

X-1238 - MONITORAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS EM ETE

Mônica M. Ladeia⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Especialização em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) e Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Engenheira da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG).

Laís Pereira Dias⁽²⁾

Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Estagiária da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG).

Pedro Henrique Ferraresi Blofeld⁽³⁾

Engenheiro Mecânico pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de aplicação e desenvolvimento de negócios da ACOEM do BRASIL.

Robson Marcelo da Silva⁽⁴⁾

Engenheiro Mecânico pela Universidade Paulista (UNIP). Engenheiro de Vendas da ACOEM do BRASIL.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dr. Santos, 14 - Centro - Montes Claros/MG - CEP: 39400-001 - Brasil - Tel: (38) 99902-1153 - e-mail: monica.ladeia@copasa.com.br

RESUMO

O biogás é formado nas ETE como resultante da atividade de microrganismos anaeróbios na degradação da matéria orgânica existente nos esgotos, constituído dos gases metano, dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrogênio, nitrogênio, amônia, oxigênio, gás sulfídrico e vários compostos orgânicos voláteis, e precisam ser monitorados em função dos impactos no meio ambiente. O monitoramento contínuo poderá resultar em melhorias no controle operacional e de processos, minimização dos impactos ambientais, segurança para os operadores das ETE, redução da geração de odores. Sendo assim, o presente trabalho apresenta estudo da medição de gás sulfídrico e VOC por uma estação compacta de qualidade de ar, de medição contínua, realizado em uma ETE, vazão nominal de 750L/s e vazão média de 432L/s, com processo de tratamento com reatores anaeróbios de fluxo ascendentes (UASB). O estudo realizado demonstrou a aplicabilidade deste equipamento e que os resultados encontrados estão de acordo com a literatura e refletiram às variações das condições ambientais e as atividades operacionais da ETE.

PALAVRAS-CHAVE: Emissões atmosféricas, ETE, Estação compacta de qualidade de ar, gás sulfídrico, VOC.

INTRODUÇÃO

A realidade do saneamento básico no Brasil, enfatizando o tratamento e a disposição inadequada dos efluentes líquidos, com muitos municípios sem qualquer tipo de serviço de esgotamento sanitário e pelo baixo índice de tratamento dos esgotos, compromete a saúde e o bem-estar da população, e o meio ambiente.

No Brasil, o clima essencialmente tropical caracterizado principalmente pela irradiação solar em abundância durante todo o ano, favorece que o tratamento de efluentes seja realizado por meio de tecnologias de natureza biológica compreendendo grande parte das ETE existentes (LIMA, 2020).

Durante o tratamento biológico dos efluentes nas Estações de Tratamento de Esgotos – ETE, a biodigestão anaeróbia consiste na geração de dois importantes coprodutos a partir da degradação da matéria orgânica: o lodo e o biogás (MESSA *et al.*, 2016).

O biogás nas ETE pode ser formado a partir da transformação microbiológica da fração biodegradável do resíduo sólido, o qual seus principais constituintes são o metano, dióxido de carbono, amônia, monóxido de carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, sulfeto de hidrogênio e vários compostos orgânicos voláteis que representam toxicidade à saúde humana (SCHIRMER *et al.*, 2015).

Os reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket reactor*, ou em português, Reator Anaeróbico de Manta de Lodo e Fluxo Ascendente - RAFA) são unidades com tecnologia de tratamento de esgoto que produz biogás. O biogás que é produzido durante o tratamento anaeróbico do esgoto, normalmente é coletado e queimado para evitar a poluição atmosférica ou pode ser reaproveitado em função de ser um subproduto de alto valor energético agregado.

Em ETE, o biogás consiste na mistura de gases oriundos da decomposição da matéria orgânica, sendo o metano (CH_4) o principal gerado, além do sulfeto de hidrogênio (H_2S), característico pelo forte odor com fácil percepção olfativa (BRANCO, 2017). Ainda, esse gás apresenta elevada toxicidade, com limite de tolerância (TLV) de 8ppm, de acordo com a NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 1978).

