



Avaliação da eficiência de torre de adsorção aplicada à remoção de H₂S dos gases odorantes em sistemas de tratamento de esgoto sanitário

Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa¹, Ana Caroline de Paula², Ana Carolina Sestito Guerra³, Alexandre Moreno Lisboa⁴, Bárbara Zanicotti Leite Ross⁵

¹Companhia de Saneamento do Paraná-Sanepar (janainaogc@sanepar.com.br)

²Companhia de Saneamento do Paraná-Sanepar (acpaula@sanepar.com.br)

³Companhia de Saneamento do Paraná-Sanepar (anacsg@sanepar.com.br)

⁴Companhia de Saneamento do Paraná-Sanepar (amlisboa@sanepar.com.br)

⁵Companhia de Saneamento do Paraná-Sanepar (barbarazl@sanepar.com.br)

Resumo

Devido às condições ambientais favoráveis de temperatura, os reatores anaeróbios para o tratamento de efluentes são amplamente utilizados no Brasil, principalmente no Paraná. Entretanto, os sistemas anaeróbios de tratamento geram como subprodutos o lodo e o biogás, composto por diversos gases, dentre eles o gás sulfídrico (H₂S), que é um dos principais compostos causadores de maus odores. Atendendo a necessidade de mitigar as emissões de H₂S nas estações de tratamento de esgotos (ETEs) faz-se necessário à utilização de processos físicos, químicos ou biológicos. A utilização de torre de adsorção é uma alternativa bastante utilizada para o controle de emissões de gás sulfídrico, este método apresenta vantagens frente a outras inovações, tendo em vista que é um processo estável com custo de capital moderado e que apresenta elevada eficiência. Com isto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de uma torre de adsorção com recheio sintético (carvão ativado impregnado com alumina) aplicado à remoção de H₂S, como principal gás poluente em sistema de esgoto sanitário. Por meio dos resultados obtidos pode-se concluir que mesmo com a influência de fatores externos, como temperatura e vazão de esgoto, a eficiência da utilização de torre de adsorção é elevada, com 99 % de remoção de H₂S.

Palavras-chave: Gás sulfídrico, Torre de adsorção, Esgoto sanitário.

Área Temática: Poluição atmosférica.

Evaluation of efficiency of tower adsorption applied to H₂S removal of odorous gases in of sanitary sewage treatment systems

Abstract

Due to favorable environmental conditions of temperature, the anaerobic reactors for treating wastewater is widely used in Brazil, especially in Paraná. However, the anaerobic treatment systems generate sludge and biogas, comprising several gases, including hydrogen sulfide (H₂S), which is a major cause of bad odors. For mitigate emissions of H₂S on sewage treatment plants it is necessary the use of physical, chemical or biological processes. The use of adsorption tower is an alternative used to control hydrogen sulfide emissions, this method has advantages to the other innovations like a stable process with moderate capital costs and exhibits high efficiency. The present study aimed to evaluate the efficiency of adsorption tower with synthetic stuff (activated carbon impregnated with alumina) applied to the removal



H₂S because the main pollutant gas in sanitary sewer system. With the results obtained it can be concluded that even with the influence of external factors such as temperature and sewage flow, the efficiency of use of the adsorption tower is high, with 99% removal of H₂S.

Key words: Sulphide gas, Adsorption tower, sanitary sewage.

Theme Area: Atmospheric pollution.

1 Introdução

Os reatores anaeróbios, conhecidos também por reatores de manta de lodo possuem grande atuação no tratamento de esgoto no Brasil, devido às favoráveis condições operacionais. A utilização dos sistemas anaeróbios possui diversas vantagens como o baixo consumo de energia, baixo custo de implantação, baixa produção de sólidos, dentre outras características, contudo, a utilização destes sistemas apresenta também características desfavoráveis como a remoção insatisfatória de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e patógenos (CHERNICHARO, 2007).

Com a utilização de sistemas anaeróbios obtém-se alguns subprodutos, dentre eles o lodo, que após ser tratado pode ser utilizado como condicionador de solo (MOLLOY *et al.*, 2005) e o biogás que pode ser utilizado como combustível e geração de energia (FRARE; GIMENES; PEREIRA, 2009). No entanto, dentre os gases que compõe o biogás tem-se o gás sulfídrico (H₂S) como um dos principais geradores de maus odores nas ETEs (FRARE; GIMENES; PEREIRA, 2009).

