



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

FACULDADE DE MEDICINA DA BAHIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE SAÚDE

AMBIENTE E TRABALHO

Largo do Terreiro de Jesus, s/n. Centro Histórico

40.026-010 Salvador, Bahia, Brasil.

Tel.: 55 71 3283.5573

<http://www.sat.ufba.br> | [ppgsat4@gmail.com](mailto:ppgsat4@gmail.com)

---

**CARLOS HENRIQUE CORDEIRO DE AMARAL**

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM COMUNIDADES  
RESIDENTES PRÓXIMAS A ÁREAS INDUSTRIAIS:**

**Um indicativo de injustiça ambiental.**

Salvador

2021

Carlos Henrique Cordeiro de Amaral. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM  
COMUNIDADES RESIDENTES PRÓXIMAS A ÁREAS INDUSTRIAIS:  
Um indicativo de injustiça ambiental, 2021.

**Ficha catalográfica**

Bibliotheca Gonçalo Moniz  
Sistema Universitário de Bibliotecas  
Universidade Federal da Bahia

A485 Amaral, Carlos Henrique Cordeiro de.  
Poluição atmosférica em comunidades residentes próximas a áreas industriais:  
um indicativo de injustiça ambiental / Carlos Henrique Cordeiro de Amaral. – 2021.  
100 f.: il.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Rita de Cássia Franco Rêgo.  
Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e  
Trabalho, Faculdade de Medicina da Bahia, Universidade Federal da Bahia, Salvador,  
2021.  
Inclui anexo.  
1. Poluição ambiental. 2. Monitoramento ambiental. 3. Poluentes atmosféricos.  
I. Rêgo, Rita de Cássia Franco. II. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de  
Medicina da Bahia. III. Título.

CDU: 504.5

Elaboração (Resolução CFB nº 184/2017):  
Ana Lúcia Albano, CRB-5/1784

CARLOS HENRIQUE CORDEIRO DE AMARAL

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM COMUNIDADES  
RESIDENTES PRÓXIMAS A ÁREAS INDUSTRIAIS:

Um indicativo de injustiça ambiental.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. PhD Rita de Cássia Franco Rêgo.

Dissertação apresentada ao Colegiado do Curso de Pós-graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho da Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia, como pré-requisito obrigatório para a aprovação no Curso de Mestrado.

Salvador

2021

## COMISSÃO EXAMINADORA

### **Membros Titulares:**

Rita de Cássia Franco Rêgo (professora-orientadora) – doutora em Saúde Pública pela UFBA (2002). Professora titular da Faculdade de Medicina da UFBA, professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho (PPGSAT). Professora permanente do Mestrado profissional em ecologia aplicada à gestão ambiental, no Instituto de Biologia (IBIO) da UFBA. Docente do DINTER do Instituto de Estudos em Saúde Coletiva - IESC- UFRJ com o PPGSAT - UFBA.

Amanda Laura Northcross (amandaln@email.unc.edu) – Doctorate of Philosophy (PhD) in Environmental Engineering and Science from the University of North Carolina (2008). Associate professor do Department of Environmental Sciences and Engineering da Gillings School of Global Public Health da University of North Carolina, em Chapel Hill. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho. Docente do DINTER do Instituto de Estudos em Saúde Coletiva - IESC- UFRJ com o PPGSAT - UFBA.

Icaro Thiago Andrade Moreira - Graduação em Ciências Biológicas. Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (UFBA) e Doutorado em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos (UFBA). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia. Professor Permanente do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua-UFBA). Professor permanente da Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente (POSPETRO-UFBA). Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPEQ-UFBA). Coordenador do Grupo de Pesquisa “Ciências e Tecnologias Ambientais”, cadastrado no CNPq.

## **INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES**

- Universidade Federal da Bahia
- Faculdade de Medicina da Bahia
- Departamento de Matemática e Estatística
- University of North Carolina at Chapel Hill, UNC-CH, Estados Unidos.
- Associação dos Pescadores e Marisqueiras de Ilha de Maré

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Agradeço a minha mãe, pelo amor e dedicação incondicional de toda sua vida para minha criação e da minha irmã. Sempre se preocupando e se debruçando nas realizações dos nossos sonhos, sobrepondo até mesmo os dela.

Ao meu pai (*in memoriam*) por todo amor, incentivo nos estudos, nos meus sonhos e exemplo de vida que me fortaleceu e foi muito importante.

Agradeço a minha esposa, Yasmin, com todo o meu amor e gratidão por tudo o que faz por mim.

A toda minha família: irmã, sogra, sogro, tios, tias, primos e amigos (em especial Rafão e Nem) pelo apoio incondicional e pelos bons momentos que passamos juntos, fundamentais para permitir que chegasse até aqui.

À minha orientadora Rita Rêgo pela confiança, pelo tempo dedicado, por todo o suporte, pelas suas correções e incentivos e principalmente por ter sido uma orientadora tão solícita em todos os momentos em que precisei.

À professora Amanda Northcross por todas as contribuições que sempre me deu.

A todos professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-Graduação em Saúde, Ambiente e Trabalho pelo aprendizado e amizade que construímos.

Agradeço a comunidade de Ilha de Maré, em especial a Nêga e todos os moradores Bananeiras, por sempre me peito aberto e pela parceria no projeto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## RESUMO

AMARAL, C. H. C. **Poluição atmosférica em comunidades residentes em áreas próximas a estabelecimentos industriais**: um indicativo de injustiça ambiental. 2021. 100 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Medicina da Bahia, Universidade de Federal da Bahia, Bahia, 2021.

Comunidades residentes próximas a estabelecimentos industriais apresentam queixas relacionadas a problemas de saúde e danos ambientais provocados pelos gases poluidores emitidos por estes estabelecimentos. A falta de acesso a dados relativos à concentração desses poluentes nos seus territórios é um fator limitante, que impossibilita estas comunidades de provar a carga de exposição à poluição que estão submetidas. **Objetivo**: Este trabalho busca realizar o monitoramento das emissões atmosféricas provenientes de indústrias químicas instaladas próximas a uma comunidade residente próxima ao porto industrial de Aratu, a Ilha de Maré, Baía de Todos os Santos (BTS), Bahia, assim como uma realizar uma análise comparativa entre legislações que versam sobre padrões de qualidade do ar adotados em diversos países do mundo com a norma vigente no Brasil. **Método**: Para o monitoramento de poluição atmosférica, foram utilizados monitores portáteis de baixo custo e bom rendimento. Os valores das concentrações obtidas, para cada poluente, foram comparados com os padrões estabelecidos por normas técnicas nacionais e internacionais de monitoramento ambiental. Também foi feito um estudo comparativo entre os valores dos padrões de qualidade do ar definidos por normas de diferentes países do mundo. **Resultados/Discussão**: A análise comparativa dos padrões de qualidade do ar evidenciou que a legislação brasileira é, atualmente, mais permissiva que as legislações vigentes em outros países, no que se refere a valores limites de padrões de qualidade do ar. Com relação ao monitoramento de poluentes atmosféricos, os monitores apresentaram um desempenho satisfatório para monitorar os materiais particulados presentes no ar:  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$ . Apesar de não terem sido encontrados valores de concentrações dos poluentes acima dos padrões de qualidade do ar, definidos pelas normas técnicas brasileira e internacionais, ficou configurada a existência de exposições agudas, ou seja, lançamentos de grande concentração de poluentes atmosféricos em curtos espaços de tempo, que podem ser altamente perigosos para saúde humana.

Palavras-chave: Qualidade do Ar. Poluição Atmosférica. Monitores de Poluição Atmosférica Portáteis. Injustiça Ambiental. BTS

## ABSTRACT

AMARAL, C. H. C. **Air pollution in communities living in areas close to industrial establishments**: an indication of environmental injustice. 2021. 100 f. Masters dissertation – Faculty of Medicine of Bahia, Federal University of Bahia, Bahia, 2021.

Communities residing close to industrial establishments complain about health problems and environmental damage caused by polluting gases emitted by these establishments. The lack of access to data on the concentration of these pollutants in their territories is a limiting factor, which makes it impossible for these communities to prove the burden of exposure to pollution they are subjected to. **Objective:** This work seeks to carry out, the monitoring of atmospheric emissions from chemical industries installed near a resident community close to the industrial port of Aratu, Ilha de Maré, Baía de Todos os Santos (BTS), Bahia, as well as to carry out a comparative analysis between laws that deal with on air quality standards adopted in several countries around the world with the current norm in Brazil. **Method:** For the monitoring of atmospheric pollution, portable monitors of low cost and good performance were used. The values of the concentrations obtained, for each pollutant, were compared with the standards established by national and international technical standards for environmental monitoring. A comparative study was also carried out between the values of air quality standards defined by standards in different countries around the world. **Results / Discussion:** The comparative analysis of air quality standards has shown that Brazilian legislation, currently, is more permissive than the laws in force in other countries, with regard to limit values of air quality standards. Regarding the monitoring of air pollutants, the monitors showed a satisfactory performance to monitor the particulate materials present in the air: PM1, PM2.5 and PM10. Although pollutant concentration values above air quality standards, as defined by Brazilian and international technical standards, were not found, there were acute exposures, that is, releases of a large concentration of air pollutants in short periods of time, which can be highly dangerous to human health.

Keywords: Air Quality. Air Pollution. Portable Air Pollution Monitors. Low Coast Sensors - LCS. Environmental Injustice. BTS



## **APRESENTAÇÃO**

A dissertação está dividida em um capítulo de livro e dois artigos. O capítulo traz alguns tópicos importantes para contextualizar as múltiplas dimensões que envolvem o tema da exposição à poluição atmosférica por comunidades que vivem próximas a estabelecimentos industriais. Uma vez apresentada a complexidade da discussão sobre o tema, tenta-se construir um trabalho que envolve a participação da Universidade como instrumento colaborativo no sentido de buscar soluções que possam impactar na melhoria da qualidade de vida das pessoas. O artigo 1 faz uma análise comparativa entre legislações que versam sobre padrões de qualidade do ar adotados em diversos países com a norma brasileira. São levados em consideração os tipos de poluentes abarcados por cada norma, os valores limites determinados das concentrações dos poluentes e os períodos de amostragem adotados, com o objetivo de verificar se a norma brasileira se encontra em defasagem perante outras normas técnicas de qualidade do ar vigentes em outros países pelo mundo. O artigo 2 busca realizar o monitoramento de alguns poluentes atmosféricos utilizando monitores portáteis de baixo custo e bom rendimento, em uma comunidade em condições de vulnerabilidade socioambiental, que reside próxima a estabelecimentos industriais, a comunidade de Ilha de Maré.

## ÍNDICE DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

**Tabela 1.** Indicadores de morbidade e mortalidade adotados pelo VIGIAR, Ministério da Saúde, 2015.

### ARTIGO 1

**Tabela 1.** Alguns gases constituintes da atmosfera.

**Tabela 2.** Períodos de amostragem encontrados em todas as normas observadas subdivididos por cada poluente.

**Tabela 3.** Padrões de qualidade do ar da do Brasil definidos pelas Resoluções CONAMA. de 1990 e 2018.

**Tabela 4.** Padrões de qualidade do ar só encontrados na norma japonesa.

**Tabela 5.** Padrões de qualidade do ar só encontrados na norma colombiana.

**Tabela 6.** Estudo comparativo entre padrões de qualidade do ar encontrados no estudo.

### ARTIGO 2

**Tabela 1.** Parâmetros avaliados e tipos de sensores utilizados pelo uRADMonitor A3.

**Tabela 2.** Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e correlação (R) das médias horárias dos poluentes entre os 3 monitores.

**Tabela 3.** Padrões de Qualidade do Ar para o  $PM_{2.5}$  do Brasil, OMS e Austrália.

**Tabela 4.** Padrões de Qualidade do Ar para o  $PM_{10}$  do Brasil, OMS e Japão.

## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO 1

**Figura 1.** Distância entre Ilha de Maré e porto industrial de Aratu.

**Figura 2.** Dados de qualidade do ar na localidade de Aratu, segundo a CETREL

**Figura 3.** Valor do uRADMonitor A3

### ARTIGO 2

**Figura 1.** Localização de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador-BA

**Figura 2.** uRADMonitor, modelo A3

**Figura 3.** Componentes do uRADMonitor, modelo A3

**Figura 4.** Representação dos dados baixados diretamente do site do fabricante

**Figura 5.** Programação utilizada para auxílio da montagem do banco de dados no programa Rstudio.

**Figura 6.** Escola Municipal de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador-BA

**Figura 7.** Monitor AEROQUAL SERIES 500 na caixa original.

**Figura 8.** Adaptação das caixas do monitor AEROQUAL SERIES 500 para uRADMonitor, modelo A3.

**Figura 9.** Entrada de ar para o monitor livre.

**Figura 10.** Monitores instalados na parede externa da Escola Municipal de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador-BA.

**Figura 11.** Localização na beira-mar da Escola Municipal de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador-BA.

**Figura 12.** Planilha de controle das médias horárias válidas.

**Figura 13.** Planilha de controle das médias horárias válidas.

**Figura 14.** Médias horárias válidas do poluente VOC entre Monitor A e Monitor B.

**Figura 15.** Médias horárias válidas do poluente VOC entre Monitor A e Monitor C.

**Figura 16.** Médias horárias válidas do poluente VOC entre Monitor B e Monitor C.

**Figura 17.** Gráfico com todos valores das concentrações do  $PM_{10}$  coletados com os monitores.

**Figura 18.** Gráfico com todos valores das concentrações do  $PM_{2,5}$  coletados com os monitores.

**Figura 19.** Gráfico com todos valores das concentrações do  $PM_{10}$  coletados com os monitores.

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CETREL	Central de Tratamento de Efluentes Líquidos e Resíduos Industriais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CH <sub>2</sub> O	Formaldeído
CSV	Comando Separado por Vírgulas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
dB	Decibel
Fig.	Figura
HPA	Hidrocarboneto policíclico aromático
H <sub>2</sub> S	Sulfeto de Hidrogênio
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NIH	National Institute of Health
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrogênio
O <sub>3</sub>	Ozônio
ONG	Organização Não Governamental
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCEA	Planos de Controle de Emissões Atmosféricas
PPB	Partes por milhão
PPM	Partes por bilhão
PM <sub>1</sub>	Material Particulado (com partículas de diâmetro menor 1 Micrômetro)
PM <sub>2,5</sub>	Material Particulado (com partículas de diâmetro menor 2,5 Micrômetros)
PM <sub>10</sub>	Material Particulado (com partículas de diâmetro menor 10 Micrômetros)
PNQA	Plano Nacional de Qualidade do Ar
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar
PTS	Partículas Totais em Suspensão
R	Coefficiente de correlação
R <sup>2</sup>	Coefficiente de determinação
RAQA	Relatórios de Avaliação de Qualidade do Ar
R-LAM	Refinaria Landulfo Alves

SINVSA	Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
TGL	Terminal de Granéis Líquidos
TGS	Terminal de Granéis Sólidos
TPG	Terminal de Produtos Gasosos
VIGIAR	Vigilância em Saúde Ambiental
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis

**SUMÁRIO**

<b>1 OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>2 INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>3 CAPÍTULO 1</b>	<b>18</b>
<b>4 ARTIGO 1</b>	<b>37</b>
<b>5 ARTIGO 2</b>	<b>57</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b>	<b>90</b>
<b>7 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS</b>	<b>90</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>100</b>

## 1 OBJETIVOS

### 1.1 GERAL

Verificar os níveis de alguns poluentes atmosféricos na de Ilha de Maré utilizando monitores portáteis, de baixo custo e bom rendimento.

### 1.2 ESPECÍFICOS

Realizar um estudo comparativo entre as normatizações de padronização de qualidade do ar do Brasil e normas técnicas internacionais vigentes em outros países do mundo.

Verificar a confiabilidade dos sensores dos poluentes atmosféricos: compostos orgânicos voláteis (VOC), ozônio (O<sub>3</sub>), formaldeído (CH<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e materiais particulados (PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>) do monitor uRADMonitor, modelo A3, utilizado no projeto.

Determinar a concentração de compostos orgânicos voláteis (VOC), ozônio (O<sub>3</sub>), formaldeído (CH<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e materiais particulados (PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>) com os monitores portáteis na Ilha de Maré, Salvador;

Avaliar a situação de conformidade, ou não, dos níveis de concentração dos poluentes com valores estabelecidos pelos Padrões de Qualidade do Ar, segundo a RESOLUÇÃO CONAMA 491/2018 e conforme parâmetros definidos por normas técnicas internacionais: a DIRECTIVA 2008/50/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO, o guia da Organização Mundial da Saúde (*WHO Air quality - 2005*), a norma técnica do Canadá (*Canadian Ambient Air Quality Standard - CAAQS*), a norma técnica do Japão (*Environmental Quality Standards in Japan Air Quality*), a norma técnica da Colômbia (*Resolución 2254/2017*), a norma técnica da África do Sul (*Air Quality Act: National ambient air quality standards*) e a norma técnica da Austrália (*National Clean Air Agreement*).

## 2 INTRODUÇÃO

O ponto de partida para este estudo é a queixa proveniente de comunidades, que se localizam próximas a estabelecimentos industriais, com relação aos problemas de saúde e aos impactos ambientais atribuídos às emissões atmosféricas provenientes destes estabelecimentos. As comunidades, em geral, não dispõem de tecnologias e/ou conhecimento suficientes para avaliar essas emissões e formalizar as denúncias desses poluentes junto aos órgãos competentes. Nesse sentido, a realização de pesquisas com integração entre a comunidade com a universidade é uma das formas de buscar apoiar as demandas das comunidades, e se constitui também em estratégia importante no processo de formação discente, sobretudo na área da saúde ambiental.

Comunidades localizadas próximas a estabelecimentos industriais, não raramente apresentam queixas relacionadas a odores incômodos, problemas respiratórios, danos ambientais provocados pelos gases poluidores na fauna e flora dos seus territórios, dentre outros problemas, porém a falta de acesso a dados relativos à concentração dos poluentes atmosféricos no seu território faz com que estas fiquem impossibilitadas de provar a carga de exposição à poluição que estão submetidas. Ficam sempre na dependência de dados fornecidos pelas empresas ou instituições públicas que quase nunca são disponibilizados.

Neste sentido, torna-se fundamental a realização de estudos, que em sua maioria envolvem inovação tecnológica, que forneçam informações para estas populações da comprovação da existência de exposição excessiva a poluentes atmosféricos.

Este trabalho faz parte de um projeto intitulado “Usando a tecnologia móvel para avaliar a percepção de odor e sintomas relacionados à saúde respiratória”. O projeto visa desenvolver e difundir tecnologias e saberes, buscando contribuir, através de soluções inovadoras e reaplicáveis, com a melhoria das condições de vida e saúde, inclusão social por meio fornecimento de uma alternativa de acesso a dados, para a população residente na Ilha de Maré (Salvador - Bahia), situada na Baía de Todos os Santos (BTS), relativos às suas condições de exposição à poluição atmosférica.

Este trabalho busca realizar um levantamento da concentração de alguns poluentes atmosféricos: compostos orgânicos voláteis (VOC), ozônio (O<sub>3</sub>), formaldeído (CH<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e materiais particulados (PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>) em uma comunidade situada próxima ao porto industrial de Aratu, a comunidade de Ilha de Maré em Salvador, Bahia.



Este estudo pretende caracterizar a situação de exposição das pessoas residentes na Ilha de Maré utilizando os resultados das medições das emissões atmosféricas provenientes das indústrias químicas e petroquímicas instaladas nas proximidades da Ilha. Após as medições das concentrações dos poluentes, será feita uma comparação dos níveis de poluição observados com os limites de tolerância estabelecidos por normas técnicas nacionais e internacionais de monitoramento ambiental.

Para realizar a coleta dos dados referentes aos níveis de concentração dos poluentes será utilizada como tecnologia inovadora, de boa qualidade e baixo custo, os monitores portáteis. Estes poderão se constituir também em uma alternativa a ser utilizada pelos órgãos públicos competentes, uma vez que o poder público alega falta de recursos para realização do monitoramento. Esta estratégia pode ser bem interessante porque as comunidades podem atuar como parceiras, sugerindo os locais onde devem ser instalados os monitores e se tornando corresponsáveis pela sua guarda e manutenção.

Promover o acesso da comunidade às informações ambientais, assim como fornecer alternativas ao poder público de melhorar a sua capacidade de monitorar e fiscalização são objetivos finais deste projeto. Ao ter acesso às medidas da qualidade do ar, a comunidade poderá denunciar aos órgãos públicos responsáveis a condição de exposição e reivindicar as intervenções necessárias para o melhoramento da qualidade de vida e de saúde, assim como fornecer alternativas ao poder público para melhorar a sua capacidade de fiscalização.