Atualmente, no País, a Resolução CONAMA nº 491/2018, dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, entretanto não aponta limite para emissão de sulfeto de hidrogênio em estações de tratamento de efluente, bem como de nenhum outro gás característico deste tipo de atividade (CONAMA, 2018).

A *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) e o *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) indicam que o limite de tolerância para emissão de H_2S é de 10ppm por dia, e que a concentração mínima perceptível por humanos é em torno de 0,0005ppm (LIMA, 2020).

O emprego de tecnologias para monitoramento da qualidade do ar tem se tornado uma necessidade frente aos diversos malefícios ao equilíbrio da atmosfera, bem como das pessoas que vivem em suas comunidades. Estima-se que patologias relativas a vetores vinculados a “ar exterior” como fator de risco é associada a morte de 100 milhões de pessoas na América Latina (ARGÔLO *et al.*, 2017).

Deste modo, o monitoramento de odores em ETE se faz de grande relevância, pelo potencial de causar impactos no meio ambiente, assim como na saúde ocupacional dos empregados responsáveis pela operação da ETE, além de ocasionar impactos de percepção de odores em comunidades vizinhas localizadas no entorno das estações. Ainda, os sulfetos são de grande importância por serem diretamente responsáveis pelos processos corrosivos em tubulações e outros materiais.

O presente trabalho foi realizado na Estação de Tratamento de Esgotos - ETE de 750L/s, com tratamento biológico utilizando reatores UASB, em Montes Claros, no Norte de Minas Gerais, a qual se encontra no Distrito Industrial. Na ETE se executa semestralmente o monitoramento das emissões atmosféricas em pontos de controle na unidade e em pontos de residências de moradores no entorno do empreendimento, visando principalmente o monitoramento dos odores (gás sulfídrico). O estudo irá avaliar o uso de uma estação compacta de qualidade de ar, com medição contínua, para medição de gás sulfídrico e VOC.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG) e da Empresa ACOEM do BRASIL.

OBJETIVO

Apresentar os resultados das medições de sulfeto de hidrogênio (H_2S) e Compostos Orgânicos Voláteis - VOC, avaliando o desempenho das medições dos gases emitidos no processo de tratamento de esgotos, nos meses de setembro e outubro de 2022, em dois pontos da ETE, a partir de uma estação compacta baseada na tecnologia de sensores eletroquímicos de qualidade do ar.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação de Tratamento de Efluentes - ETE Montes Claros/MG, com capacidade instalada de 750L/s, possui vazão média de 432L/s (média de 2021), e atende uma população em torno de 400.000 habitantes, localizada em Distrito Industrial, com bairros populosos no entorno.

O sistema de tratamento biológico da ETE conta com tratamento secundário com 12 reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB), 6 filtros biológicos percoladores e 6 decantadores secundários. A unidade possui

sistemas de desidratação do lodo com 7 leitos de secagem, centrífugas, secador térmico e 2 valas de aterro sanitário. Os gases provenientes do UASB são armazenados no gasômetro e reutilizados no secador térmico. A unidade ainda possui tratamento preliminar, com gradeamento, peneiramento e desarenadores.

Na medição foi utilizada uma estação compacta de qualidade do ar baseada em sensores com resolução inferior aos limites de detecção do olfato humano para medição das concentrações e estabelecimento de correlações com eventos de odores. Este equipamento possui suporte para comunicação LTE (2G-3G-4G); cartuchos eletroquímicos para medição de concentração de gases; proteção IP65; bateria e painel solar além de sensores integrados de temperatura ambiente, umidade relativa, pressão atmosférica e anemômetro para aferição da direção e velocidade do vento, assim operando de forma autônoma com armazenamento de dados em nuvem (Figura 01).

