares, lipídios, aminoácidos, ácidos graxos. Os organismos autotróficos utilizam o carbono de origem mineral (CO_2 , carbonatos, bicarbonatos) e o nitrogênio (nitrogênio atmosférico, nitrato e amônia). Em geral, os microorganismos presentes na turfa são essencialmente aeróbios facultativos, sem a presença de patogênicos.

O processo de biofiltração, para eliminação dos compostos odorantes, mostra-se vantajoso em relação às técnicas de biolavagem e biopercolação, apresentando as seguintes vantagens: facilidades na manutenção, operação imediata (adsorção), baixo consumo de água e energia e, baixo custo operacional. O biofiltro tem como desvantagem a sua colmatação e requer maior área para a sua implantação em comparação aos processos físicos e químicos de tratamento de gases. Porém, custam bem menos e não apresentam os riscos de manipulação de produtos químicos perigosos (Belli Filho et al, 2000).

METODOLOGIA

Inicialmente, os gases foram coletados diretamente de um tanque séptico com volume de 25m^3 que trata os despejos do restaurante universitário da Universidade Federal de Santa Catarina. Foi observado, porém, que este tanque séptico funciona como uma unidade de passagem e principalmente, como tanque retentor de gordura, pois este esgoto bruto é rico em óleos e graxas, o que dificultava o desprendimento dos gases. Construiu-se, então, um segundo tanque séptico com volume de 10m^3 para tratar uma fração da vazão total, exclusivamente para este estudo. Do segundo tanque séptico, as emissões gasosas são direcionadas para um biofiltro piloto. O experimento foi realizado com dois meios suportes (turfa e composto orgânico) avaliados separadamente e com análises semanais, para diferentes condições experimentais para cada um.

Descrição da unidade piloto

O biofiltro foi construído com uma coluna de PVC de diâmetro interno de 0,20 m e altura de 0,70 m, com 0,10 m de fundo falso, 0,50 m de preenchimento do meio filtrante e 0,10 m de altura livre. Foi alimentado por meio de um ventilador centrífugo industrial, que coleta os gases do reator anaeróbio tipo tanque séptico, direcionando-os para a sua parte inferior (figura 1).

O controle de vazões de alimentação dos gases é realizado através da medida da velocidade por meio de um tubo de Pitot e pela pressão determinada por um manômetro inclinado. A variação de vazão no ventilador centrífugo é comandada por um inversor de frequência. O sistema de amostragem dos gases de entrada e saída do biofiltro é constituído por uma sequência de frascos lavadores, onde é feita a absorção química dos gases, utilizando para controle de vazão na primeira etapa um registrador digital, acoplado a um software. As amostras eram absorvidas em solução aquosa através do auxílio de uma bomba a vácuo.

A fim de assegurar um adequado teor de umidade no meio filtrante foi prevista uma coluna d'água no fundo do biofiltro. Foram realizados ensaios para determinação da pressão e perda de carga no sistema (tubulações, conexões e leito filtrante), em função da vazão de alimentação de gases.

Primeiramente avaliou-se a turfa (primeiro estudo) proveniente do sul do estado de Santa Catarina, e numa segunda etapa utilizou-se composto orgânico proveniente da unidade de compostagem da Universidade Federal de Santa Catarina. Os materiais utilizados como meio filtrante são ricos em biomassa viva e em macro e micro nutrientes, necessários a atividade biológica aeróbia, que promove o tratamento dos gases odorantes. Na primeira e segunda etapa, foi verificado a necessidade de realizar uma sementeira com bactérias de um seletor biológico proveniente uma estação de tratamento de esgotos sanitários, da Companhia de Saneamento – CASAN.

