



**Proposta de recuperação de reator anaeróbio tipo UASB tratando esgotos domésticos –
Estudo de caso**

**Bárbara Zaninotti Leite Ross¹, Ana Carolina Sestito Guerra², Ana Caroline de Paula³,
Mariana Ferreira Fuganti⁴, Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa⁵**

¹ Companhia de Saneamento do Paraná (barbarazl@sanepar.com.br)

² Universidade Estadual de Maringá (anacarolina_guerra@hotmail.com)

³ Universidade Federal do Paraná (aanacarolinepaulaa@hotmail.com)

⁴ Pontifícia Universidade Católica do Paraná (marianaf.fuganti@gmail.com)

⁵ Companhia de Saneamento do Paraná (janainaogc@sanepar.com.br)

Resumo

Os sistemas de tratamento de esgoto anaeróbios possuem grande aplicação no Brasil, face as favoráveis condições ambientais. Contudo, como subproduto do UASB obtém-se o lodo, espuma e biogás composto pelo gás sulfídrico (H₂S) que é um dos principais compostos de maus odores presentes nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Tendo em vista o início de operação de um UASB novo em uma ETE da região metropolitana de Curitiba-PR, foi realizada uma avaliação completa do reator antigo, visando sugerir ações integradas que permitam a melhoria na qualidade do efluente, elevação do padrão de atendimento, mitigação de maus odores e a remoção de espuma. Todas as conclusões finais tomaram como base as avaliações dos parâmetros analíticos que foram pH, alcalinidade, sulfetos, sólidos sedimentáveis, DQO e vazão. Com isso, os resultados das análises foram comparados através de gráficos e as imagens da ETE possibilitaram a elaboração de sugestões para a redução de emissão de maus odores e melhoramento da qualidade de esgoto e descarga de espuma.

Palavras-chave: UASB, Esgoto, Reestruturação.

Área Temática: Águas Residuárias.

Proposal of recovery of anaerobic reactor type UASB treating domestic sewage - Case study

Abstract

Anaerobic sewage treatment systems have great application in Brazil, bearing in mind to the favorable environmental conditions. However, as a by-product of UASB there are the sludge, scum and biogas, this latter is composed of sulphide gas (H₂S) which is one of the main compounds of bad odors present in Waste Water Treatment Plants (WWTP). Considering the start of operation of the new UASB in an WWTP on the metropolitan region of Curitiba-PR, a complete evaluation of the old UASB was carried out, aiming to suggest integrated actions that allow the improvement of the quality of the effluent, elevation of the service standard, mitigation of bad odors and the scum removal. All the final conclusions were based on the evaluation of the analytical parameters these analysis were pH, alkalinity, sulfides, sedimentable solids, COD and flow. With this, the results of the analyzes were compared through graphs and comparative photos, allowing suggestions for the reduction of emission of bad odors and improvement of the quality of sewage and discharge of scum.

Key words: UASB, Sewage, Rehabilitation.

Theme Area: Wastewater.