### 3 CAPÍTULO 1

## **A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM COMUNIDADES RESIDENTES PRÓXIMAS A ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS, A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E O USO DE MONITORES DE BAIXO CUSTO COMO ALTERNATIVA**

O ar atmosférico é um bem natural, de acesso irrestrito, compartilhado por toda a população mundial e é de fundamental importância para a manutenção de uma boa qualidade de vida dos seres humanos, dos animais e do meio ambiente. A má qualidade do ar é causa de mortes prematuras, afeta a saúde de populações e ocasiona gastos públicos com atendimentos médicos prestados à população afetada. (GALVÃO, 2011)

Dentre as principais fontes produtoras de poluição atmosférica, decorrentes de ações antrópicas, encontram-se os estabelecimentos industriais. As comunidades residentes nas proximidades dessas fontes são vulneráveis e têm dificuldade de provar o nexo epidemiológico entre a exposição aos poluentes e os efeitos na saúde humana. Nesse sentido, o uso de monitores portáteis têm sido uma alternativa promissora para que essas comunidades possam reivindicar seus direitos à saúde. (POPE III, 2006)

De acordo com a Organização Mundial da Saúde - OMS, a cada ano morrem cerca de sete milhões de pessoas devido à exposição à poluição atmosférica no mundo. Um estudo da Global Health Metrics, em 2019, trouxe que a poluição atmosférica está entre os 10 principais fatores de risco que contribuem para o número total de anos de vida perdidos ajustados por incapacidade em todas as idades combinadas. (GBD 2019 RISK FACTORS COLLABORATORS et al., 2020)

Além disso, efeitos adversos à saúde provocados devido à exposição à poluição atmosférica têm sido foco de estudos epidemiológicos por todo o mundo e, de modo geral, os resultados apontam para uma associação positiva entre essa exposição e a mortalidade e morbidade por diversas causas. Segundo a Agência Europeia de Ambiente (AEA), a gravidade do impacto da exposição prolongada e dos picos de exposição a poluentes atmosféricos varia, desde os danos causados ao sistema respiratório até à morte prematura. (GANZLEBEN; ALEKSANDRA KAZMIERCZAK, 2020)

Estabelecimentos industriais, que estão entre as principais fontes artificiais de produção de poluição atmosférica, muitas vezes se instalam onde há a predominância de moradia de pessoas com baixa renda e escolaridade, além de acesso precário a instalações de

saneamento básico, ou seja, em uma condição de vulnerabilidade socioambiental. (CANÇADO et al., 2006; CARTIER et al., 2009) Uma análise exploratória conduzida pela AEA, com o intuito de estudar a relação entre as desigualdades socioeconômicas e ambientais, mostrou que na Europa, à medida que uma pessoa se aproxima da pobreza, os riscos de viver numa região com má qualidade do ar são maiores. (GANZLEBEN; ALEKSANDRA KAZMIERCZAK, 2020)

Estes estabelecimentos geram emissões atmosféricas provenientes de processos operacionais diversos, que são emitidas de forma contínua pelas suas diversas fontes e transportadas para outros locais nas regiões, sobretudo em seus entornos. (CARVALHO, 2008)

No Brasil, os órgãos públicos competentes realizam um monitoramento de poluição atmosférica de forma deficitária, sob a alegação da falta de recursos financeiros. A dificuldade de implementação das normas técnicas cabíveis, fiscalização deficiente, além da própria desatualização das normas técnicas existentes são fatores limitantes que contribuem para a ocorrência da injustiça socioambiental. Por isso, parcerias com as comunidades locais, com as ONGs e com a comunidade científica se tornam instrumentos essenciais para aumentar a capacidade de implementação, a transparência para com o público, e conseqüentemente contribuir para o sucesso de políticas ambientais. (PAVANELLO et al., 2018; MARGULIS, 1996)

Comunidades vulneráveis frequentemente são submetidas a injustiças ambientais e comumente destacam o impacto de um risco ambiental sobre a saúde e qualidade de vida. (YAZBEK, 2012) Entretanto, pela dificuldade destas comunidades em quantificarem estes riscos e de provarem os danos, mesmo diante das situações em que existe o regulamento ambiental, elas permanecem prejudicadas, sem ter como reivindicar soluções aos poderes públicos. (CAMOZZATO, 2013)

No Brasil existe regulamentação técnica que estabelece limites máximos de concentração de poluentes aceitáveis na atmosfera. Entretanto, há falhas no regulamento e observa-se dificuldades na fiscalização do cumprimento dos dispositivos legais. Esses fatores contribuem para que ocorra uma carga desproporcional de exposição sobretudo em populações que muitas vezes não tem voz ativa na sociedade, como as populações com baixo poder aquisitivo. (VORMITTAG, 2017)

Para uma melhor compreensão da magnitude e extensão do problema que envolve a carga desproporcional de exposição à poluição atmosférica em populações que vivem próximas a estabelecimentos industriais, trataremos a seguir alguns elementos que demonstram a multidimensionalidade do tema tais como: caracterização da poluição atmosférica; a

fragilidade da regulamentação sobre a poluição atmosférica no Brasil; aspectos da vulnerabilidade socioambiental da injustiça ambiental causada pela poluição; estratégias de vigilância ambiental existentes e o possível conflito de interesses com relação à forma como é realizado o monitoramento; por fim apresentamos os monitores portáteis, que podem ser uma ferramenta interessante para realização de um monitoramento simples.

### **Poluição Atmosférica**

A poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias estranhas na atmosfera, que pode ser provocada por fontes naturais como queima acidental de biomassa (material derivado de plantas ou animais) e erupções vulcânicas e por fontes artificiais. (DAPPER; SPOHR; ZANINI, 2016) A Organização Mundial da Saúde lista como principais fontes artificiais de poluição do ar os modelos ineficientes de transporte; combustível doméstico e queima de resíduos; usinas de energia movidas a carvão; e atividades industriais em geral. (OMS, 2016)

Segundo a OMS, cerca de 92% da população do planeta vive atualmente em áreas onde as concentrações dos poluentes atmosféricos ultrapassam os limites mínimos determinados pela organização. (OMS, 2016) Os problemas gerados pela poluição atmosférica não se limitam aos efeitos nocivos à saúde das populações, mas também geram impactos negativos no que se refere ao panorama econômico e social, tais como: queda da produtividade agrícola e maior vulnerabilidade das populações carentes. (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014) Moradores da Ilha de Maré, na BTS, em Salvador, têm apresentado queixas de saúde e outros incômodos que resultam em demandas judiciais relacionadas a poluentes ambientais emitidos por fontes industriais do Porto de Aratu. (CARVALHO et al., 2014)

Um dos mecanismos possíveis de serem aplicados para controlar / prevenir a emissão de poluentes atmosféricos é a regulação da qualidade do ar segundo normas mais rígidas. (HENSCHERL et al., 2012)

### **Regulamentação sobre o tema no Brasil**

A legislação sobre poluição atmosférica no Brasil é relativamente recente, incipiente, defasada e frequentemente violada. O cumprimento das normas vigentes pelas empresas limita-se apenas a evitar multas, quase nunca tem a função de proteger a saúde e evitar danos às populações.

No Brasil a preocupação com a temática relativa à poluição atmosférica iniciou-se em 1975 com a publicação do Decreto Lei nº 1.413, de 14/08/1975, que dispunha sobre o “Controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais”. O decreto tornava obrigatória a adoção de medidas necessárias para prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da poluição e da contaminação do meio ambiente. (BRASIL, 1975)

Em 1981 foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente, por meio da Lei nº 6.938 de 31/08/1981, que dentre outras medidas instituiu a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão consultivo e deliberativo que tem a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida. (BRASIL, 1981) Dentre as competências do CONAMA destaca-se a de estabelecer, privativamente, normas e padrões nacionais de controle da poluição do ar por diversos tipos de fonte, mediante audiência dos Ministérios competentes.

Em 1989 foi criado o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR), por meio da Resolução CONAMA nº 5. Este programa traz consigo estratégias de controle para a poluição do ar, como o estabelecimento de limites máximos de emissão de determinados poluentes; adoção de padrões nacionais de qualidade do ar; criação de uma rede nacional de monitoramento da qualidade do ar; dentre outras. (BRASIL, 1989)

Em 28 de junho de 1990 foi criada a Resolução CONAMA nº 3 que dispunha sobre Padrões de Qualidade do Ar, previstos no PRONAR. Estão entre os poluentes legislados, as partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. (BRASIL, 1990)

Recentemente foi instituída a Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018 que revogou a Resolução Conama nº 03/1990 além dos itens 2.2.1 e 2.3 da Resolução Conama nº 05/1989. A nova Resolução além de trazer novas definições atualizou os padrões de qualidade do ar. Foram reduzidos os valores limites dos padrões de qualidade do ar do dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio e fumaça. Além disso, foi instituído padrão de qualidade do ar para o material particulado com diâmetro menor que 2,5 micrômetros (PM<sub>2,5</sub>), que não existia na Resolução antiga. (BRASIL, 2018)

Entretanto, a regulamentação não garante a não violação das normas e a defasagem destas. Apesar de existir o regulamento que determina a criação de uma rede nacional de monitoramento da qualidade do ar, poucos estados no Brasil realizam, de fato, tal prática. Além

disso, os valores estabelecidos pelo padrão de qualidade do ar no Brasil ainda se mostram mais tolerantes que os valores definidos em normas técnicas de controle e poluição internacionais. (VORMITTAG, 2017)

Outro ponto levantado por Vormittag (2017) é que no Brasil, diversas estações de monitoramento da qualidade do ar são geridas por empresas da iniciativa privada, ou seja, os órgãos ambientais, que deveriam ser os responsáveis pela realização do monitoramento, utilizam estações privadas de empresas ou indústrias.

As estações de monitoramento do ar em indústrias privadas têm como finalidade o monitoramento dos poluentes dessa indústria voltado para o cumprimento de condicionantes relativos aos processos de licenciamento ambiental, enquanto o foco dos órgãos públicos deveria estar alinhando com possíveis danos destes poluentes à saúde das populações. (VORMITTAG, 2017)

O fato de as empresas se preocuparem com as emissões de poluentes apenas para efeito de obtenção de uma licença ambiental para o seu funcionamento, não considerando os potenciais efeitos nocivos dessa poluição prejudica principalmente as populações que vivem circunvizinhas a estes estabelecimentos. (VORMITTAG, 2017)

### **Poluição Atmosférica e Vulnerabilidade Socioambiental**

A OMS estima que quase 90% das mortes relacionadas à poluição do ar são registradas em países de baixa e média renda. (OMS, 2016) O fato de um país produzir mais poluição não é por si só fator determinante de consequências negativas no impacto direto na saúde das populações daquele país. Existem países desenvolvidos, que são grandes produtores de poluição atmosférica, mas adotam medidas eficazes de tratamento e prevenção da liberação dos poluentes no meio ambiente. O problema reside justamente na falta de preocupação com a liberação dos poluentes, e isto ocorre frequentemente em países em desenvolvimento, onde há predomínio de população de baixa renda, sem acesso à educação.

A vulnerabilidade socioambiental pode ser expressa pela discriminação de certos grupos populacionais, sobretudo empobrecidas, com baixo nível de acesso à educação, ou grupos étnicos específicos, que vivem ou circulam em áreas de risco ou de degradação ambiental. (ZANCAN 2014, 2007; HERCULANO, 2002)

A exposição desigual de grupos vulneráveis aos diversos riscos ambientais é o que alguns autores denominam de injustiça ambiental. (ACSELRAD, 2010)

## **Injustiça Ambiental**

O conceito de injustiça ambiental surge nos anos 60 por movimentos sociais nos Estados Unidos, especialmente das organizações nas lutas pelos direitos civis das populações afrodescendentes, que em sua maioria eram grupos pobres e socialmente discriminados em relação à maior exposição a riscos ambientais. (ACSELRAD, 2010) Esse conceito iniciou-se da constatação de que depósitos de lixo químicos, ou de indústrias altamente poluidoras, eram instalados de forma desproporcional em áreas habitadas grupos em condição de vulnerabilidade social, neste caso específico próximo a comunidades de predominância de pessoas negras.

Bullard (1996), denominado o pai da justiça ambiental, citado por Cartier et al. (2009), define a justiça ambiental como a condição de existência social configurada através da busca pelo tratamento justo e do desenvolvimento significativo de todas as pessoas, independentemente de sua raça, cor, origem ou renda no que diz respeito à elaboração, desenvolvimento, implementação e reforço de políticas, leis e regulamentações ambientais. Dessa forma, por tratamento justo deve-se entender que nenhum grupo social (étnicos, raciais ou de classe), devam suportar uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas resultantes de operações industriais, comerciais, de execução de políticas e programas federais, estaduais, municipais, bem como das consequências resultantes da ausência ou omissão dessas políticas.

Cada vez mais torna-se necessário a adoção de mecanismos que sejam capazes de eliminar ou pelo menos reduzir a ocorrência de injustiças ambientais. O primeiro passo para isso é que a situação de exposição seja de fato evidenciada, ou seja, primeiro é necessário ter-se ciência de que aquele determinado risco existe. Por isso, estratégias eficazes de vigilância ambiental são tão importantes de serem desenvolvidas e executadas.

No Brasil, os efeitos decorrentes de emissões atmosféricas sobre a saúde humana são regulamentados também pelo Sistema Único de Saúde (SUS), através de ações de vigilância ambiental, mais especificamente por meio do programa de Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica – VIGIAR. (BEZERRA, 2017)

## **Vigilância Ambiental em Saúde**

O termo vigilância ambiental é utilizado no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), do Ministério da Saúde (MS) do Brasil para designar um conjunto de ações que proporcionam o conhecimento, a detecção ou prevenção de quaisquer fatores determinantes e condicionantes de mudanças do meio ambiente que interferem na saúde do homem, com a finalidade de recomendar e adotar as medidas de prevenção e controle das doenças ou agravos. (BRASIL, 2001)

A vigilância ambiental atua em todo o território nacional, na coleta e análise de informações sobre saúde e ambiente, com o intuito de orientar execuções de ações de controle de fatores ambientais que ajudem na prevenção de doenças. (BRASIL, 2001) Os instrumentos de vigilância em saúde ambiental devem permitir a análise de informações relacionadas ao ambiente e à saúde e definir indicadores para possibilitar a prevenção e a atenção na ocorrência de agravos à saúde. Sua estruturação deve possibilitar o estabelecimento de interfaces com os órgãos ambientais e de infraestrutura, com as vigilâncias epidemiológica e sanitária, com a saúde dos trabalhadores, com os laboratórios de saúde pública e com instituições de ensino e de pesquisa. (PEREIRA; MACHADO, 2014)

A vigilância em saúde ambiental foi estruturada por meio do Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental (SINVSA), regulamentado em 2005, para desenvolvimento de ações de vigilância relacionadas às doenças e aos agravos à saúde no que se refere à qualidade da água para consumo humano, a contaminação do ar e do solo, a acidentes com produtos perigosos, aos efeitos dos fatores físicos e às condições saudáveis no ambiente de trabalho. (PEREIRA; MACHADO, 2014)

No âmbito da poluição atmosférica temos as ações da Vigilância em Saúde de Populações Expostas à Poluição Atmosférica (VIGIAR), que buscam identificar e realizar ações de prevenção, recuperação e promoção da saúde humana.

Este programa traz consigo indicadores de exposição e indicadores de efeito (morbidade e mortalidade). São exemplos de indicadores de exposição, dentre outros:

- A concentração ambiental de partículas inaláveis (PM<sub>10</sub>)
- A Concentração ambiental de partículas inaláveis finas (PM<sub>2,5</sub>)
- A concentração ambiental de ozônio (O<sub>3</sub>)
- A concentração ambiental de monóxido de carbono (CO)
- A concentração ambiental de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>)
- A concentração ambiental de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)



Os indicadores que medem o efeito de poluentes atmosféricos sobre a saúde humana adotados pelo programa VIGIAR estão explicitados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Indicadores de morbidade e mortalidade adotados pelo VIGIAR, Ministério da Saúde, 2015.

<b>INDICADORES DE EFEITO</b>	
<b>Morbidade</b>	<b>Mortalidade</b>
Taxa de internação por doenças do aparelho respiratório em crianças (< 5 anos)	Taxa de mortalidade por doenças do aparelho respiratório em crianças (< 5 anos)
Taxa de internação por doenças do aparelho respiratório em idosos (> 65 anos)	Taxa de mortalidade por doenças do aparelho respiratório em idosos (> 65 anos)
Taxa de internação por doenças do aparelho circulatório em adultos e idosos (> 40 anos)	Taxa de mortalidade por doenças do aparelho circulatório em adultos e idosos (> 40 anos)

**Fonte:** <http://portalms.saude.gov.br> / Adaptado pelo autor.

Conforme pode-se notar, até existem preocupações por parte dos órgãos públicos no sentido de se entender e atuar sobre as condições de exposição da população, de uma maneira geral, a determinados tipos de riscos ambientais. Porém, limitações tais como fiscalização e monitoramento, ambos deficitários, e dificuldade de implementação das normas técnicas são problemas enfrentados pelos órgãos públicos, sobretudo em países em desenvolvimento. Por isso, parcerias com as comunidades locais, com as ONGs e com a comunidade científica são instrumentos essenciais para aumentar a capacidade de implementação, a consciência do público, e conseqüentemente contribuir para o sucesso de políticas ambientais. (MARGULIS, 1996)

Ao participar ativamente do processo de construção de políticas ambientais em geral, as comunidades podem se sentir mais seguras com relação a escolha das ações que serão tomadas e das estratégias de fiscalização e monitoramento adotadas. Uma vez que fazendo parte do processo elas adquirem mais conhecimento sobre o assunto e contribuem direcionando as políticas e os estudos para o enfrentamento dos problemas para situações impactantes na vida cotidiana delas e podendo afastar questões relativas a um possível conflito de interesses. (WILSON et al., 2007)

## **Conflito de Interesses**

Na Bahia, o INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) é o órgão responsável por realizar as ações de fiscalização ambiental das atividades impactantes, efetivas e potencialmente degradantes da qualidade do meio ambiente e dos recursos hídricos. (INEMA, 2019) No entanto, a grande quantidade de estabelecimentos existentes e a falta de infraestrutura aliada à vontade política, torna difícil o processo de fiscalização e monitoramento. (PAVANELLO et al., 2018)

O Estado da Bahia adota um sistema descentralizado de gestão da qualidade do ar, contando com duas redes privadas de monitoramento do ar: a rede de monitoramento da Central de Tratamento de Efluentes Líquidos e Resíduos Industriais - CETREL e a rede da Refinaria Landolfo Alves da Petrobrás – RLAM, duas empresas integrantes do polo industrial de Camaçari. (INEMA, 2019)

O Pólo Petroquímico de Camaçari (Pólo) é um complexo industrial com mais de 4900 hectares de área e é composto por empresas de diversos segmentos: químico/petroquímico, automotivo, de celulose solúvel, metalurgia de cobre, têxtil, fertilizantes, pneus, fármacos, bebidas e dentre outras. A área do chamado complexo básico tem aproximadamente 1.293 hectares e é onde estão localizadas as plantas da BRASKEM (unidade de insumos básicos, PE 1, PE 2, PE 3, unidade de PVC e unidade cloro-soda), OXITENO, algumas da PETROBRAS (FAFEN, TRANSPETRO e etc.), dentre outras empresas. A área industrial leste conta com cerca de 2.614 hectares e reúne indústrias de segunda e terceira gerações. É nesta área que está localizada a CETREL. Já a área industrial oeste tem 544 hectares e abriga a PARANAPANEMA e a CARAÍBA METAIS. (ANDRADE, 2009)

A chamada área de usos especiais é onde se concentram as atividades institucionais, científicas, de pesquisa e apoio às indústrias e empresas do Pólo. Existem ainda empresas que ficam localizadas fora do Pólo, mas são vinculadas a ele, como é o caso de algumas empresas que ficam no porto industrial de Aratu, próximas à comunidade de Ilha de Maré.

**Figura 1** – Distância entre Ilha de Maré e porto industrial de Aratu



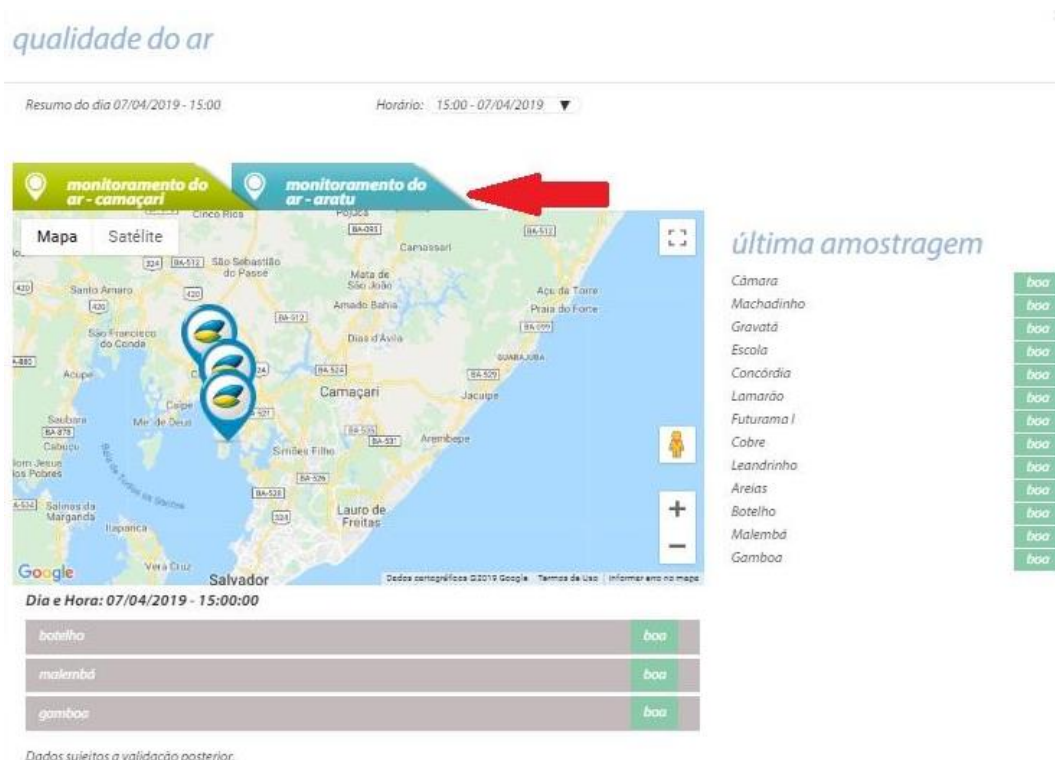
**Fonte:** Google maps. Adaptado pelo autor.

O fato de o monitoramento da qualidade do ar ser realizado por empresas privadas traz consigo uma série de problemas, senão vejamos: a CETREL como uma empresa privada, parceira do polo petroquímico de Camaçari, é prestadora de serviços para outras empresas do mesmo Polo para realizar o tratamento dos rejeitos e efluentes destas, ou seja, mantém com elas relação de parceria comercial e posteriormente é responsável pelo monitoramento delas. Além disso, o monitoramento realizado por uma entidade não integrante da administração pública tem gerado uma série de inconvenientes relativos ao acesso a tais informações. Comunidades localizadas próximas a estabelecimentos industriais têm se queixado da dificuldade do acesso aos dados contendo as concentrações dos poluentes, sob a alegação de que a empresa que realiza as medições não se preocupa em fornecer os resultados, nem mesmo mediante solicitação.

Quando fornecidos os dados, as comunidades também não se sentem seguras para confiar na procedência da informação, justamente por alegar que pode haver um conflito de interesses envolvido na divulgação da informação, uma vez que as empresas potencialmente poluidoras são as mesmas contratantes da empresa que é responsável por realizar a fiscalização e o tratamento dos seus rejeitos.

A CETREL, em seu sítio virtual, afirma realizar o inventário e fazer medições contínuas e pontuais de diversos tipos de poluentes para as indústrias. É possível visualizar dados do monitoramento do ar em Aratu, conforme Figura 2, a seguir.

**Figura 2** – Dados de qualidade do ar na localidade de Aratu, segundo a CETREL



**Fonte:** Site da CETREL (<http://www.cetrel.com.br/>)

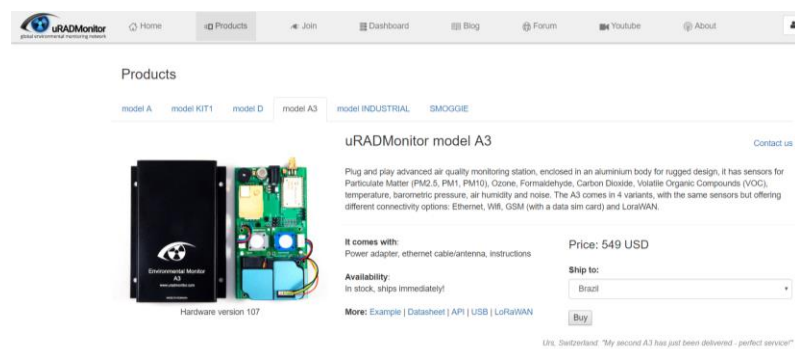
A empresa realiza o monitoramento em 3 pontos da Ilha de Maré (Botelho, Malembá e Gamboa) e segundo suas medições a qualidade do ar é considerada como “boa” em todos os pontos.

