

# Avaliação de compostos odoríferos em uma área urbana no município de Fortaleza-Ceará

*Evaluation of odoriferous compounds in an urban area in the city of Fortaleza-Ceará*

• **Data de entrada:**  
22/01/2019

• **Data de aprovação:**  
17/10/2019


Helenamara Fonseca Sobrinho de Oliveira<sup>1</sup> | Marlon Anderson da Silva Café<sup>1</sup> |  
Jéssica Rocha de Lima<sup>1</sup> | Daniel Silveira Serra<sup>2</sup> | Francisco Sales Ávila Cavalcante<sup>2</sup> |  
Rinaldo dos Santos Araújo<sup>1\*</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.091>


## ORCID ID

Oliveira HFS  <https://orcid.org/0000-0002-2711-8637>

Café MAS  <https://orcid.org/0000-0002-3328-5028>

Lima JR  <https://orcid.org/0000-0002-9297-9660>

Serra DS  <https://orcid.org/0000-0002-5172-5824>

Cavalcante FSA  <https://orcid.org/0000-0003-4501-8119>

Araújo RS  <https://orcid.org/0000-0003-2609-436X>

## Resumo

Neste trabalho foi avaliada a presença de compostos odoríferos ( $H_2S/CH_3SH$ ) em uma área urbana no município de Fortaleza sob influência de uma estação de pré-condicionamento de esgoto. O monitoramento foi realizado no mês de dezembro de 2018 via amostragem contínua. As concentrações médias de  $H_2S$  foram de  $3,8 \mu g/m^3$  (09 h – 12 h) e  $7,5 \mu g/m^3$  (15 h – 18 h). As concentrações médias de amostragem em 1 h alcançaram picos de  $28,4 \mu g/m^3$  (09 h – 12 h) e de  $41,2 \mu g/m^3$  (15 h – 18 h). Para as amostragens de 10 min, as concentrações máximas foram de  $14,3 \mu g/m^3$  para o período da manhã e de  $28,9 \mu g/m^3$  no período da tarde. Em geral, 24% e 29% das campanhas estiveram acima do limite estabelecido pelas legislações da Nova Zelândia ( $7 \mu g/m^3$  em 1 h) e de Ontário ( $7 \mu g/m^3$  em 10 min), respectivamente. A partir dos resultados de comparações com essas legislações internacionais é possível verificar um potencial risco de exposição da população aos odores sulfídricos nas vizinhanças da área urbana investigada.

**Palavras-chave:** Poluição atmosférica.  $H_2S$ . Mercaptanas. Tratamento de efluentes. Odores. Saúde.

## Abstract

*In this work the presence of odoriferous compounds ( $H_2S/CH_3SH$ ) in an urban area in the city of Fortaleza was evaluated under the influence of a sewage preconditioning station. The monitoring was carried out in december 2018 by means of continuous sampling. The mean concentrations of  $H_2S$  were  $3.8 \mu g/m^3$  (09 h – 12 h) and  $7.5 \mu g/m^3$  (15 h – 18 h). The mean concentrations of 1 h sampling time reached peaks of  $28.6 \mu g/m^3$  (08 h – 12 h) and  $41.5 \mu g/m^3$  (15 h – 18 h). For the 10 min sampling time, the maximum concentrations were  $14.3 \mu g/m^3$  for the morning period and  $28.9 \mu g/m^3$  for the afternoon. In general, 24% and 29% of the campaigns were above the limit established by New Zealand ( $7 \mu g/m^3$  in 1 h) and Ontario ( $7 \mu g/m^3$  in 10 min), respectively. From the results of comparisons with these international legislations, it is possible to verify a potential risk of exposure of the population to the sulphide odors in the vicinity of the urban area investigated.*

**Keywords:** Atmospheric pollution.  $H_2S$ . Mercaptans. Effluent treatment. Odors. Health.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Fortaleza - Ceará - Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Ceará - Itaperi - Ceará - Brasil.

\* **Autor correspondente:** rinaldo@ifce.edu.br.

## 1 INTRODUÇÃO

O ar tóxico passou a ser o líder ambiental em mortes e adoecimentos por complicações cardiorrespiratórias segundo publicação da Organização Mundial da Saúde (OMS) de 2015, que relata que cerca de 3,7 milhões de vidas foram perdidas precocemente no mundo por culpa da poluição externa do ar (WHO, 2015). Há estimativas de que a poluição do ar decorrente da queima de carvão no Sudeste Asiático até 2030 fará com que o número de mortes cresça de 20.000 para 70.000 por ano (KOPLITZ et al., 2017).

Dentre as atividades antropogênicas responsáveis por causar poluição atmosférica estão relacionadas atividades industriais e agrícolas tais como: estações de tratamento de águas residuais, indústrias alimentícias, aterros sanitários, parques petroquímicos, matadouros e atividades de compostagem. Todas essas atividades são responsáveis por gerar um tipo específico de poluição do ar, que se trata da geração de odores desagradáveis (BRANCHER et al., 2017).

As espécies químicas voláteis que após interações são responsáveis pela geração desses odores são compostos à base de enxofre (sulfetos, mercaptanas, etc), nitrogênio (amônia, aminas, indóis, etc) e compostos orgânicos voláteis (ésteres, ácidos orgânicos, cetonas, aldeídos, álcoois, etc) (BRANCHER et al., 2017).