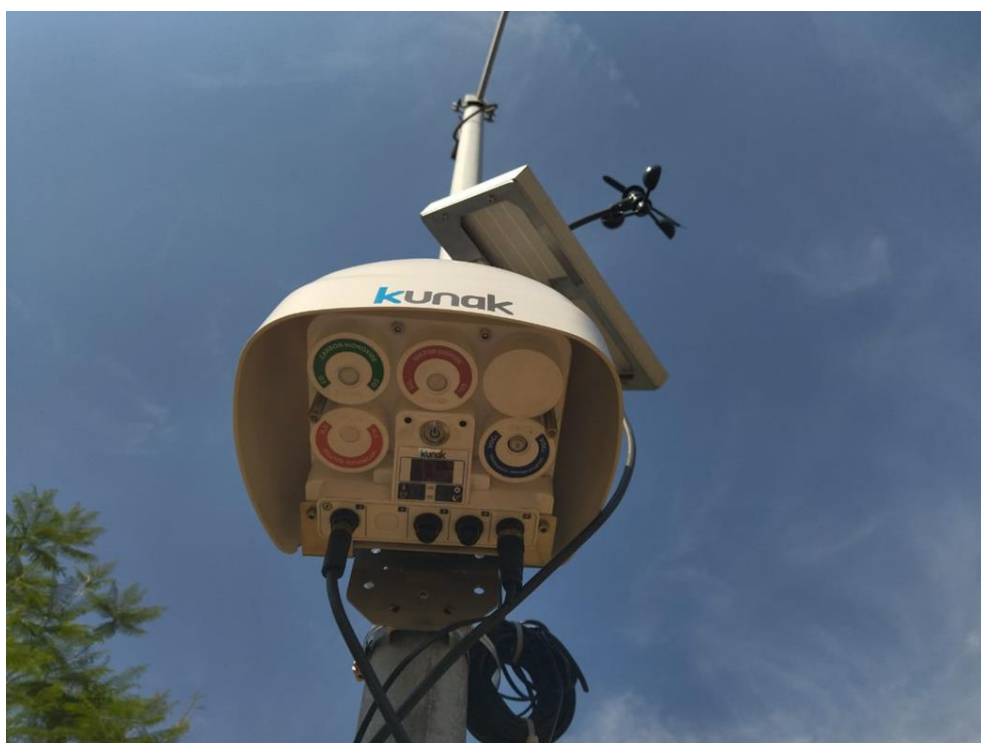


Figura 01 - Estação base para o sensor de qualidade do ar ambiente e monitoramento ambiental.

O monitoramento dos gases foi contínuo, com amostragem a cada 3 minutos, e cálculo automático da média horária. Foram monitorados os parâmetros Sulfeto de Hidrogênio (H_2S) e Compostos Orgânicos Voláteis (VOC).

Os Compostos Orgânicos Voláteis - VOC (do original em inglês “VOC” = *Volatile Organic Compound*) são substâncias químicas orgânicas, ou combinações destas que apresentam alta pressão de vapor sob as condições normais, vaporizando significativamente e entrando na atmosfera. Uma grande variedade de moléculas orgânicas, como aldeídos, cetonas, e outros hidrocarbonetos leves são os VOC. Definindo de forma bem simples podemos dizer que todo composto orgânico que evapora é um VOC.

Nos Estados Unidos, a EPA (*Environmental Protection Agency*) define VOC como qualquer combinação orgânica que participa em uma reação fotoquímica; alguns acreditam que esta definição é muito abrangente e vaga incluindo compostos orgânicos que não são muito voláteis sob condições normais.

A Estação Base foi instalada nos seguintes pontos:

- Ponto 01 - Entre o reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) e filtro biológico percolador (Figura 02).

No período de 6 dias, de 23 a 28/09/2022.

- Ponto 02 - Tratamento preliminar, próximo aos desarenadores (Figura 03).

No período de 8 dias, de 29/09 a 06/10/2022.

