



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

MEDIÇÕES DE GÁS SULFÍDRICO E METANO EM TAMPAS DE REATOR UASB TRATANDO ESGOTO DOMÉSTICO

* Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa¹
Bárbara Zanicotti Leite Ross¹
Luiz Gustavo Wagner¹

MEASURES OF SULPHYDRIC AND METHANE GAS IN UASB REACTOR COVERS TREATING DOMESTIC WASTEWATER

Recibido el 28 de mayo de 2020. Aceptado el 4 de junio de 2021

Abstract

In wastewater treatment plants (WWTP) gases are formed due to the operating conditions and processes adopted. In this context, fugitive emissions of gases in UASB reactors can occur mainly due to leakage in inspection caps, biogas line, cracks and micro-cracks in concrete. In order to evaluate the gas retention efficiency of UASB reactor caps and to guide the actions of mitigating bad odors, measurements of the concentration of hydrogen sulfide and methane gas were performed in two cover models used in reactors treating domestic wastewater. As a result the pressure closure device for retaining the glass fiber reinforced plastic (PRFV) cap, reached efficiency of 94.0% for CH₄ and 96.9% for H₂S. Already the iron caps promoted the tightness of the gas chamber in the reactor, being identified only a fugitive emission point in one of the caps where there is the need to adjust the closure (adjustment in the anchorage of the screws).

Keywords: UASB, hydrogen sulfide, methane gas, caps.

¹ Gerência de Pesquisa e Inovação, Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar /Brasil.

* *Autor correspondente:* Companhia de Saneamento do Paraná, Gerência de Pesquisa e Inovação. Rua Engenheiro Antonio Batista Ribas, 151 – Tarumã, Curitiba, Paraná. CEP 82800-130 Brasil. Email: janainaogc@sanepar.com.br

Resumo

Nas Estações de tratamento de esgoto (ETEs) há formação de gases em função das condições operacionais e dos processos adotados. Neste contexto podem existir emissões fugitivas dos gases nos reatores UASB que ocorrem principalmente devido a vazamentos nas tampas de inspeção, na linha de biogás, fissuras e microfissuras no concreto. Com o objetivo de se avaliar a eficiência na retenção de gases das tampas de reatores UASB e orientar as ações de mitigação de maus odores, foram realizadas medições da concentração de gás sulfídrico e metano em dois modelos de tampas utilizadas em reatores tratando esgoto doméstico. Como resultados, o dispositivo de fechamento por pressão para retenção de tampa de plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV) apresentou eficiência de 94.0% para CH₄ e de 96.9% para H₂S. Já as tampas de ferro fundido nodular promoveram a estanqueidade da câmara de gás no reator, sendo somente identificado um ponto de emissão fugitiva em uma das tampas onde houve a necessidade de ajuste do fechamento (regulagem na fixação dos parafusos).

Palavras chave: UASB, gás sulfídrico, gás metano, tampas.

Introdução

Nas Estações de tratamento de esgoto (ETEs) há uma grande formação de gases odorantes em função das condições operacionais e dos processos adotados (Liliamtis e Mancuso, 2005). Contudo, a liberação de odores provoca impactos sobre a população local e conseqüentemente são necessárias medidas para evitar e amenizar a formação destes gases durante o tratamento (Muñoz *et al.*, 2010).

O biogás é um subproduto do processo de tratamento de esgoto doméstico em reatores anaeróbios. Trata-se de uma mistura gasosa composta por diversas substâncias, dentre elas: o metano, um gás inflamável e indutor do efeito estufa; e, o sulfeto de hidrogênio, quando em elevadas concentrações é tóxico as plantas, animais e prejudicial à saúde humana, possui cheiro similar ao ovo podre e é incolor (Chen *et al.*, 2011).