O gás sulfídrico, de característica incolor e cheiro similar ao ovo podre, quando em elevadas concentrações é tóxico aos organismos, plantas vivas e, prejudicial à saúde humana (CHEN *et al.*, 2011; EGHBAL *et al.*, 2004; LAMBERT *et al.*, 2006). O gás sulfídrico começa a ser perceptível pela população em concentrações acima de 0,0001 ppm, possui cheiro desagradável quando suas concentrações são superiores a 0,5 ppm e quando atinge concentrações de 10 ppm pode causar irritações e náuseas. Quando as concentrações ultrapassam 50 ppm podem ocorrer lesões oculares e respiratórias e é considerado uma ameaça a vida, já acima de 700 ppm pode ser fatal (PARK *et al.*, 2014).

Diversos procedimentos operacionais vêm sendo aplicados nas ETEs para a minimização dos problemas de maus odores gerados pelo gás sulfídrico estes métodos podem ser tanto químicos quanto biológicos e físicos (USEPA, 1986). Os mais utilizados são dosagens de produtos químicos, como nitrato e peróxido de hidrogênio ou ainda aeração com oxigênio puro ou com ar difuso de bolhas finas, biofiltros, membranas, e torres de adsorção (MOHANAKRISHNAN *et al.*, 2009).

O tratamento convencional de gases odorantes por adsorção é realizado por uma coluna vertical empacotada com meios suportes estáticos de material granular, nesta técnica as moléculas dos compostos odorantes entram em contato com as superfícies sólidas adsorventes e se ligam via forças moleculares fracas (CHERNICHARO *et al.*, 2010).

O carvão ativado é o material adsorvente mais corriqueiramente utilizado nos sistemas de adsorção, que podem ser subdivididos em três categorias: de leito fixo, de leito fluidizado ou de leito móvel. No caso do leito fixo o gás odorante atravessa um leito estacionário de material adsorvente; no leito fluidizado o gás odorante atravessa uma suspensão de material adsorvente; por fim, no leito móvel o adsorvente escoar através da ação da gravidade por entre o gás que é movimentado em fluxo descendente (de cima para baixo) (BALBINOT, 2010).

Como vantagens da utilização de torres de adsorção para a remoção de compostos odorantes pode-se citar alto desempenho do equipamento, sistema simples, pequena ocupação de área (devido a baixo tempo de retenção), processo estável e elevada capacidade de remover



seletivamente o gás sulfídrico quando combinado com um adsorvente que tenha afinidade com este gás, como o carvão ativado (CHERNICHARO *et al.*, 2010).

A utilização da torre de adsorção também apresenta desvantagens como a de apresentar elevado custo operacional, onde faz-se necessário a substituição ou regeneração por destilação ou pelo processo de eluição, para restaurar as propriedades adsorptivas do material adsorvente saturado. O processo também é aplicável apenas para baixas cargas de contaminante, devido a isto, a torre de adsorção é utilizada como unidade complementar ao biofiltro, diminuindo-se a carga, e aumentando-se a vida útil do material adsorvente (CHERNICHARO *et al.*, 2010).