Os dados do monitoramento da qualidade do ar realizado pela empresa, frequentemente divergem das queixas das comunidades de moradores da Ilha de Maré, o que fortalece a relevância de realização do presente estudo como forma de dar acesso e transparência dos dados às comunidades. O uso de monitores portáteis de bom rendimento e de baixo custo possibilita às comunidades o acesso aos dados de concentração de poluentes atmosféricos a que estão expostas.

## Monitores portáteis de baixo custo

No contexto deste trabalho, "baixo custo" refere-se ao valor inicial da compra do equipamento quando comparado à magnitude do custo de um instrumento de referência que mede a mesma ou similar poluição do ar ou concentração dos gases presente na amostragem de interesse. O monitor utilizado para coleta de dados neste projeto atualmente custa U\$ 549, valor bastante inferior ao de uma estação de monitoramento da CETREL, que usa equipamentos mais robustos se valendo inclusive de análises de cromatografia gasosa com espectrometria de massa e sistemas de monitoramento meteorológico remotos, por exemplo, para determinação dos níveis de poluentes.

**Figura 03** – Valor do uRADMonitor A3



**Fonte:** Site do fabricante (<https://www.uradmonitor.com/products/>)

A utilização de aparelhos portáteis de baixo custo para realização de monitoramento de poluentes atmosféricos se mostra uma ferramenta importante por diversos motivos: o primeiro deles é o baixo custo, quando comparados a estações de monitoramento de referência. Uma vez vencida a barreira do custo inicial para fazer medições, como muitos aparelhos são pequenos e portáteis permitem o monitoramento onde os instrumentos convencionais praticamente não podem ser implantados. Além disso, eles podem colocar medidas nas mãos de indivíduos e comunidades que, por sua vez, podem assumir uma maior propriedade de questões relacionadas à qualidade do ar local ou às mudanças climáticas. Isso, por sua vez, pode levar a mudanças comportamentais nos indivíduos. Para pesquisas e usuários do governo, eles podem oferecer uma rota adicional para testar o conhecimento de processos atmosféricos, dispersão e emissões e fornecer um meio de validar modelos e previsões atmosféricas em alta resolução temporal e espacial. (LEWIS; PELTIER; SCHNEIDEMESSER, 2018)

No entanto, existem limitações relativas ao uso destes equipamentos, sobretudo no que diz respeito à qualidade dos resultados gerados. Os sinais dos sensores não dependem apenas

da concentração do poluente de interesse no ar, mas também de uma combinação de vários efeitos, como outros compostos interferentes, variações de temperatura, umidade, pressão e sinal (instabilidade do sinal), que não são tão bem dimensionados em monitores de baixo custo quanto em estações de referência, o que pode influenciar na qualidade dos dados gerados. (GERBOLES et al., 2017)

É importante esclarecer que não se tem a pretensão com este trabalho de propor a substituição do uso dos equipamentos das estações de monitoramento de referência por monitores portáteis, nem confrontar a qualidade entre os diferentes aparelhos e metodologias. Este trabalho busca testar / apresentar uma tecnologia aos poderes públicos, para realizar monitoramento gerando dados, que possa servir como indicativo de exposição para o levantando da necessidade de uso de sensores com um maior grau de validação.

Segundo Schirmer et al. (2011) existem diversas metodologias e equipamentos de monitoramento de poluentes atmosféricos das quais pode-se destacar os sistemas passivos, sistemas ativos e sistemas automáticos de monitoramento.

Nos sistemas passivos, a amostragem de ar ocorre naturalmente por difusão molecular. O ar coletado normalmente reage quimicamente com meios adsorventes do amostradores que variam de acordo com poluente que se deseja monitorar. (MURO JR et al., 2018)

Ao contrário dos sistemas passivos, os sistemas ativos de amostragem funcionam mediante uso de alguma forma de energia, geralmente elétrica, para acionar o mecanismo de propulsão para coleta de ar, como por exemplo uma bomba de aspiração que força a passagem do ar através de um meio de coleta. (ANDRÉS et al., 1999)

Os dispositivos automáticos, ou sensores, como os monitores portáteis deste estudo, funcionam utilizando princípios eletro-ópticos. Dependendo do poluente monitorado o dispositivo pode utilizar diferentes princípios eletro-ópticos como fluorescência, quimiluminescência, absorção de infravermelho não dispersivo, dentre outros. Esses dispositivos funcionam continuamente produzindo uma grande quantidade de dados. (ANDRÉS et al., 1999)

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do exposto, fica claro que existem diversas dimensões envolvidas no processo. O fato é que as comunidades que residem próximas a estabelecimentos industriais permanecem prejudicadas em vários sentidos: têm os seus territórios afetados pela poluição gerada pelas indústrias, não conseguem ter acesso aos dados para reivindicar soluções ao poder público e quando têm acesso não se sentem seguras por desconfiar de um possível conflito de interesses. As indústrias, por sua vez, alegam que cumprem o regulamento técnico existente enquanto os órgãos ambientais justificam a sua inércia por insuficiência de recursos financeiros e de pessoal.

Nesse contexto, acreditamos na possibilidade de alternativas para o monitoramento da poluição atmosférica usando monitores portáteis de baixo custo. Estes podem ser utilizados em ações envolvendo o diálogo entre os diferentes atores presentes no território como a universidade, comunidades, órgãos governamentais e representantes das indústrias na busca de viabilizar melhor qualidade do ambiente e da vida dos residentes nesses territórios.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. C. B. Implicações socioambientais decorrentes da industrialização nos municípios de Camaçari e Dias D'Ávila, Bahia. 2009. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

ANDRÉS, D. A.; FERRERO, E. J.; MACKLER, C. E. Importancia de la combinacion de equipos activos y pasivos de monitoreo en sistemas de vigilancia de la contaminacion atmosferica urbana. **Revista Tecnoticias**, p. 15–19, 1999.

ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais - o caso do movimento por justiça ambiental. *Estud. av.*, São Paulo , v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000100010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100010&lng=en&nrm=iso)>. access on 14 Mar. 2020.

BEZERRA, A. C. V. Vigilância em saúde ambiental no Brasil: heranças e desafios. **Saúde e Sociedade**, São Paulo , v. 26, n. 4, p. 1044-1057, dez. 2017 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-12902017000401044&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902017000401044&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 22 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/s0104-12902017170093>.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1989) Resolução CONAMA nº. 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1990) Resolução CONAMA nº. 003, de 28 de julho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1990. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2018) Resolução CONAMA nº. 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Ministério do Meio



Ambiente: CONAMA, 2018. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Ministério da Saúde. (2001). Instrução normativa n.º 1, de 25 de setembro de 2001. Regulamenta a vigilância ambiental em saúde. Fundação Nacional de Saúde. Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Presidência da República. (1975) Decreto-Lei n.º. 1.413, de 31 de julho de 1975. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Casa Civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Presidência da República. (1981) Lei n.º. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.. Casa Civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

CANÇADO, J. E. D. et al.; Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo , v. 32, supl. 2, p. S5-S11, May 2006 . Available from<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S180637132006000800003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180637132006000800003&lng=en&nrm=iso)>. access on 20 May 2020.

CARTIER, R.; BARCELLOS, C.; HÜBNER, C.; PORTO, M. F. Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 12, p. 2695–2704, 2009.

CARVALHO, I. G. S. et al. Por um diálogo de saberes entre pescadores artesanais, marisqueiras e o direito ambiental do trabalho. **Ciência & saúde coletiva**, v. 19, p. 4011–4022, 2014.

CARVALHO, M. B. M.; Impactos e conflitos da produção de cimento no Distrito Federal Brasília. Dissertação (Mestrado) - **Centro de Desenvolvimento Sustentável**, Universidade de Brasília. Brasília. 2008.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 83–97, 2016.

GALVÃO, L.; FINKELMAN, J.; HENAO, S. **Governança da saúde ambiental na América Latina**. In: Galvão LAC, Finkelman J, Henao S, organizadores. Determinantes ambientais e sociais da saúde. Rio de Janeiro: OPAS, Fiocruz; 2011.

GBD 2019 Risk Factors Collaborators, C. J. L., Aravkin, A. Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi-Kangevari, M., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I., Abegaz, K. H., Abolhassani, H., Aboyans, V., Abreu, L. G., Abrigo, M. R. M., Abualhasan, A., Abu-Raddad, L. J., Abushouk, A. I., Adabi, M., ... Lim, S. S. (2020). **Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019**. *Lancet* (London, England), 396(10258), 1223–1249. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)

GERBOLES, M.; SPINELLE L.; BOROWIAK A.; **Measuring air pollution with low-cost sensors: Thoughts on the quality of data measured by sensors**. In European Commission, 2017. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/brochures-leaflets/measuring-air-pollution-low-cost-sensors>>

GANZLEBEN, C.; ALEKSANDRA KAZMIERCZAK. Leaving no one behind – understanding environmental inequality in Europe. **Environmental Health**, v. 19, 2020.

GONÇALVES, T. L. F. et al. Modelagem dos processos de remoção sulfato e dióxido de enxofre presente no particulado em diferentes localidades da região metropolitana de São Paulo. **Revista brasileira de Geofísica**, v.28, p.109-19, 2010.

HENSCHER, S. et al. Air pollution interventions and their impact on public health. **International Journal Public Health**, New York, v. 57, n. 5, p. 757-768, May 2012.

HERCULANO, S. Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil. **Ecologia**, p.15, In: I Encontro da ANPPAS – GT Teoria e Ambiente. São Paulo: Associação Nacional de Pós-graduação em Ambiente e Sociedade; 2002.

INEMA. Portal do Sistema Estadual de Informações Ambientais. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br/fiscalizacao/fiscaliza-o-e-monitoramento-ambiental>>. Acesso em: 11/5/2019.

LEWIS, A.; PELTIER, W. R.; SCHNEIDEMESSER, E. VON. Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications. **Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications**, 1 maio 2018.

MARGULIS, S.; A Regulamentação ambiental: instrumentos e implementação, Rio de Janeiro: **Ipea**, 1996. 38p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_0437.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0437.pdf). Acesso em: 5 ago. 2017.

MURO JR., A.; ANTONIOSI FILHO, N.R.; STACUL, S.; LO PRESTI, D. Low-Cost Passive System for Environmental Monitoring. Preprints 2018, 2018070062 (doi: 10.20944/preprints201807.0062.v1).

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. WHO Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. World Health Organization. **Geneva**. 2016. Disponível em: <<http://who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

PEREIRA, C. C. DE A.; MACHADO, C. J. Papini S. Vigilância em Saúde Ambiental - Uma Nova Área da Ecologia. 2a ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: Editora Atheneu; 2012. **Ciência e saúde coletiva**, v. 19, p. 4279–4280, 2014.

PAVANELLO, L. F. S. et al. DEFESA DO MEIO AMBIENTE E O PRINCÍPIO CONSTITUCIONAL DA LIVRE INICIATIVA: reflexão acerca da poluição atmosférica. Seminário apresentado em IX SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA & II SIMPÓSIO DE INOVAÇÃO, PROPRIEDADE INTELECTUAL E TECNOLOGIA. PORTAL DE EVENTOS DA UNIR, 8 maio 2018. Disponível em: <[http://www.eventos.unir.br/index.php/viii\\_spgp\\_i\\_sipitt/ixsemppiisintec/paper/view/1548](http://www.eventos.unir.br/index.php/viii_spgp_i_sipitt/ixsemppiisintec/paper/view/1548)>. Acesso em: 10 fev. 2021

POPE III, C.A.; DOCKERY, D.W.; Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect, **Journal of the Air & Waste Management Association** 2006; 56(6):709-742.

SCHIRMER, W. N.; PIAN, L. B.; SZYMANSKI, M. S. E.; GAUER, M. A.; A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 3583–3590, 2011.

VORMITTAG, E. M. P. A. Brasil não cumpre legislação sobre qualidade do ar. .Net, Rio de Janeiro, nov. 2017. **O Eco**. Disponível em: < <https://www.oeco.org.br/reportagens/brasil-nao-cumpre-legislacao-sobre-qualidade-do-ar/>> . Acesso em: 25 mar. 2019.

WILSON, S. et al. Use of EPA Collaborative Problem-Solving Model to Obtain Environmental Justice in North Carolina. **Progress in community health partnerships : research, education, and action**, v. 1, p. 327–37, 2007.

ZANCAN, L. Uma ecologia política dos riscos: princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 217–218, 2014.

## 4 ARTIGO 1

### **A LEGISLAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DO AR NO BRASIL ESTÁ DEFASADA EM RELAÇÃO A DIVERSOS PAÍSES DO MUNDO**

**Resumo:** A cada ano morrem cerca de sete milhões de pessoas devido à exposição à poluição atmosférica no mundo. Uma das formas de prevenir a emissão de poluentes na atmosfera, e consequentemente os efeitos danosos à saúde provocados pela exposição a este tipo de poluição é a instituição de regulamentações rígidas sobre o tema. Um padrão de qualidade do ar é um instrumento técnico que define legalmente um limite máximo para a concentração de um poluente, visando controlar as emissões dos poluentes com o intuito de garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas e do meio ambiente. **Objetivo:** Comparar a norma técnica vigente sobre qualidade do ar no Brasil, com normas técnicas internacionais. **Método:** Trata-se de um estudo comparativo entre padrões de normas técnicas de qualidade do ar nacionais com normas de diferentes países do mundo. **Resultados / Discussão:** Foram analisadas oito normas técnicas de padronização de qualidade do ar e um guia de referência internacional, que foi o Guideline da OMS. O Brasil apresentou padrões para o PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub>, chumbo, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e ozônio com valores maiores do que outras normativas internacionais, além de não apresentar padrões para poluentes importantes como mercúrio, cádmio, níquel, tolueno e HPAs. **Conclusão:** Fica evidente que a legislação brasileira ainda está defasada em comparação a legislações vigentes em outros países no que se refere a valores limites aceitáveis de concentração de poluentes. Mesmo assim existem pontos a serem exaltados como a instituição de uma nova Resolução que inseriu padrões para alguns poluentes importantes, que não constavam na normativa anterior, e a previsão de evolução dos padrões dentro da própria norma. Cabe aos órgãos ambientais e à sociedade exercerem mecanismo de controle e fiscalização para que de fato os padrões avancem, e sejam efetivamente cumpridos.

**Palavras-chave:** Legislação ambiental, Qualidade do ar. Poluição atmosférica. Padrões de qualidade do ar.

## **THE LEGISLATION ON AIR QUALITY IN BRAZIL IS OUT OF STATE IN RELATION TO VARIOUS COUNTRIES IN THE WORLD**

**Abstract:** About seven million people die each year from exposure to air pollution worldwide. One of the ways to prevent the emission of pollutants into the atmosphere, and consequently the harmful health effects caused by exposure to this type of pollution, is the establishment of strict regulations on the subject. An air quality standard is a technical instrument that legally defines a maximum limit for the concentration of a pollutant, aiming to control pollutant emissions in order to guarantee the protection of the health and well-being of people and the environment. **Objective:** Compare the current technical standard on air quality in Brazil, with international technical standards. **Method:** This is a comparative study between standards of national technical standards of air quality with standards of different countries in the world. **Results / Discussion:** Eight technical standards for air quality standardization and an international reference guide were analyzed, which was the WHO Guideline. Brazil has presented standards for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, lead, sulfur dioxide, nitrogen dioxide and ozone with values higher than other international standards, in addition to not presenting standards for important pollutants such as mercury, cadmium, nickel, toluene and PAHs . **Conclusion:** It is evident that the Brazilian legislation is still outdated in comparison to the legislation in force in other countries with regard to acceptable limit values for the concentration of pollutants. Even so, there are points to be praised such as the institution of a new Resolution that inserted standards for some important pollutants, which were not included in the previous regulation, and the forecast of evolution of standards within the standard itself. It is up to Organs environmental agencies and society to exercise control and inspection mechanisms so that the standards actually advance, and are effectively complied with.

**Palavras-chave:** Environmental legislation, Air quality. Atmospheric pollution. Air quality standards.

## INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica está entre os 10 principais fatores de risco que contribuem para o número total de anos de vida perdidos ajustados por incapacidade em todas as idades combinadas. (GBD 2019 RISK FACTORS COLLABORATORS et al., 2020)

Ela pode ser definida como a presença de substâncias estranhas no ar. Naturalmente o ar é constituído principalmente por oxigênio e nitrogênio, sendo aproximadamente 78,08% de seu volume devido ao nitrogênio, 20,95% ao oxigênio, 0,93 % ao argônio, 0,03 % ao dióxido de carbono além de outros gases como neônio, hélio, criptônio, xenônio, hidrogênio, metano e óxido nitroso presentes em menor proporção que somados chegam a menos de 0,01%. (MANAHAN, 2000)

**Tabela 1.** Alguns gases constituintes da atmosfera.

Composto	Fórmula Molecular	% (em volume)
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	78.08
Oxigênio	O <sub>2</sub>	20.95
Argônio	Ar	0.93
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0,03
Neônio	Ne	1.82 x 10 <sup>-3</sup>
Hélio	He	5.24 x 10 <sup>-4</sup>
Metano	CH <sub>4</sub>	1.60 x 10 <sup>-4</sup>
Criptônio	Kr	8.70 x 10 <sup>-6</sup>
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	3.0 x 10 <sup>-5</sup>
Monóxido de carbono	CO	1.2 x 10 <sup>-5</sup>
Xenônio	Xe	8.7 x 10 <sup>-6</sup>
Amônia	NH <sub>3</sub>	10 <sup>-8</sup> – 10 <sup>-7</sup>

\*Outras espécies também estão presentes, em concentrações inferiores a 10<sup>-7</sup> % em volume

**Fonte:** Manahan (2000, p. 281). Adaptado pelo autor.

O ar atmosférico é um bem natural, de acesso irrestrito, compartilhado por toda a população mundial e é de fundamental importância para a manutenção de uma boa qualidade de vida dos seres humanos, dos animais e do meio ambiente. A má qualidade do ar é causa de mortes prematuras, afeta a saúde de populações e ocasiona gastos públicos com atendimentos médicos prestados à população afetada. (GALVÃO, 2011)

A poluição atmosférica é provocada por fontes naturais como queima acidental de biomassa (material derivado de plantas ou animais) e erupções vulcânicas e por fontes

artificiais, estas decorrentes direta ou indiretamente por ações antrópicas. (CANÇADO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2010)

A Organização Mundial da Saúde lista como principais fontes artificiais de produção de poluição atmosférica os modelos ineficientes de transporte; combustível doméstico e queima de resíduos; usinas de energia movidas a carvão; e atividades industriais em geral. (OMS, 2016) A poluição provocada por fontes naturais não pode ser controlada, mas a poluição do ar provocada por fontes artificiais, decorrentes da ação humana, esta sim pode (e deve) ser controlada.

Uma das formas de prevenir a emissão de poluentes na atmosfera, e conseqüentemente os efeitos danosos à saúde provocados pela exposição a este tipo de poluição é a instituição de regulamentações rígidas sobre o tema. O estabelecimento de padrões de emissões de determinadas substâncias ajuda a melhorar a qualidade do ar para proteger a saúde humana e o meio ambiente. (SANTOS, 2005; VORMITTAG, 2017)

A OMS estabelece limites recomendados de concentrações, prejudiciais à saúde humana, de importantes poluentes atmosféricos, tanto ao ar livre quanto dentro de edifícios e casas, com base na síntese global de evidências científicas. Estas recomendações são diretrizes a serem seguidas pelos países, mas não possuem caráter normativo. As diretrizes da OMS cobrem as concentrações anuais e diárias de partículas finas, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e ozônio (OMS, 2005).

No Brasil a Resolução do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE CONAMA N° 03, de 28 de junho de 1990, era o regulamento técnico que estabelecia os padrões de qualidade do ar tendo sido recentemente substituída pela Resolução CONAMA N° 491, de 19 de novembro de 2018, que em seu Artigo 2º, inciso II define:

Art.2º - II - Padrão de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica.

Um padrão de qualidade do ar, portanto, é um instrumento técnico que define legalmente um limite máximo para a concentração de um poluente, visando controlar as emissões dos poluentes com o intuito de garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas e do meio ambiente. (BRASIL, 1990; 2018)



Vormittag (2017) explica que os padrões de qualidade do ar vigentes no Brasil além de estarem defasados, muitas vezes são descumpridos em função da carência de fiscalização do cumprimento dos dispositivos legais.

O principal objetivo deste estudo é comparar as normas técnicas vigentes sobre qualidade do ar no Brasil, em relação às normas internacionais, vigentes em outros países pelo mundo.

## **MÉTODO**

Trata-se de um estudo comparativo sobre padrões de qualidade do ar entre normas técnicas nacionais de diferentes países do mundo. Os padrões de qualidade do ar são definidos levando-se em consideração dois parâmetros: o valor limite de concentração aceitável no ambiente para cada poluente, geralmente em micrograma por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ou partes por milhão (ppm) e o período de amostragem, que é o tempo definido para coleta e avaliação do poluente.

A Resolução CONAMA Nº 03, de 28 de junho de 1990, definiu valores limites para padrões primários e secundários. Padrões primários de qualidade do ar se referiam às concentrações dos poluentes que, se ultrapassados, seriam capazes de afetar a saúde da população exposta. Já os padrões secundários eram as concentrações dos poluentes em que se previam o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. A nova regulamentação vigente no Brasil não traz essa diferenciação, se restringindo apenas a definir padrões de qualidade do ar. (BRASIL, 1990; 2018).

Foram escolhidos padrões de qualidade do ar de normas técnicas de pelo menos um país de cada continente do mundo, além das diretrizes sobre qualidade do ar da Organização Mundial da Saúde – OMS, que apesar de não possuir caráter normativo, serve como diretriz para a elaboração e revisão das demais normas técnicas de qualidade do ar em todos os países do mundo.

Desta forma foram selecionadas para comparação a Resolução CONAMA Nº 03 de 1990, antiga regulamentação de padrões de qualidade do ar no Brasil, a Resolução CONAMA Nº 491 (2018), norma técnica em vigência no Brasil, a Diretiva 2008/50/CE, norma que serve de referência para os países da União Europeia (2008), a Canadian Environmental Protection Act (1999), norma técnica do Canadá, país escolhido da América do Norte, a Environmental

Quality Standards in Japan Air Quality (2009), norma do Japão, representando o continente Asiático, Resolución 2254 (2017) da Colômbia, para se ter mais um país da América do Sul, além do Brasil, a Air Quality Act 39: National Ambient Air Quality Standards (2004), norma da África do Sul, representando o continente Africano, National Clean Air Agreement (2015) da Austrália, representando a Oceania, além do WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide (2005), guia de referência da Organização Mundial da Saúde.