O gás sulfídrico começa a ser perceptível para população em concentrações acima de 0.0001 ppm, porém, quando suas concentrações são superiores à 0.5 ppm possui um cheiro desagradável e pode causar irritações e náuseas, quando atinge concentrações de 10 ppm. Quando as concentrações ultrapassam 50 ppm podem ocorrer lesões oculares e respiratórias (Park *et al.*, 2014).

As emissões fugitivas nos reatores anaeróbios ocorrem pela liberação de gases para a atmosfera de forma difusa e sem medidas de controle (Brandt *et al.*, 2018). Segundo Souza *et al.* (2011) e Nelting *et al.* (2017), o biogás constitui grande parcela desses gases fugitivos devido à sua baixa solubilidade em água, causando supersaturação de CH₄ e H₂S na fase líquida. As emissões fugitivas de biogás nos reatores UASB ocorrem principalmente devido a vazamentos nas tampas de inspeção, na linha de biogás, em fissuras e microfissuras no concreto. Esses vazamentos estão

frequentemente ligados a problemas de projeto e de construção, a escolha e uso de materiais inadequados, defeitos devido a corrosão em estruturas e tubulações e falta de estanqueidade nas câmaras de gás dos separadores trifásicos dos reatores (Possetti *et al.*, 2018).

As tampas de inspeção dos reatores, se não são feitas e utilizadas corretamente, podem não assegurar o isolamento da câmara de gás. As tampas são tipicamente concebidas em concreto ou em plástico reforçado em fibra de vidro (PRFV), sendo estas envoltas por uma membrana em etileno propileno dieno manômero (EPDM). A instalação irregular dessa camada de EPDM ou até mesmo a exposição das tampas ao tempo, podem causar ondulações ou curvaturas no material, comprometendo a eficiência de vedação. Outro fator que pode prejudicar a estanqueidade de gases é a possível corrosão do concreto próximo às tampas de inspeção, que possibilita a passagem de gás no entorno das tampas (Possetti *et al.*, 2018).

A redução da emissão de gases pode ser realizada através de diferentes métodos, físicos, químicos e biológicos, e para se ter um maior controle do processo e dos pontos de maior concentração faz-se necessário a realização do monitoramento do local (Cheng *et al.*, 2009).

Com o objetivo de se avaliar a eficiência na retenção de gases das tampas de reatores UASB e orientar as ações de mitigação de maus odores, foram realizadas medições da concentração de gás sulfídrico e metano em dois modelos de tampa utilizadas em reatores UASB tratando esgoto doméstico.

Metodologia

A ETE avaliada nesse estudo foi implantada em 1995, tendo sido construído um reator UASB com capacidade para tratar 70 L/s, como principal unidade de tratamento. Localizada na bacia do Rio Iguazu na cidade de Araucária, Estado do Paraná – Brasil, a mesma foi ampliada em 2015, recebendo um segundo reator UASB o que permitiu alcançar a vazão média de 140 L/s a ser distribuída nos dois reatores UASBs.

No ano de 2015 o reator novo previsto na ampliação entrou em operação e em sequência o reator antigo foi reabilitado e melhorias foram instaladas. A laje superior do reator foi refeita, tendo sido instaladas calhas para remoção de espuma, impermeabilização do concreto acima do nível d'água e tampas de ferro fundido nodular foram instaladas nas canaletas da câmara de gás, enquanto que as canaletas da área de decantação receberam tampas com estrutura de alumínio e cobertura plástica (Figura 2a). Enquanto que o reator novo possui tampas de PRFV com vedação de borracha na superfície do gasômetro e tampas de plástico com estrutura em alumínio nas canaletas de decantação (Figura 2b).



Figura 1. Foto aérea da Estação de Tratamento de Esgotos em Araucária. *Fonte: própria.*

A primeira visita técnica à planta proporcionou a elaboração de um diagnóstico da situação inicial dos dois reatores, em seguida, foram realizadas diversas medições da concentração dos gases em campo para acompanhamento e determinação do benefício obtido com a aplicação de medidas de melhoria para a contenção de gases.