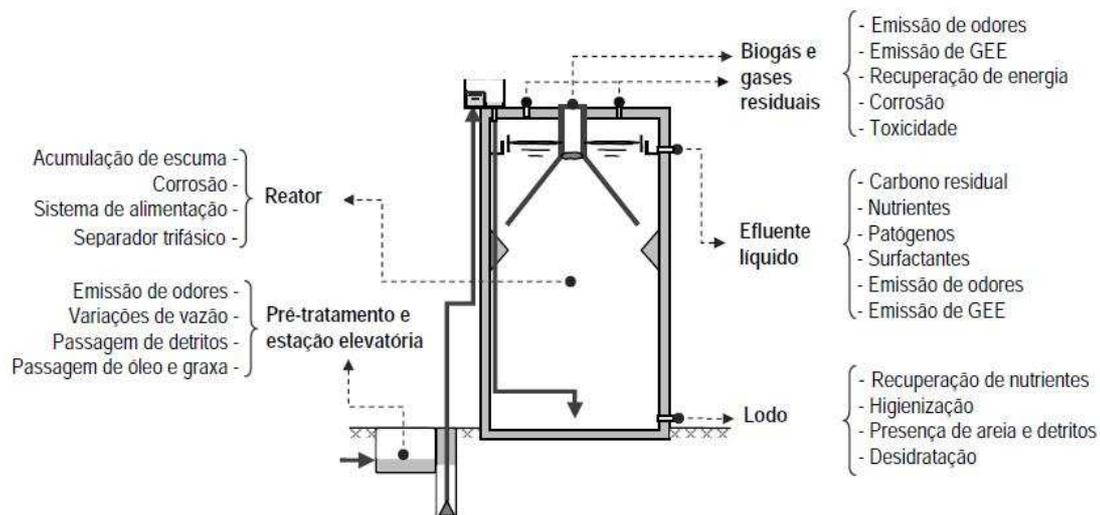
Introdução

Os reatores UASB estão em quarto lugar dentre as tecnologias utilizadas na América Latina e Caribe para tratamento de esgotos. O que os torna interessantes é a pouca produção de lodo ($0,07 - 0,1 \text{ m}^3/\text{hab.ano}$), produção de energia, devido a geração do biogás e por apresentar a possibilidade de absorver os picos de carga orgânica e reduzir os custos com energia para o pós-tratamento (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME & GÜERECÁ, 2013). Além disso, a pequena área de implantação requerida ($0,05 - 0,10 \text{ m}^2/\text{hab}$) têm como consequência custos de implantação baixos (20-40 US\$/hab) (VON SPERLING, 1996a).

Nos reatores UASB, o fluxo do líquido a ser tratado é ascendente, seu funcionamento está baseado na formação de um manto de lodo, que ocupa um terço do volume total do reator, na parte superior tem-se um sistema de captação de biogás, que além de permitir a separação gás/água, favorece a sedimentação dos flocos de lodo, mantendo os micro-organismos no interior do reator aumentando consideravelmente o tempo de retenção celular sem elevar o tempo de detenção hidráulica (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME & GÜERECÁ, 2013; CHERNICHARO, 2011).

Com uma série de indagações sobre os UASBs entende-se que se não houver diretrizes adequadas de projeto e operação dos reatores UASB a tecnologia pode ser desacreditada e seu uso diminuído (CHERNICHARO, 2011) (Figura 1). De acordo com Ross (2015) a melhoria da qualidade do esgoto tratado, a produção de odor e de espuma são os aspectos que mais geram preocupação entre os gestores de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) que operam com uso de reatores UASBs.

Figura 1 - Áreas em que podem ser feitas melhorias nos reatores UASB



Fonte: Chernicharo, 2011.

1.1 Qualidade do efluente tratado

A eficiência esperada para este tipo de reator irá depender da temperatura ambiente, para experimentos conduzidos nas temperaturas de 13 e 17°C as eficiências de remoção de DQO obtidas foram da ordem de 65 a 85% e 55 a 70% respectivamente (AISSE, 2000).

1.2 Produção de odor

O odor nas ETEs é proveniente da atividade microbiana durante a decomposição da matéria-orgânica e está entre as queixas mais comuns de comunidades vizinhas. A maior parte dos compostos geradores de odor possuem enxofre em sua composição, dentre eles o H_2S predomina (EASTER, *et al.*, 2005).



Do total de H_2S produzido no reator UASB, parte é coletada no interior do separador trifásico, junto com o biogás e a outra parte, solúvel no efluente, entra no compartimento de decantação e pode escapar para a atmosfera nas próximas etapas do tratamento (GLORIA *et al.*, 2009). A partir de 0,5 ppm o H_2S já é perceptível ao nariz humano, concentrações superiores prejudicam a saúde podendo levar até a morte. Além do incômodo e problemas à saúde decorrentes da inalação de H_2S , o mesmo causa a corrosão a estruturas de concreto e metálicas (EASTER, *et al.*, 2005).