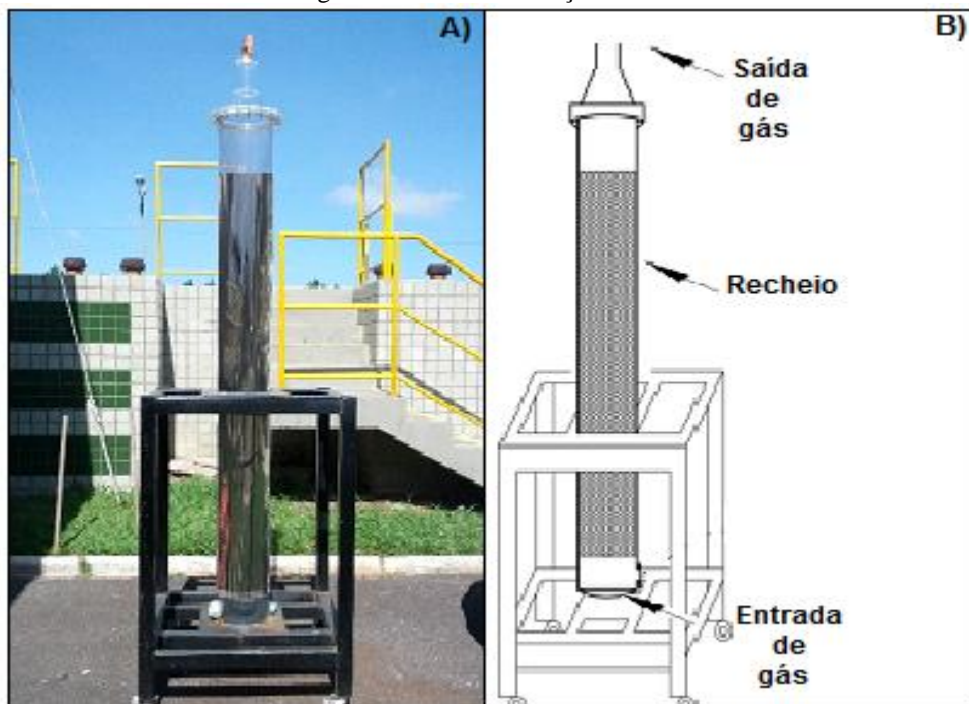
Com isso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de uma torre de adsorção com recheio sintético de carvão ativado impregnado com alumina, para a remoção de H_2S dos gases odorantes gerados em sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto sanitário.

2 Metodologia

O experimento foi realizado de outubro a dezembro de 2013, em uma ETE do Estado do Paraná, Brasil, que beneficia cerca de 580 mil habitantes de 14 bairros da cidade de Curitiba e parte dos municípios de Pinhais e São José dos Pinhais. O sistema de tratamento da ETE é composto por reatores anaeróbios de manta de lodo UASB seguido de tratamento físico-químico de flotação por ar dissolvido.

A torre de adsorção foi construída com um cilindro de acrílico de diâmetro interno de 0,22 m e altura de 2 m. Na torre foi utilizado 0,043 m³ de recheio sintético de carvão ativado impregnado com alumina e para a operação do sistema utilizou-se uma vazão de 57 m³/h de gás. A alimentação foi realizada na parte inferior da torre de adsorção, por meio de um soprador que capturava os gases da caixa distribuidora de fluxo e os direcionava para torre. Na Figura 1 é possível observar a torre de adsorção (A) e sua representação esquemática (B).

Figura 1 - Torre de adsorção

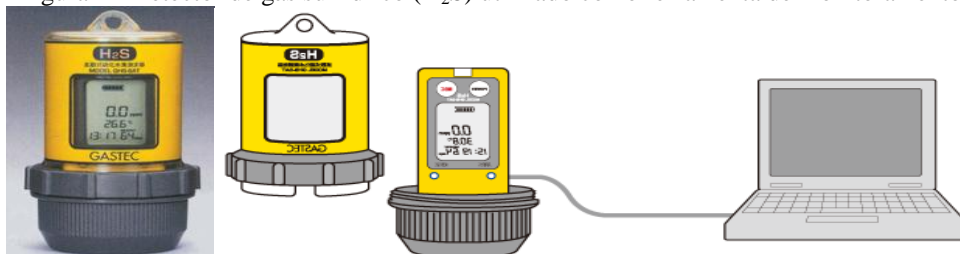


As concentrações de gás sulfídrico foram monitoradas através de dois aparelhos detectores de gás sulfídrico com princípio de funcionamento de sensores de eletrólise



potencial controlado denominado GASTEC® Corporation versão 5.06.000, Modelo GHS-8AT com limite de detecção de 0 a 1000 ppm, precisão de $\pm 5\%$, as medições ocorreram a cada 60 segundos, realizadas na entrada e na saída da torre de adsorção. O monitoramento totalizou 122.400 dados de amostragem e o detector de H_2S utilizado em experimento está representado na Figura 2.