As medições dos gases de emissão fugitiva foram periódicas e realizadas com os aparelhos: JEROME 631-X (Instrumentos do Arizona, EUA) com limite de detecção de 0.003 a 50 ppm, o detector de gases GasAlert Micro 5 (BW Technologies) com limite de detecção de 0 a 100 ppm, ambos para gás sulfídrico, e o detector MULTITEC 545 (Hermann Sewerin GmbH) com faixa de medição de H_2S de 0 a 5000 ppm, CH_4 de 0 a 100% v/v, CO_2 de 0 a 100% v/v, O_2 de 0 a 25% v/v e CO de 0 a 500 pmm (Figura 3).



a) Reator Antigo com tampas de ferro fundido nodular no gasômetro e tampas de plástico com estrutura em alumínio nas canaletas de decantação

b) Reator Novo com tampas de PRFV com vedação de borracha no gasômetro e tampas de plástico com estrutura em alumínio nas canaletas de decantação

Figura 2. Tampas das canaletas de decantação e na câmara de gás dos dois reatores



Figura 3. Equipamentos de medição de gases em estações de tratamento de esgotos.

O monitoramento e mapeamento de dispersão de gases é uma técnica onde se realizam medições das concentrações de gases em determinados pontos por um período de tempo. A técnica de mapeamento utilizada foi a de gradeamento, onde o local de estudo foi dividido em retângulos e suas arestas foram tomadas como ponto de amostragem. Para tanto, utiliza-se uma foto aérea ou planta baixa do local de estudo, nesta imagem são desenhados retângulos, afim de dividi-la em partes equivalentes. Com este desenho esquemático em mãos, inicia-se a medição dos gases, fazendo-se três medições em cada um dos pontos determinados pelos retângulos. Para garantir uma uniformidade nas medições, em todos os pontos a tomada de amostra é realizada com o equipamento diretamente ao lado do ponto de amostragem. Depois da coleta dos dados utiliza-se um *software* (*Arcgis*®) para reproduzir as curvas de concentração do gás. Com isto é possível identificar e quantificar os principais pontos de emissão e realizar tomadas de decisão no plano de controle de odores (Hobson e Yang, 2001).

Reator Novo

As tampas do reator novo são de PRFV retangulares e fixadas com auxílio de duas dobradiças metálicas, as quais foram parafusadas sobre o concreto do reator e duas fechaduras de pressão instaladas no lado oposto ao das dobradiças. Apesar de possuírem 4 anos de uso, já apresentam algumas avarias como furos, fissuras, ressecamento da borracha e desgaste dos elementos de fixação.

Para melhor visualização do potencial de vazamento de gases devido à ausência da borracha de vedação, foi realizado um teste com espuma. Foi produzida espuma com detergente neutro e a mesma foi colocada sobre a borracha da tampa (Figura 4). Observou-se a formação de bolhas na espuma e realizou-se a medição da concentração dos gases e detectou-se 4 ppm de H₂S.

Foram realizadas medições de metano e gás sulfídrico, conforme os pontos de coleta das amostras apresentados na Figura 5.