Em se tratando das atividades de tratamento de efluentes, a geração de odores está ligada a gestões falhas e ineficientes das operações unitárias e processos utilizados (LA ROVERE et al., 2002). Dentre esses processos, os anaeróbios são os principais geradores de substâncias odoríferas, especialmente devido à presença de sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) e mercaptanas (RSH) (TORRE; FERNÁNDEZ; PÉREZ, 2010).

A presença dos incômodos odoríferos acarreta efeitos negativos à saúde humana, que vão desde estresse emocional até sintomas fisi-

cos como dores de cabeça, irritação nos olhos, problemas respiratórios e náuseas ou vômitos. Além disso há que se considerar efeitos econômicos como a depreciação de propriedades. Todos esses impactos resultam em queixas às autoridades de gestão pública, tornando essencial a regulamentações para lidar com esses conflitos (AATAMILA et al., 2001; BRANCHER et al., 2017; PALMIOTTO et al., 2014).

Dentre os gases gerados pelo tratamento de efluentes, a inalação de metilmercaptana ( $CH_3SH$ ) está relacionada a problemas neurológicos e morte, porém ainda não há limites de concentrações associados aos seus efeitos na saúde (ATSDR, 2002). Por outro lado, o  $H_2S$  é um gás tóxico e irritante, que em altas concentrações pode acarretar prejuízos às glândulas olfativas, causando falsas sensações de segurança e morte rápida (METCALF; EDDY, 2004; ZHANG et al., 2017).

No Brasil, o monitoramento da qualidade do ar é executado ainda em poucas unidades federativas (VORMITTAG et al., 2014). No Ceará, a primeira estação de monitoramento tipo automática foi inaugurada em 2016, na Estação Ecológica do Pecém, próxima ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), na Região Metropolitana de Fortaleza (SEMACE, 2018).

Notadamente, ainda há carência na execução de monitoramento da qualidade do ar na capital cearense (LIMA, 2017). Há décadas são noticiadas na imprensa local queixas de moradores na área da avenida Presidente Castelo Branco devido ao desconforto ambiental (odores desagradáveis) presente na região.

Particularmente, nessa área está situada uma grande estação de pré-condicionamento de esgoto (EPC) da empresa de saneamento ambiental do estado. A EPC possui sistema de tratamento com peneiras rotativas e desarenadores. O esgoto tratado é lançado no mar por meio de um sistema

tipo emissário submarino a aproximadamente 3,3 km da costa e a uma profundidade de 16 m.

A EPC instalada apresenta uma estação de tratamento de odores (ETO) que atua na redução da emissão de substâncias odoríferas para a atmosfera local. Para a redução os gases odoríferos são succionados por exaustores em vários pontos da estação e submetidos a lavagem química com soda e cloro. Os materiais sólidos produzidos são destinados a um aterro sanitário (FORTALEZA, 2014).

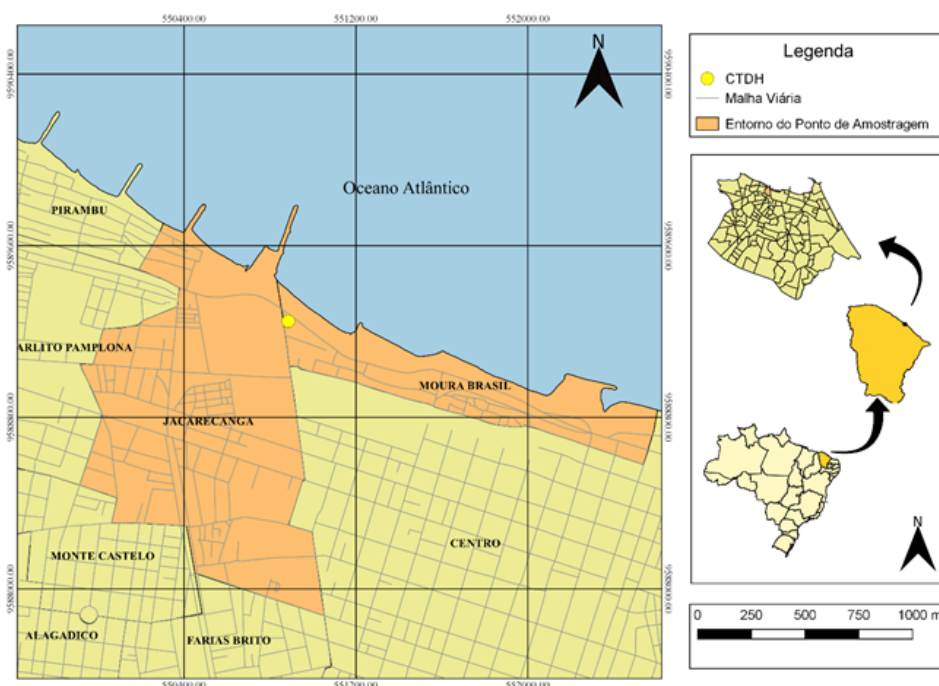
Nesse contexto, este trabalho visa avaliar as concentrações atmosféricas de compostos odoríferos, sulfeto de hidrogênio e metanotiol ( $H_2S/CH_3SH$ ), em área urbana próxima a uma estação de pré-condicionamento de esgoto na cidade de Fortaleza-Ceará.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Local de amostragem

Para o desenvolvimento deste trabalho os equipamentos foram instalados em um sítio de amostragem próximo à estação de pré-condicionamento na Avenida Castelo Branco (Leste-Oeste). A avenida citada, que recebe outras designações em seu curso, margeia uma extensão de quase 3,5km do trecho litorâneo do Oceano Atlântico nas direções leste a oeste da cidade de Fortaleza. A EPC possui um modelo de tratamento preliminar com gradeamento, peneiramento e desarenador (FORTALEZA, 2014).