Os dados foram selecionados levando-se em consideração todos os poluentes presentes em cada norma, assim de início foi possível perceber que existem normas mais completas, ou seja, que abarcam uma gama maior de poluentes do que outras, além de também se levar em consideração os períodos de amostragem definidos para cada poluente.

Para realizar as comparações foi necessário converter todos os valores limites de concentração dos poluentes para uma única unidade de mensuração, pois os mesmos a depender da norma e do poluente se apresentavam em miligrama por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>), micrograma por metro cúbico (µg/m<sup>3</sup>), partes por milhão (ppm) ou partes por bilhão (ppb).

A conversão de miligrama por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>) para micrograma por metro cúbico (µg/m<sup>3</sup>), assim como a de partes por milhão (ppm) para partes por bilhão (ppb) é simples pois trata-se de uma operação de conversão em submúltiplos desta forma:

$$1 \text{ mg/m}^3 = 10^3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

$$1 \text{ ppm} = 10^3 \text{ ppb}$$

Para a realização da conversão de miligrama por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>) para partes por milhão (ppm) foi necessário lançar mão da fórmula:

$$\text{ppm} = \left( \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) \times \frac{24,45}{PM} \times \frac{760}{P_{\text{atm}}} \times \frac{(\text{°C} + 273,15)}{298,15}$$

Em que,

mg/m<sup>3</sup> = valor da concentração no ar, expressa nesta unidade;

24,45 = volume molar do ar (em litros) na condição normal de temperatura e pressão – CNTP (25 °C e 1 atm);

PM = peso molecular da substância;

P<sub>atm</sub> = pressão atmosférica no ato da coleta, em mmHg;

760 = pressão atmosférica nas CNTP (= 1 atm);

$^{\circ}\text{C}$  = temperatura, em graus centígrados, no ato da coleta;

273,15 = temperatura, em kelvin, correspondente a 0  $^{\circ}\text{C}$ ;

298,15 = temperatura, em kelvin, correspondente a 25  $^{\circ}\text{C}$ .

Foram consideradas as Condições Normais de Temperatura e Pressão – CNTP, onde a pressão é de 1 atm ou 760 mmHg e temperatura de 25 $^{\circ}\text{C}$  ou 298,15 K e por isso os termos de variação de pressão e de temperatura da equação se anulam, de forma que a equação utilizada para conversão de unidades final foi:

$$ppm = \left(\frac{mg}{m^3}\right) \times \frac{24,45}{PM} \times \frac{760}{Patm} \times \frac{(^{\circ}\text{C} + 273,15)}{298,15}$$

Os dados foram organizados em forma de planilhas e buscou-se realizar a comparação dos valores limites de cada poluente relativo ao mesmo tempo de amostragem em cada norma.

## RESULTADOS e DISCUSSÃO

Foram analisadas oito normas técnicas de padronização de parâmetros de qualidade do ar e um guia de referência internacional, que foi o *Guideline* da OMS. No total foram encontrados padrões para 20 poluentes e 8 períodos de amostragem distintos, que variaram de 10 minutos a 365 dias (1 ano), dependendo da norma e do poluente. A distribuição dos períodos de amostragem, por tipo de poluente, encontrada está sintetizada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Períodos de amostragem totais encontrados por poluentes e normas.

Poluente	Período amostragem	Norma*
PM <sub>2,5</sub>	24 horas	1,2,4,5,6,8
	1 ano	1,2,3,4,5,6,8
	1 hora	5
PM <sub>10</sub>	24 horas	1,2,3,5,6,7,8
	1 ano	1,2,3,6,7
Chumbo	1 ano	1,3,7,8
Partículas Totais em Suspensão	24 horas	1
	1 ano	1
Fumaça	24 horas	1
	1 ano	1
Tolueno	30 min	6
	1 semana	6
Tetracloroetileno	1 ano	5
Diclorometano	1 ano	5
Cádmio	1 ano	6
Mercurio	1 ano	6
Benzeno	1 ano	3,5,7
	1 hora	5,8
	4 horas	8
O <sub>3</sub>	8 horas	1,2,3,4,6,7
	10 min	2,7
	1 hora	3,4,5,6,7,8
SO <sub>2</sub>	24 horas	1,2,3,5,6,7,8
	1 ano	4,7,8
	1 hora	1,2,3,4,6,7,8
NO <sub>2</sub>	24 horas	5
	1 ano	1,2,3,4,6,7,8
CO	1 hora	5,6,7
	8 horas	1,6,7,8
	24 horas	3,5
Oxidantes fotoquímicos	1 hora	5
Tricloroetileno	1 ano	5
Dioxinas	1 ano	5
HPA	1 ano	6
Níquel	1 ano	6

\*1 = BRASIL; 2 = OMS; 3 = EUROPA; 4 = CANADA; 5 = JAPÃO; 6 = COLÔMBIA; 7 = AFRICA DO SUL; 8 = AUSTRÁLIA

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

A Resolução CONAMA 491 (2018) definiu 14 padrões de qualidade do ar para 9 poluentes, enquanto a Resolução CONAMA 03 (1990) definia 13 padrões para 7 poluentes. Os

valores limites de emissão dos poluentes, assim como os tempos de amostragem definidos estão sintetizados na Tabela a seguir:

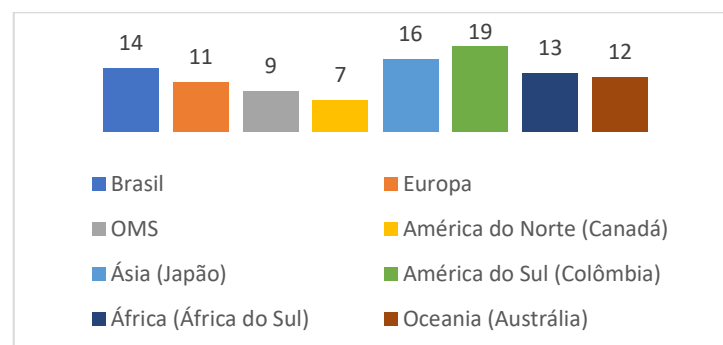
**Tabela 3.** Padrões de qualidade do ar da do Brasil definidos pelas Resoluções CONAMA.

BRASIL			
Poluente	Conama 03	Conama 491	Tempo de amostragem
	(1990)	(2018)	
	Concentração (µg/m3)	Concentração (µg/m3)	
PM2,5	-	25	24 horas
	-	10	1 ano
PM 10	150	50	24 horas
	50	20	1 ano
Partículas Totais em Suspensão	240	240	24 horas
Fumaça	150	50	24 horas
	60	20	24 horas
SO2	365	20	24 horas
	80	-	1 ano
NO2	320	200	1 hora
	100	40	1 ano
CO	40.000	10.310	1 hora
	10.000	-	8 horas
O3	160	-	1 hora
	-	100	8 horas
Chumbo	-	0,5	1 ano

**Fonte:** Resoluções CONAMA 03/1990 e 491/2018. Adaptada pelo autor.

No que diz respeito à quantidade de padrões definidos por cada norma, temos que a norma que apresentou a menor quantidade de padrões de qualidade do ar definidos foi a do Canadá, com a definição de 7 padrões e a que apresentou a maior quantidade de padrões foi a norma técnica da Colômbia, com 19 padrões definidos.

**Gráfico 1 –** Quantitativo de padrões definidos por norma



**Fonte:** Elaborado pelo autor

A norma técnica do Japão foi a única a definir padrões primários para os poluentes tricloroetileno, tetracloroetileno, diclorometano, dioxinas e oxidantes fotoquímicos.

**Tabela 4.** Padrões de qualidade do ar só encontrados na norma japonesa.

Environmental Quality Standards in Japan Air Quality		
Poluente	Concentração máxima	Tempo de amostragem
Tricloroetileno	0,2 mg/m <sup>3</sup>	1 ano
Tetracloroetileno	0,2 mg/m <sup>3</sup>	1 ano
Diclorometano	0,15 mg/m <sup>3</sup>	1 ano
Dioxinas	0.6 pg-TEQ/m <sup>3</sup>	1 ano
Oxidantes fotoquímicos	0,06 ppm	1 hora

Fonte: Ministério do meio ambiente japonês. Adaptado pelo autor.

(Disponível em: <https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.html>)

Informações da embaixada japonesa no Brasil trazem que em meados da década de 60 até a década de 70, o Japão vivenciou diversas formas graves de poluição ambiental. Além da doença de Minamata, uma série de outras doenças relacionadas à poluição foram descobertas, como a doença de itai-itai, transtornos respiratórios nos bolsões industriais de Tóquio-Yokohama, Nagoya e Osaka-Kobe e intoxicação crônica por arsênico na região de Toroku, na Província de Miyazaki. Essas formas de poluição ocorreram como resultado da priorização do rápido crescimento econômico em detrimento de padrões para proteger a saúde e a segurança das pessoas. Essas consequências levaram o Japão a estabelecer regulamentações rígidas para proteger o meio ambiente a partir da década de 1960.

Da mesma forma que ocorreu com a norma japonesa, alguns poluentes também só foram identificados na norma técnica Colombiana. Trata-se do que a própria norma chamou dos “contaminantes tóxicos do ar”: Cádmio, Mercúrio inorgânico, Tolueno, Níquel (e seus compostos) e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPA

**Tabela 5.** Padrões de qualidade do ar só encontrados na norma colombiana.

Contaminantes tóxicos		
Poluente	Concentração máxima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tempo de amostragem
Cádmio	0,005	1 ano
Mercúrio inorgânico (vapores)	1	1 ano
Tolueno	260	1 semana
	1.000	30 minutos
Níquel (e seus compostos)	0,18	1 hora
HPA	0,001	1 ano

Fonte: Colômbia. Ministério de ambiente y desarrollo sostenible

- Resolución 2254 . Adaptado pelo autor.

(Disponível em: <https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.html>)

Retirados os poluentes que só são mencionados nas normas técnicas do Japão e da Colômbia, foi montada uma tabela com os padrões dos demais poluentes distribuídos por tempo de amostragem referentes a cada norma.

**Tabela 6.** Estudo comparativo entre padrões de qualidade do ar encontrados no estudo.

	BRASIL	BRASIL	OMS	EUROPA	AMÉRICA DO NORTE	ÁSIA	AMÉRICA DO SUL	ÁFRICA	OCEANIA
	Resolução CONAMA 03/1990	Resolução CONAMA 491/2018	WHO Air Quality (2005)	Diretiva 2008/50/CE	Canadian Environmental Protection Act, 1999 (Canadá)	Environmental Quality Standards in Japan Air Quality (Japão)	Resolución 2254 (Colômbia)	Air Quality Act: National Ambient Air Quality Standards (África do Sul)	National Clean Air Agreement (Austrália)
	(PI-1)	(PF)							
Concentração (µg/m <sup>3</sup> )									
Tempo de amostragem									
24 horas	-	60	25	-	27	35	50	-	25
1 ano	-	20	10	25	8,8	15	25	-	8
1 hora	-	-	-	-	-	200	-	-	-
24 horas	150	120	50	50	-	100	100	75	50
1 ano	50	40	20	40	-	-	50	40	-
1 ano	-	0,5	-	0,5	-	-	-	0,5	0,5
24 horas	240	240	240	-	-	-	-	-	-
1 ano	80	80	-	-	-	-	-	-	-
24 horas	150	120	50	-	-	-	-	-	-
1 ano	60	40	20	-	-	-	-	-	-
1 ano	-	-	-	5	-	3	-	5	-
10 min	-	-	500	-	-	-	-	500	-
1 hora	-	-	-	350	180	260	100	350	520
24 horas	365	125	20	125	-	100	50	125	210
1 ano	80	40	-	-	13,09	-	-	50	52,35
1 hora	320	260	200	200	110	-	200	200	230
24 horas	-	-	-	-	-	75,26 - 110	-	-	-
1 ano	100	60	40	40	32	-	60	40	56,44
1 hora	40.000	-	-	-	-	22.900	35.000	30.000	-
8 horas	10.000	10.310	-	-	-	-	5.000	10.000	10.310
24 horas	-	-	-	10	-	11.450	-	-	-
1 hora	160	-	-	-	-	120	-	-	200
4 horas	-	-	-	-	-	-	-	-	160
8 horas	-	140	100	120	120	-	100	120	-

**Fonte:** Próprio autor



Como podemos perceber, até 2018 o Brasil não definia padrões para o material particulado fino PM<sub>2,5</sub>. De acordo com as diretrizes da OMS, as evidências sobre o impacto na saúde pública provocados por este material são consistentes e mostram efeitos adversos à saúde em exposições que são atualmente experimentadas por populações urbanas em países desenvolvidos e em desenvolvimento. (OMS, 2015)

Estas partículas por possuírem um tamanho demasiadamente reduzido (diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 micrômetros) atravessam as vias respiratórias superiores, se depositando nos bronquíolos e alvéolos, sendo fonte de uma série de problemas cardiorrespiratórios aos seres humanos. Toda a população exposta é afetada, mas a suscetibilidade à poluição pode variar com o estado de saúde ou com a idade. Evidências epidemiológicas mostram efeitos adversos ao material particulado fino após exposições a curto e a longo prazo. (SANTOS *et al.*, 2021).

A instituição da Resolução CONAMA 491 em 2018, no entanto, inseriu padrões de qualidade do ar no Brasil para esse poluente, porém é preciso esclarecer que a referida resolução estabeleceu padrões de Qualidade do Ar Intermediários (PI-1, PI-2 e PI-3) que vão anteceder os Padrões de Qualidade do Ar Final – PF. Assim, os padrões de qualidade do ar atualmente em vigência trata-se dos PI-1. Desta forma o padrão adotado inicialmente para o PM<sub>2,5</sub> é de 60 µg/m<sup>3</sup>, um valor ainda 140% maior que o recomendado pela OMS.

De acordo com a norma, os padrões intermediários serão adotados, cada um, subsequentemente, levando em consideração os Planos de Controle de Emissões Atmosféricas (“PCEA”) e os Relatórios de Avaliação de Qualidade do Ar (“RAQA”), que deverão ser elaborados pelos órgãos estaduais e distrital de meio ambiente. Cabe ainda destacar que a norma previu que caso não seja possível a migração para o padrão subsequente, prevalece o padrão já adotado.

A norma também estabelece que os PCEA serão definidos de acordo com regulamentação própria e elaborados até 3 anos a partir da entrada em vigor do ato normativo, enquanto que os RAQA deverão ser elaborados anualmente e conter os dados de monitoramento e a evolução da qualidade do ar com um conteúdo mínimo que exige que os relatórios contenham informações tais como: descrição das características da região do estado (ou Distrito Federal) onde estiver sendo realizada a avaliação da qualidade ambiental; descrição da rede de monitoramento; determinação dos poluentes atmosféricos monitorados; tipos de rede utilizadas (se automática ou manual) e parâmetros monitorados; além de outros aspectos relativos à metodologia do monitoramento e medidas de gestão que estão sendo aplicadas.

Em que pese não haver sanções previstas no caso de incapacidade de progressão para o padrão subsequente, e conseqüentemente incorrer no risco não se conseguir chegar ao Padrões de Qualidade do Ar Final, que são aqueles recomendados pela OMS, pode ser considerado um avanço a redução dos valores das concentrações aceitáveis dos poluentes, quando comparados com a Resolução CONAMA 03/90 e a inserção de padrões para poluentes importantes como o  $PM_{2,5}$  e chumbo.

No caso do material particulado, com partículas de diâmetro aerodinâmico de até 10 micrômetros, o  $PM_{10}$ , pode-se perceber que o Brasil define padrões para os períodos de 24 horas e 1 ano. Apesar da instituição da nova resolução sobre qualidade do ar, quando comparado às demais legislações evidencia-se que atualmente para o período de 24 horas o padrão brasileiro se mostra superior, e portanto, mais permissivo, que todas as normas técnicas avaliadas, sendo o seu valor ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 1,4 vezes superior ao limite recomendado pela OMS e o limite adotado pela norma Europeia ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Para o período de amostragem de 1 ano o padrão brasileiro, em vigência atual, se igualou ao valor definido pela norma da Europa e da África do Sul, sendo melhor até que o adotado pela Colômbia, mas se apresentava 2 vezes mais permissivo que a recomendação da OMS.

A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 003/1990, que era a norma brasileira que definia os padrões de qualidade do ar de 28 de junho de 1990 até 18 de novembro de 2018, não definia padrões para o chumbo. (BRASIL, 1990; BRASIL, 2018) Este poluente pode ser liberado no meio ambiente através de processos industriais, principalmente das indústrias químicas, automotiva e atividades de construção e mineração, que podem ser transportados por quilômetros e, ao se sedimentarem, podem contaminar ar, solo e água. (REIS *et al.*, 2019) Além disso, o chumbo já foi um componente da gasolina, a proibição parcial ou total da adição do chumbo tetraetil na gasolina de alguns países, diminuiu a concentração deste elemento no ar, sobretudo em zonas urbanas, mas não determinou o desaparecimento do problema da poluição por esse metal. (VANZ *et. al*, 2003)

O chumbo pode causar efeitos adversos neurológicos, hematológicos, endocrinológicos, sobre o crescimento, renais, sobre a reprodução e o desenvolvimento, carcinogênicos, cardiovasculares e gastrointestinais. (MOREIRA, 2004)

Atualmente, apesar de o padrão de qualidade do ar para chumbo está definido somente como padrão de qualidade do ar final, a legislação se preocupou em tornar imediato a instituição desse padrão a partir do momento da publicação do ato normativo, porém é um parâmetro a ser

monitorado em áreas específicas, em função da tipologia das fontes de emissões atmosféricas e a critério do órgão ambiental competente. (BRASIL, 2018)

Das normas avaliadas somente o Brasil apresentou padrões para as Partículas Totais em Suspensão – PTS e para fumaça.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, as PTS podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 50 microgramas. Uma parte destas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade. A fumaça por sua vez está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. (CETESB, 2016)

O benzeno que é uma substância classificada no Grupo 1 pela Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (*International Agency for Research on Cancer – IARC/OMS*), ou seja, como uma substância química com evidências suficientes de sua carcinogenicidade em seres humanos (IARC, 1987), e não teve padrão definido na norma técnica brasileira. Das normas avaliadas apenas as regulamentações da Europa, Japão e África do Sul apresentaram padrões para este poluente, sendo que a norma japonesa foi a mais conservativa apresentando a menor concentração média anual máxima permitida com o valor de  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Com relação à substância dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), a Resolução CONAMA 491 define padrões para os períodos de amostragem de 24 horas e 1 ano. Novamente, apesar da redução do valor da concentração máxima aceitável, a norma brasileira, atualmente, ainda experimenta os piores resultados quando comparada às demais normas selecionadas, para o período de amostragem de 24 horas, se igualando apenas à norma da África do Sul. Chama atenção que para esse mesmo período de amostragem, atualmente, o padrão brasileiro é mais de 6 vezes o valor do padrão recomendado pela OMS.

Para o poluente dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), a norma técnica do Brasil define padrões primários para os períodos de 1 hora e 1 ano. O valor máximo aceitável da média das concentrações anuais de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  foi igual ao da norma da Colômbia, porém superior, e, portanto, mais permissiva que as demais que definiram padrões para este período. E para o período de 1 hora ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) foi mais permissiva que todas as demais.

Com relação ao monóxido de carbono (CO), a Resolução CONAMA 03/1990 definia padrões para os períodos de amostragem de 1 hora e 8 horas. A nova regulamentação retirou o padrão para o período de 1 hora, mantendo apenas para o período de amostragem de 8 horas.

Este poluente não tem padrão definido pela OMS, mas o padrão adotado pelo Brasil foi igual ao da Austrália e superior aos padrões adotados pela Colômbia e África do Sul.

Por fim, com relação ao ozônio ( $O_3$ ), a norma brasileira definia padrão apenas para o período de amostragem de 1 hora, mudou para o período de 8 horas e possui valor máximo de concentração aceitável de  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mais uma vez a normativa brasileira se mostrou pior que todas as outras normas que instituíram padrão para este poluente no mesmo período de amostragem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica evidente que a Resolução CONAMA 491/2018, que é a legislação brasileira, atualmente vigente, ainda está defasada perante a legislações nacionais vigentes em outros países, no que se refere a valores limites aceitáveis de padrões de qualidade do ar. O Brasil apresentou padrões para o  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ , chumbo, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e ozônio com valores maiores do que outras normativas internacionais, além de não apresentar padrões para poluentes importantes como mercúrio, cádmio, níquel, tolueno e HPAs. Mesmo assim existem pontos a serem exaltados com a instituição da nova Resolução: redução dos valores limites dos padrões de qualidade dos poluentes  $PM_{10}$ , fumaça, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio, por exemplo, e a inserção de padrões para alguns poluentes importantes como o chumbo e o  $PM_{2,5}$  que é um poluente mais perigoso para a saúde que o  $PM_{10}$ , por ser respirável e atingir os alvéolos pulmonares, representam avanços. Além disso, existe uma previsão de evolução dos padrões dentro da própria norma. Cabe aos órgãos ambientais e à sociedade exercerem mecanismos de controle e fiscalização para que de fato os padrões avancem, e sejam efetivamente cumpridos.

Ressalta-se o apelo pela inserção de alguns poluentes atmosféricos importantes que já têm padrões definidos em outras normativas como o benzeno, os HPAs, mercúrio, cádmio, níquel, dentre outros.

A legislação ambiental deve continuar evoluindo da mesma forma que os processos produtivos e os modos de vida moderna o fazem, pois a cada dia milhares de substâncias novas são criadas e lançadas na atmosfera, portanto é necessário manter-se vigilante. Tão importante quanto a existência e evolução legislação ambiental é o cumprimento delas.

## REFERÊNCIAS

AFRICA DO SUL. Available at: < [https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa\\_airquality\\_g32816gon1210.pdf](https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa_airquality_g32816gon1210.pdf)>. Accessed on: February 05, 2020.

AFRICA DO SUL. Available at: Available at: < [https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa\\_airquality\\_g32816gon1210.pdf](https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa_airquality_g32816gon1210.pdf)>. Accessed on: February 06, 2020.

AUSTRALIA. Available at: <<https://www.environment.gov.au/protection/publications/factsheet-national-standards-criteria-air-pollutants-australia.html>>. Accessed on: February 05, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1989) Resolução CONAMA nº. 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1990) Resolução CONAMA nº. 003, de 28 de julho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1990. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2018) Resolução CONAMA nº. 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2018. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

CANÇADO, J. E. D.; BRAGA A.; PEREIRA L.A.A.; ARBEX M.A.; SALDIVA P.H.N.; SANTOS U.P. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v.32, n.Supl 1, p.S5-S11, 2006.