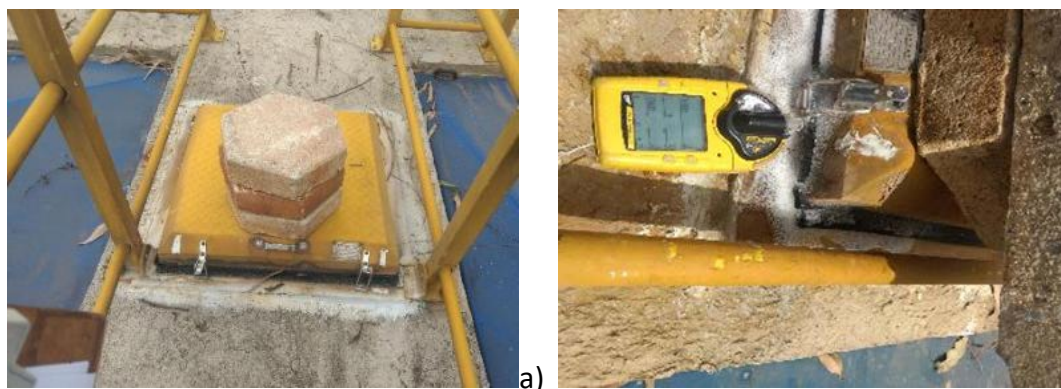


Figura 4. Tampa sobre a câmara de gás com borracha ressecada (a), realização do teste de espuma e medição da concentração de gases (b).

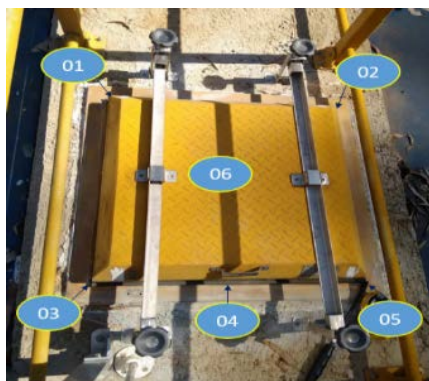


Figura 5. Pontos de amostragem na tampa de PRFV contendo o protótipo de dispositivo de fechamento por pressão.

Resultados e Discussões

Reator Novo

As falhas existentes nas tampas do reator novo resultam em diversos pontos de vazamentos de gases, aumentando a concentração de gás sulfídrico e de metano nesses locais conforme pode ser observado nos mapas de dispersão (Figura 6).

Com o intuito de melhorar as condições de estanqueidade das tampas de PRFV, instalou-se um protótipo de dispositivo de fixação por pressão, confeccionado em alumínio contendo quatro roscas com manoplas de plástico e fixadas diretamente sobre o concreto do reator e duas guias transversais que foram posicionadas sobre as tampas exercendo pressão de acordo com o ajuste das roscas. Além disso, as borrachas foram substituídas por novas.

Após a reforma, a tampa foi submetida a novas medições e os resultados comparados com a situação anterior, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Avaliação do protótipo de tampa de câmara de gás.

| PONTO | Antes da Reforma | | Depois da Reforma | |
|-------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| | CH ₄ (%) ^[1] | H ₂ S (ppm) ^[1] | CH ₄ (%) ^[1] | H ₂ S (ppm) ^[1] |
| 01 | 46.5 | 2800 | 1.6 | 38 |
| 02 | 0.5 | 7.5 | 0.1 | 4 |
| 03 | 9.3 | 480 | 1.7 | 52 |
| 04 | nd ^[2] | nd ^[2] | 0.2 | 8 |
| 05 | 0.5 | 8 | 0.0 | 8 |
| 06 | nd ^[2] | nd ^[2] | 0.0 | 0 |
| Média | 14.2 | 823.9 | 0.9 | 26 |