Um mapa situacional da localização da área de amostragem (círculo amarelo) e das suas vizinhanças na cidade de Fortaleza está apresentado na Fig. 1.

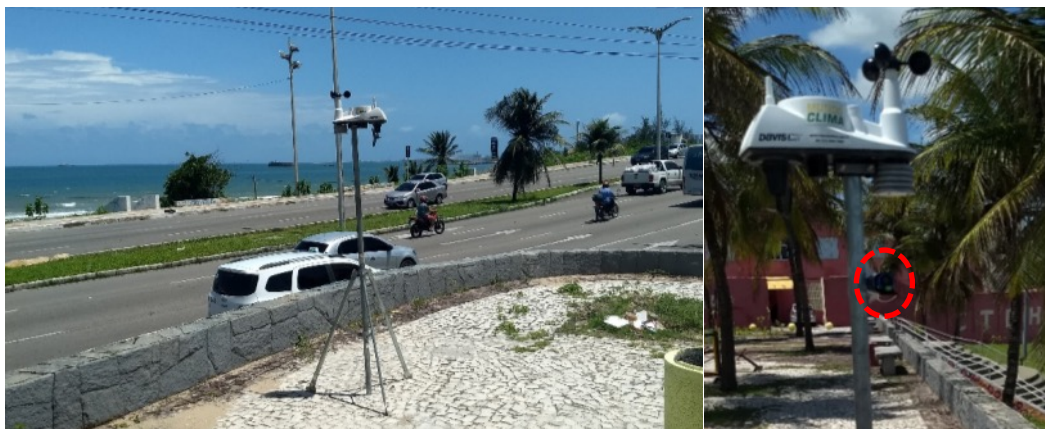


**Figura 1** – Localização da área de estudo na Avenida Castelo Branco, Fortaleza, Ceará, Brasil.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O sítio de amostragem (Fig. 2) foi montado na praça Marcílio Dias, no município de Fortaleza, estado do Ceará, sob coordenadas geográficas  $3^{\circ}42'59''$

S e  $38^{\circ}32'27''$  W e se apresenta a uma distância de aproximadamente 500 m da Estação de Pré-Condicionamento de Esgoto (EPC) Castelo Branco.



**Figura 2** – Imagem do aparato de monitoramento de odores na Avenida Castelo Branco na cidade de Fortaleza. O círculo tracejado em vermelho destaca o sensor eletroquímico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

## 2.2 Cronograma de monitoramento

O monitoramento ocorreu entre os dias 17 a 30 de dezembro de 2018 nos horários da manhã (das 9h às 12 h) e da tarde (das 15h às 18 h). Ao todo foram realizadas 7 (sete) campanhas em cada período, matutino e vespertino.

Os horários de coleta foram escolhidos com base em estudo anterior realizado por Lopes (2016), que realizou monitoramento nos períodos da manhã (07:00 h às 09:24 h) e da tarde (15:00 às 17:54 h) com identificação de concentrações pontuais elevadas de H<sub>2</sub>S no período da tarde na mesma área do estudo. Também foram baseados em observações qualitativas (olfativas) no local, que demonstravam picos de odores preferencialmente no período das 15:00 h às 18:00 h.

Para acompanhamento dos parâmetros meteorológicos locais de temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica, direção e velocidade dos ventos foi utilizada uma estação meteorológica portátil Davis Vantage Vue K6250.

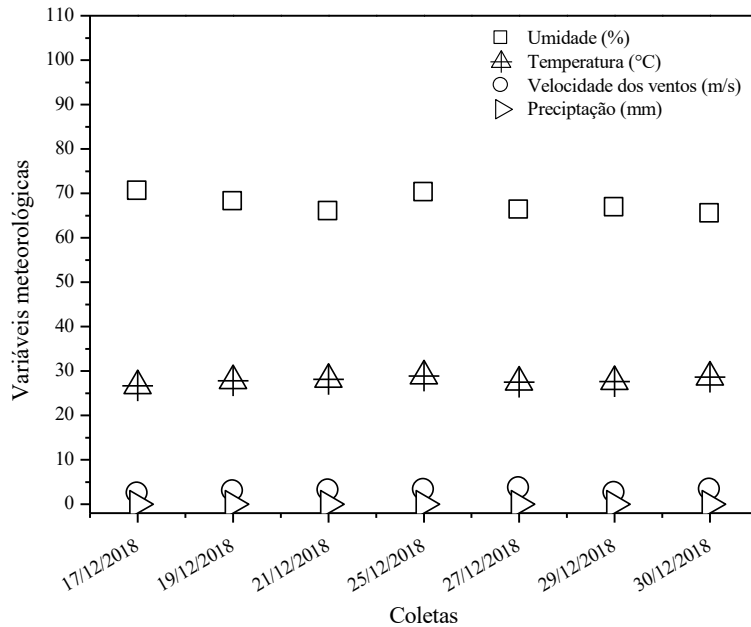
O sistema de amostragem contínua dos poluentes odoríferos H<sub>2</sub>S/CH<sub>3</sub>SH foi feito por uso de um sensor eletroquímico CairClip da Cairpol®, o qual expressa conjuntamente as concentrações de H<sub>2</sub>S e CH<sub>3</sub>SH em equivalentes de H<sub>2</sub>S (Eq. H<sub>2</sub>S) em ppb ou µg/m<sup>3</sup>. A faixa de detecção varia entre 0 a 1000 ppb de H<sub>2</sub>S (0 a 1400 µg/m<sup>3</sup>). O sensor funciona em temperaturas de -20 °C e 40 °C com umidade relativa entre 15 e 90% e pressão ambiente entre 1013 mbar +/- 200 mbar (1 +/- 0,2 atm) (CAIRPOL, 2018).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Dados meteorológicos