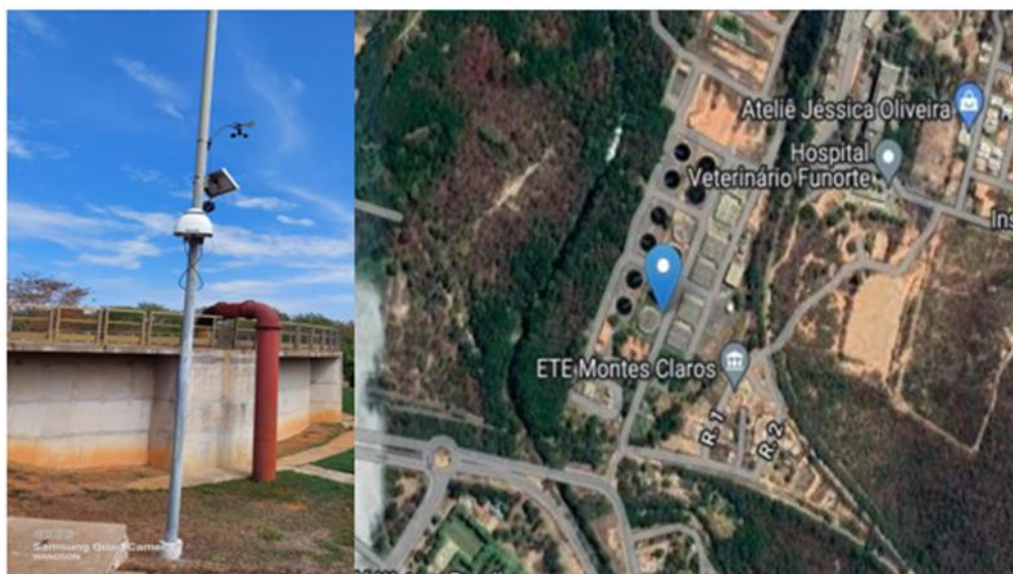


Figura 02 - Ponto 01 - Próximo ao filtro biológico percolador (Foto: COPASA e imagem do software em nuvem).

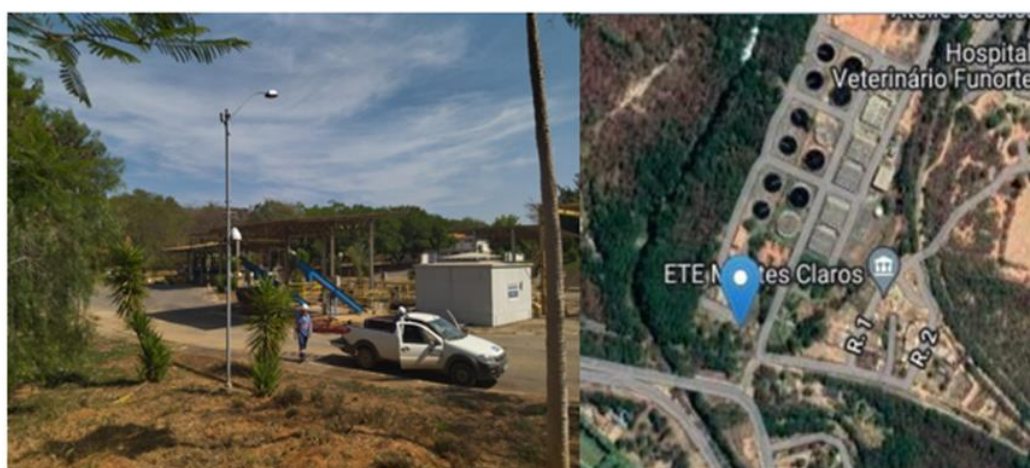


Figura 03 - Ponto 02 - Tratamento preliminar, próximo ao desarenador (Foto: COPASA e imagem do software em nuvem).