[1]: Média de 3 amostras; [2]: nd - não determinado

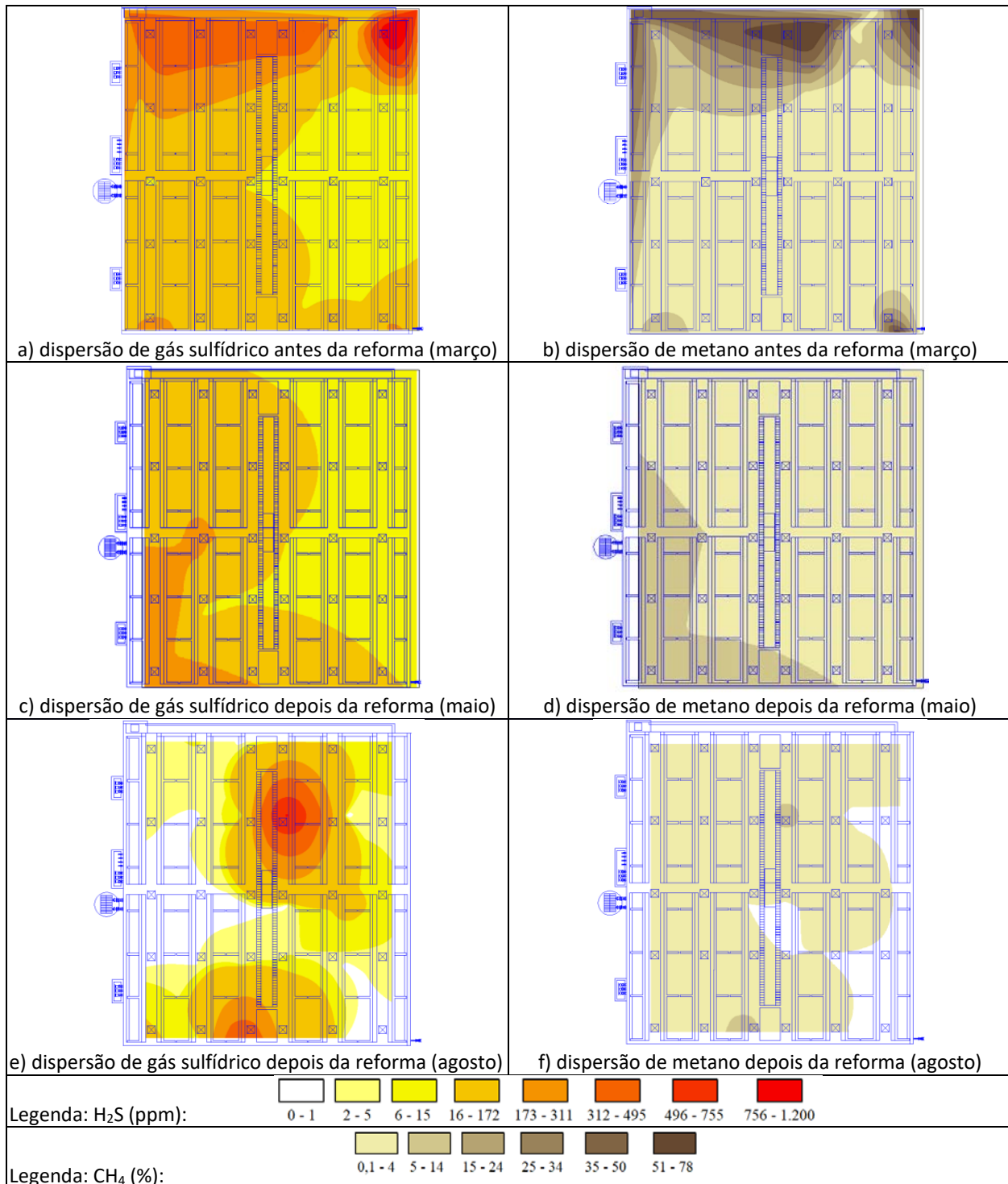


Figura 6. Mapa de dispersão de gás sulfídrico e metano antes e depois da reforma das tampas do reator novo.

De acordo com o observado na Tabela 1, o protótipo de dispositivo de fixação para fechamento sob pressão tampa apresentou eficiência de 94.0% para CH₄ e de 96.9% para H₂S, o que levou a aprovação e instalação do mesmo em todas as tampas da câmara de gás do reator novo.

Após a instalação do retentor em todas as tampas realizou-se nova medição de gases na superfície de todo reator novo, com os dados obtidos percebeu-se que a reforma das tampas reduziu os pontos de vazamento de gases, sendo identificado somente pontos de emissão fugitiva em tampas onde há a necessidade de ajuste do fechamento: regulagem na compressão, ajuste geométrico da tampa e da borracha de vedação, correção de imperfeições nos pontos de colagem da borracha (Figura 6).