Os resultados do monitoramento meteorológico na área em estudo estão apresentados na Fig. 3.

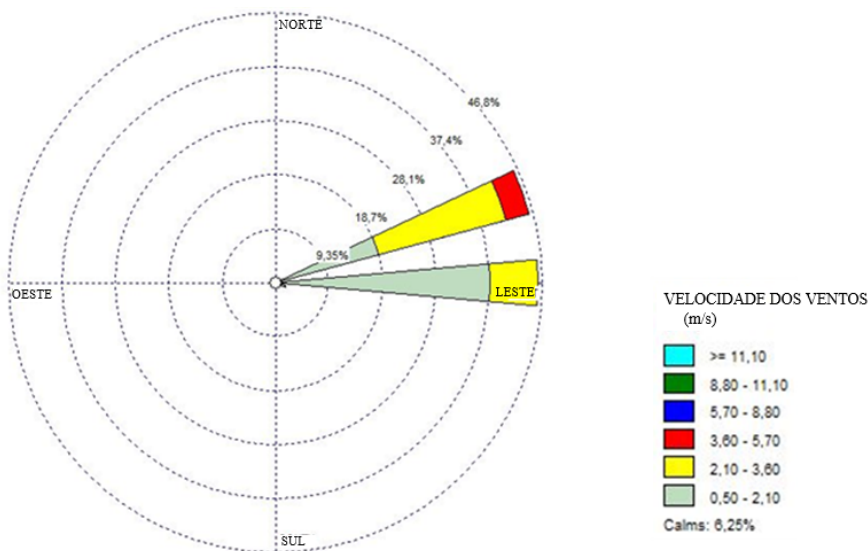
A umidade relativa apresentou valor médio de 68%, a temperatura média observada foi de 27,9 °C e a velocidade média dos ventos registrada foi de 3 m/s. Durante o período analisado não houve registro de chuvas na área da estação de monitoramento.



**Figura 3** – Parâmetros meteorológicos (médios) na área em estudo por data de coleta no mês de dezembro de 2018. **Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

Os perfis de velocidade e direção dos ventos (Fig. 4) durante o período de monitoramento permitem verificar a frequência dos ventos na direção leste. Quando sobreposta à rosa dos ventos sobre a área em estudo, a direção leste de velocidade dos ventos favorece o carregamento dos

poluentes odoríferos gerados pela estação de pré-condicionamento de esgoto na direção do sítio de monitoramento, justificando o intenso desconforto causado pelo mau cheiro na área que é frequentemente relatado pelas pessoas da comunidade local.



**Figura 4** – Rosa dos ventos na área em estudo durante o período de dezembro de 2018. **Fonte:** Elaborado pelo autor (2019).

O estudo de correlação das variáveis meteorológicas com as concentrações dos odores apresentado na Tabela 1 mostra correlação positiva moderada entre concentrações de  $H_2S$  no período da manhã e da tarde com a temperatura e umidade, correspondendo a coeficientes de Pearson ( $r$ ) entre 0,62 e 0,68.

Altas temperatura auxiliam na mistura vertical na atmosfera, enquanto baixas temperaturas reduzem a velocidade do vento, diminuindo a dispersão do poluente (MARQUES, 2017). Além disso, os aumentos de temperaturas favorecem as taxas das reações microbiológicas aumentando as concentrações dos poluentes (BENTZEN et al., 1995).

**Tabela 1** – Coeficiente de Pearson ( $r$ ) para os parâmetros meteorológicos e concentrações de odores na área em estudo durante o período de dezembro de 2018.

	$H_2S_{(9-10h)}$	$H_2S_{(10-11h)}$	$H_2S_{(11-12h)}$	$H_2S_{(15-16h)}$	$H_2S_{(16-17h)}$	$H_2S_{(17-18h)}$	U (%)	T (°C)	V (m/s)
$H_2S_{(9-10h)}$	1,00								
$H_2S_{(10-11h)}$	-0,06	1,00							
$H_2S_{(11-12h)}$	0,30	0,80	1,00						
$H_2S_{(15-16h)}$	-0,66	0,72	0,41	1,00					
$H_2S_{(16-17h)}$	0,31	0,28	0,67	0,18	1,00				
$H_2S_{(17-18h)}$	-0,04	0,21	0,32	0,38	0,81	1,000			
U (%)	0,02	0,62	0,68	0,41	0,19	-0,19	1,00		
T (°C)	0,66	0,07	0,23	-0,51	0,22	0,03	-0,22	1,00	
V (m/s)	-0,20	0,10	0,06	-0,06	-0,25	-0,49	0,31	0,31	1,00

U = umidade, T = temperatura, V = velocidade dos ventos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

### 3.2 Análise quantitativa dos odores

Para as quantidades de  $H_2S$  determinadas (Fig. 5) foram observadas correlações positivas altas entre as concentrações de  $H_2S$  (10h - 11 h) e  $H_2S$  (11h - 12 h),  $H_2S$  (16h - 17 h) e  $H_2S$  (17h - 18 h) e de  $H_2S$  (10h - 11 h) e  $H_2S$  (15h - 16 h) com

$r$  de Pearson de 0,80, 0,81 e 0,72, respectivamente. Esses valores demonstram que há uma continuidade no fenômeno de geração de odor ao longo do dia.