RESULTADOS

Os resultados do monitoramento de Sulfeto de Hidrogênio (H_2S) e VOC nos Pontos 01 e 02 estão apresentados nos Figuras 04 a 07 referentes aos períodos avaliados. Os resultados das medições de gás sulfídrico e VOC demonstraram que o equipamento registrou adequadamente as variações em função das condições ambientais (clima, temperatura, ventos), horários das medições, e dos processos operacionais.

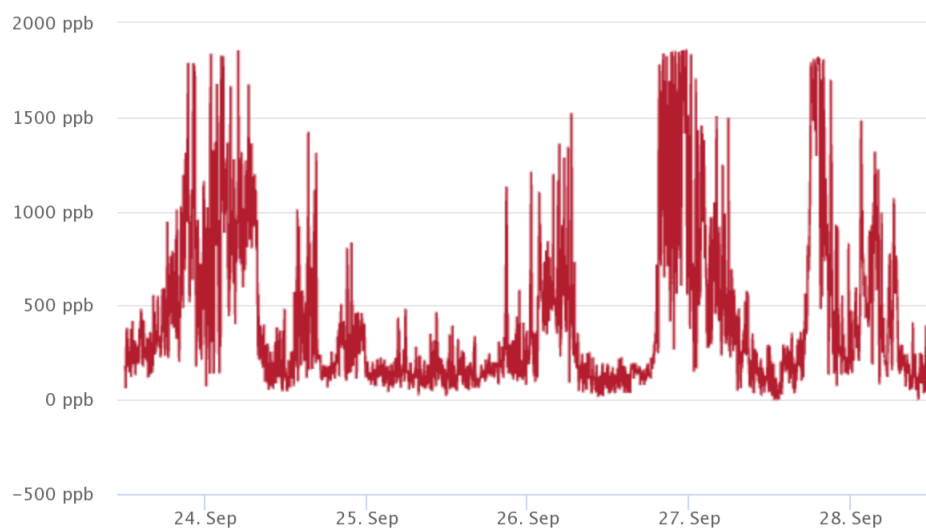


Figura 04 - Resultados do monitoramento contínuo de H₂S do Ponto 01.

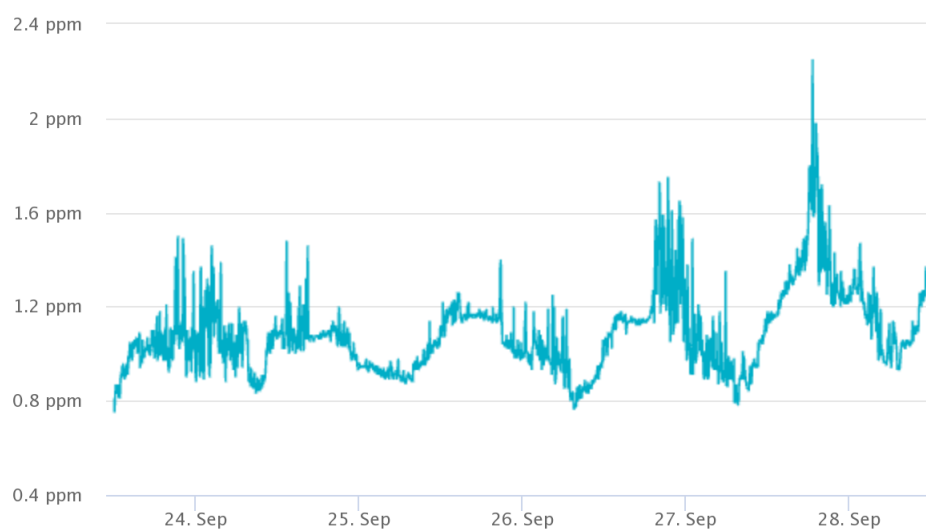


Figura 05 - Resultados do monitoramento contínuo de VOC do Ponto 01.