Figura 7. Acúmulo de água de chuva nas tampas da câmara de gás do reator novo.

Reator Antigo

Foi retirada toda a laje de cobertura do reator antigo e a mesma foi refeita, alocou-se calhas para coleta de espuma, impermeabilizou-se toda superfície acima do nível d'água com poliuréia, para evitar a corrosão por ácido sulfúrico biogênico, e instalou-se novas tampas. As tampas utilizadas possuem estrutura de alumínio e cobertura plástica na área de decantação, similares as tampas da área de decantação do reator novo e para as câmaras de gás, utilizou-se tampas de ferro fundido nodular fixadas com seis parafusos, assentadas com concreto em base de ferro do mesmo material (Figura 8).

Na Figura 9 estão expostos os mapas de dispersão de gases nas tampas do reator antigo antes e depois da reforma. Com os dados obtidos foi possível observar que as tampas em ferro fundido promovem a estanqueidade da câmara de gás no reator, sendo somente identificado um ponto

de emissão fugitiva em uma das tampas onde há a necessidade de ajuste do fechamento (alinhamento e compressão dos parafusos). Também foi observado que os distribuidores centrais são pontos de emissão de gases nesse reator, tal fato indica que a cobertura dessas estruturas e posterior tratamento dos gases, poderia auxiliar na mitigação de odores na ETE.



a)



b)



c)



d)

Figura 8. Reforma do reator antigo (a), tampa da câmara de gás (b), tampa da área de decantação (c) e base para fixação da tampa da câmara de gás (d).