1.3 Produção de espuma

A espuma é uma camada de matéria orgânica que flota na superfície do reator, tanto na área de decantação quanto no interior do separador trifásico. De composição bastante semelhante ao lodo de esgoto, a espuma deve ser removida periodicamente a fim de não prejudicar a qualidade do esgoto tratado, permitir a saída do biogás do meio líquido e também não causar danos estruturais devido ao seu peso. Muitas vezes para minimizar a dispersão de odores os reatores são enclausurados. A escolha e dimensionamento das tampas e coberturas deve levar em conta fundamentalmente a remoção periódica de espuma, assim como a visualização da camada sem necessariamente abri-las (ROSS, 2015).

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação de dois reatores UASB que estão em operação tratando esgoto doméstico em uma ETE, visando sugerir ações integradas que permitam a melhoria na qualidade do efluente, mitigação de maus odores e facilitem a remoção de espuma.

2 Metodologia

A ETE avaliada está localizada na cidade de Araucária, na Região Metropolitana de Curitiba no Estado do Paraná. É composta por sistema preliminar com gradeamento mecanizado de 20 mm, desarenador ciclônico, tipo *airlift* e calha *Parshall*, segue-se para tratamento do efluente em dois reatores UASB. Um dos reatores foi construído em 2015 durante a ampliação da ETE e o outro na data de 1995, ano de inauguração da mesma. A vazão média tratada no local é de $75 L.s^{-1}$, distribuída igualmente entre os dois reatores.

Tendo-se em vista o início de operação do UASB novo, uma avaliação e a implementação de melhorias no UASB antigo foram solicitadas pela área operacional, a fim de que a ETE eleve seu padrão de atendimento.

O trabalho proposto foi desenvolvido em duas macro etapas, inicialmente foi realizado o diagnóstico da situação atual da ETE. Esse foi realizado através de visitas em campo, compostas pelo registro fotográfico do local, entrevistas com os operadores responsáveis pela ETE, compilação dos dados de registro analítico pré-existent e execução de coletas de amostras suplementares, necessárias para melhor diagnosticar a situação da estação.

Com base nas informações obtidas, foram realizadas sugestões de melhorias operacionais que permitirão que o UASB, após a restauração, apresente melhores eficiências de remoção de carga orgânica, maior controle da emissão de odor e melhor desempenho no mecanismo de retirada de espuma.

3 Resultados

3.1 Avaliação dos parâmetros analíticos

A compilação de dados foi baseada em análises feitas durante os anos de 2014 e 2016. Os parâmetros analisados foram pH, sólidos sedimentáveis, alcalinidade, DQO, sulfetos e vazão (Tabela 1). As análises seguiram o preconizado no APHA (2012). Os pontos de avaliação foram esgoto afluente (A), efluente do reator antigo (R1), efluente do reator novo (R2) e a mistura do efluente dos dois reatores (E).



Tabela 1 – Parâmetros avaliados de período de coleta de informações

Parâmetro (unidade)	Período Avaliado		Total (meses)	Frequência	Origem dos Dados
	Início	Término			
pH (---)	Dezembro/2014	Fevereiro/2016	15	3 x dia	
Sólidos Sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	Dezembro /2014	Fevereiro /2016	15	3 x dia	Boletim operacional da ETE
Alcalinidade (mgCaCO ₃ .L ⁻¹)	Dezembro /2014	Fevereiro /2016	15	3 x dia	
DQO (mg.L ⁻¹)	Janeiro/2015	Dezembro /2015	12	2 x mês	
Vazão (m ³ .dia ⁻¹)	Dezembro /2014	Fevereiro /2016	15	3 x dia	

Fonte: As autoras.