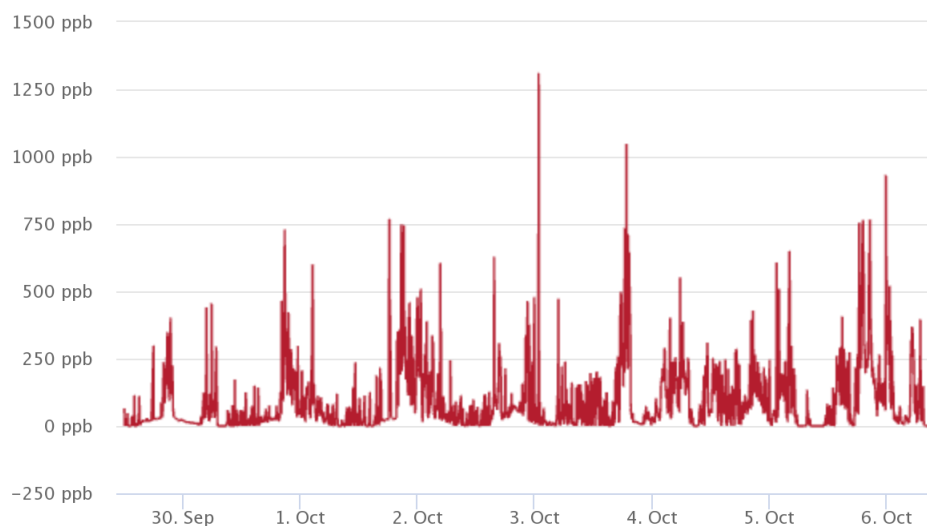


Figura 06 - Resultados do monitoramento contínuo de H₂S do Ponto 02.

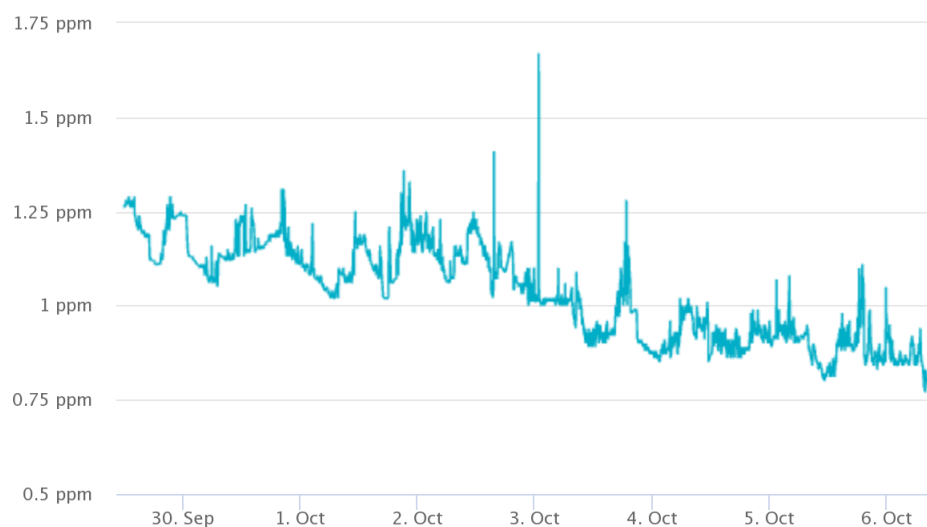


Figura 07 - Resultados do monitoramento contínuo de VOC do Ponto 02.

Os resultados do monitoramento do Sulfeto de Hidrogênio (H₂S) e VOC nos Pontos 01 e 02 estão resumidos nas Tabelas 01 e 02

Tabela 01 - Resultados do monitoramento do Ponto 01.

Sensor	Média	Máximo	Mínimo	Mediana
H ₂ S (ppb)	407,84	1.846,36	0	239,63
VOC (ppm)	1,09	2,25	0,76	1,06

Tabela 02 - Resultados do monitoramento do Ponto 02.