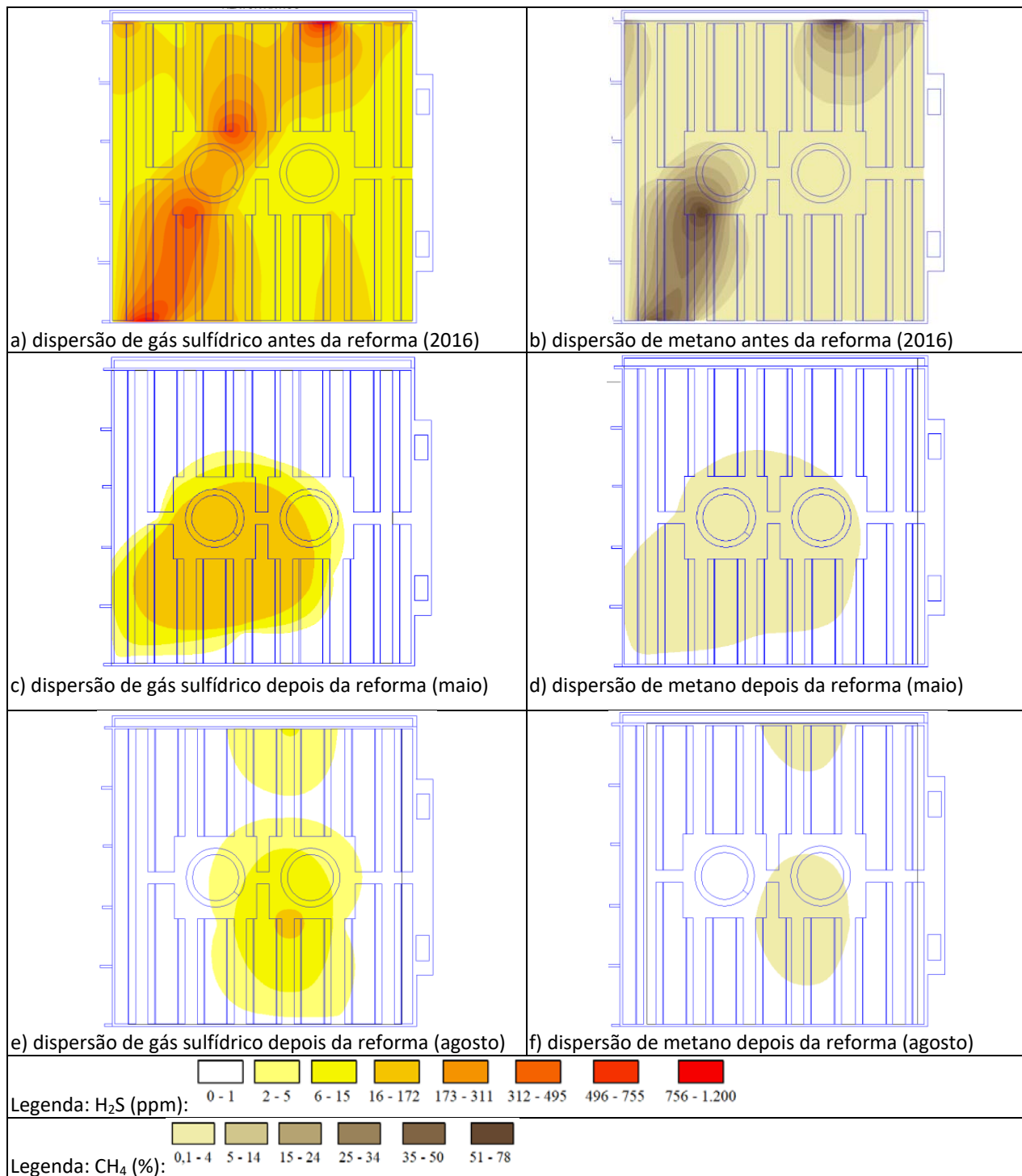


Figura 9. Mapa de dispersão de gás sulfídrico e metano antes e depois da reforma das tampas do reator antigo.



Figura 10. Condição diferenciada de corrosão das tampas de ferro fundido utilizadas no reator antigo.

Cabe destacar que algumas tampas de ferro fundido já estão apresentando pontos de corrosão e possível infiltração na laje do reator, ainda, existem parafusos de materiais diferentes, sendo que alguns já estão corroídos (Figura 10). Essa diferença entre o nível de corrosão dos materiais indica níveis de qualidade diferenciados entre os parafusos, enquanto que a infiltração na laje ao redor da tampa comprova a importância da execução acurada na instalação das tampas. Desta forma, sugere-se uma avaliação para um possível acionamento da garantia e/ou contratação de restauração e pintura das tampas.

Conclusões

O tratamento anaeróbico de esgotos doméstico produz biogás que possui em sua composição metano, que tem alto potencial calorífico, e gás sulfídrico, que causa corrosão e produz maus odores. Esses gases devem ser direcionados ao tratamento ou aproveitamento adequado, porém existem muitos pontos de emissões fugitivas em ETEs que devem ser minimizados a fim de não prejudicar a população circunvizinha.

A combinação dos equipamentos de medição utilizados (JEROME 631-X, GasAlert Micro 5 e MULTITEC 545) mostrou-se adequada para o monitoramento de emissões fugitivas em tampas e em toda a ETE de modo geral.

Avaliou-se dois reatores UASBs de uma ETE da cidade de Araucária. As tampas do reator novo, apesar de possuírem apenas 4 anos de uso, já apresentam algumas avarias como furos, fissuras e ressecamento da borracha de vedação. Essas falhas resultam em diversos pontos de vazamentos de gases.

Foram executados dispositivos de fechamento sob pressão em alumínio providos de roscas e substituição da borracha de vedação que permitiram a melhor fixação da tampa. Essa estrutura apresentou eficiência para contenção dos gases de 94.0% para CH₄ e de 96.9% para H₂S, o que levou a aprovação e instalação da mesma em todas as tampas da câmara de gás do reator novo.