CANADA. Available at: <<http://airquality-qualitedelair.ccme.ca/en.html>>. Accessed on: January 16, 2020.

CANÇADO, J. E. D. et al.; Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo , v. 32, supl. 2, p. S5-S11, May 2006 . Available from<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S180637132006000800003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180637132006000800003&lng=en&nrm=iso)>. access on: May 20, 2020.

COLOMBIA. Available at: < <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf>>. Accessed on: January 16, 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2016** [internet]. São Paulo: CETESB; 2009. p 340. [citado 24 set 2009]. Available at: < <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/relatorio-ar-2016.pdf> >. Accessed on: January 16, 2020.

EC. Diretiva 2008/50/CE. Available at: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20080611&from=NL>>. Accessed on: January 10, 2020.

EMBAIXADA DO JAPÃO NO BRASIL. Versão em português. [S.l], 2012- **Questões ambientais**. Available at: < <https://www.br.emb-japan.go.jp/cultura/ambiente.html> >. Accessed on: July 02, 2019.

GALVÃO, L.; FINKELMAN, J.; HENAO, S. **Governança da saúde ambiental na América Latina**. In: Galvão LAC, Finkelman J, Henao S, organizadores. Determinantes ambientais e sociais da saúde. Rio de Janeiro: OPAS, Fiocruz; 2011.

GBD 2019 Risk Factors Collaborators, C. J. L., Aravkin, A. Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi-Kangevari, M., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I., Abegaz, K. H., Abolhassani, H., Aboyans, V., Abreu, L. G., Abrigo, M. R. M., Abualhasan, A., Abu-Raddad, L. J., Abushouk, A. I., Adabi, M., ... Lim, S. S. (2020). **Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global**

Burden of Disease Study 2019. *Lancet* (London, England), 396(10258), 1223–1249.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)

GONCALVES, F.L.T.; MANTOVANI JUNIOR, L.C.; FORNARO, A.; PEDROTTI, J.J.  
**Modelagem dos processos de remoção sulfato e dióxido de enxofre presente no particulado em diferentes localidades da região metropolitana de São Paulo.** *Revista brasileira de Geofísica* [online]. 2010, vol.28, n.1 [cited 2021-05-13], pp.109-119. 2010. Available at: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext & p i d =S0102-261X2010000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2010000100009&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 0102-261X.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2010000100009>. Accessed on: May 19, 2019.

JAPÃO. Available at: <<https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.html>>. Access on: January 20, 2019.

MANAHAN, S.E. *Environmental Chemistry: The atmosphere and atmospheric chemistry*. Boca Raton: CRC Press LLC. 2000. Chapter 9. 281 pp.

MOREIRA, F.R., MOREIRA J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública** 2004; 15:119-29

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. WHO Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. World Health Organization. **Geneva**. 2016. Available at: <<http://who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>>. Access on: July 02, 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization. **Geneva**. 2005. Available at: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477>>. Access on: July 02, 2019.

REIS, R.A.; GODOI, R.H.M.; HUERGO, L.F.; JOUCOSKI, E. **Poluição atmosférica relacionada às atividades portuárias em Paranaguá: Impactos nas áreas naturais protegidas da Mata Atlântica Paranaense**. 2019. Available at:

<[http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-12/projeto\\_39\\_2019.pdf](http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/projeto_39_2019.pdf)>. Accessed on: May 19, 2021.

SANTOS, C. Prevenção à poluição industrial: identificação de oportunidades, análise dos benefícios e barreiras. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2005. Available from: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-08042008-150419/publico/TeseCarmenluciaSantos.pdf>>. Accessed on: May 19, 2021.

SANTOS, U. P.; ARBEX, M.A.; BRAGA, A.L.F.; MIZUTANI, R.F.; CANÇADO, J.E.D.; TERRA-FILHO, M.; CHATKIN, J.M. Environmental air pollution: respiratory effects. *J. bras. pneumol.*, São Paulo , v. 47, n. 1, e20200267, 2021 . Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-37132021000100501&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132021000100501&lng=en&nrm=iso)>. access on: May 19, 2021. Epub Feb 08, 2021. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200267>

VANZ, A.; MIRLEAN, N.; BAISCH, P. Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: uma abordagem geoquímica. *Química Nova*, São Paulo , v. 26, n. 1, p. 25-29, Jan. 2003 . Available at <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-404220030001000006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-404220030001000006&lng=en&nrm=iso)>. Accessed on: July 02, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-404220030001000006>.

VORMITTAG, E. M. P. A. Brasil não cumpre legislação sobre qualidade do ar. *.Net*, Rio de Janeiro, nov. 2017. **O Eco**. Available at: <<https://www.oeco.org.br/reportagens/brasil-nao-cumpre-legislacao-sobre-qualidade-do-ar/>>. Accessed on: March 25, 2020.



## 5 ARTIGO 2

### **MONITORES PORTÁTEIS DE BAIXO CUSTO E BOM RENDIMENTOS PARA MONITORAMENTO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS: AVALIAÇÃO DO USO EM COMUNIDADES RESIDENTES PRÓXIMAS A ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS**

**Resumo:** Poluição do ar pode ser definida como a presença ou lançamento no ambiente atmosférico de substâncias em concentração suficiente para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança, e bem-estar do homem, ou no pleno uso e gozo de sua propriedade. As medições de poluentes atmosféricos são fundamentais para que se possa ter conhecimento da magnitude de exposição à poluição atmosférica a que se está submetido e assim definir as medidas de controle adequadas e capazes de reduzir a exposição à poluição. **Objetivo:** Realizar o monitoramento de alguns poluentes atmosféricos, utilizando monitores portáteis de baixo custo e bom rendimento, com o intuito de oferecer uma alternativa diante do cenário, muitas vezes, de alegação de insuficiência de recursos financeiros pelos órgãos ambientais competentes, de realizar qualquer tipo de monitoramento. **Método:** Foram instalados 3 monitores portáteis em uma na comunidade que reside próxima a estabelecimentos industriais, a comunidade de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador, Bahia. Os aparelhos realizaram o monitoramento de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), Formaldeído ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Ozônio ( $\text{O}_3$ ) e Material Particulado, partículas com diâmetro aerodinâmico menor do que 1, 2.5 e 10 micrômetros, os chamados  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  e  $\text{PM}_1$ , respectivamente. Foi realizada a verificação da confiabilidade do uso desses aparelhos e uma comparação dos valores considerados confiáveis com padrões de qualidade do ar definidos pela norma Brasileira e normas Internacionais. **Conclusão:** Dentre os poluentes atmosféricos apresentados, os aparelhos só se mostraram confiáveis para monitorar os  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  e  $\text{PM}_1$ . Não foram encontrados valores de concentrações desses poluentes ultrapassando valores máximos definidos pelas normas de qualidade do ar brasileira e internacionais, ainda assim foram identificados lançamentos pontuais, em curtos intervalos de tempo, com valores bastante elevados.

**Palavras-chave:** Qualidade do ar. Poluição atmosférica. Monitores portáteis

## **LOW-COST SENSORS / PORTABLE MONITORS FOR MONITORING ATMOSPHERIC POLLUTANTS: EVALUATION OF USE IN RESIDENT COMMUNITIES NEAR INDUSTRIAL ESTABLISHMENTS**

**Abstract:** Air pollution can be defined as the presence or release into the atmospheric environment of substances in sufficient concentration to interfere directly or indirectly in the health, safety, and well-being of man, or in the full use and enjoyment of his property. Measurements of atmospheric pollutants are essential so that one can be aware of the magnitude of exposure to atmospheric pollution to which one is subjected and thus define the appropriate control measures capable of reducing exposure to pollution. **Objective:** Carry out the monitoring of some air pollutants, using portable monitors of low cost and good performance, in order to offer an alternative in the face of the scenario, many times, of allegation of insufficient financial resources by the competent environmental agencies, of carrying out any type of monitoring. **Method:** 3 portable monitors were installed in one in the community that resides near industrial establishments, the community of Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador, Bahia. The devices monitored Volatile Organic Compounds (VOC), Formaldehyde (CH<sub>2</sub>O), Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>), Ozone (O<sub>3</sub>) and Particulate Material, particles with aerodynamic diameter less than 1, 2.5 and 10 micrometers, called PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, respectively. The verification of the reliability of the use of these devices was carried out and a comparison of the values considered reliable with air quality standards defined by the Brazilian norm and International norms. **Conclusion:** Among the air pollutants presented, the devices only proved to be reliable for monitoring PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>. No concentration values of these pollutants were found, exceeding maximum values defined by Brazilian and international air quality standards, nonetheless punctual launches were identified, in short intervals, with very high values.

**Palavras-chave:** Low-cost Sensor – LCS. Air Quality. Atmospheric pollution.

## INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica está entre os 10 principais fatores de risco que contribuem para o número total de anos de vida perdidos ajustados por incapacidade em todas as idades combinadas e provoca cerca de 7 milhões de mortes por ano em todo o mundo. (GBD 2019 RISK FACTORS COLLABORATORS et al., 2020; OMS, 2016) Comunidades residentes próximas a estabelecimentos industriais, apresentam queixas relacionadas a odores incômodos, problemas de saúde e danos ambientais provocados pelos gases poluidores emitidos por estes estabelecimentos. (CARVALHO et al., 2014) A dificuldade de acesso a dados relativos à concentração dos poluentes atmosféricos nos seus territórios é um fator limitante, que impossibilita estas comunidades de provar a carga de exposição à poluição que estão submetidas. Por esses motivos são importantes estudos sobre monitoramento de poluição atmosférica, utilizando monitores portáteis de baixo custo e bom rendimento.

A poluição do ar pode ser definida como a presença ou lançamento no ambiente atmosférico de substâncias em concentração suficiente para interferir direta ou indiretamente na saúde, segurança, e bem-estar do homem, ou no pleno uso e gozo de sua propriedade. O objetivo do uso do recurso natural ar deve ser o de manter basicamente a vida, todos os outros usos devem sujeitar-se à manutenção da qualidade do ar. (DERÍSIO, 2007)

As medições de poluentes atmosféricos são fundamentais para que se possa ter conhecimento da magnitude de exposição à poluição atmosférica a que se está submetido e assim definir as medidas de controle adequadas e capazes de reduzir a exposição à poluição.

Normalmente, quando se pensa em monitoramento de poluição atmosférica vem na mente estações robustas de monitoramento, com sensores remotos e analisadores automáticos, que além de muito complexos são caros e exigem altos custos de manutenção e especialização. (LACAVAL, 2003) Entretanto, as tecnologias recentes utilizando monitores portáteis, de baixo custo e bom rendimento têm sido utilizadas para mensurar poluentes atmosféricos em diversos países. (LEWIS et al., 2018)

Este estudo teve início com os diálogos com as comunidades que residem próximas a estabelecimentos industriais, sobre a exposição à poluição como um todo, e inclusive atmosférica. (CARVALHO et.al, 2014) A falta de acesso aos dados relativos à concentração dos poluentes atmosféricos nos seus territórios, impede que os residentes possam provar essa exposição e assim requerer soluções aos poderes públicos.

Quando fornecidos os dados, os residentes das comunidades não se sentem seguros para confiar na procedência da informação, uma vez que o monitoramento muitas vezes é realizado por empresas privadas que mantêm parceria comercial junto às empresas poluidoras, o que pode ser visto como um conflito de interesses.

Este estudo se propõe a realizar o monitoramento de alguns poluentes atmosféricos, utilizando monitores portáteis de baixo custo e bom rendimento, com o intuito de oferecer uma alternativa diante do cenário, muitas vezes, de alegação de insuficiência de recursos financeiros pelos órgãos ambientais competentes, de realizar qualquer tipo de monitoramento.

A comunidade residente na Ilha de Maré pode ser caracterizada como vulnerável, pois possui na sua população grande quantidade de pessoas com baixos níveis de renda e escolaridade, além de uma elevada quantidade de residências com acesso precário a instalações sanitárias adequadas e a maioria dos habitantes desempenham atividades informais, destacando-se neste caso a atividade da pesca artesanal. (RÊGO, 2018)

Os moradores da Ilha de Maré relatam ainda que essa situação contamina a produção pesqueira e destrói a flora e a fauna marinha, repercutindo na condição financeira de sobrevivência familiar, pois sem a venda do pescado e mariscos restam poucas opções de renda para as famílias. (RÊGO, 2018; TAVARES, 2014)

Pretende-se aqui promover o acesso da comunidade de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador, Bahia às informações ambientais, pois ao ter acesso às medidas de qualidade do ar em seu território, a comunidade poderá reivindicar aos órgãos públicos responsáveis as intervenções necessárias para o melhoramento da qualidade de vida e de saúde.

## **MÉTODO**

Este estudo faz parte de uma pesquisa mais ampla intitulada “Usando a tecnologia móvel para avaliar a percepção de odor e sintomas relacionados a saúde respiratória.”, tendo Certificado de Apresentação para Apreciação Ética – CAAE nº 68053617.6.0000.5577 devidamente aprovado.

O trabalho consiste em um estudo de campo, exploratório e descritivo, com abordagem quantitativa.

## Local da Pesquisa

A pesquisa foi realizada na comunidade de Bananeiras em Ilha de Maré, que fica localizada na Baía de Todos os Santos, cerca de 5 km a noroeste da Baía de Aratu e faz parte do Município de Salvador, Bahia, Brasil. Encontra-se posicionada em proximidade ao Porto Industrial de Aratu que é, isoladamente, a unidade portuária do complexo da Bahia com maior movimentação de cargas.

**Figura 1:** Localização de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador-BA



**Fonte:** Google Maps. Adaptado pelo autor.

De acordo com relatório da CETREL denominado “Critérios Básicos para subsidiar o Desenvolvimento de um Plano de Gestão de Emissões Atmosféricas”, o porto é constituído por terminais especializados para produtos gasosos (TPG), granéis líquidos (TGL) e granéis sólidos (TGS). Entre os principais produtos movimentados estão minérios de ferro, manganês e cobre, ureia, fertilizantes, nafta, propeno e concentrado de cobre. (CETREL, 2015)

Tavares (2014), em seu trabalho denominado Atlas Socioambiental do Recôncavo Baiano, apontou a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) no Recôncavo Baiano, nele inserida a Ilha de Maré. Alguns HPAs são carcinogênicos comprovados (IARC, 2010).

## Técnica de coleta dos dados e equipamentos utilizados

No local da pesquisa foram instalados 3 monitores portáteis em um ponto da Ilha de Maré, na comunidade de Bananeiras. Cada monitor é capaz de gerar dados referentes aos níveis de concentração dos poluentes, que se apresentam, inicialmente, em formas de planilhas do programa computacional Microsoft® Excel, sendo então elaborado o banco de dados da pesquisa, e posteriormente foi feito o tratamento estatístico com o auxílio do programa computacional Rstudio, além do próprio Microsoft® Excel.

Para a implementação deste projeto, foram utilizados equipamentos disponibilizados pelo Departamento de Saúde Ambiental e Ocupacional (Department of Environmental and Occupational Health) da Universidade de George Washington (George Washington University), que também colaborou no auxílio da análise dos dados coletados.

A coleta dos dados foi realizada com um tipo de monitor portátil, o uRADMonitor, modelo A3, que de acordo com o fabricante, é capaz de mensurar parâmetros ambientais como temperatura, pressão barométrica, nível de ruído e umidade relativa do ar além das concentrações dos poluentes em si. Dentre os poluentes capazes de ser monitorados por este tipo de monitor estão: Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), Formaldeído (CH<sub>2</sub>O), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Ozônio (O<sub>3</sub>) e Material Particulado, partículas com diâmetro aerodinâmico menor do que 1, 2.5 e 10 micrômetros, os chamados PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>, respectivamente.

O aparelho possui conectividade com rede WI-FI e é capaz de transmitir os dados em tempo real, que podem ser acessados no site do fabricante.

**Figura 2** – uRADMonitor, modelo A3



**Fonte:** Site do Fabricante (<https://www.uradmonitor.com/the-8th-model-a3/>)

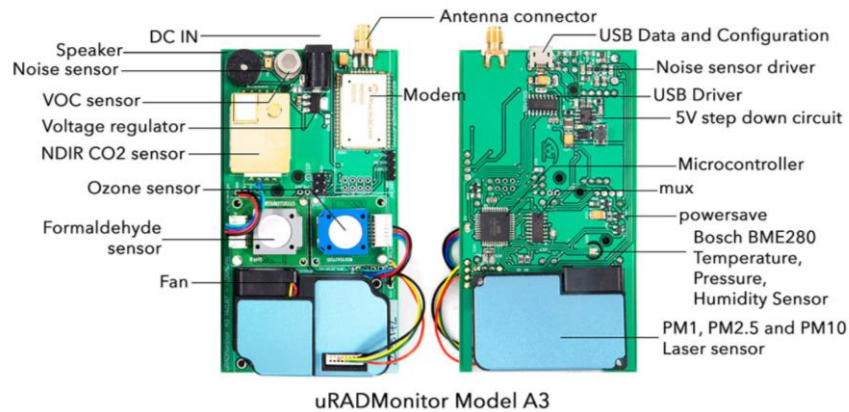
O uRADMonitor modelo A3 utiliza o sensor Bosch BME280 para medir temperatura do ar, pressão barométrica, umidade e umidade. Um sensor MOX VOC mede os compostos orgânicos voláteis. Um sensor de espalhamento a laser de alta qualidade é usado para detectar a concentração de material particulado no ar. Existem dois sensores eletroquímicos, um sensor para o formaldeído e outro para ozônio e um sensor infravermelho não dispersivo para CO<sub>2</sub>. Há também um sensor de nível de ruído. A tabela abaixo sintetiza os sensores utilizados pelo monitor, parâmetros avaliados e ranges de medição, de acordo com as informações do fabricante.

**Tabela 1.** Parâmetros avaliados e tipos de sensores utilizados pelo uRADMonitor A3.

Sensor	Tipo de sensor	Parâmetro Avaliado	Valor Mínimo	Valor Máximo
Bosch BME280	-	Temperatura	-40°C	+85°C
		Pressão barométrica	300 hPa	1100 hPa
		Umidade relativa do ar	0 %	100 %
Winsen ZH03A	Poeira a laser	PM <sub>1.0</sub>	0 µg/m <sup>3</sup>	1000 µg/m <sup>3</sup>
		PM <sub>2.5</sub>	0 µg/m <sup>3</sup>	1000 µg/m <sup>3</sup>
		PM <sub>10</sub>	0 µg/m <sup>3</sup>	1000 µg/m <sup>3</sup>
Winsen ZE08-CH <sub>2</sub> O	Eletroquímico	Formaldeído	0 ppm	5 ppm
Winsen ZE25-O <sub>3</sub>	Eletroquímico	O <sub>3</sub>	0 ppm	10 ppm
Winsen MH-Z19B	Infravermelho não dispersivo	CO <sub>2</sub>	400 ppm	5000 ppm
Winsen MP503	Eletroquímico	VOC	10 ppm	1000 ppm*
SPU414/MAX4466	-	Ruído	30 dB	130 dB

**Fonte:** Site do Fabricante (<https://www.uradmonitor.com/the-8th-model-a3/>)

**Figura 3** – Componentes do uRADMonitor, modelo A3



**Fonte:** Site do Fabricante (<https://www.uradmonitor.com/the-8th-model-a3/>)

Um ventilador embutido garante um fluxo de ar ativo através dos elementos sensores, que geram os dados relativos aos níveis de concentração dos poluentes presentes no ambiente. A cada minuto é registrado um dado. O conjunto de dados é disponibilizado em forma de planilha do programa computacional Microsoft Excel e fica disponível em tempo real no site do fabricante do monitor, devido à conectividade do aparelho com a rede WIFI.

A cada dia era feito o download dos dados referentes ao período de coleta do dia anterior. Assim, para cada dia coletado era gerado um arquivo de Excel em formato CSV (Valores Separados por Vírgula). Um exemplo de um dia de dados baixado diretamente do site do fabricante (dados crus) está ilustrado na Figura abaixo.



**Figura 4:** Representação dos dados baixados diretamente do site do fabricante

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	time,latitude,longitude,altitude,timestamp,temperature,pressure,humidity,voc_noise,co2,ch2o,pm25,pcm,voltage,duty																						
2	1587351653,-12.8665,-38.4858,-19.5545300,29.86,101560,66.83,2052370.23,57.46,502,0,4.16,7,378,203																						
3	1587351713,-12.8665,-38.4858,-19.7145360,29.86,101562,66.83,2052370.23,55.54,496,0,4.16,15,378,203																						
4	1587351773,-12.8665,-38.4858,-19.4645420,29.86,101559,66.85,2052370.23,57.75,487,0,4.16,7,378,203																						
5	1587351833,-12.8665,-38.4858,-19.4645480,29.85,101559,66.77,656006.23,56,492,0,4.16,12,378,203																						
6	1587351893,-12.8665,-38.4858,-19.4645540,29.83,101559,66.69,656006.23,57,3,492,0,4.16,7,378,203																						
7	1587351953,-12.8665,-38.4858,-19.4645600,29.81,101559,66.69,2052370.23,56.91,500,0,4.16,7,378,203																						
8	1587352013,-12.8665,-38.4858,-19.4645660,29.81,101559,66.69,2052370.23,60.12,495,0,4.16,10,378,203																						
9	1587352073,-12.8665,-38.4858,-19.1345720,29.8,101555,66.7,2052370.23,56.31,495,0,4.16,7,378,203																						
10	1587352133,-12.8665,-38.4858,-18.8845780,29.78,101552,66.73,2052370.23,56.08,492,0,4.16,15,378,203																						
11	1587352193,-12.8665,-38.4858,-18.6345840,29.77,101549,66.75,656006.23,55.2,489,0,4.16,9,378,203																						
12	1587352253,-12.8665,-38.4858,-18.6345900,29.75,101559,66.79,2052370.23,54.69,487,0,3.16,4,378,203																						
13	1587352313,-12.8665,-38.4858,-18.7245960,29.75,101550,66.82,2052370.23,55.64,500,0,4.16,10,378,203																						
14	1587352373,-12.8665,-38.4858,-18.7246020,29.75,101550,66.82,2052370.23,55.64,500,0,4.16,14,378,203																						
15	1587352433,-12.8665,-38.4858,-18.846080,29.72,101551,66.82,2052370.23,54.04,497,0,4.16,14,378,203																						
16	1587352493,-12.8665,-38.4858,-18.7246140,29.71,101550,66.83,656006.23,57.03,498,0,4.16,7,378,203																						
17	1587352553,-12.8665,-38.4858,-18.7246200,29.69,101550,66.85,2052370.23,54.09,496,0,4.16,7,378,203																						
18	1587352613,-12.8665,-38.4858,-18.6346260,29.66,101549,66.88,2052370.23,57.26,497,0,5.16,6,378,203																						
19	1587352673,-12.8665,-38.4858,-18.846320,29.64,101551,66.92,2052370.23,59.44,497,0,4.16,12,378,203																						
20	1587352733,-12.8665,-38.4858,-18.846380,29.63,101551,66.95,2052370.23,56.98,497,0,4.16,11,378,203																						
21	1587352793,-12.8665,-38.4858,-18.846440,29.62,101551,67.2052370.23,57.18,489,0,4.16,7,378,203																						
22	1587352853,-12.8665,-38.4858,-18.4746500,29.6,101547,66.99,2052370.23,55.91,491,0,4.16,16,378,203																						
23	1587352913,-12.8665,-38.4858,-18.346560,29.58,101545,67.02,2052370.23,55.62,494,0,4.16,14,378,203																						
24	1587352973,-12.8665,-38.4858,-18.346620,29.56,101545,67.11,2052370.23,54.86,489,0,4.16,10,378,203																						
25	1587353033,-12.8665,-38.4858,-18.3846680,29.54,101546,67.18,2052370.23,57.74,493,0,4.16,15,378,203																						
26	1587353093,-12.8665,-38.4858,-18.346740,29.53,101545,67.2,2052370.23,57.68,484,0,4.16,6,378,203																						
27	1587353153,-12.8665,-38.4858,-18.1346800,29.52,101543,67.21,2052370.23,56.46,485,0,4.16,9,378,203																						

**Fonte:** Site do fabricante (<https://www.uradmonitor.com/dashboard/>)

Nos dados crus, baixados diretamente do site do fabricante, o horário estava disponível no formato de tempo UNIX. Tempo de UNIX é uma definição simples e é usado frequentemente para carimbos de tempo em programas de computador. Ele consiste na contagem dos últimos segundos a partir de 01 de janeiro de 1970 às 00:00:00. (BAUM, 2012) Então fez-se necessário converter este formato de tempo para o formato tradicional indicando dia, mês, ano, hora, minuto e segundo da coleta do dado.