Sensor	Média	Máximo	Mínimo	Mediana
H ₂ S (ppb)	89,31	1.311,02	0	40,01
VOC (ppm)	1,03	1,67	0,77	1,03

A direção do vento predominante também foi avaliada e os resultados estão apresentados nas Figuras 08 e 09, cuja suas leituras foram cruzadas com os dados de concentração medidos, para visualizar como as concentrações dos compostos se comportaram nesse período, identificando a porcentagem de amostras de vento com cada faixa de concentração do composto avaliado. Também foi avaliada a velocidade do vento, desta forma sendo possível identificar o efeito dessa velocidade na variação das concentrações que chegavam até o equipamento.

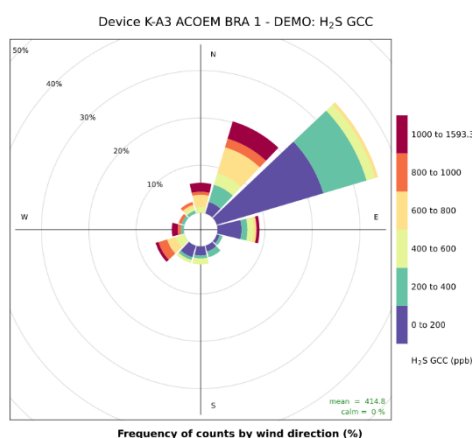


Figura 08 - Rosa de poluição dos dados de concentração de H₂S e direção do vento no ponto 01.

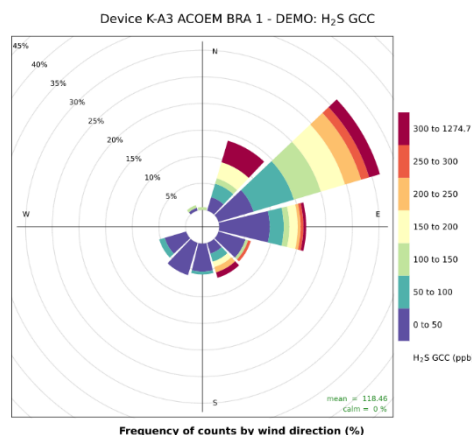


Figura 09 – Rosa de poluição dos dados de concentração de H₂S e direção do vento no ponto 02.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Não foi encontrada legislação vigente que defina os padrões legais para os parâmetros Sulfeto de Hidrogênio (H₂S) e VOC, motivo pelo qual os resultados de tais parâmetros não serão objeto de comparação neste estudo.

A Resolução CONAMA nº 491/2018, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar, não define padrões para os parâmetros Sulfeto de Hidrogênio (H₂S) e VOC.

Segundo a Norma Regulamentadora NR-15 (MTE, 1978), o limite máximo permitido de tolerância da exposição do homem ao H₂S não deve ultrapassar 8ppm ou 12mg/m³ até 48 horas por semana. O valor máximo registrado no período, com medição 24 horas, foi inferior a Norma, de 1,85ppm (1.846,36ppb) no ponto próximo aos reatores.

Os resultados do monitoramento mostram que os resultados de sulfeto estão dentro do esperado. A *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) define 0,75ppm como limite para exposição aguda de 10 minutos (AEG1), sem que efeitos danosos irreversíveis sejam observados (US EPA, 2010). Os resultados médios dos períodos avaliados foram de 0,408 e 0,0893ppm para os pontos 01 e 02 respectivamente, com medição contínua, para período de 6 e 8 dias, inferiores aos definidos pela EPA.

O estudo verificou que o equipamento identificou as variações nas concentrações de sulfeto de hidrogênio e VOC em decorrência de variações nas condições ambientais, como temperatura e velocidade predominante de ventos, horário da medição e com os processos e atividades operacionais, demonstrando uma boa capacidade de monitoramento dos gases.