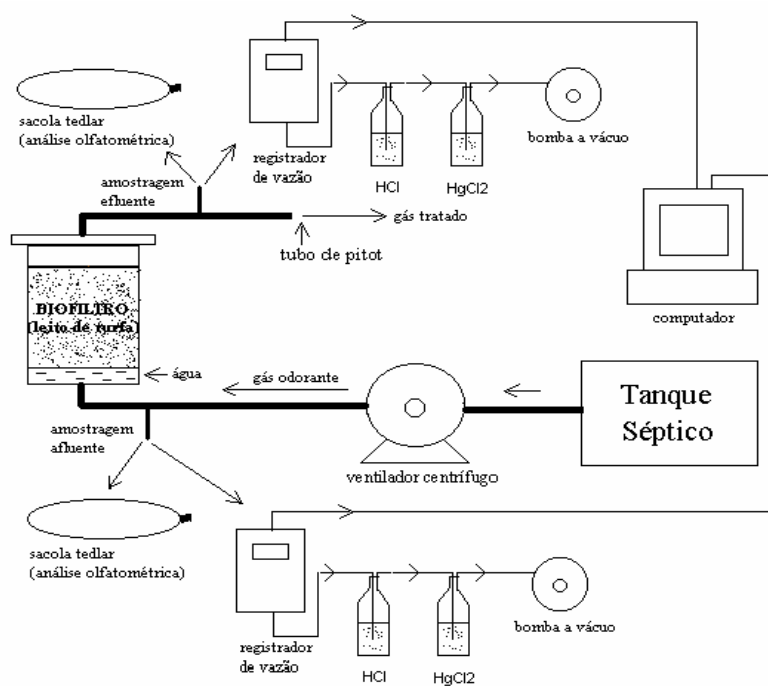


Figura 1 - Lay-out da unidade piloto – biofiltro

Monitoramento do Biofiltro

Para avaliação das concentrações médias semanais e a eficiência no biofiltro utilizou-se a técnica de absorção de gases em soluções aquosas. O H_2S (gás sulfídrico) foi analisado através da absorção em solução de HgCl_2 , acidificada e quantificado pelo precipitado de HgS formado (Maris et al, 1994). A amônia (NH_3) foi analisada através da absorção em solução de HCl e quantificada com titulação sob a forma de NH_4^+ . Os COVs foram quantificados pela concentração dos compostos orgânicos dissolvidos na solução de HCl e determinados através de um medidor de COT, 5000A- Shimadzu.

A avaliação da eficiência da redução da intensidade dos odores (estudo olfatométrico) no biofiltro foi realizada, seguindo-se as recomendações da norma francesa AFNOR. Para tal, utilizou-se o 1 – butanol como elemento de referência na determinação dos diferentes níveis da intensidade dos odores. Esta avaliação olfatométrica das amostras é desenvolvida por um júri de pessoas selecionadas conforme as recomendações na norma citada.

A figura 2 mostra a fotografia do biofiltro piloto UFSC/PROSAB empregado na pesquisa.



Figura 2 - Biofiltro piloto

Condições Operacionais

A tabela 3 mostra as condições de operação aplicadas nos ensaios, sendo que a taxa de aplicação representa a vazão de gás afluente a ser tratada em relação a superfície do biofiltro.

Tabela 3- Condições operacionais

| Meio filtrante | Taxa aplicada (m ³ /m ² h) | Tempo de contato (seg) | Local da captação dos gases |
|----------------|---|---------------------------|--------------------------------|
| Turfa | 25 | 70 | Tanque 1 – 25 m ³ |
| | 25 | 70 | Tanque 2 – 10 m ³ |
| | 32 | 55 | Tanque 2 – 10 m ³ |
| | 44 | 41 | Tanque 2 – 10 m ³ |
| Composto | 100 | 18 | Tanque 2 – 10 m ³ |
| Orgânico | 40 | 46 | Tanque 2 – 10 m ³ |

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 3 apresenta os resultados sobre a avaliação de perda de carga no meio suporte com turfa orgânica. Estes dados permitiram a determinação da potência e pressão necessárias para o dimensionamento do ventilador centrífugo que alimenta o biofiltro, para atender a uma variação da taxa de aplicação de gases na faixa de 25 a 120 m³/m²h, com tempos de detenção de 70 a 15 segundos.

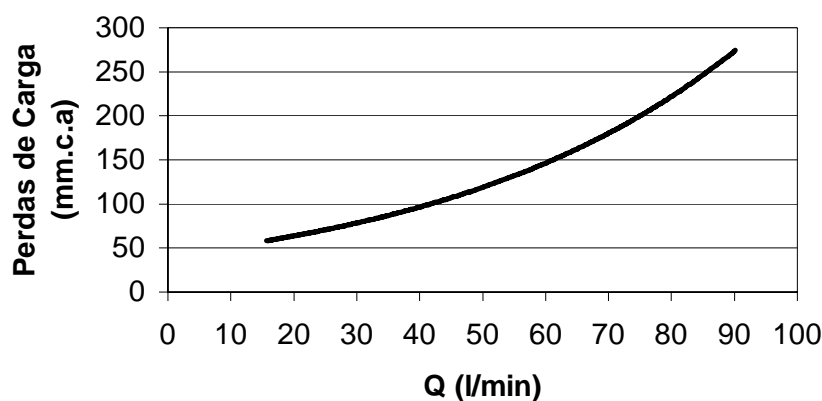


Figura 3 – Perda de carga na turfa

A tabela 4 apresenta as características dos meios filtrantes utilizados, no início e ao final do período de operação.