A Tabela 2 apresenta as concentrações de  $H_2S$  durante as campanhas realizadas na área em estudo.

**Tabela 2** – Concentrações médias de  $H_2S$  por amostragem contínua na área em estudo.

Horário	Eq. $H_2S$ ( $\mu g/m^3$ )				
	N	$\chi$	Máximo	Mínimo	$\sigma$
09 – 10h	7	3,54	5,10	1,47	1,51
10 – 11h	7	3,38	6,17	1,21	1,77
11 – 12h	7	4,38	8,65	1,44	2,61
09 – 12h	7	3,80	28,4	1,42	1,57
15 – 16h	7	7,64	16,3	1,70	5,43
16 – 17h	7	6,41	15,7	1,07	4,61
17 – 18h	7	8,37	21,5	1,12	7,76
15 – 18h	7	7,50	41,2	1,42	4,81

N: número de amostras,  $\chi$ : média,  $\sigma$ : desvio padrão.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No período da tarde, a média global de H<sub>2</sub>S (15h - 18 h) alcança um valor quase 2 vezes maior que no período da manhã H<sub>2</sub>S (09h - 12 h) com pico de concentração 45% superior.

Na comparação de médias horárias, o período da tarde também se destaca com médias de 1,46 a 3,38 vezes maiores e picos de concentração de 1,81 a 4,76 vezes mais elevados. Esses valores demonstram maiores níveis de poluição por odores no turno da tarde, provavelmente devido ao maior

volume de esgoto tratado e ao acúmulo de material insolúvel (lamas, fibras, areias etc) a ser descartado.

De acordo com Jaakkola et al. (1990), em concentrações superiores a 12 µg/m<sup>3</sup>, as populações expostas já estão sujeitas ao risco de desenvolver irritações nos olhos. Segundo Kilburn e Warshaw (1995), nesta concentração aumentam os riscos de manifestações de dores de cabeça, náuseas e irritação da garganta.

Os perfis de concentração horários de H<sub>2</sub>S durante o monitoramento estão apresentados na Fig. 5.