No período avaliado a vazão média esteve entre 69,44 e 81,02 L.s⁻¹. Esta vazão está bem abaixo do valor para o qual a ETE foi dimensionada que prevê o recebimento de até 200 L.s⁻¹ no horizonte de 20 anos.

A variação de pH no período apontou um pH médio de 7,5 ($\pm 0,3$) no afluente da estação; de 6,9 ($\pm 0,2$) no efluente do reator antigo (R1); 7,0 ($\pm 0,2$) no efluente do reator novo (R2); e 7,2 ($\pm 0,2$) na mistura, resultados que demonstram uma pequena redução do pH durante o tratamento realizado em ambos os reatores. Esses valores estão próximos da faixa de 6,8 a 7,2 indicada por Chernicharo (2011) como ideais para reatores anaeróbios e também atendem aos padrões fixados pela Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011) que prevê variações entre 5 a 9.

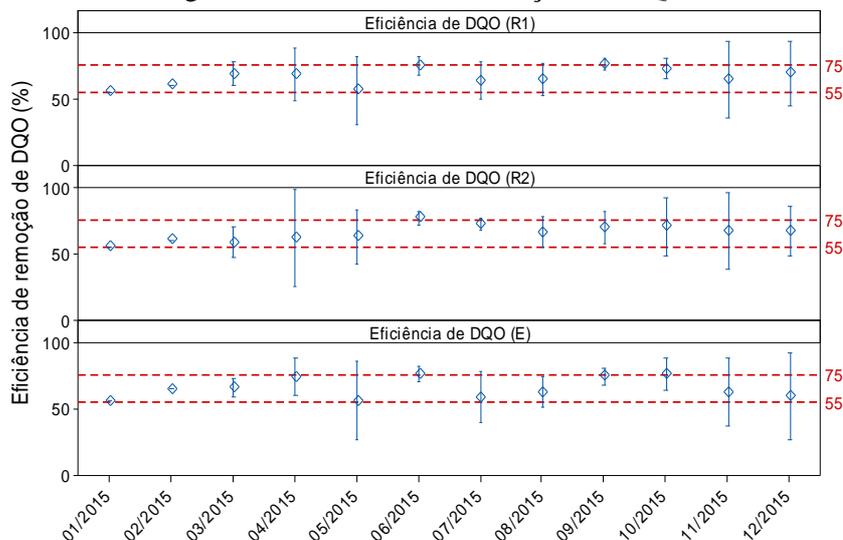
Os dados de sólidos sedimentáveis mostraram resultados médios de 2,9 mL.L⁻¹ ($\pm 1,4$) no esgoto afluente; 0,4 mL.L⁻¹ ($\pm 0,8$) no efluente do reator antigo (R1); 0,4 mL.L⁻¹ ($\pm 0,8$) no efluente do reator novo (R2); e 0,3 mL.L⁻¹ ($\pm 0,6$) na mistura do efluente dos dois reatores. Nota-se que o teor médio de sólidos sedimentáveis dos efluentes de ambos os reatores é o mesmo e que estes valores estão bem abaixo do limite de 1 mL.L⁻¹ fixados pela Resolução CONAMA nº 430/2011 (BRASIL, 2011).

Os resultados de alcalinidade apontam resultados médios de 246 mgCaCO₃.L⁻¹ ($\pm 57,2$) no afluente da ETE; de 247 mgCaCO₃.L⁻¹ ($\pm 56,5$) no efluente do reator antigo (R1); de 251 mgCaCO₃.L⁻¹ ($\pm 53,0$) no efluente do reator novo (R2); e de 253 mgCaCO₃.L⁻¹ ($\pm 54,6$) no efluente da estação proveniente da mistura dos efluentes de R1 e R2. Não havendo alteração deste parâmetro durante as etapas de tratamento. Apesar da medição de alcalinidade não ser exigida pela legislação, é um importante parâmetro de controle da estabilidade do tratamento e de acordo com Aisse (2000) deve estar entre 200 e 400 mgCaCO₃.L⁻¹.