Tabela 4 : composição dos meios filtrantes

| Composição de nutrientes % | Turfa orgânica natural | | Composto orgânico | |
|-------------------------------|------------------------|-------|-------------------|-------|
| | Início | Final | Início | Final |
| NTK | 0,2 | 1,10 | 0,80 | 1,17 |
| P ₂ O ₅ | 0,02 | 0,20 | 0,30 | 0,70 |
| K ₂ O | 0,005 | 0,02 | 0,20 | 0,30 |
| Ca | 0,075 | | | 0,80 |
| Mg | 0,047 | | | 0,10 |
| S | 0,005 | | 0,02 | 0,022 |
| Cu | 0,0004 | | | 0,002 |
| Mn | 0,0016 | | | 0,02 |
| Zn | 0,0002 | | | 0,007 |
| Fe | 0,0016 | | | 0,78 |
| Umidade | 85 | 18,8 | 53,8 | 24,91 |
| M.O | 13,8 | | | 25,70 |
| pH | 5,7 | 2,8 | 6,6 | 6,40 |

Observa-se na tabela 4 que houve uma elevada retenção dos nutrientes (N, P, K) e pouca variação do enxofre ao final dos experimentos, tanto no leito de turfa quanto no leito de composto orgânico. Verificou-se uma elevada redução da umidade dos leitos, indicando um problema operacional e ainda, a acidificação do meio, mais pronunciada no leito de turfa.

Biofiltro com turfa

Os resultados de análises do comportamento do biofiltro com turfa obtido durante o período de ensaio são apresentados nas figuras 4, 5 ,6 e 7. (Carvalho, 2001)