A facilidade de instalação e remoção do equipamento, proporcionando a medição em vários pontos; o que poderá otimizar o seu uso e permitir que mais de um ponto ou unidade possam ser monitorados durante um período de tempo; a energia solar utilizada permite a flexibilidade de utilização; o acompanhamento contínuo, *on line*, da medição dos gases permite melhor gerenciamento dos processos; a possibilidade de medição de muitos parâmetros em um só equipamento permite intensificar o monitoramento e o controle operacional da ETE.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os valores máximos registrados e os valores médios no período de medição, dos pontos 01 (Tratamento secundário) e 02 (Tratamento preliminar), estão de acordo com o esperado para ETE, considerando a EPA e/ou literaturas específicas.

O estudo verificou que o equipamento identificou as variações nas concentrações de sulfeto de hidrogênio e VOC em decorrência de variações nas condições ambientais e com os processos e atividades operacionais, demonstrando uma boa capacidade de monitoramento dos gases.

A estação compacta de qualidade do ar apresenta vantagens de flexibilidade operacional, facilidade de instalação; permiti a medição contínua e monitoramento *on line*; medição de vários parâmetros; qualidade dos dados gerados.

A localização da ETE representa também um fator agravante, pelo fato de existirem residências a cerca de 100m de distância da ETE. Nesse contexto, problemas de redução de eficiências do tratamento e emissões de gases odorantes podem ocasionar transtornos à população circunvizinha, enfatizando a importância deste estudo e do uso do monitoramento contínuo dos gases.

Recomenda-se a continuidade dos estudos por um período maior e em outros pontos da unidade para identificação de fontes críticas e da interferência do clima na dispersão de gases odoríferos nos entornos da estação. E estudo para correlacionar os resultados de medições dos gases com as operações realizadas nas unidades de tratamento e desta forma avaliar a eficácia das medidas tomadas para redução do odor nas áreas vizinhas, seja ela nos processos físicos ou químicos da ETE.

Sugere-se também correlacionar as concentrações medidas com reclamações referentes a maus odores na região e assim controlar melhor sua operação. Pode-se ainda, medir a concentração de compostos presentes nas regiões vizinhas e assim entender melhor o comportamento e dispersão dos gases provenientes da ETE e seu impacto na qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARGÔLO, E. D., da Silva, G. N., Possamai, M. W., Pereira, N. S., de Paiva Dias, R., Silva, V. A., & da Silva Romano, Y. S. (2017). *Estudo de qualidade do ar por plataformas de monitoramento de dióxido de carbono, metano, dióxido de enxofre e monóxido de carbono assistidos de parâmetros meteorológicos: utilizando estação meteorológica datalogger e sensores Arduino*. Anais SNCMA, 8(1).
2. BRANCO, Marco Antônio Castelo. *Aproveitamento energético de biogás de ETE*. (2017). Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas (FATEC), Brasília, DF.
3. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente: Resolução N.º 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 21 de nov. 2018.
4. LIMA, S. B. *Avaliação da emissão de gás sulfídrico e os impactos de vizinhança no entorno da estação de tratamento de efluentes, “ETE Norte”, na cidade de Palmas - TO* (2020) - Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA. Universidade Federal do Tocantins – UFT. Palmas, TO.
5. MESSA, R. Vinicius, et al. *O biodigestor e seus benefícios na propriedade rural* (2016). Anais da X SEAGRO – FAG. 13 e 14 de junho, 2016. Cascavel, Paraná, Brasil.
6. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. Normas Regulamentadoras (1978). Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br>>. Acesso em: 26 de novembro de 2022.
7. SCHIRMER, W. N., Crovador, M. I. C., Stemmler, A. S., & Jucá, J. F. T. (2015). *Avaliação da geração de gás sulfídrico no biogás gerado a partir de resíduos sólidos urbanos*. Ciência & Tecnologia, 7(1).
8. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals, v.9, 2010. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/hydrogen_sulfide_final_volume9_2010.pdf>.