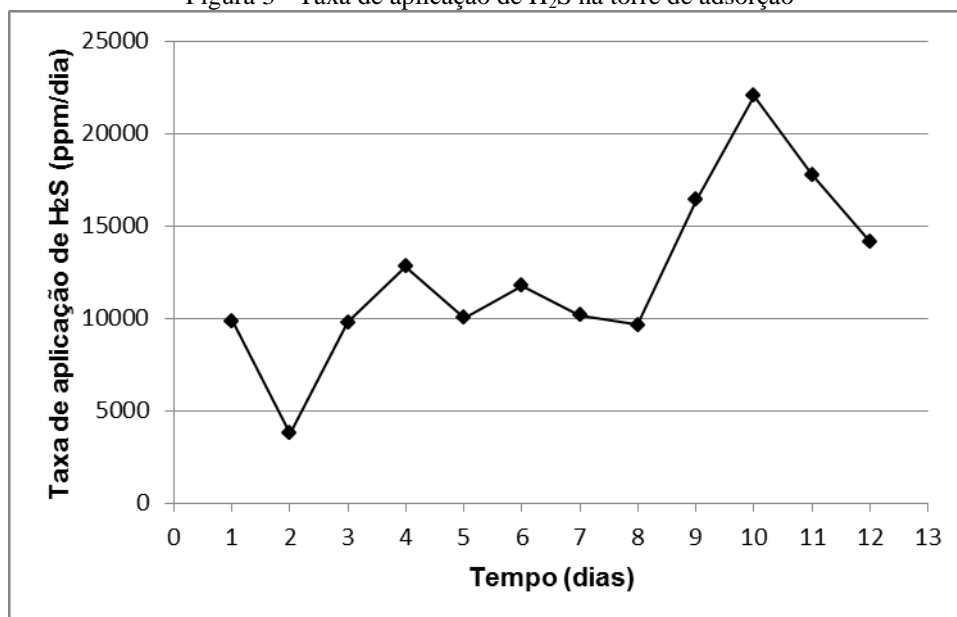
Figura 2 - Detector de gás sulfídrico (H_2S) utilizado como ferramenta de monitoramento



3 Resultados

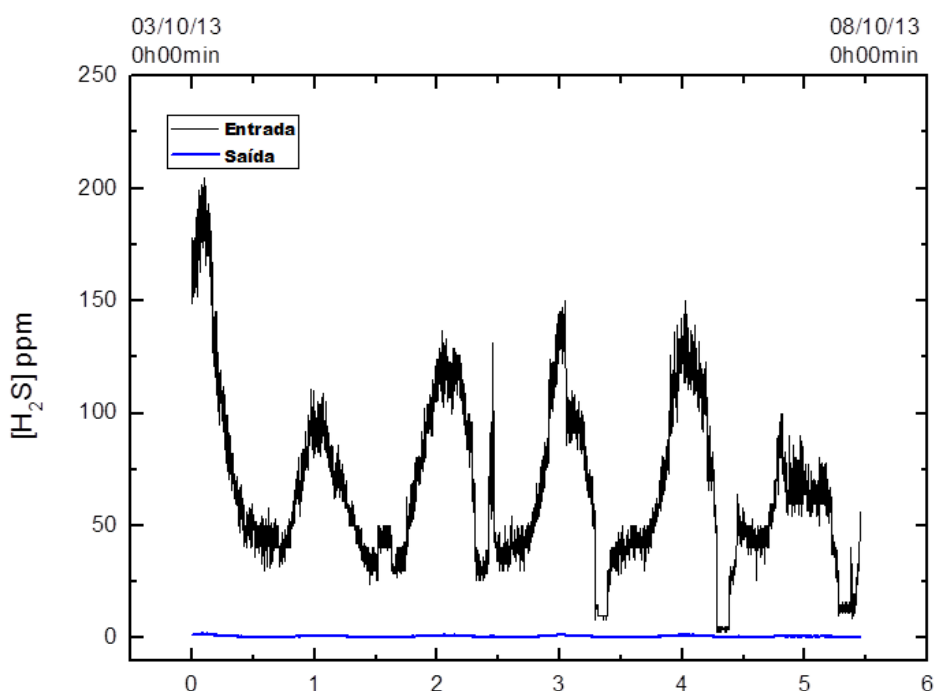
Para a quantificação da concentração de gás sulfídrico presente na atmosfera a ser filtrada, foi avaliada a taxa de aplicação do poluente na torre de adsorção (Figura 3). Durante os testes, a menor taxa observada foi no dia 2, período correspondente a chuvas de 36,4 mm.