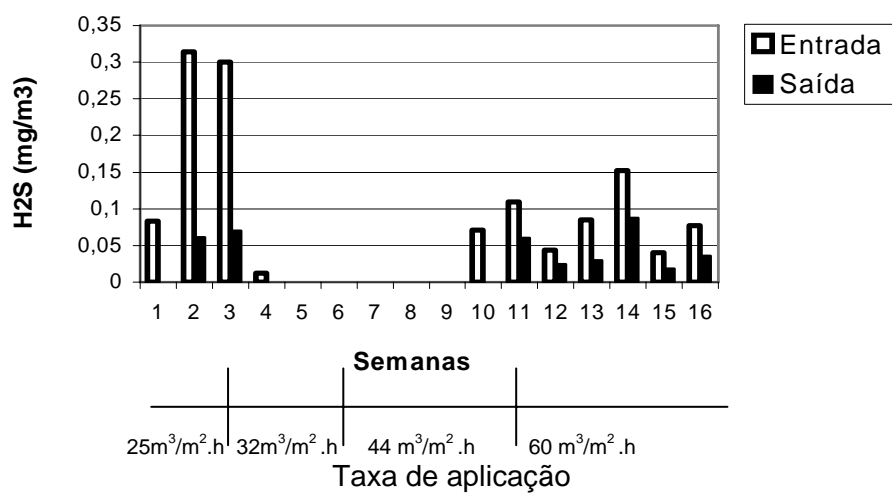


Figura 4 -. Biofiltro com turfa - Gás Sulfídrico

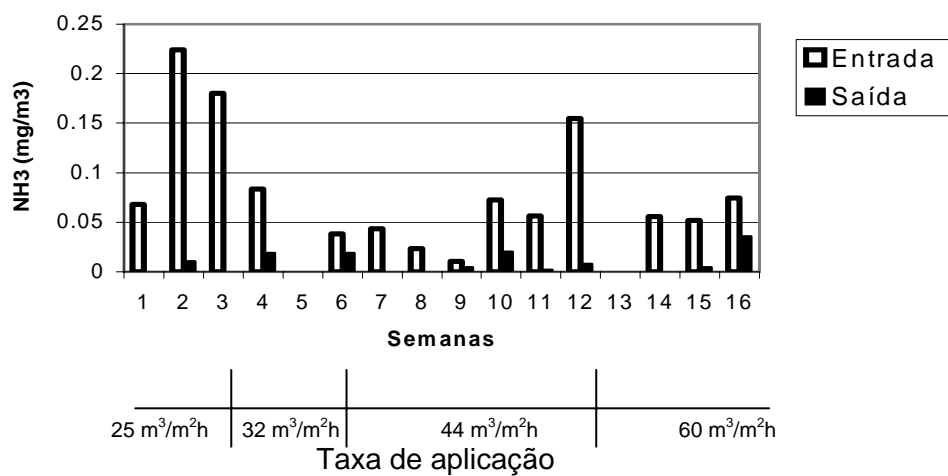


Figura 5 – Biofiltro com turfa - Amônia

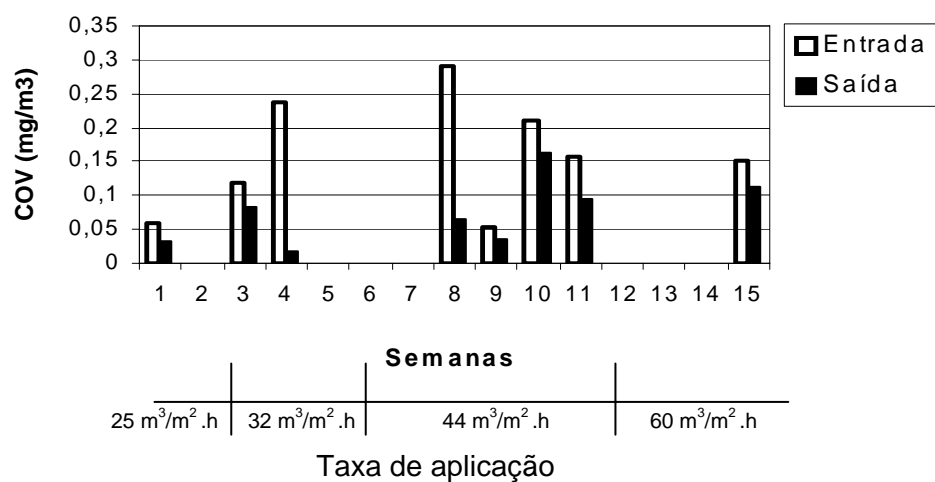


Figura 6 – Biofiltro com turfa - COV

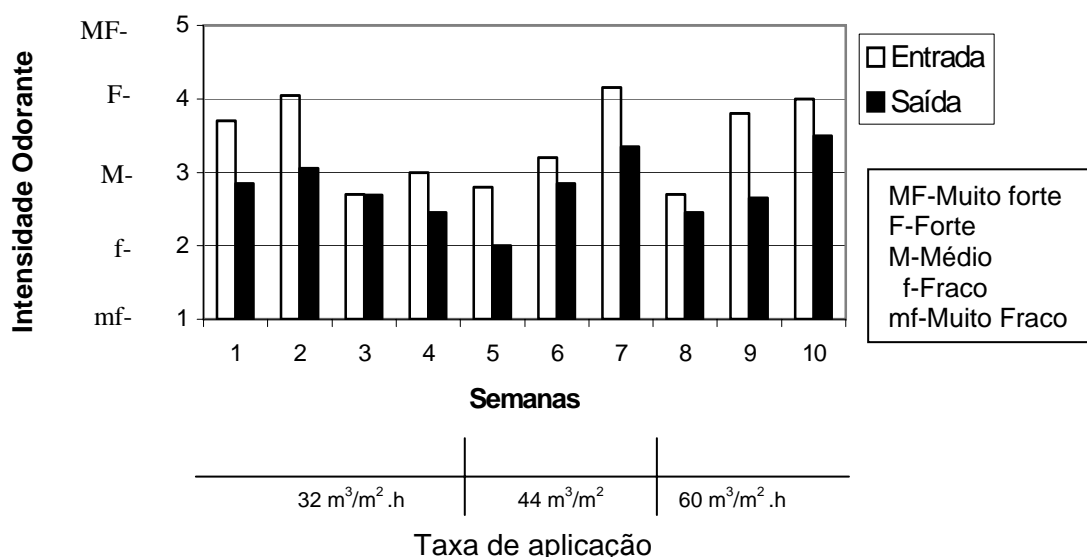


Figura 7 – Biofiltro com turfa - Análise olfatométrica

Observa-se que, ao longo da avaliação, a turfa absorveu e degradou as variações de concentrações afluentes de H_2S , que variaram de $0,314 \text{ mg}/\text{m}^3$ ao limite inferior de detecção para o período amostrado de uma semana. O período com valores não detectados equivale a época de temperatura ambiente de inverno, tendo-se registrado valores próximos a 0°C durante as madrugadas. Desta forma, devido a esta característica operacional, a atividade biológica no reator anaeróbio foi reduzida, limitando a produção de gases odorantes.

As eficiências obtidas nas reduções de H_2S variaram com percentuais de 44% à 81% para as concentrações detectadas. As taxas de aplicação no biofiltro, que foram de $25 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ a $44 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ não interferiram no comportamento da turfa, apesar de verificar-se um pH de 2,8 ao final de sua avaliação.

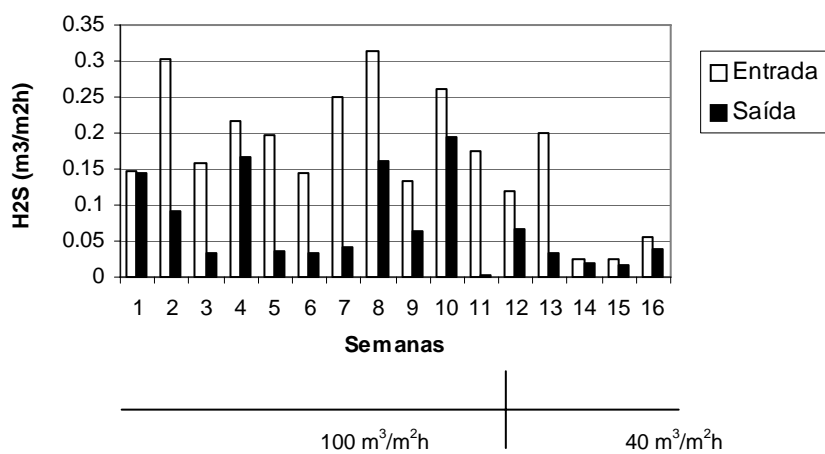