Com relação à eficiência de remoção de DQO (Figura 2) dos reatores no período avaliado pode-se dizer que em ambos os reatores as taxas encontram-se entre 55 e 75% o que evidencia uma remoção eficiente e de acordo com o indicado pela literatura especializada (CHERNICHARO, 2011). Porém, ao se considerar a baixa vazão de entrada na estação estes resultados deveriam ser superiores.



Figura 2 – Eficiência de remoção de DQO



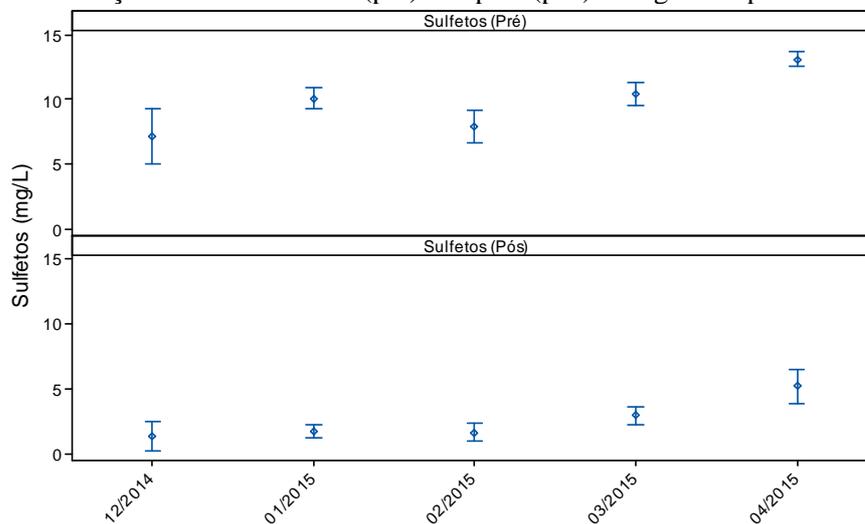
Os desvios padrão individuais foram usados para calcular os intervalos (IC de 95% para a média).

Quando comparados todos estes resultados, observa-se que os valores de pH, sólidos sedimentáveis, alcalinidade e DQO dos efluentes R1 e R2 são bastante semelhantes. Assim, não se pode afirmar que o reator novo está apresentando desempenho superior ao reator antigo, porém poder-se-ia esperar resultados superiores de eficiência de tratamento em vista da baixa vazão de tratamento aplicada ($37,61 \text{ L.s}^{-1}$) em cada reator, quando o valor de projeto alcança 100 L.s^{-1} .

3.2 Minimização de emissões de sulfetos

Na ETE é aplicado peróxido de hidrogênio para controle de odor, o produto é aplicado diretamente nas canaletas dos reatores UASBs, logo após o vertedor triangular do efluente, a dosagem ocorre por gravidade e é ajustada com base na relação estequiométrica de $1,5 \text{ H}_2\text{O}_2:1 \text{ H}_2\text{S}$. Analisando a quantidade de sulfetos antes e depois da adição de peróxido de hidrogênio ao esgoto é possível observar que antes das aplicações do produto químico as taxas de sulfetos eram 40 % maiores que as depois da aplicação (Figura 3), considerando resultados anteriores entende-se que as taxas de remoção de sulfetos na ETE não é satisfatória e há a necessidade da realização de melhorias no sistema de dosagem de H_2O_2 .