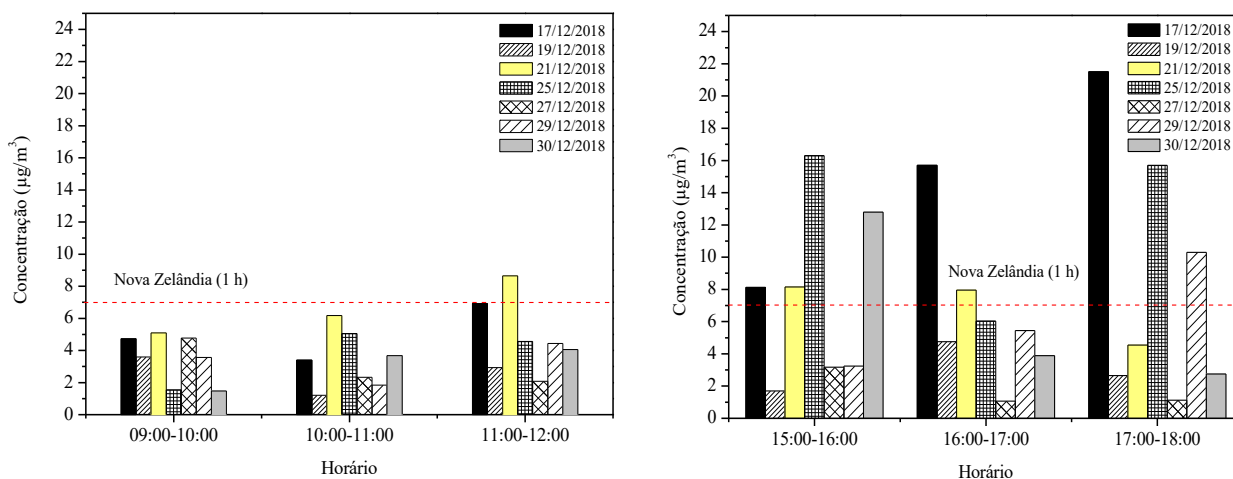
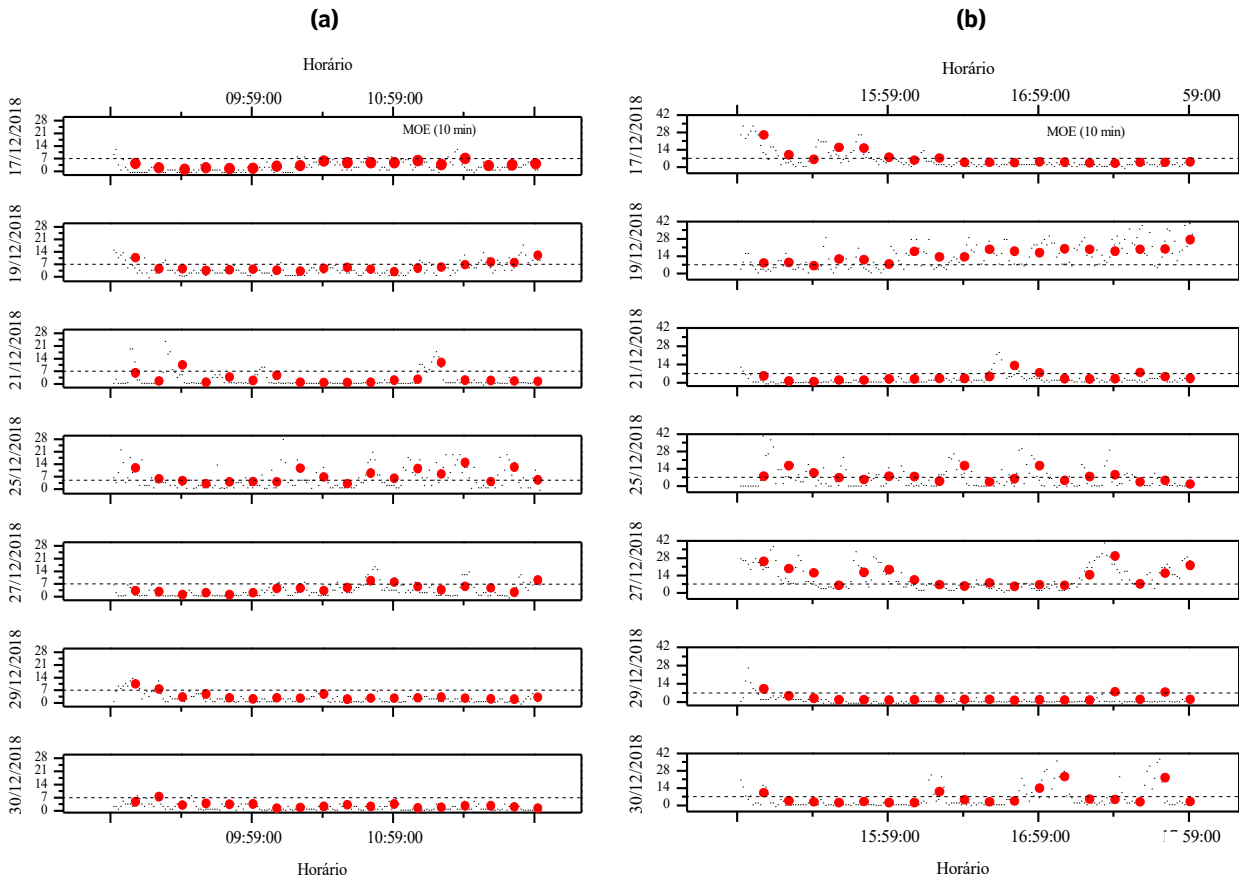


Figura 5 – Perfis das concentrações de Eq. H<sub>2</sub>S (1 h) na área em estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

No Brasil não há determinação de limites de exposição a H<sub>2</sub>S, dessa forma as concentrações observadas serão comparadas a legislações internacionais que abordam o assunto. A Nova Zelândia estabelece um limite de exposição de 1 hora para H<sub>2</sub>S equivalente a 7 µg/m<sup>3</sup> (SANTANA, 2012). Neste estudo, os valores médios horários de H<sub>2</sub>S (1 h) no período da manhã ultrapassaram esse limite em apenas 5% das campanhas realizadas, porém no período da tarde aproximadamente 43% das concentrações apresentaram-se superiores.

A análise dos quantitativos de H<sub>2</sub>S (10 min) está apresentada na Fig. 6. Os valores de H<sub>2</sub>S (10 min) no período da manhã mostraram uma concentração média de 3,76 µg/m<sup>3</sup> com valores entre 0,14 µg/m<sup>3</sup> e 14,3 µg/m<sup>3</sup>. Para o período da tarde as concentrações variaram entre 0,14 µg/m<sup>3</sup> e 28,9 µg/m<sup>3</sup>, com média de 7,27 µg/m<sup>3</sup>. Novamente, as concentrações registradas no período da tarde chegaram a ser cerca de 2 vezes superiores às alcançadas no período da manhã.



**Figura 6** – Concentrações médias de Eq. H<sub>2</sub>S (10 min) na área em estudo nos períodos da manhã (a) e da tarde (b).

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Mainier e Viola (2005) relatam que em um minuto de exposição a H<sub>2</sub>S já é possível detectar seu odor característico com concentrações a partir de 0,0005 ppm (0,69 µg/m<sup>3</sup>). Na área avaliada, a menor concentração registrada neste estudo apresenta-se superior a esse limiar de odor, justificando os intensos desconfortos na área.

O Ministério do Meio Ambiente de Ontário - Canadá (MOE) estabelece limite de exposição a odores, em Eq.H<sub>2</sub>S, de aproximadamente 7 µg/m<sup>3</sup> por 10 min de exposição (MOE. 2012). Para o total de campanhas, nas médias de 10 minutos

(Fig. 6), nos dois períodos, 29 % das médias de H<sub>2</sub>S (10 min) foram superiores ao limite estabelecido pelo MOE. Por turno, 41% das amostras ultrapassaram esse limite no período da tarde, enquanto cerca de 17 % ultrapassaram o limite no período da manhã. De 09 h a 12 h, a maior concentração média de H<sub>2</sub>S (10 min) foi de 14,3 µg/m<sup>3</sup>, e de 15 h às 18 h de 28,9 µg/m<sup>3</sup>.