Quanto a amônia (NH_3), o biofiltro apresentou boa eficiência na sua remoção não sofrendo influência com as variações das taxas de de aplicações. Os valores de eficiência variaram entre 52% e 95%. As concentrações máximas no afluente e efluente foram respectivamente de $0,224 \text{ mg}/\text{m}^3$ e $0,036 \text{ mg}/\text{m}^3$. Enquanto que as concentrações mínimas detectadas no afluente e efluente foram respectivamente de $0,075 \text{ mg}/\text{m}^3$ e $0,007 \text{ mg}/\text{m}^3$.

A taxa de remoção de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), em termos de Carbono Orgânico Total (COT) apresentou baixos valores de eficiência variando entre 23% e 53%. Este grupo de compostos apresentou um comportamento heterogêneo no efluente, diferente daqueles obtidos com H_2S e NH_3 , como pode ser observado na figura 6.

A intensidade odorante no estudo do biofiltro variou ao longo do tempo (figura 7). Para a taxa de $32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ os valores variaram na entrada de forte ou próximo a forte e na saída médio ou próximos a médio. Na semanas de 5, 6 e 7, durante a aplicação de taxa de $44 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ a análise olfatométrica mostra que a intensidade odorante dos gases na entrada e saída do biofiltro são bastante aproximadas, haja vista que coincide com a época de baixa temperatura do ambiente, comentado anteriormente, tendo-se como resultado a baixa produção de odores no reator anaeróbio.