Figura 3 - Concentração de sulfetos antes (pré) e depois (pós) dosagem de peróxido de hidrogênio

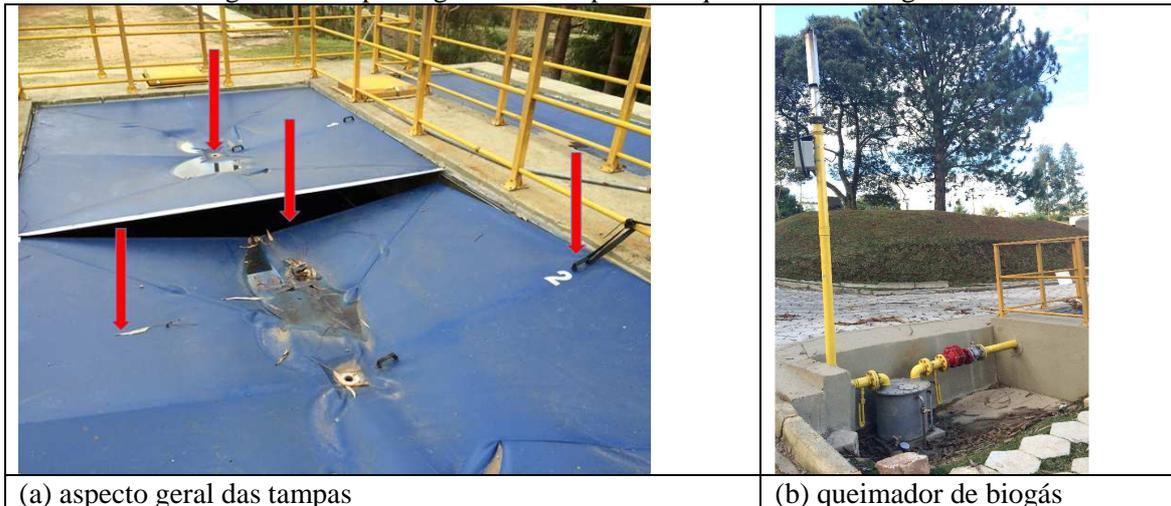




3.2.1 Avaliação da estanqueidade das tampas

A avaliação das tampas do reator novo, uma vez que o antigo não possui tampas, deu-se início a partir de uma análise visual para identificação dos problemas encontrados. No gasômetro pôde-se observar que haviam poucas tampas e que haviam problemas no encaixe e vedação das mesmas. As tampas dos decantadores apresentaram deformações e alguns drenos entupidos. Como proposta de melhoria, sugere-se aumentar o número de tampas do gasômetro, controle rígido da qualidade do material para evitar a deformação das mesmas e o aumento de tamanho e frequência de limpeza dos drenos (Figura 4).

Figura 4 – Aspecto geral das tampas e do queimador de biogás do reator

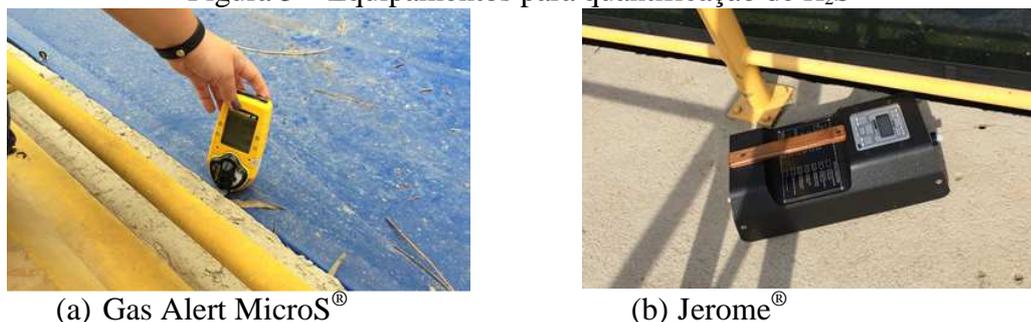


O queimador de biogás é um importante equipamento no controle de odores, por ser capaz de oxidar o H_2S . Porém, no caso da ETE avaliada o equipamento existente deve ser substituído por um queimador enclausurado, com vedação dos reatores e melhorias na tubulação de transporte de gás a fim de aumentar a eficiência desta ação.