Quando baixados os dados crus, também era possível perceber que algumas informações, sobretudo do final de um dia, pudessem ser replicadas no início do dia subsequente. Desta forma, foi criada uma programação, utilizando-se o pacote estatístico Rstudio, para unir os dados dos arquivos de todos os dias coletados em um arquivo único, converter o formato do horário e remover dados que pudessem estar em duplicatas, formando assim o banco de dados deste trabalho. A programação utilizada, escrita no pacote estatístico, está disponibilizada na imagem abaixo.



## Instalação dos monitores e período de coleta

Durante todo período de coleta de dados para elaboração deste trabalho os monitores permaneceram instalados na Escola Municipal de Bananeiras (Figura 6).

**Figura 6:** Escola Municipal de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador-BA.

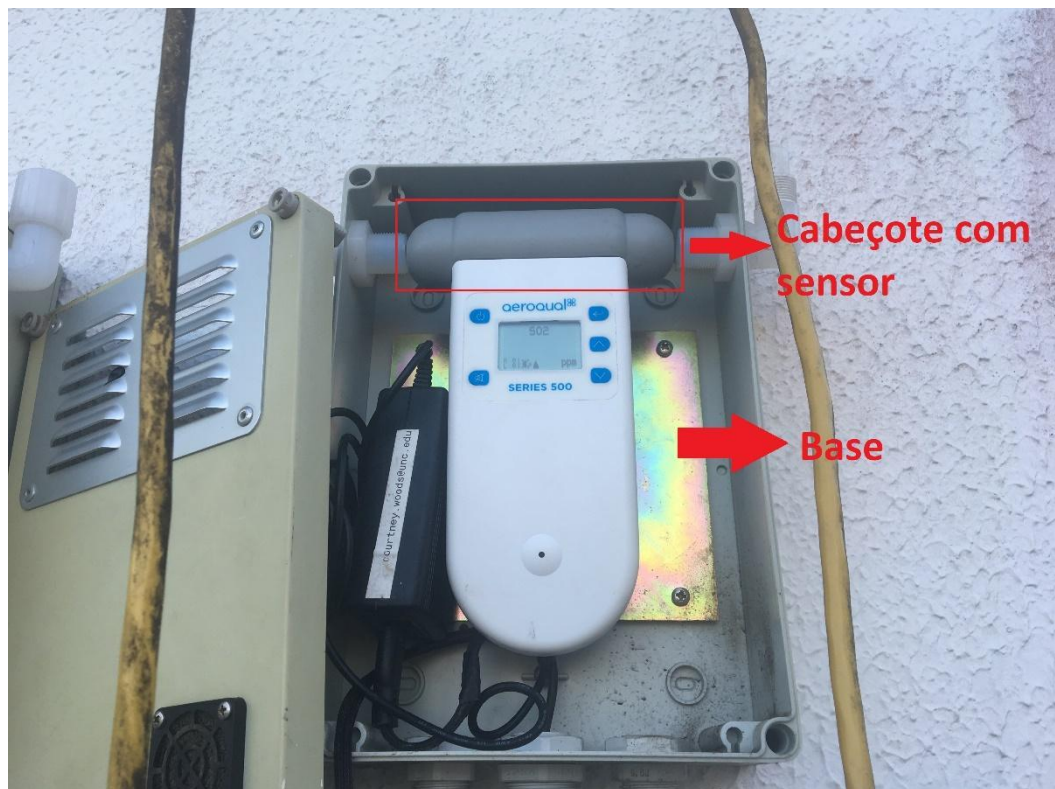


**Fonte:** Próprio autor

A instalação foi feita em caixas que, originalmente, são de outros tipos de monitor: os monitores da marca e modelo AEROQUAL SERIES 500. No início do projeto pretendia-se utilizar esses outros monitores. Eles são dotados de uma base fixa, que é o monitor em si, e uma espécie de cabeçote, onde fica localizado o sensor, e esta peça é acoplada a base. Cada cabeçote contém um tipo de sensor que é capaz de monitorar um único gás poluente. Então, uma das desvantagens do uso deste aparelho consistia justamente no fato de se ter que utilizar vários aparelhos para cobrir uma determinada gama de poluentes. Além disso, os dados precisavam ser baixados manualmente, ou seja, a cada semana era necessário que uma pessoa conectasse um cabo USB no aparelho e fizesse o download dos dados em um computador. Essa demanda de mão de obra fazia com que a equipe de pesquisa deste projeto necessitasse fazer constantes visitas ao local de estudo, ou necessitasse da ajuda de um membro da comunidade que ficasse

responsável por auxiliar na coleta dos dados. Em ambos os casos ocorria o inconveniente de que quando um aparelho apresentava algum tipo de falha, isso só era percebido no momento da coleta, que era feita semanalmente e gerava grandes perdas de dados.

**Figura 7:** Monitor AEROQUAL SERIES 500 na caixa original.



**Fonte:** Próprio autor

A adaptação das caixas para os monitores URADMonitor, modelo A3, utilizados no projeto, foi perfeitamente possível, visto que o orifício para passagem do fluxo de ar para os monitores foi preservado, os aparelhos ficaram posicionados com o local da entrada de ar bem acima do orifício e satisfatoriamente fixados com auxílio de fita adesiva do tipo *silver tape*.

**Figura 8:** Adaptação das caixas do monitor AEROQUAL SERIES 500 para uRADMonitor, modelo A3.



**Fonte:** Próprio autor

**Figura 9:** Entrada de ar para o monitor livre.



**Fonte:** Próprio autor

Os aparelhos ficaram instalados na parede externa da escola, que fica na beira mar, defronte do Porto Industrial de Aratu. O local foi sugerido pela comunidade e foi providencial para o sucesso do trabalho, pois, além de ficar próxima de um estabelecimento industrial, quando necessário fazer algum tipo de ajuste ou verificação mais simples nos aparelhos era

possível contar com a colaboração de funcionários da escola. A instalação dos aparelhos ocorreu no dia 15/10/2019 e o período de coleta se estendeu até o dia 30/04/2020.

**Figura 10:** Monitores instalados na parede externa da Escola Municipal de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador-BA.



**Fonte:** Próprio autor

**Figura 11:** Localização na beira-mar da Escola Municipal de Bananeiras, Ilha de Maré, Salvador-BA.



**Fonte:** Próprio autor

## Plano de análise dos dados

De posse dos dados referentes aos níveis de concentração dos poluentes, inicialmente foi realizada a verificação entre a correlação dos dados dos 3 monitores. Para isso foram calculadas as médias horárias de concentração dos poluentes e em seguida plotados gráficos dessas médias entre os 3 monitores, comparando-os 2 a 2.

Como o objetivo dessa comparação era verificar o nível de concordância dos dados entre os 3 monitores, para este cálculo só foram levadas em consideração as médias horárias válidas disponíveis simultaneamente para os 3 monitores. Assim, se para uma determinada hora, dois monitores tivessem dados suficientes para o cálculo das suas médias horárias, mas o terceiro monitor não dispusesse desses dados, as médias dos 3 monitores para este intervalo de tempo observado são descartadas para efeito da comparação inter monitores. Assim garantimos que estamos comparando somente pontos representativos e equivalentes entre si.

A figura abaixo serve para ilustrar o que está sendo dito. Trata-se da planilha de controle das médias horárias válidas. Percebe-se que no dia 02/03/2020 o monitor A, no período compreendido entre 2h e 3h, esteve em funcionamento durante 44 minutos dos 60 possíveis para este intervalo de tempo, coletando menos de 75% dos dados para este período, por isso este intervalo de tempo é classificado como “hora não válida” e os dados das concentrações do poluente para este período são excluídos. Todos os pontos grifados de vermelho estão na mesma situação. Desta forma, foram excluídos da análise comparativa das médias horárias, as concentrações médias dos períodos correspondentes às 2h, 5h, 12h, 13h, 17h, 21h e 23h.

**Figura 12:** Planilha de controle das médias horárias válidas.

Monitor A					Monitor B					Monitor C				
Dia	Média Horária	Quantidade Minutos	%	Status	Dia	Média Horária	Quantidade Minutos	%	Status	Dia	Média Horária	Quantidade Minutos	%	Status
02/03/2020	0	55	92%	ok	02/03/2020	0	58	97%	ok	02/03/2020	0	50	83%	ok
	1	48	80%	ok		1	54	90%	ok		1	54	90%	ok
	2	44	73%	hora não válida		2	55	92%	ok		2	57	95%	ok
	3	45	75%	ok		3	58	97%	ok		3	58	97%	ok
	4	54	90%	ok		4	56	93%	ok		4	54	90%	ok
	5	50	83%	ok		5	59	98%	ok		5	42	70%	hora não válida
	6	58	97%	ok		6	51	85%	ok		6	57	95%	ok
	7	58	97%	ok		7	48	80%	ok		7	45	75%	ok
	8	58	97%	ok		8	55	92%	ok		8	58	97%	ok
	9	60	100%	ok		9	60	100%	ok		9	60	100%	ok
	10	60	100%	ok		10	60	100%	ok		10	60	100%	ok
	11	60	100%	ok		11	60	100%	ok		11	60	100%	ok
	12	60	100%	ok		12	42	70%	hora não válida		12	60	100%	ok
	13	60	100%	ok		13	42	70%	hora não válida		13	60	100%	ok
	14	60	100%	ok		14	52	87%	ok		14	60	100%	ok
	15	60	100%	ok		15	53	88%	ok		15	60	100%	ok
	16	60	100%	ok		16	46	77%	ok		16	60	100%	ok
	17	60	100%	ok		17	44	73%	hora não válida		17	45	75%	ok
	18	60	100%	ok		18	46	77%	ok		18	52	87%	ok
	19	59	98%	ok		19	52	87%	ok		19	49	82%	ok
	20	60	100%	ok		20	54	90%	ok		20	56	93%	ok
	21	58	97%	ok		21	58	97%	ok		21	38	63%	hora não válida
	22	57	95%	ok		22	56	93%	ok		22	57	95%	ok
23	57	95%	ok	23	43	72%	hora não válida	23	57	95%	ok			

Fonte: Próprio autor

Para este dia só foram inseridas na análise comparativa as concentrações dos poluentes entre os 3 monitores, relativas às médias horárias de 0h, 1h, 3h, 4h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, 14h, 15h, 16h, 18h, 19h, 20h e 22h.

**Figura 13:** Planilha de controle das médias horárias válidas.

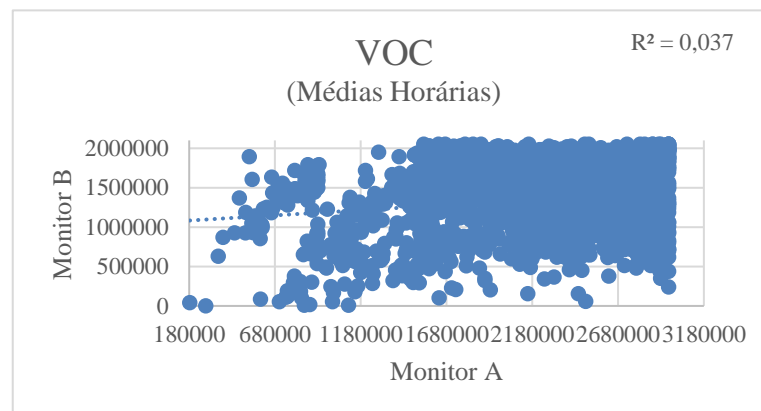
Monitor A					Monitor B					Monitor C				
Dia	Média Horária	Quantidade Minutos	%	Status	Dia	Média Horária	Quantidade Minutos	%	Status	Dia	Média Horária	Quantidade Minutos	%	Status
02/03/2020	0	55	92%	ok	02/03/2020	0	58	97%	ok	02/03/2020	0	50	83%	ok
	1	48	80%	ok		1	54	90%	ok		1	54	90%	ok
	3	45	75%	ok		3	58	97%	ok		3	58	97%	ok
	4	54	90%	ok		4	56	93%	ok		4	54	90%	ok
	6	58	97%	ok		6	51	85%	ok		6	57	95%	ok
	7	58	97%	ok		7	48	80%	ok		7	45	75%	ok
	8	58	97%	ok		8	55	92%	ok		8	58	97%	ok
	9	60	100%	ok		9	60	100%	ok		9	60	100%	ok
	10	60	100%	ok		10	60	100%	ok		10	60	100%	ok
	11	60	100%	ok		11	60	100%	ok		11	60	100%	ok
	14	60	100%	ok		14	52	87%	ok		14	60	100%	ok
	15	60	100%	ok		15	53	88%	ok		15	60	100%	ok
	16	60	100%	ok		16	46	77%	ok		16	60	100%	ok
	18	60	100%	ok		18	46	77%	ok		18	52	87%	ok
	19	59	98%	ok		19	52	87%	ok		19	49	82%	ok
	20	60	100%	ok		20	54	90%	ok		20	56	93%	ok
	22	57	95%	ok		22	56	93%	ok		22	57	95%	ok

Fonte: Próprio autor.

Este procedimento foi feito para todos os poluentes, em todos os dias, para os 3 monitores.

Assim, a título de ilustração, foram plotados os gráficos das médias horárias das concentrações do poluente VOC entre o monitor A e o monitor B, entre o monitor A e o monitor C e entre o monitor B e o monitor C para verificação do coeficiente de determinação e de correlação entre os dados.

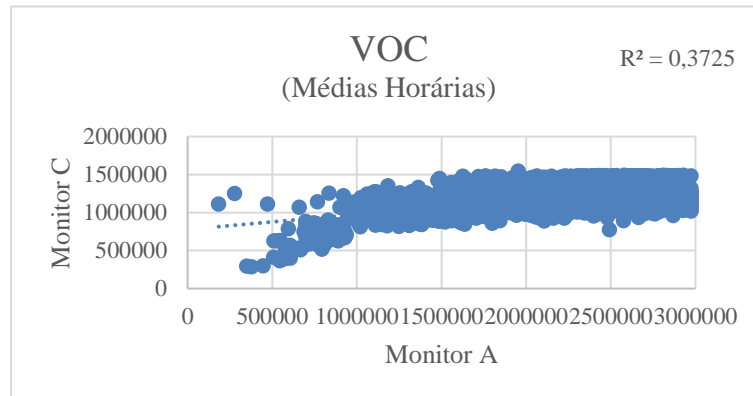
**Figura 14:** Médias horárias válidas do poluente VOC entre Monitor A e Monitor B.



Fonte: Próprio autor.

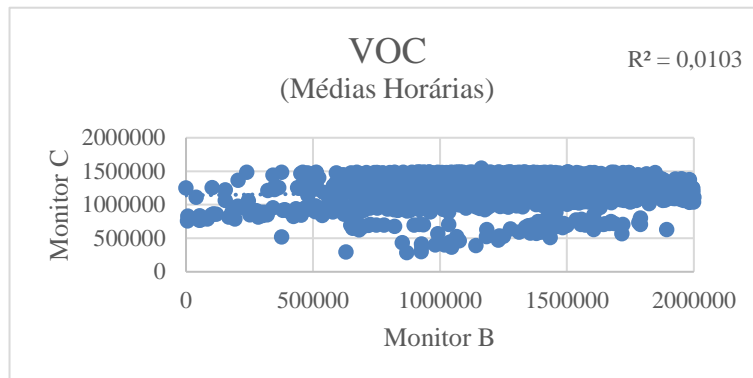


**Figura 15:** Médias horárias válidas do poluente VOC entre Monitor A e Monitor C.



**Fonte:** Próprio autor

**Figura 16:** Médias horárias válidas do poluente VOC entre Monitor B e Monitor C.



**Fonte:** Próprio autor

Foram escolhidas médias horárias para comparação entre as medições dos 3 monitores, pois a comparação a cada minuto (visto que os monitores produzem dados minuto a minuto) implicaria em perda de muitos pontos devido a problemas operacionais. Ocorre que por diversos motivos (desconexão com a energia, perda de sinal de rede etc.) um monitor pode parar de transmitir os dados por alguns intervalos de tempo enquanto o outro não. Então estes pontos não são comparáveis. Além disso, é razoável trabalhar com médias horárias visto que é um intervalo de tempo que, dependendo do poluente e norma técnica, possui padrão definido e o uso deste intervalo de tempo fornece uma quantidade satisfatória de pontos para comparação.

O  $R^2$  observado no gráfico é o coeficiente de determinação. Ele é uma medida de ajuste de um modelo estatístico linear generalizado, como a regressão linear simples ou múltipla, aos valores observados de uma variável aleatória. É um indicador usado para medir a qualidade do ajustamento de uma linha de regressão, ou seja, ele nos fornece um indicativo de quanto a variável “x” está sendo explicada pela variável “y”. (NASCIMENTO, 2009)

O  $R^2$  varia entre 0 e 1, sendo por vezes expresso em termos percentuais. Nesse caso, expressa a quantidade da variância dos dados que é explicada pelo modelo linear. Assim, quanto maior o  $R^2$ , mais explicativo é o modelo linear, ou seja, melhor ele se ajusta à amostra. (RODRIGUES, 2012) Por exemplo, um  $R^2 = 0,3725$  significa que o modelo linear explica 37,25% da variância da variável dependente a partir do regressores (variáveis independentes) incluídas no modelo linear.

O coeficiente de correlação (R) é relacionado conceitualmente com o  $R^2$ , mas eles têm significados diferentes. O coeficiente de correlação é a raiz quadrada do coeficiente de determinação. (RODRIGUES, 2012)

$$R = \sqrt{R^2}$$

Ele pode variar de -1 a 1, sendo que quando  $R = -1$  temos uma associação negativa e quando  $R = +1$  temos uma associação positiva. Quanto mais próxima de 0 menor o nível de associação linear entre as variáveis.

Neste trabalho foram considerados confiáveis os resultados que apresentaram um  $R^2$  maior do que 0,75, pois representam que o que foi medido por um monitor tem uma boa correlação com o que foi medido com o outro monitor, haja vista que todos os monitores foram instalados em um mesmo local, em funcionamento simultâneo e, portanto, estiveram expostos às mesmas condições ambientais de poluição.

De posse dos dados das concentrações consideradas confiáveis dos poluentes, foi realizada uma comparação dos valores coletados pelos monitores com padrões de qualidade do ar estabelecidos pela norma técnica vigente no Brasil e normas técnicas internacionais relativas ao tema de poluição atmosférica / qualidade do ar. A Resolução do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018, em seu Artigo 2º, inciso II define:

Padrão de qualidade do ar: um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, determinado como valor de concentração de um poluente específico na atmosfera, associado a um intervalo de tempo de exposição, para que o meio ambiente e a saúde da população sejam preservados em relação aos riscos de danos causados pela poluição atmosférica; (BRASIL, 2018, p. 01)

A análise de comparação com os padrões teve o objetivo de verificar se os valores das concentrações dos poluentes coletados com os monitores portáteis estão em conformidade, ou

seja, com valores abaixo dos valores limites estabelecidos pelas normas técnicas de qualidade do ar.

Os padrões de qualidade do ar são definidos levando-se em consideração dois parâmetros: o valor limite de concentração aceitável no ambiente para cada poluente, geralmente em micrograma por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ou partes por milhão (ppm) e o tempo de amostragem necessário para coletar o poluente.

Com relação ao valor limite de concentração aceitável do poluente no ambiente é intuitivo perceber que quanto menor o seu valor, mais rigoroso está sendo o critério de aceitabilidade para a exposição àquele poluente.

No que tange ao tempo de amostragem necessário para coletar o poluente devemos perceber que quanto menor o tempo necessário para a amostragem, mais criterioso, ou seja, mais cuidadoso está sendo o regulamento que define o padrão. Por exemplo: a Resolução CONAMA 491, define que o padrão de qualidade do ar para poluente dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) é uma concentração média de 20 (vinte) microgramas de  $\text{SO}_2$  por metro cúbico de ar para um período de amostragem de 24 (vinte e quatro) horas.

A título de exemplo para esclarecer, digamos que em uma situação hipotética, ao se realizar um monitoramento de qualidade do ar, em algum determinado período do dia houvesse uma emissão exagerada de  $\text{SO}_2$  com uma concentração de 250 (cem) microgramas de  $\text{SO}_2$  por metro cúbico de ar, mas esta emissão só ocorresse por um período de tempo curto durante aquele dia (uma hora, por exemplo) e no restante do dia não houvesse mais emissão do  $\text{SO}_2$  (zero microgramas de  $\text{SO}_2$  por metro cúbico de ar, durante as 23 horas restantes do dia) . Quando calculássemos a média ponderada para o período das 24 (vinte e quatro) horas, aquele valor elevado da emissão se diluiria, mascarando que durante um determinado período daquele dia houvera uma exposição elevada.