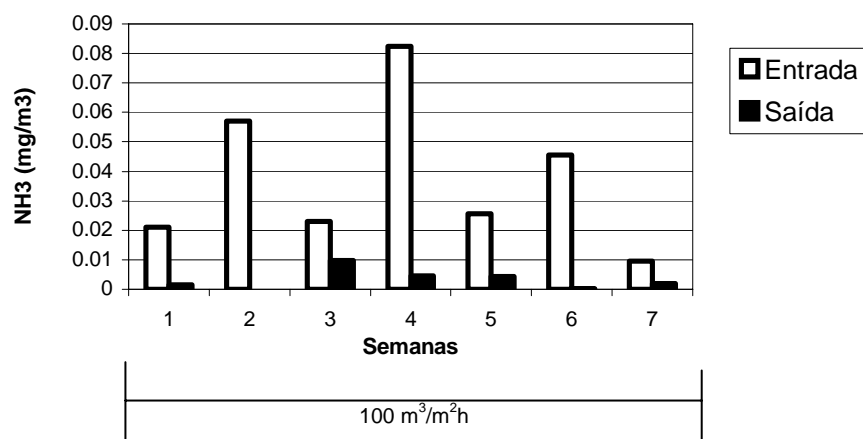
Biofiltro com composto orgânico

As figuras 8, 9 e 10 apresentam os resultados obtidos da operação do biofiltro piloto com composto orgânico de resíduos sólidos.



Taxa de aplicação

Figura.8: Biofiltro com composto orgânico - Gás sulfídrico



Taxa de aplicação

Figura.9.: Biofiltro com composto orgânico - Amônia

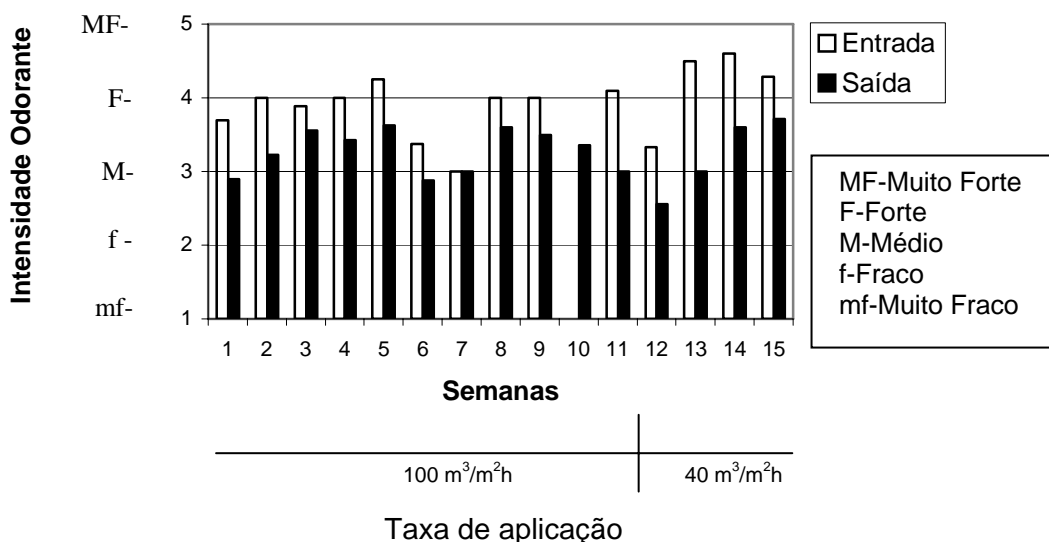


Figura.10: Biofiltro com composto orgânico - Análise Olfatométrica

Nesta etapa de avaliação do biofiltro, utilizando composto orgânico como meio filtrante, a eficiência de eliminação de gás sulfídrico variou entre 48% e 97%. As concentrações afluentes e efluentes variaram entre 0,02 mg/m³ à 0,315 mg/m³ e 0,011 mg/m³ à 0,19 mg/m³, respectivamente.

Para a amônia, o biofiltro apresentou eficiência média de 86%. Na figura 9 observa-se as variações dos valores das concentrações médias semanais. A concentração afluente variou de 0,083 mg/m³ à 0,01 mg/m³. O efluente apresentou uma homogeneidade nas concentrações, tendo valores abaixo dos limites de percepção olfativo deste composto no período de análise 2, onde foi observada uma concentração de 0,057 mg/m³ na entrada e não detectado na saída. Verificou-se que o biofiltro com leito de composto orgânico foi eficiente na remoção deste gás.

Na análise olfatométrica, observa-se uma redução na intensidade dos odores para a entrada com níveis de muito forte/forte à médio e saída médio (figura 10). A boa relação obtida entre a olfatometria e a análise química dos gases, confirma que este estudo pode ser uma ferramenta aplicada continuamente na avaliação da eficiência de um processo de tratamento dos gases odorantes. Possui, ainda, a vantagem de apresentar baixos custos de análise em relação às análises químicas.