3.2.2 Avaliação geral da emissão de odores na ETE

Para avaliar a vedação das tampas em relação às emissões de gases odorantes foi realizado o mapa ao redor das tampas dos dois reatores. O mapeamento do H_2S foi realizado com os aparelhos: JEROME 631-X (Instrumentos do Arizona, EUA) com limite de detecção de 0 a 50 ppm e o detector de gases GasAlert Micro 5 (BW Technologies) com limite de detecção de 0 a 100 ppm (Figura 5). Este último, apesar de possuir limite de detecção chegando a 0, não apresenta resultados acurados para valores inferiores a 1 ppm, nestes casos foi utilizado o aparelho JEROME, que é específico para medições de baixas concentrações de sulfeto. A tomada de amostras ocorreu ao lado das fontes emissoras.

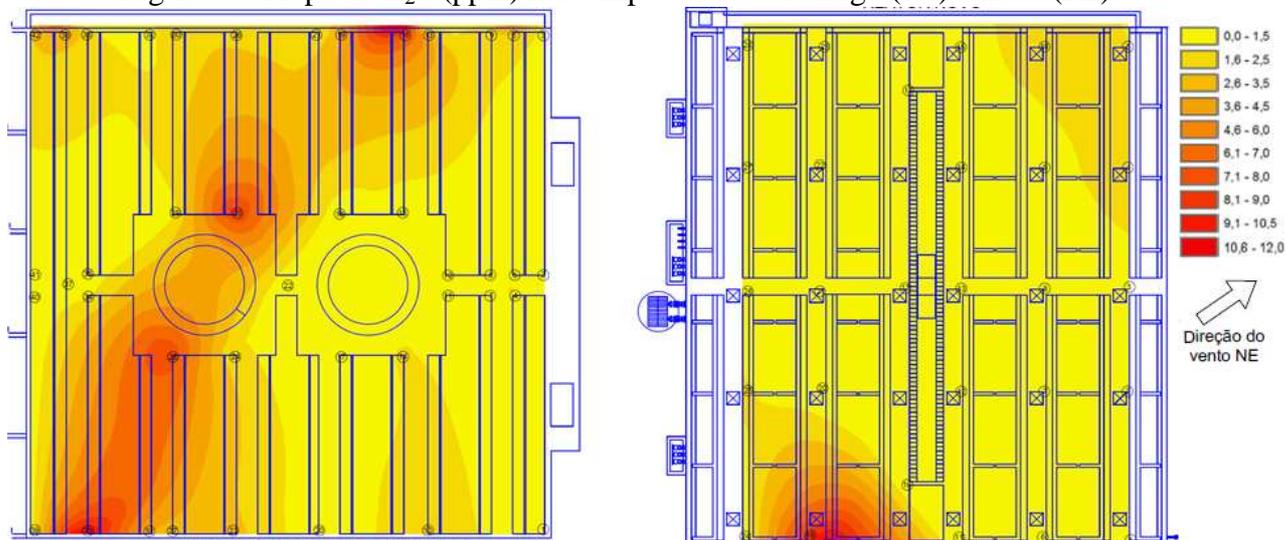
Figura 5 – Equipamentos para quantificação de H_2S





Os mapas obtidos evidenciam importância da utilização de tampas com boa vedação, o reator antigo apresentou uma maior emissão de odores, porém nos locais onde as tampas do reator novo estavam danificadas, também foi observada forte emissão de odores (Figura 6).

Figura 6 – Mapa de H₂S (ppm) nas tampas do reator antigo (R1) e novo (R2)



3.3 Mecanismo de retirada de espuma

O reator novo é provido de calhas para escoamento da espuma formada no interior do separador trifásico, direcionando-a para os leitos de secagem existentes na ETE. O problema verificado tem relação direta com a operação das calhas. Para o correto funcionamento, são necessários dois operadores para manusear o sistema, um fica na superfície do reator para abrir as válvulas de escoamento e outro fica na base, para abrir a válvula que direciona a espuma aos leitos. Outro problema identificado é a quantidade de tampas nos gasômetros que é reduzida, o que dificulta a visualização no interior da estrutura. Sugere-se aumentar a frequência na retirada de espuma e destina-la para um adensador e posteriormente para os leitos de secagem. Além disso, recomenda-se inserir esguichos de esgoto tratado para auxiliar no escoamento e retirada do material.