Figura 3 - Taxa de aplicação de H_2S na torre de adsorção



A partir do monitoramento das concentrações de H_2S tanto na entrada quanto na saída da torre de adsorção, foi possível identificar um comportamento aleatório, indicando-se assim que fatores externos como, umidade, vazão de esgoto da ETE e temperatura influenciam diretamente na emissão do H_2S . Entretanto, mesmo após variações na taxa de aplicação de H_2S a torre de adsorção apresentou elevada eficiência na remoção do poluente, conforme apresentado na Figura 4.

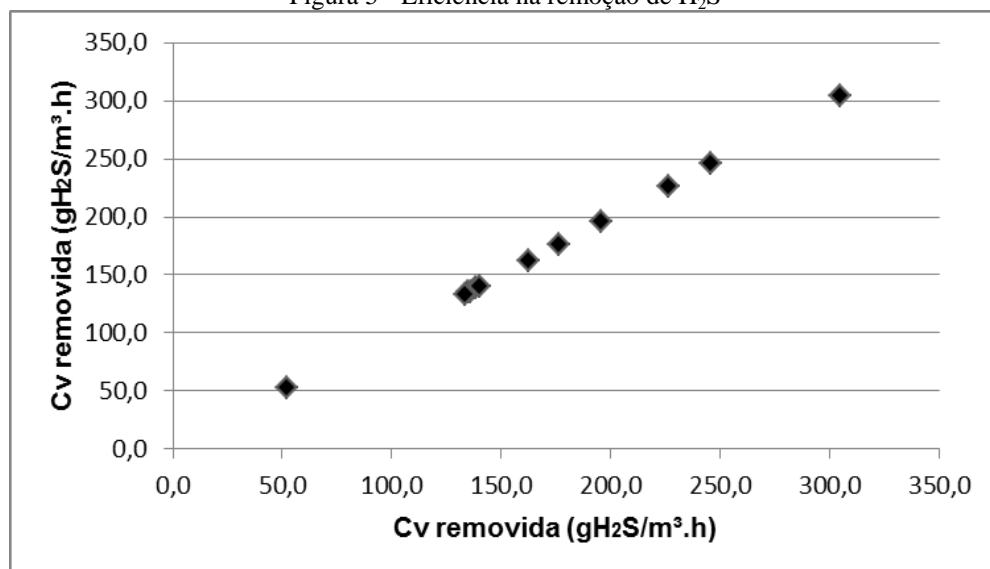
Figura 4 - Monitoramento da concentração de H_2S na entrada e saída da torre de adsorção



A torre de adsorção promoveu uma redução significativa na concentração de H_2S no fluxo gasoso, onde em todas as observações na saída a concentração de H_2S esteve no limite de detecção do equipamento de medida, ou seja, entre 0 e 5 ppm. Evidenciando-se assim, uma eficiência de 99 % na remoção de H_2S , entretanto, é necessário ponderar o limite de detecção de H_2S observado no equipamento, nele, o limite estabelecido de detecção é de 0 a 1000 ppm com precisão de $\pm 5\%$, não podendo assim, identificar teores de poluente na ordem de ppb na saída da torre de adsorção.

Outro parâmetro utilizado para avaliar a eficiência da utilização de torre de adsorção na remoção de H_2S é pela da relação entre a carga aplicada e a carga removida (Figura 5), onde é possível perceber que as cargas aplicadas são muito similares às cargas removidas, evidenciando uma elevada eficiência do procedimento.

Figura 5 - Eficiência na remoção de H_2S





O recheio utilizado na torre possuía elevada eficiência na remoção de H_2S , este consistia em grãos esféricos, porosos, formados a partir de uma combinação de carvão ativado e alumina, adequadamente impregnado para proporcionar um aumento na capacidade de remoção do gás sulfídrico, no processo este recheio impossibilita que o gás retorne ao meio ambiente. Com o decorrer da utilização da torre de adsorção a composição do recheio utilizado apresentou alterações, como é possível observar na Figura 6, onde, no início do experimento o leito possuía cor cinza azulado, e devido à oxidação, ao final do experimento, a cor do leito passou a ser preto, evidenciando que o recheio utilizado foi eficiente na remoção do H_2S , contudo, atingiu sua saturação.