A Tabela 3 a seguir mostra as frequências de ultrapassagem das concentrações de H<sub>2</sub>S (10 min) em relação ao limite estabelecido pelo MOE.



**Tabela 3** – Percentual de ultrapassagens de Eq. H<sub>2</sub>S (10 min) na área em estudo no período de dezembro de 2018.

	Percentual de ultrapassagem (18 medições por campanha)	
	Manhã	Tarde
17/12/2018	1 (5%)	5 (28%)
19/12/2018	4 (22%)	16 (89%)
21/12/2018	2 (11%)	3 (27%)
25/12/2018	8 (44%)	9 (50%)
27/12/2018	3 (27%)	11 (61%)
29/12/2018	2 (11%)	3 (27%)
30/12/2018	1 (5%)	5 (28%)

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Concentrações de H<sub>2</sub>S foram determinadas por Dincer e Muezzinoglu (2007) em Çeşme, na Turquia. Os estudos foram conduzidos em duas estações de bombeamento dos sistemas de coleta de águas, registrando valores entre 39 e 700 µg/m<sup>3</sup>, superiores aos registrados nesta pesquisa.

Estudos conduzidos na Estônia para avaliação das concentrações de H<sub>2</sub>S e NH<sub>3</sub> foram realizados em fazendas de gado. Foram determinados valores para o H<sub>2</sub>S entre 0,92 µg/m<sup>3</sup> e 1,70 µg/m<sup>3</sup> (MAASIKMETS et al., 2015), os quais são próximos à faixa das concentrações mais baixas detectadas na área urbana de Fortaleza.

Halageri (2012) encontrou valores semelhantes aos determinados nesta pesquisa em áreas no entorno da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), em Louisiana, utilizando o sensor CairClip, com valores entre 0,04 µg/m<sup>3</sup> e 10,3 µg/m<sup>3</sup>. Os valores encontrados também são próximos aos encontrados na área em estudo.

Barbosa e Kan (2015), em monitoramento ao redor do Rio Belém, Curitiba, também utilizando o sensor CairClip, relataram valores entre 11,2 µg/m<sup>3</sup> e 12,4 µg/m<sup>3</sup>.

Al-Shammiri (2004) avaliou a presença de substâncias odoríferas em região próxima à ETE de Ardiyah, Kuwait, e determinou concentrações máximas de 74 µg/m<sup>3</sup> a cerca de 600 m de distância da ETE.

Kim et al. (2013) avaliaram uma estação municipal de tratamento de resíduos em uma área urbana na Coreia do Sul. O monitoramento usando medidor portátil ocorreu em 16 pontos ao redor da estação de tratamento. Foram registradas concentrações entre 5 e 60 µg/m<sup>3</sup>, valores semelhantes aos verificados nesta pesquisa.

#### 4 CONCLUSÕES

As concentrações de Eq. H<sub>2</sub>S, no período do estudo estiveram sempre acima do limite de detecção de odor da substância química (0,69 µg/m<sup>3</sup>), justificando o intenso desconforto causado pelo odor desagradável presente na área.

As concentrações de H<sub>2</sub>S no período da manhã e da tarde estiveram entre 1,42 µg/m<sup>3</sup> e 41,2 µg/m<sup>3</sup>, com concentrações médias de 3,8 µg/m<sup>3</sup> e 7,5 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Os picos odoríferos são sempre identificados no período vespertino, ratificando esse turno como o de maior nível de emissão de odores, com 40% das campanhas excedendo o limite de 7 µg/m<sup>3</sup> em 1 hora recomendado pela legislação da Nova Zelândia.

Quando comparados os resultados encontrados no estudo ao limite de exposição do Ministério do Meio Ambiente de Ontário no Canadá (7 µg/m<sup>3</sup> em 10 min), observa-se que 16,6% das campanhas no período da manhã foram superiores a esse limite, enquanto no período da tarde o valor ultrapassou os 40%.

A comparação dos valores alcançados neste estudo com os limites instituídos por legislações internacionais vigentes permite deduzir que a população do entorno da atividade de tratamento de efluente já possui potencial risco à saúde por exposição aos compostos odoríferos presentes na área.

A geração de odores em estações de tratamento de efluentes está, em geral, condicionada à má gestão das operações. Com base na literatura, pode-se recomendar como alternativas de tratamento dos odores processos relacionados à remoção do sulfeto ainda na fase líquida e o uso de sistemas oxidativos avançados, particularmente os fotoquímicos.