*Cálculo da Média Ponderada de  $\text{SO}_2$  p/ 24 horas:*

$$250 \mu\text{g}/\text{m}^3 \frac{1}{24} h + 0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \frac{23}{24} h = 10,41 \mu\text{g}/\text{m}^3 (24h)$$

No exemplo calculado acima, seria como se naquele dia a concentração média do  $\text{SO}_2$  ao longo das 24 horas tivesse sido  $10,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor muito abaixo daquele atualmente definido como limite pelo padrão da Resolução CONAMA 491 que é de  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mascarando que

durante o período de uma hora daquele dia houve uma exposição de  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 100 % acima do que o padrão considera aceitável para a média diária.

Desta forma a análise de comparação dos padrões foi realizada calculando-se os valores máximos admitidos das concentrações dos poluentes e seus respectivos tempos de amostragem segundo a Resolução CONAMA 491 (norma técnica vigente no Brasil), a Diretiva 2008/50/CE, norma que serve de referência para os países da União Europeia (2008), a Canadian Environmental Protection Act (1999), norma técnica do Canadá, país escolhido da América do Norte, a Environmental Quality Standards in Japan Air Quality (2009), norma do Japão, representando o continente Asiático, Resolución 2254 (2017) da Colômbia, para se ter mais um país da América do Sul, além do Brasil, a Air Quality Act 39: National Ambient Air Quality Standards (2004), norma da África do Sul, representando o continente Africano, National Clean Air Agreement (2015) da Austrália, representando a Oceania, além do WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide (2005), guia de referência da Organização Mundial da Saúde.

O critério de seleção das normas técnicas para realização da análise consistiu em se adotar a norma de um país de cada continente. No caso da América do Sul, escolheu-se a da Colômbia para se ter mais uma norma, além da do Brasil. O continente Europeu tem uma norma que abarca vários países membros.

Quando não apresentam problema operacional (falta de energia, desconexão com a rede WIFI, ou outros problemas), os monitores funcionam continuamente, 24 horas por dia, coletando dados de 1 em 1 minuto, gerando assim diariamente uma planilha com informações relativas às concentrações dos poluentes nos 1440 minutos de cada dia. A concentração média diária é a soma total dos valores de concentração parciais, a cada minuto, dividido pelo número total de termos somados.

Seguindo a metodologia descrita na norma técnica do Canadá, foi considerada válida uma média quando disponível pelo menos 75% dos dados do período de referência. Assim, para ser considerada válida uma média horária, era necessário que houvesse pelo menos 75% dos minutos (45 minutos) daquela hora coletados. As concentrações médias diárias foram calculadas levando-se consideração as médias horárias, e somente considerada válida se disponível pelo menos 75% dos dados horários (18 horas) daquele dia. Mesma coisa para as concentrações médias mensais, que foram calculadas levando-se consideração as médias diárias, e somente foi considerada válida se disponível pelo menos 75% dos dados diários (22,5 dias) daquele mês.

O cálculo das médias das concentrações dos poluentes, ponderados pelos tempos de amostragem foi realizado utilizando-se a ferramenta “subtotais” do Excel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após baixados os dados no site do fabricante, foi possível perceber que não foram disponibilizados quaisquer dados referentes às concentrações de Ozônio (O<sub>3</sub>) pelos monitores, durante todo o período monitorado.

Uma vez plotados os gráficos das médias horárias dos demais poluentes, entre os 3 monitores, e calculados os coeficientes de determinação e correlação foi observado que os monitores não se mostraram confiáveis para monitorar os poluentes Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) e Formaldeído (CH<sub>2</sub>O), pois apresentaram coeficientes de determinação e correlação muito baixos.

Os monitores se mostraram confiáveis para monitorar os poluentes PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>, pois apresentaram coeficientes de determinação e correlação considerados satisfatórios, neste trabalho definidos como acima de 0,75.

A Tabela abaixo resume todos os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e correlação (R) das médias horárias dos poluentes entre os 3 monitores.

**Tabela 2.** Coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e correlação (R) das médias horárias dos poluentes entre os 3 monitores

Poluente	R <sup>2</sup>			R		
	Monitores			Monitores		
	A ^ B	A ^ C	B ^ C	A ^ B	A ^ C	B ^ C
VOC	0,0046	0,3514	0,0080	0,192	0,610	0,100
CO2	0,2660	0,2165	0,2033	0,568	0,451	0,451
CH2O	0,6810	0,4317	0,0091	0,825	0,657	0,071
PM2,5	0,6627	0,6750	0,9500	0,817	0,826	0,984
PM1	0,2160	0,2070	0,9910	0,465	0,455	0,995
PM10	0,2160	0,2070	0,9910	0,465	0,455	0,995

**Fonte:** Próprio Autor

Observando os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) e correlação (R) das médias horárias dos poluentes entre os 3 monitores, verifica-se que os monitores B e C apresentam uma ótima concordância entre os dados (os coeficientes de determinação e correlação acima de 95% -

destacados com a cor azul), para poluentes  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$ , porém o mesmo não pode se dizer quando observamos os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e correlação ( $R$ ) das médias horárias dos mesmos poluentes quando comparadas as medições entre os dados do monitor A e do monitor B; e do monitor A e monitor C, o que nos evidencia que o problema está com os dados do monitor A.

Desta forma, para efeito de comparação dos valores coletados pelos monitores utilizados neste trabalho com valores estabelecidos por normas de padronização da qualidade do ar, serão utilizados os dados dos monitores B e C, dos poluentes  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$ .

O poluente  $PM_{10}$  não tem padrão definido para nenhuma das normas técnicas de padronização da qualidade do ar selecionadas neste trabalho. Estudos mostram que as partículas em torno de um micrômetro não tendem a ser classificadas separadamente das partículas de 2,5 micrômetros no monitoramento e controle da qualidade do ar, e ainda assim parecem ser responsáveis por alguns dos efeitos mais graves sobre a saúde.

Huang et al. (2018), conduziu um estudo na China onde estima que 80% da poluição por  $PM_{2.5}$  responde de fato a  $PM_{10}$  e, portanto, mais estudos sobre seus efeitos na saúde e toxicologia são necessários para preparar os formuladores de políticas a desenvolver padrões para o controle da poluição do ar  $PM_{10}$  no futuro.

Para efeito de se conhecer a dimensão de exposição a este poluente foram calculadas médias horárias e diárias de exposição.

Apesar de os monitores permanecerem em funcionamento de 15/10/2019 até 30/04/2020, a partir de 24/01/2020 os dados referentes às concentrações dos poluentes  $PM_{10}$  e  $PM_{10}$  deixaram de ser disponibilizados nas planilhas baixadas do site do fabricante. Na tentativa de tentar entender o motivo do problema, foi tentado contato com o fabricante dos aparelhos, mas nenhuma resposta foi obtida.

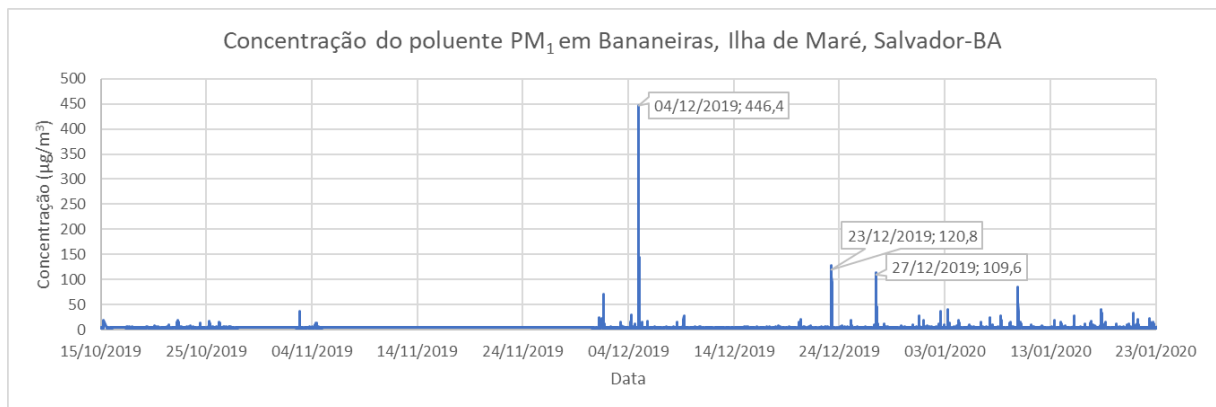
Assim, no período de 15/10/2019 até 23/01/2020, foi possível calcular médias diárias válidas de 61 dias para o poluente  $PM_{10}$ , levando-se em consideração que para o cálculo de uma média diária válida era necessário ter pelo menos 75% das horas referentes àquele dia válidas (18 horas), considerando ainda que cada hora deveria ter no mínimo 75% dos minutos (45 minutos) coletados.

As médias diárias calculadas do poluente  $PM_{10}$  variaram de 4,74 a 9,38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , porém dentre os valores pontuais (coletados a cada minuto), valor mínimo observado foi de 1,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e o valor máximo foi de 446,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , no dia 04/12/2019 às 22h56min.

Para este poluente ainda foram calculadas 1.473 médias horárias que variaram entre 2,38 e 78,49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . A maior média, para o período de uma hora, registrada se deu no dia 04/12/2019 entre às 22h e 23h.

Quando observados os valores coletados minuto a minuto do  $\text{PM}_{10}$  foi possível perceber a existência de lançamentos pontuais elevados, ou seja, em curto intervalo de tempo, mas de alta intensidade, como se pôde verificar, no dia 04/12/2019, entre as 22h40min e 23h01min, ou seja, pouco mais de 20 minutos, ocorreu uma exposição com valores de concentração acima de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , atingindo o seu máximo valor às 22h56min onde os monitores registraram uma concentração de  $\text{PM}_{10}$  no valor de 446,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . A Figura abaixo representa o gráfico com todos os valores das concentrações do  $\text{PM}_{10}$  coletadas pelos monitores.

**Figura 17:** Gráfico com todos valores das concentrações do  $\text{PM}_{10}$  coletados com os monitores.



**Fonte:** uRADMonitor, modelo A3; Adaptado pelo autor

O poluente  $\text{PM}_{2.5}$  tem padrão definido no Brasil para os períodos de 24 horas e 1 ano. Das normas levadas em consideração na análise deste trabalho, o *Guideline* da OMS e a norma da Austrália apresentaram os valores mais baixos, e, portanto, mais restritivos, sendo assim escolhidos para efeitos de comparação com os valores coletados pelos monitores.

**Tabela 3.** Padrões de Qualidade do Ar para o  $\text{PM}_{2.5}$  do Brasil, OMS e Austrália.

Poluente	Período de Amostragem	Padrão ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
		BRASIL	OMS	AUSTRÁLIA
$\text{PM}_{2.5}$	24 horas	60	25	25
	1 ano	20	10	8

**Fonte:** BRASIL, 2018; OMS, 2015; AUSTRÁLIA, 2015.

Uma vez que o período de coleta de dados para a elaboração deste trabalho foi inferior a 1 ano, não existem dados suficientes para calcular médias anuais e fazer a comparação com os valores dos padrões.

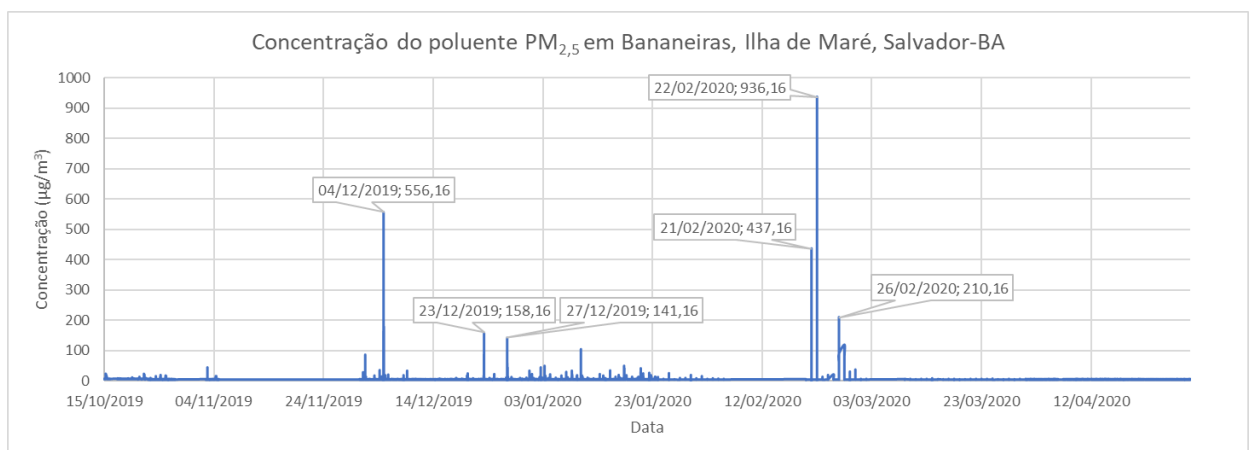
Com relação às médias diárias, ou seja, para períodos de 24 horas, no período de 15/10/2019 até 30/04/2020 foram possíveis calcular 127 médias. Foi observado que nenhuma média diária ultrapassou o valor do padrão adotado atualmente pela norma do Brasil, a Resolução CONAMA 498, nem o Guia de referência da OMS.

Foram calculadas ainda as médias horárias para o PM<sub>2.5</sub>. Apesar deste poluente não possuir padrão definido para este período de amostragem em nenhuma das normas técnicas selecionadas para análise neste trabalho, o cálculo das médias horárias pode nos fornecer informações importantes sobre a existência de lançamentos pontuais (em um curto intervalo de tempo) deste poluente na atmosfera.

Com relação às médias horárias, foram calculadas 3.088 médias válidas. O valor mínimo observado foi de 3,00 µg/m<sup>3</sup>, e o valor máximo de 158,92 µg/m<sup>3</sup>, que ocorreu entre às 20h e 21h do dia 22/02/2020.

Além disso, observando valores pontuais (coletados a cada minuto) foi possível perceber que algumas vezes o poluente alcança valores bastante elevados, como se pode ver na Figura 19, inclusive no dia 22/02/2020, às 20h49min foi registrada uma concentração de PM<sub>2.5</sub> de 936,16 µg/m<sup>3</sup>, que é um valor extremamente alto.

**Figura 18:** Gráfico com todos valores das concentrações do PM<sub>2.5</sub> coletados com os monitores.



**Fonte:** uRADMonitor, modelo A3; Adptado pelo autor

O poluente PM<sub>10</sub> também tem padrão definido no Brasil para os períodos de 24 horas e 1 ano. Das normas levadas em consideração na análise deste trabalho, o *Guideline* da OMS



foi a que apresentou os valores mais baixos para os períodos de amostragem de 24 horas e 1 ano, além disso, pôde-se perceber também que a norma do Japão foi a única a definir padrão para o período de amostragem de 1 hora. Sendo assim, estes foram os padrões de referência escolhidos para efeitos de comparação com os valores coletados pelos monitores.

**Tabela 4.** Padrões de Qualidade do Ar para o PM10 do Brasil, OMS e Japão

Poluente	Período de Amostragem	Padrão ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
		BRASIL	OMS	JAPÃO
PM10	1 hora	-	-	200
	24 horas	120	50	-
	1 ano	40	20	-

**Fonte:** BRASIL, 2018; OMS, 2015; JAPÃO, 2009.

Novamente, como não foram coletados dados suficientes para calcular médias anuais não pôde ser feita a comparação com os valores dos padrões acima definidos para este período.

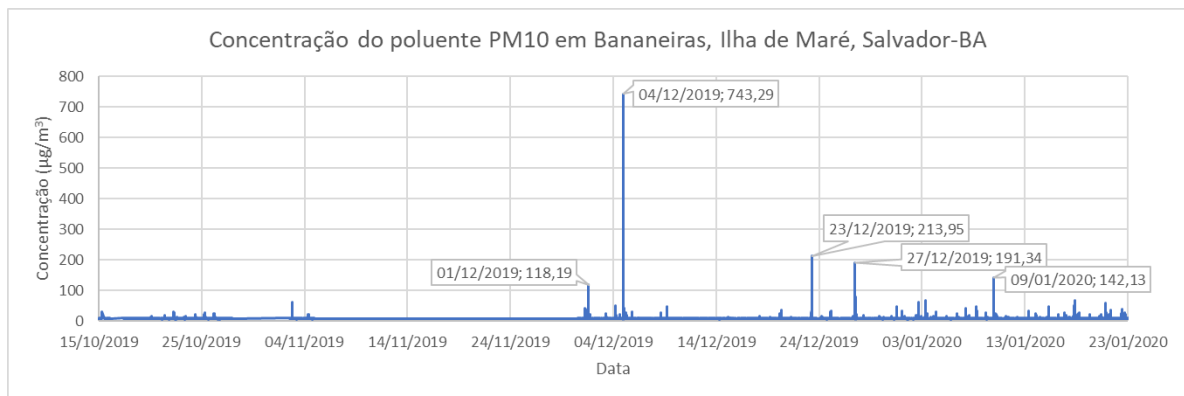
Para períodos de 24 horas, foram calculadas as médias diárias do PM<sub>10</sub>, que foram obtidas no período de coleta de dados de 15/10/2019 até 23/01/2020, sendo possível assim calcular 63 médias válidas. Foi observado que nenhuma média diária ultrapassou o valor do padrão adotado atualmente pela norma do Brasil, a Resolução CONAMA 498, e pelo *Guideline* da OMS.

Foram calculadas ainda as médias horárias para o PM<sub>10</sub>. O único padrão existente para este período de amostragem foi o da norma Japonesa, que definiu um padrão de 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e, durante o tempo em que os monitores estiveram em funcionamento neste estudo, nenhuma média horária ultrapassou o valor da norma Japonesa, de acordo com os valores registrados pelos aparelhos.

Ainda com relação às médias horárias, foi possível calcular 1.473 médias válidas. O menor valor observado foi de 5,11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , e o valor máximo de 131,64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que correspondeu à média horária das 22h do dia 04/12/2019.

Observando valores pontuais (coletados a cada minuto), no entanto, foi possível perceber, por exemplo, que no dia 04/12/2020, às 22h56min foi registrada uma concentração de PM<sub>10</sub> de 743,29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , o que é um valor bastante alto.

**Figura 19:** Gráfico com todos valores das concentrações do PM<sub>10</sub> coletados com os monitores.



**Fonte:** uRADMonitor, modelo A3; Adptado pelo autor

Diversos estudos apontam para os perigos dos efeitos adversos causados em decorrência da exposição aguda, ou seja, danos causados pela ação de uma grande concentração de poluentes em curto espaço de tempo.

Host et al. (2008) avaliaram a associação entre concentrações de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> e hospitalização por infecção respiratória em 6 cidades francesas entre 2000 e 2003. O excesso de Razão de Risco (RR) para hospitalização por infecção respiratória associado a aumentos de 10 µg/m<sup>3</sup> na concentração de MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> foi de 4,4% (IC95%: 0,9-8,0) e de 2,5% (IC95%: 0,1-4,8), respectivamente. De acordo com esse estudo, a faixa etária mais suscetível foi a de crianças com idade abaixo de 15 anos.

Belleudi et al. (2010) avaliaram os efeitos do Material Particulado sobre as internações por pneumonia de indivíduos com mais de 35 anos em cinco hospitais romanos entre 2001 e 2005. Um aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> na concentração de MP<sub>2,5</sub> foi associado a um aumento de 2,8% do número de internações hospitalares por pneumonia, com defasagem de 2 dias.

Além dos efeitos adversos causados em seres humanos, o meio ambiente como um todo é afetado com a exposição a poluição atmosférica. De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com o passar do tempo, nas comunidades vegetais, os efeitos dos poluentes e suas interações podem resultar em uma série de alterações: eliminação de espécies sensíveis, redução na diversidade, remoção seletiva das espécies dominantes, diminuição no crescimento e na biomassa e aumento da suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças.

Ainda de acordo com informações da Companhia, com relação ao material particulado, pouco se sabe sobre seus efeitos. Muitos dos particulados são inertes, mas a deposição deles

sobre as folhas intercepta a luz que atinge superfície foliar, reduzindo assim a fotossíntese. Além disso, os resíduos depositados nas folhas, podem originar um verdadeiro filme impermeável sobre a sua superfície prejudicando todos os processos que envolvam trocas gasosas.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os monitores portáteis utilizados neste projeto não se mostraram satisfatórios para monitorar os poluentes Ozônio, Compostos Orgânicos Voláteis, Dióxido de Carbono e Formaldeído.

Apesar disso, os monitores apresentaram um desempenho satisfatório para monitorar os materiais particulados presentes no ar:  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$ , que são poluentes importantes capazes de causar sérios danos à saúde da população exposta e ao meio ambiente.

Ficou configurada a existência de exposições agudas, ou seja, lançamentos de grande concentração de poluentes atmosféricos em curtos espaços de tempo, que podem ser altamente perigosos, apesar de não terem sido encontrados valores de concentrações dos poluentes acima dos padrões de qualidade do ar, definidos pelas normas técnicas brasileira e internacionais. Esses resultados corroboram com as informações prestadas pelos residentes das comunidades de que não é suficiente as empresas de monitoramento apresentarem a média diária de emissão de poluentes, porque isso “disfarça” as descargas agudas que levam a graves efeitos agudos na saúde dos moradores.

## REFERÊNCIAS

ANDRÉS, D. A.; FERRERO, E. J.; MACKLER, C. E. Importancia de la combinacion de equipos activos y pasivos de monitoreo en sistemas de vigilancia de la contaminacion atmosferica urbana. **Revista Tecnoticias**, p. 15–19, 1999.

AUSTRALIA. Disponível em: <<https://www.environment.gov.au/protection/publications/factsheet-national-standards-criteria-air-pollutants-australia.html>>. Acesso em 05 fev. 2020.

BAHIA. Constituição do Estado da Bahia. Salvador: Assembleia Legislativa do Estado da Bahia, 1989.

BAUM, L. F. The NTP Era and Era Numbering, 2012. Disponível em <https://www.eecis.udel.edu/~mills/y2k.html>. Data da visita: 21/04/2020

BELLEUDI V., FAUSTINI A., STAFOGGIA M., CATTANI G., MARCONI A., PERUCCI C. A., et al. Impact of fine and ultrafine particles on emergency hospital admissions for cardiac and respiratory diseases. **Epidemiology**. 2010;21(3):414-23. <http://dx.doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181d5c021>

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1986) Resolução CONAMA nº. 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1989) Resolução CONAMA nº. 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1990) Resolução CONAMA nº. 003, de 28 de julho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1990. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2018) Resolução CONAMA nº. 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2018. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Presidência da República. (1975) Decreto-Lei nº. 1.413, de 31 de julho de 1975. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Casa Civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Presidência da República. (1981) Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.. Casa Civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

CANÇADO, J. E. D. et al.; Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo , v. 32, supl. 2, p. S5-S11, May 2006 . Available from<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S180637132006000800003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180637132006000800003&lng=en&nrm=iso)>. access on 20 May 2020.

CARTIER, R.; BARCELLOS, C.; HÜBNER, C.; PORTO, M. F. Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 12, p. 2695–2704, 2009.