Figura 6 - Recheio sintético utilizado no experimento antes e após o tratamento



A partir dos resultados obtidos também se pôde concluir que para uma implantação deste tipo de tratamento para a vazão de $57 \text{ m}^3/\text{h}$ de gás, com uma concentração média de H_2S de 78 ppm, faz-se necessário $0,043 \text{ m}^3$ de recheio na torre de adsorção, e a troca deste leito deve ser realizada em um prazo máximo de 3 meses.

4 Conclusões

De acordo com os resultados obtidos no experimento, conclui-se que a utilização de torres de adsorção com recheio sintético de carvão ativado impregnado com alumina para remoção de H_2S é uma tecnologia eficiente para o tratamento de gás sulfídrico proveniente de sistemas biológicos de digestão anaeróbia, com eficiência de 99 % de remoção. Devido ao limite de detecção de H_2S do equipamento utilizado no monitoramento ser de 0 a 1000 ppm, não se pode afirmar teores do poluente na ordem de ppb na saída da torre de adsorção. Durante o experimento também se pode observar alterações no recheio utilizado, evidenciando-se assim, que o leito adsorveu o contaminante do gás que foi introduzido na torre de adsorção. Assim, tendo em vista que o custo de manutenção com troca de recheio é elevado, sugere-se que a torre seja utilizada como uma unidade complementar ao biofiltro para polimento do gás tratado.

5 Agradecimentos

À Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) e a empresa Borges e Katayama por ceder o recheio da torre de adsorção.



Referências

- BALBINOT, A.; **Poluição olfativa – Composição, mensuração e técnicas de tratamento de efluentes com potencial odorífero**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010, p. 44.
- CHEN, Jun; CHEN, Tong-bin; GAO, Ding; LEI, Mei; ZHENG, Guo-Di; LIU, Hong-Tao; GUO, Song-Lin; CAI, Lu. Reducing H₂S production by O₂ feedback control during large-scale sewage sludge composting. **Waste Management**, China, v.31, n. 1, p. 65-66, 2011.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p.
- CHERNICHARO, C. A. L.; STUETZ, R. M.; SOUZA, C. L.; MELO, G. C. B. Alternativas para o controle de emissões odorantes em reatores anaeróbios tratando esgotos domésticos. In: **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15 n.3, jul/set 2010, p. 229-236.
- EGHBAL, M. A.; PENNEFATHER, P. S.; O'BRIEN, P. J. H₂S cytotoxicity mechanism involves reactive oxygen species formation and mitochondrial depolarization. **Toxicology**, Canada, v. 203, n. 1-3, p. 69-70, 2004.
- FRARE, L. M., GIMENES, M. L., PEREIRA, N. C. Processo para remoção do ácido sulfídrico de biogás. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 167-172, 2009.
- LAMBERT, T. W.; GOODWIN, V. M.; STEFANI, D.; STROSHER, L. Hydrogen sulfide (H₂S) and sour gas effects on the eye. A historical perspective. **Science of the Total Environment**, Canada, v. 367, p. 3-4, 2006.
- MOHANAKRISHNAN, J., GUTIERREZ, O., SHARMA, K. R., GUIASOLA, A., WERNER, U., MEYER, R. L., KELLER, J., YUAN, Z. Impact of nitrate addition on biofilm properties and activities in rising main sewers. **Water research**, v. 43, p. 4225 – 4237, fev. 2009.
- MOLLOY, R., MCLAUGHLIN, M., WARNE, M., HAMON, R., KOOKANA, R., SAISON, C. **Background and scope for establishing a list of prohibited substances and guideline limits for levels of contaminants in fertilizers**. CSIRO Land and Water, Centre for Environmental Contaminants Research, Final scoping report, 2005.
- PARK, K.; LEE, H.; PHELAN, S.; LIYANAARACHCHI, S.; MARLENI, N.; NAVARATNA, D.; JEGATHEESAN, V.; SHU, L. Mitigation Strategies of Hydrogen Sulphide Emission in Sewer Networks. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 95, n. A, p. 251-252, 2014.
- USEPA (U. S. Environmental Protection Agency). **Design Manual: Municipal Wastewater Disinfection**. EPA/625/1-86/021, Office of Research and Development, Water Engineering Research Laboratory, Center for Environmental Research information, Cincinnati, 1986.