## 5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

## 6 REFERÊNCIAS

- AATAMILA, M. et al. Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centers. **Environmental Research**, v.111, p.164–170, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.11.008>
- AL-SHAMMIRI, M. Hydrogen sulfide emission from the Ardiyah sewage treatment plant in Kuwait. **Desalination**, v. 170, p. 1-13, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.01.003>
- ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for methyl mercaptan. **Public Health Science**, Department of Health and Human Services, Atlanta, 2002.
- BARBOSA, I.A.A.; KAN, A. Avaliação dos impactos dos gases sulfídrico e metil mercaptana emitidos pelo Rio Belém em Curitiba-PR. **Administração de Empresas em Revistas**, v. 14, n.15, 2015. <http://dx.doi.org/10.21902/AdminRev.2316-7548.v1i10.1279>
- BENTZEN, G. et al. Controlled dosing of nitrate for prevention of H<sub>2</sub>S in a sewer network and the effects on the subsequent treatment process. **Water Science and Technology**, v.31, p.293-302, 1995. [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(95\)00346-0](https://doi.org/10.1016/0273-1223(95)00346-0)
- BRANCHER, M. et al. A review of odor impact criteria in selected countries around the world. **Chemosphere**, v.168, p. 1531 – 1570, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.160>
- CAIRPOL. **Technical datasheet Cairsens H2S/CH4S**. Disponível em: <http://cairpol.com/wp-content/uploads/2017/05/Cair-sens-H2SCH4S-0-1000ppb-Technical-specifications.pdf>. Acesso em: 25 de dez de 2018. Acesso em: 25 dez. 2018.
- DINCER, F.; MUEZZINOGLU, A. Odor determination at wastewater collection systems: olfactometry versus H<sub>2</sub>S analyses. **Clean: Soil, Air, Water**, v. 35, p. 565-570, 2007. <https://doi.org/10.1002/clen.200700057>
- FORTALEZA. Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza. **Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário**. Secretaria Municipal de Urbanismos e Meio Ambiente. Fortaleza, 2014.
- HALAGERI, N. **Odor Monitoring at Wastewater Treatment Plants**. 64 p. Master of Science in Environmental Engineering, University of New Orleans, 2012.
- JAAKKOLA, J.J. et al. The South Karelia Air Pollution Study: the effects of malodorous sulfur compounds from pulp mills on respiratory and other symptoms. **American Review of Respiratory Diseases**, v. 142, p. 1344-1350, 1990. <https://doi.org/10.1006/enrs.1994.1051>
- KILBURN, K.H.; WARSHAW, R.H. Hydrogen sulfide and reduced-sulfur gases adversely affect neurophysiological functions. **Toxicology and Industrial Health**, v. 11, n. 2, p. 185- 197, 1995. <https://doi.org/10.1177/074823379501100206>
- KIM, K.H. et al. Diagnostic analysis of offensive odorants in a large municipal waste treatment plant in an urban area. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 10, p. 261-274, 2013. <https://doi.org/10.1007/s13762-012-0134-7>
- KOPLITZ, S.N. et al. Burden of disease from rising coal-fired power plant emissions in Southeast Asia. **Environmental Science & Technology**, v. 51, p. 1467 – 1476, 2017. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03731>
- LA ROVERE, E.L. et al. **Manual de auditoria ambiental de estações de tratamento de esgotos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002, 151 p.
- LIMA, J. R. **Avaliação da poluição atmosférica na área do distrito industrial de Maracanaú, Ceará, Brasil, nos anos de 2015-2016**. 109 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental), Instituto Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- MAASIKMETS, M. et al. Measurement and analysis of ammonia, hydrogen sulphide and odour emissions from the cattle farming in Estonia. **Biosystems Engineering**, v. 139, p. 48 – 59, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.08.002>
- MAINIER, F. B.; VIOLA, E. D. M. O sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e o meio ambiente. In: Simpósio de Excelência Brasileiro de Banco de Dados, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFF, 2005, p. 612 – 618.
- MARQUES, L.C. **Modelagem matemática da dispersão de poluentes atmosféricos em indústria siderúrgica no Ceará**. 85 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

METCALF; EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse**. Metcalf e Eddy, Inc., 4 ed., 2004, 1819p.

MOE – ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT. **Ontario's Ambient Air Quality Criteria: Standards Development Branch Ontario Ministry of the Environment**. 2012. Disponível em: <http://www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2018.

PALMIOTTO, M. et al. Influence of a municipal solid waste landfill in the surrounding environment: Toxicological risk and odor nuisance effects. **Environment International**, v. 68, p. 16-24, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.03.004>

SANTANA, E. et al. **Padrões de qualidade do ar Experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia**. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012, 41p.

SEMACE. Consulta de Dados. **Secretaria de Meio Ambiente do Ceará**. 2018. Disponível em: [https://www.troposfera.es/br/re-](https://www.troposfera.es/br/referencias-2/siam-estado-de-ceara/consulta-de-dados.html)

[ferencias-2/siam-estado-de-ceara/consulta-de-dados.html](https://www.troposfera.es/br/referencias-2/siam-estado-de-ceara/consulta-de-dados.html). Acesso em: 15 dez. 2018.

TORRE, R.M.; FERNÁNDEZ, R.L.; PÉREZ, J.M.E. **Caracterización y Gestión de Olores en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales**. Gráficas Germinal S.C.L., 2010,173 p.

VORMITTAG, E. M. P. A et al. **Monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade. Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014, 100 p.

WHO - World Health Organization. **Reducing Global Health Risks through Mitigation of Short-lived Climate Pollutants**. Scoping Report for Policymakers. Geneva, 2015. Disponível em: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/189524/1/9789241565080\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/189524/1/9789241565080_eng.pdf). Acesso em: 15 dez. 2018.

ZHANG, B. et al. Sensitive H<sub>2</sub>S gas sensors employing colloidal zinc oxide quantum dots. **Sensors and Actuators B: Chemical**. v. 249, p. 558-563, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.03.098>