A espuma formada na área de decantação do reator novo verte em conjunto com o efluente tratado no reator, devido à ausência da cortina defletora. Porém, a presença de uma viga situada antes da tubulação de coleta do efluente, obstrui a passagem, fazendo com que a espuma da área de decantação fique acumulada na canaleta principal do reator. A viga foi instalada devido ao grande desnível hidráulico existente entre a canaleta principal e a tubulação de coleta, que causava muita emissão de gás sulfídrico e formação de espuma. Este aparato deve ser substituído por outro que permita a saída da espuma, sem o agravamento das emissões odoríferas, por exemplo, o uso de uma tubulação afogada.

No reator antigo não existe nenhum mecanismo de retirada de espuma, fazendo com que seja necessária a retirada através de caminhões de sucção. Estas retiradas ocorrem mensalmente, acarretando na solidificação da espuma existente devido ao grande tempo de acúmulo. Sugere-se a instalação de um mecanismo composto por calhas, semelhante ao existente no reator novo, com as melhorias indicadas anteriormente.

Entre os anos de 2014 e 2015 a produção de espuma foi na ordem de $78,87 \text{ m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$, tendo-se feito 15 amostragens.



3.4 Sugestões de Melhorias

A fim de melhorar a qualidade do esgoto tratado, reduzir a emissão de maus odores e melhorar a descarga de espuma recomenda-se:

- Controle mais rigoroso na frequência de retirada de lodo dos reatores, assim como controle da quantidade removida;
- Reabilitação das tampas do reator novo, com o uso de uma estrutura mais resistente em suas molduras e aumentar o dreno central, instalar o mesmo modelo no reator antigo;
- Instalação de esguichos para auxiliar na fluidização da espuma no reator novo e reabilitar o reator antigo com o mesmo mecanismo;
- Melhorar o sistema preliminar, com a instalação de peneira de 3 mm para melhorar a qualidade do esgoto direcionado ao UASB e realizar cobertura de caçambas para minimizar odores, e;
- Implantação do sistema de captura e destruição eficiente de gases. Composto por impermeabilização dos gasômetros com poliureia, uso de tubulação de aço inox AISI 316 e destruição dos gases em queimador enclausurado;

4 Conclusões

- Observando-se os dados obtidos no período de realização do trabalho, conclui-se que os reatores apresentaram uma boa qualidade de esgoto tratado, condizente com valores encontrados na literatura;
- As tampas e mecanismo de remoção de espuma instalados no reator novo são adequados, precisam de pequenas melhorias e podem ser adaptados ao reator antigo;

5 Referências

AISSE, M.M. Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000. 192p.

APHA (*American Public Health Association*), AWWA (*American Water Works Association*), WEF (*Water Environment Federation*) **Standard methods for examination of water and wastewater**, 22. ed. Washington: Publication Office, APHA, AWWA, WEF, 2012.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2011. 380p.

BRASIL. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA.

EASTER, C., QUIGLEY, C., BURROWES, P., WITHERSPOON, J., APGAR, D.. Odor and air emissions control using biotechnology. *Chemical Engineering Journal*. 113, p. 93 – 104, 2005.

NOYOLA, A.; MORGAN-SAGASTUME, J.M.; GÜERECA, L.P.. **Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales**. 1. Ed., México: UNAM, 2013. 113 p.

ROSS, B.Z.L. **Escuma de reatores anaeróbios tratando esgotos domésticos em escala real: produção, caracterização e proposição de parâmetros para seu gerenciamento**. Tese de Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, UFPR, Curitiba, 2015, 163p.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 1. 2 ed Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1996.