O reator antigo teve toda a laje de cobertura refeita, alocou-se calhas para coleta de espuma, impermeabilizou-se com poliuréia, para evitar a corrosão por ácido sulfúrico biogênico, toda superfície acima do nível d'água e instalou-se novas tampas. As tampas utilizadas são de ferro fundido nodular fixadas com seis parafusos, assentadas com concreto em base de ferro do mesmo material. As mesmas promoveram a estanqueidade da câmara de gás no reator, sendo somente identificado um ponto de emissão fugitiva em uma das tampas onde há a necessidade de ajuste do fechamento (regulagem na compressão dos parafusos). Também foi observado que os distribuidores centrais são pontos de emissão de gases nesse reator, tal fato indica que a cobertura dessas estruturas poderia auxiliar na mitigação de odores na ETE.

Diante do exposto, conclui-se que as intervenções realizadas estão contribuindo para a mitigação de odores na ETE. Ações como regulagem na compressão e posicionamento adequados das tampas nos dois reatores, manutenção da cortina verde, dosagem de produto químico de forma controlada (concentração, frequência e locais de aplicação), remoção de sólidos grosseiros do sistema preliminar e do distribuidor central dos reatores e o monitoramento analítico dos efluentes dos reatores devem ser executadas cotidianamente para que a geração de odores possa ser mitigada.

Agradecimentos

Os autores agradecem a grande contribuição dos colaboradores da Gerência de Pesquisa e Inovação (GPIN) e da Gerência de Tratamento de Esgotos (GTESG) da Sanepar na execução dessa pesquisa. Estendemos nossos agradecimentos ao grupo de pesquisas do INCT – ETEs Sustentáveis pela divulgação de conhecimentos valiosos.

Referências

- Chen, Jun, Chen, Tong-bin, Gao, Ding, Lei, Mei, Zheng, Guo-Di, Liu, Hong-Tao, Guo, Song-Lin, Cai, Lu (2011) Reducing H₂S production by O₂ feedback control during large-scale sewage sludge composting. *Waste Management, China*, **31**(1), 65-66.
- Cheng, Xianhao, Wodarczyk, Michael, Lendzinski, Robert, Peterkin, Earl, Burlingame, Gary A (2009) Control of DMSO in wastewater to prevent DMS nuisance odors. *Water Research*, **43**(2), 2989-2990.
- Hobson, John, Yang, Gong (2001) *Odours in wastewater treatment: measurement, modelling and control*. Reino Unido: IWA Publishing, 214-231.
- Muñoz, Raul, Sivret, Eric C., Parcsi, Gavin, Lebrero, R., Wang, Xinguang, Suffet, (Mel) I.H, Stuetz, Richard M. (2010) Monitoring techniques for odour abatement assessment. *Water Research*, **44**(18), 5130-5132.



- Nelting, K., Trautmann, N., Caicedo, C., Weichgreb, D., Rosenwinkel, K. H., Costa, F. J. O. G., Possetti, G. R. C. (2017) Constraints on the dissolved methane in the effluent of full scale municipal UASB reactors. *In: The 14th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies LET*, Florianópolis, Brasil. Proceedings... Florianópolis, Brasil: International Water Association – IWA.
- Park, KyooHong, Lee, Hongsik, Phelan, Shaun, Liyanaarachchi, Susanthi, Marleni, Nyoman, Navaratna, Dimuth, Jegatheesan, Veeriah, Shu, Li (2014) Mitigation Strategies of Hydrogen Sulphide Emission in Sewer Networks. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **95**, 251-252.
- Possetti, G. R. C., Rietow, J. C., Costa, F. J. O. G., Wagner, L. G., Lobato, L. C. S., Ribeiro, T. B., Melo, D. F., Reis, J. A., Chernicharo, C. A. L. (2018) Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário – Parte 5: Biogás e emissões fugitivas de metano. *Revista DAE*, **66**(214), 73–89.
- Souza, C. L., Chernicharo, C. A., Aquino, S. F. (2011) Quantification of dissolved methane in UASB reactors treating domestic wastewater under different operating conditions. *Water Science & Technology*, **64**(11), 2259-2264.