As taxas aplicadas (100 e 40 m³/m².h) longo do experimento para avaliar o composto orgânico na biodesodorização não influenciaram na qualidade do efluente gasoso, mantendo – se o mesmo comportamento de eficiência média para cada gás analisado e na olfatometria.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no experimento, pode-se observar que o comportamento do biofiltro utilizando como meio filtrante a turfa ou o composto orgânico, mostrou-se eficiente na redução dos compostos de H₂S, NH₃ e COV e consequentemente os seus odores. Utilizando como meio filtrante a turfa, as eficiências médias para estes compostos químicos, foram respectivamente de 79%, 71% e 42%. Estas eficiências foram obtidas com variação na taxa de aplicação de 25 m³/m².h, 32 m³/m².h e 44 m³/m².h, que proporcionaram tempo de contato respectivamente de 70 segundos, 55 segundos e 41 segundos.

Com o composto orgânico o biofiltro obteve eficiências médias na redução dos compostos de H_2S e NH_3 de 54% e 86%, respectivamente. Estas eficiências foram para taxas de aplicações de $100 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ e $40 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, que forneceram tempos de contatos de 18 e 46 segundos.

A determinação da intensidade odorante, através da olfatometria, tendo como referência escalas de diferentes concentrações de 1-butanol, em solução, mostrou ser representativa na avaliação da eficiência da redução de incômodos odorantes. A intensidade dos odores no afluente do biofiltro variou de muito forte/forte a médio, enquanto que o efluente variou de médio a fraco. Isto evidencia que a biofiltração é uma opção tecnológica viável para reduzir odores de emissões gasosas provenientes de estações de tratamento de águas residuárias.

A olfatometria apresentou-se como uma ferramenta importante para avaliar os odores e determinar a eficiência de processos de tratamento destes. Possui vantagens por apresentar baixos custos analíticos, uma vez que utiliza apenas uma solução química e um corpo de júri selecionado, o qual caracteriza com segurança a intensidade do odor, constituindo-se em uma técnica de fácil e rápida aplicação.

Recomenda-se a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT a elaboração de uma normatização para análises olfatométricas. Quanto à técnica de biofiltração, recomenda-se testar outros meios filtrantes para tratar gases odorantes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP/PROSAB, CEF e ao CNPq pelo financiamento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFNOR X 43 – 103. *Mesure Olfatométrique – Mesure de l'odeur d'un échantillon gazeux ou d'une atmosphère – Intensité supraliminare.*
- BELLI FILHO, P. & LISBOA, H. Avaliação de Emissões Odorantes. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. vol.3, Nº 3, pp 101-106. 1998.
- BELLI FILHO, P; WOLFF, D; CARVALHO, C; RIBEIRO, L e COSTA, R. Controle de odores e biodesodorização em um reator anaeróbio. PROSAB. Pós-Tratamento de efluentes de reatores anaeróbios Coletânea de trabalhos técnicos, vol 1, 2000.
- BONNIN, C; MARTIN, G; GRAGNIC, G. Biopurification de gaz odorants de station d'épuration d'eaux urbaines. II Symposium International sur la caractérisation et la réduction des émissions d'odeurs et de COV dans l'industrie de procédés. Louvain-la-Neuve, Bélgica. 1993
- CARVALHO, C. Odor e Biodesodorização em Reatores Anaeróbios. Dissertação de Mestrado. 2001
- KOWAL, S. Desodorisation sur Biofiltre a Support Consomable. Application du Procédé BSE pour Elimination de l'Hydrogene Sulfure. These de doctorat. 1993
- MARIS, C., LAPLANCHE, A., BOUZAZA, A., MORVAN, J. e BLOQUEL, M. Analyse de l'Hydrogene Sulfure et des Mercaptans Methode Simple et Rapide pour l'Autocontrôle. 1994
- MARTIN, G., LE CLOIREC, P., LEMASLE, M., CABON, J. Retention De Produits Odorants Sur Tourbes. Proceedings of the 8th World Clean Air Congress 1989, The Hague, The Netherlands.
- MARTIN, G; LAFFORT, P. Odeur et Désodorization dans l'Environnement. 1 ed. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 425 pp. 1991.
- ALEM SOBRINHO, P; TSUTIYA, M. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 2000