CARVALHO, I. G. S. et al. Por um diálogo de saberes entre pescadores artesanais, marisqueiras e o direito ambiental do trabalho. **Ciência & saúde coletiva**, v. 19, p. 4011–4022, 2014.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Efeitos da poluição atmosférica na vegetação**. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/efeitos-da-poluicao/>.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Monitor passivo de dióxido de enxofre construção e testes de validação**. 1998.

CETREL S.A; **Critérios Básicos para subsidiar o Desenvolvimento de um Plano de Gestão de Emissões Atmosféricas**. Camaçari-BA, 2015.

DERÍSIO, J. C.; **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2nd ed. São Paulo: Signus, 2007.

GALVÃO, L.; FINKELMAN, J.; HENAO, S. **Governança da saúde ambiental na América Latina**. In: Galvão LAC, Finkelman J, Henao S, organizadores. Determinantes ambientais e sociais da saúde. Rio de Janeiro: OPAS, Fiocruz; 2011.

GERBOLES, M.; SPINELLE L.; BOROWIAK A.; **Measuring air pollution with low-cost sensors: Thoughts on the quality of data measured by sensors**. In European Commission, 2017. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/brochures-leaflets/measuring-air-pollution-low-cost-sensors>>

GONÇALVES, T. L. F. et al. Modelagem dos processos de remoção sulfato e dióxido de enxofre presente no particulado em diferentes localidades da região metropolitana de São Paulo. **Revista brasileira de Geofísica**, v.28, p.109-19, 2010.

GONÇALVES, K. D. S.; SIQUEIRA, A. S. P.; CASTRO, H. A. DE; HACON, S. DE S. Indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental. O caso do município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. TT - [Indicator of socio-environmental vulnerability in the Western Amazon. The case of the city of Porto Velho, State of Rondônia, Brazil. **Ciência Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3809–3818, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&nrm=iso&lng=pt&tlng=pt&pid=S1413-81232014000903809](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&nrm=iso&lng=pt&tlng=pt&pid=S1413-81232014000903809)>.

HERCULANO, S. Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil. **Ecologia**, p.15, In: I Encontro da ANPPAS – GT Teoria e Ambiente. São Paulo: Associação Nacional de Pós-graduação em Ambiente e Sociedade; 2002.

HOST S., LARRIEU S., PASCAL L., BLANCHARD M., DECLERCQ C., FABRE P., et al. Short-term associations between fine and coarse particles and hospital admissions for

cardiorespiratory diseases in six French cities. **Occup Environ Med.** 2008;65(8):544-51. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2007.036194>

HUANG, Hong e GUO, Yuming et al. “Early life exposure to particulate matter air pollution (PM1, PM2.5 and PM10) and autism in Shanghai, China: A case-control study”. **Environment International**, 05 de novembro de 2018 (online). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.026>;

IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. Vol.92. Geneve: **WHO Press.** 2010.

LEWIS, A.; PELTIER, W. R.; SCHNEIDEMESSER, E. VON. Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications. **Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications**, 1 maio 2018.

INEMA. Portal do Sistema Estadual de Informações Ambientais. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br/fiscalizacao/fiscaliza-o-e-monitoramento-ambiental>>. Acesso em: 11/5/2019.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil.** 2014. Disponível em: <[http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_Versao\\_Final\\_Std.pdf](http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Versao_Final_Std.pdf)> Acesso em: 02 dez. 2018.

JAPÃO. Disponível em: < <https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.html>>. Acesso em 20 jan. 2020.

LACAVA, C. I. V., Avaliação da Qualidade do Ar. Capítulo 2. Emissões Atmosféricas. **Livro de TGA.** 2003. Disponível em: [http://www.ambiental.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/08/Livro\\_TGA-EA-\\_cap\\_2\\_\\_QUAL\\_AR.pdf](http://www.ambiental.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/08/Livro_TGA-EA-_cap_2__QUAL_AR.pdf). Acesso em: 02 dez. 2019.

MARGULIS, S.; A Regulamentação ambiental: instrumentos e implementação, Rio de Janeiro: **Ipea**, 1996. 38p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_0437.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0437.pdf). Acesso em: 5 ago. 2017.

NASCIMENTO, G.; ARAÚJO, P. F. **Estudo acerca do coeficiente de determinação nos modelos lineares e algumas generalizações**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) - Estatística, Universidade Federal do Paraná. Paraná. 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. WHO Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. World Health Organization. **Geneva**. 2016. Disponível em: <<http://who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization. **Geneva**. 2005. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

PEREIRA, R. A. G. et al. Estudos ecológicos: desenho de dados agregados. In: ALMEIDA FILHO, N., **Epidemiologia e saúde: fundamentos, métodos, aplicações**. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 2012. p.175-185.

PORTO, M. F.S. Complexidade, processos de vulnerabilização e justiça ambiental: Um ensaio de epistemologia política. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, , n. 93, p. 31–59, 2011.

RÊGO, J. C. V. Ilha de Maré vista de dentro: um olhar a partir da comunidade de Bananeiras / Salvador/BA. 2009. 327f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2018.

RODRIGUES, S. C. A. **Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações**. Relatório de Estágio (Mestrado) - Matemática, Universidade da Beira Interior. Covilhã. 2012.

SCHIRMER, W. N.; PIAN, L. B.; SZYMANSKI, M. S. E.; GAUER, M. A. A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 3583–3590, 2011.



TAVARES, T. M. (Org.); NASCIMENTO, D. M. C. (Org.) . **Atlas Socioambiental do Recôncavo Baiano**. 1. ed. Salvador: UFBA, 2014. v. 1. 204p.

TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. **Estatística básica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1985. 459 p.

VORMITTAG, E. M. P. A. **Brasil não cumpre legislação sobre qualidade do ar**. .Net, Rio de Janeiro, nov. 2017. O Eco. Disponível em: < <https://www.oeco.org.br/reportagens/brasil-nao-cumpre-legislacao-sobre-qualidade-do-ar/>> . Acesso em: 25 mar. 2019.

ZANCAN, L. Uma ecologia política dos riscos: princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 217–218, 2014.

## 6 CONCLUSÕES

A análise comparativa de legislações de padronização da qualidade do ar deste estudo demonstrou que a legislação brasileira atualmente vigente, a Resolução CONAMA 491/2018, apesar de recém revisada, ainda está defasada perante a legislações nacionais vigentes em outros países, apresentando valores limites aceitáveis de poluição atmosférica superior a outras normas vigentes em outros países do mundo. Além disso, a nova Resolução não contemplou poluentes importantes como mercúrio, cádmio, níquel, tolueno, HPAs, dentre outros.

Mesmo assim existem pontos a serem exaltados com a instituição da nova Resolução: redução dos valores limites dos padrões de qualidade dos poluentes  $PM_{10}$ , fumaça, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio, por exemplo, inserção de padrões para alguns poluentes importantes como o chumbo e o  $PM_{2,5}$  e previsão de evolução dos padrões dentro da própria norma.

Este estudo também apontou para a viabilidade da utilização da tecnologia de monitores portáteis de baixo custo e bom rendimento, como indicativo de locais com exposição à poluição atmosférica. Esse monitoramento pode ser uma alternativa das comunidades para monitorarem seus territórios e questionarem os poderes públicos quanto à emissão de poluentes ambientais em seus territórios. Podem também ser utilizados pelas instituições públicas que não podem dispor de equipamentos robustos para a realização de monitoramento desses poluentes atmosféricos. Entretanto, convém reforçar que não foi a intenção deste estudo confrontar a qualidade dos dados coletados com os monitores portáteis com dados de estações de monitoramento de referência atualmente existentes.

## 7 LIMITAÇÕES E PERSPECTIVAS

Como limitações, queremos ressaltar a não disponibilização dos dados da CETREL, apesar de muitos esforços para a aquisição desses dados. Os dados da CETREL disponibilizados minuto a minuto permitiria a comparação de aproximadamente 120 mil pontos, que foram registrados pelos monitores para os poluentes  $PM_1$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$  durante o período de coleta de dados, o que resultaria numa análise mais robusta e aprimorada. Com relação ao problema para o monitoramento dos gases Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), Formaldeído ( $CH_2O$ ), Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ) e Ozônio ( $O_3$ ) não foi possível perceber se o problema era de manutenção nos sensores dos aparelhos, ou uma limitação do equipamento.

Seria interessante fazer esse monitoramento poluentes atmosféricos e ao mesmo tempo monitoramento de queixas sobre efeitos na saúde da população, que responderia a um questionário em tempo real, por meio de um aplicativo desenvolvido para esta finalidade ou por mensagem no WhatsApp, onde fosse possível confrontar as queixas sobre os incômodos provocados pela poluição com as concentrações de qualidade do ar, medidas pelos aparelhos quando os moradores percebessem a presença dos gases.

A utilização desses tipos de aparelhos pode ser uma importante ferramenta no combate às injustiças ambientais, pois coloca medidas nas mãos de indivíduos e comunidades que, por sua vez, podem assumir uma maior propriedade de questões relacionadas à qualidade do seu ar local, o que empodera comunidades com dados para reivindicar providências aos poderes públicos.

Sugere-se a elaboração de estudos futuros com outros tipos de aparelhos capazes de monitorar outros poluentes.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais - o caso do movimento por justiça ambiental. *Estud. av.*, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000100010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100010&lng=en&nrm=iso)>. access on 14 Mar. 2020.
- AFRICA DO SUL. Disponível em: <[https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa\\_airquality\\_g32816gon1210.pdf](https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa_airquality_g32816gon1210.pdf)>. Acesso em 05 fev. 2020.
- AFRICA DO SUL. Disponível em: Disponível em: <[https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa\\_airquality\\_g32816gon1210.pdf](https://www.environment.gov.za/sites/default/files/legislations/nemaqa_airquality_g32816gon1210.pdf)>. Acesso em 06 fev. 2020.
- ANDRADE, M. C. B. Implicações socioambientais decorrentes da industrialização nos municípios de Camaçari e Dias D'Ávila, Bahia. 2009. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- ANDRÉS, D. A.; FERRERO, E. J.; MACKLER, C. E. Importancia de la combinacion de equipos activos y pasivos de monitoreo en sistemas de vigilancia de la contaminacion atmosferica urbana. **Revista Tecnoticias**, p. 15–19, 1999.
- AUSTRALIA. Disponível em: <<https://www.environment.gov.au/protection/publications/factsheet-national-standards-criteria-air-pollutants-australia.html>>. Acesso em 05 fev. 2020.
- BAHIA. Constituição do Estado da Bahia. Salvador: Assembleia Legislativa do Estado da Bahia, 1989.
- BAUM, L. F. The NTP Era and Era Numbering, 2012. Disponível em <https://www.eecis.udel.edu/~mills/y2k.html>. Data da visita: 21/04/2020
- BELLEUDI V., FAUSTINI A., STAFOGGIA M., CATTANI G., MARCONI A., PERUCCI C. A., et al. Impact of fine and ultrafine particles on emergency hospital admissions for cardiac

and respiratory diseases. **Epidemiology**. 2010;21(3):414-23.  
<http://dx.doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181d5c021>

BEZERRA, A. C. V. Vigilância em saúde ambiental no Brasil: heranças e desafios. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 1044-1057, dez. 2017. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-12902017000401044&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902017000401044&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 22 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/s0104-12902017170093>.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1989) Resolução CONAMA n.º 005, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (1990) Resolução CONAMA n.º 003, de 28 de julho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 1990. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2018) Resolução CONAMA n.º 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Ministério do Meio Ambiente: CONAMA, 2018. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Ministério da Saúde. (2001). Instrução normativa n.º 1, de 25 de setembro de 2001. Regulamenta a vigilância ambiental em saúde. Fundação Nacional de Saúde. Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Presidência da República. (1975) Decreto-Lei n.º 1.413, de 31 de julho de 1975. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Casa Civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

BRASIL. Presidência da República. (1981) Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.. Casa Civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF: Imprensa Oficial.

CAMOZZATO, M. M.; LOUREIRO, M. M.; SILVA, T. C. A.; A justiça ambiental e o acesso à informação na construção da cidadania ambiental. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO E CONTEMPORANEIDADE DA UFSM, 2013, Santa Maria. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <http://http://coral.ufsm.br/congressodireito/anais/2013/5-3.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2019.

CANADA. Disponível em: <<http://airquality-qualitedelair.ccme.ca/en.html>>. Acesso em 16 jan. 2020.

CANÇADO, J. E. D. et al.; Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 32, supl. 2, p. S5-S11, May 2006. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S180637132\\_006000800003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180637132_006000800003&lng=en&nrm=iso)>. access on 20 May 2020.

CARTIER, R.; BARCELLOS, C.; HÜBNER, C.; PORTO, M. F. Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 12, p. 2695–2704, 2009.

CARVALHO, I. G. S. et al. Por um diálogo de saberes entre pescadores artesanais, marisqueiras e o direito ambiental do trabalho. **Ciência & saúde coletiva**, v. 19, p. 4011–4022, 2014.

CARVALHO, M. B. M.; Impactos e conflitos da produção de cimento no Distrito Federal Brasília. Dissertação (Mestrado) - **Centro de Desenvolvimento Sustentável**, Universidade de Brasília. Brasília. 2008.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Efeitos da poluição atmosférica na vegetação**. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/efeitos-da-poluicao/>.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Monitor passivo de dióxido de enxofre construção e testes de validação**. 1998.

CETREL S.A; **Critérios Básicos para subsidiar o Desenvolvimento de um Plano de Gestão de Emissões Atmosféricas**. Camaçari-BA, 2015.

COLOMBIA. Disponível em: < [ttp://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf)>. Acesso em 16 jan. 2020.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo** 2016 [internet]. São Paulo: CETESB; 2009. p 340. [citado 24 set 2009]. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/relatorio-ar-2016.pdf> >

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 83–97, 2016.

DERÍSIO, J. C.; **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 2nd ed. São Paulo: Signus, 2007.

EC. Diretiva 2008/50/CE. Disponível em: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20080611&from=NL>>. Acesso em 10 jan. 2020.

EMBAIXADA DO JAPÃO NO BRASIL. Versão em português. [S.l], 2012- **Questões ambientais**. Disponível em: < <https://www.br.emb-japan.go.jp/cultura/ambiente.html> >. Acesso em: 02 jul. 2019.

GALVÃO, L.; FINKELMAN, J.; HENAO, S. **Governança da saúde ambiental na América Latina**. In: Galvão LAC, Finkelman J, Henao S, organizadores. Determinantes ambientais e sociais da saúde. Rio de Janeiro: OPAS, Fiocruz; 2011.

GANZLEBEN, C.; ALEKSANDRA KAZMIERCZAK. Leaving no one behind – understanding environmental inequality in Europe. **Environmental Health**, v. 19, 2020.

GBD 2019 Risk Factors Collaborators, C. J. L., Aravkin, A. Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi-Kangevari, M., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I., Abegaz, K. H., Abolhassani, H., Aboyans, V., Abreu, L. G., Abrigo, M. R. M., Abualhasan, A., Abu-Raddad, L. J., Abushouk, A. I., Adabi, M., ... Lim, S. S. (2020). **Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global**

Burden of Disease Study 2019. *Lancet* (London, England), 396(10258), 1223–1249. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)

GERBOLES, M.; SPINELLE L.; BOROWIAK A.; **Measuring air pollution with low-cost sensors**: Thoughts on the quality of data measured by sensors. In European Commission, 2017. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/brochures-leaflets/measuring-air-pollution-low-cost-sensors>>

GONÇALVES, T. L. F. et al. Modelagem dos processos de remoção sulfato e dióxido de enxofre presente no particulado em diferentes localidades da região metropolitana de São Paulo. **Revista brasileira de Geofísica**, v.28, p.109-19, 2010.

HENSCHER, S. et al. Air pollution interventions and their impact on public health. **International Journal Public Health**, New York, v. 57, n. 5, p. 757-768, May 2012.

HERCULANO, S. Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil. **Ecologia**, p.15, In: I Encontro da ANPPAS – GT Teoria e Ambiente. São Paulo: Associação Nacional de Pós-graduação em Ambiente e Sociedade; 2002.

HOST S., LARRIEU S., PASCAL L., BLANCHARD M., DECLERCQ C., FABRE P., et al. Short-term associations between fine and coarse particles and hospital admissions for cardiorespiratory diseases in six French cities. **Occup Environ Med**. 2008;65(8):544-51. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2007.036194>

HUANG, Hong e GUO, Yuming et al. “Early life exposure to particulate matter air pollution (PM1, PM2.5 and PM10) and autism in Shanghai, China: A case-control study”. **Environment International**, 05 de novembro

IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. Vol.92. Geneve: **WHO Press**. 2010.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. 2014. Disponível em:



<[http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_Versao\\_Final\\_Std.pdf](http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Versao_Final_Std.pdf)> Acesso em: 02 dez. 2018.

INEMA. Portal do Sistema Estadual de Informações Ambientais. Disponível em: <<http://www.seia.ba.gov.br/fiscalizacao/fiscaliza-o-e-monitoramento-ambiental>>. Acesso em: 11/5/2019.

JAPÃO. Disponível em: < <https://www.env.go.jp/en/air/aq/aq.html>>. Acesso em 20 jan. 2020.

LACAVA, C. I. V., Avaliação da Qualidade do Ar. Capítulo 2. Emissões Atmosféricas. **Livro de TGA**. 2003. Disponível em: [http://www.ambiental.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/08/Livro\\_TGA-EA-\\_cap\\_2\\_\\_QUAL\\_AR.pdf](http://www.ambiental.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/08/Livro_TGA-EA-_cap_2__QUAL_AR.pdf). Acesso em: 02 dez. 2019.

LEWIS, A.; PELTIER, W. R.; SCHNEIDEMESSER, E. VON. Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications. **Low-cost sensors for the measurement of atmospheric composition: overview of topic and future applications**, 1 maio 2018.

MANAHAN, S. E. Environmental Chemistry: The atmosphere and atmospheric chemistry; Boca Raton: CRC Press LLC. 2000. **Capítulo 9 do Environmental Chemistry**

MARGULIS, S.; A Regulamentação ambiental: instrumentos e implementação, Rio de Janeiro: **Ipea**, 1996. 38p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_0437.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0437.pdf). Acesso em: 5 ago. 2017.

MOREIRA, F.R., MOREIRA J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública** 2004; 15:119-29

MURO JR., A.; ANTONIOSI FILHO, N.R.; STACUL, S.; LO PRESTI, D. Low-Cost Passive System for Environmental Monitoring. Preprints 2018, 2018070062 (doi: 10.20944/preprints201807.0062.v1).

NASCIMENTO, G.; ARAÚJO, P. F. **Estudo acerca do coeficiente de determinação nos modelos lineares e algumas generalizações**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) - Estatística, Universidade Federal do Paraná. Paraná. 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. WHO Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. World Health Organization. **Geneva**. 2016. Disponível em: <<http://who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organization. **Geneva**. 2005. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

PEREIRA, C. C. DE A.; MACHADO, C. J. Papini S. Vigilância em Saúde Ambiental - Uma Nova Área da Ecologia. 2a ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: Editora Atheneu; 2012. **Ciência e saúde coletiva**, v. 19, p. 4279–4280, 2014.

PAVANELLO, L. F. S. et al. DEFESA DO MEIO AMBIENTE E O PRINCÍPIO CONSTITUCIONAL DA LIVRE INICIATIVA: reflexão acerca da poluição atmosférica. Seminário apresentado em IX SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA & II SIMPÓSIO DE INOVAÇÃO, PROPRIEDADE INTELECTUAL E TECNOLOGIA. PORTAL DE EVENTOS DA UNIR, 8 maio 2018. Disponível em: <[http://www.eventos.unir.br/index.php/viii\\_spgp\\_i\\_sipitt/ixsempisintec/paper/view/1548](http://www.eventos.unir.br/index.php/viii_spgp_i_sipitt/ixsempisintec/paper/view/1548)>. Acesso em: 10 fev. 2021

POPE III, C.A.; DOCKERY, D.W.; Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect, **Journal of the Air & Waste Management Association** 2006; 56(6):709-742.

PORTO, M. F.S. Complexidade, processos de vulnerabilização e justiça ambiental: Um ensaio de epistemologia política. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, , n. 93, p. 31–59, 2011.

RÊGO, J. C. V. Ilha de Maré vista de dentro: um olhar a partir da comunidade de Bananeiras / Salvador/BA. 2009. 327f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2018.

RODRIGUES, S. C. A. **Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações**. Relatório de Estágio (Mestrado) - Matemática, Universidade da Beira Interior. Covilhã. 2012.

SCHIRMER, W. N.; PIAN, L. B.; SZYMANSKI, M. S. E.; GAUER, M. A.; A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 3583–3590, 2011.

TAVARES, T. M. (Org.); NASCIMENTO, D. M. C. (Org.) . **Atlas Socioambiental do Recôncavo Baiano**. 1. ed. Salvador: UFBA, 2014. v. 1. 204p.

TOLEDO, G. L; OVALLE, I. I. **Estatística básica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1985. 459 p.

VANZ, Argeu; MIRLEAN, Nicolai; BAISCH, Paulo. Avaliação de poluição do ar por chumbo particulado: uma abordagem geoquímica. **Química Nova**, São Paulo , v. 26, n. 1, p. 25-29, Jan. 2003 . Available from<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422003000100006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000100006&lng=en&nrm=iso)>. Access on 02 July 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422003000100006>.

VORMITTAG, E. M. P. A. Brasil não cumpre legislação sobre qualidade do ar. .Net, Rio de Janeiro, nov. 2017. **O Eco**. Disponível em: < <https://www.oeco.org.br/reportagens/brasil-nao-cumpra-legislacao-sobre-qualidade-do-ar/>> . Acesso em: 25 mar. 2019.

WILSON, S. et al. Use of EPA Collaborative Problem-Solving Model to Obtain Environmental Justice in North Carolina. **Progress in community health partnerships : research, education, and action**, v. 1, p. 327–37, 2007.

ZANCAN, L. Uma ecologia política dos riscos: princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 30, p. 217–218, 2014.

## ANEXOS

## ANEXO A – Carta de Anuência da Comunidade de Ilha de Maré



Salvador, 06 de dezembro de 2018

**CARTA DE ANUÊNCIA**

Prezada professora Rita de Cássia Franco Rêgo,

Pela presente, informo que estou de acordo com a coleta de dados a ser realizada na comunidade de Ilha de Maré, localizada no município de Salvador, Bahia, Brasil, logo após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Bahia.

Entendemos que o projeto intitulado "Usando a tecnologia móvel para avaliar a percepção de odor e sintomas relacionados à saúde respiratória" que não foi iniciada até a presente data, representa uma pesquisa importante para a consolidação das ações propostas da parceria que já vimos realizando com as professoras Rita de Cássia Franco Rêgo, da Universidade Federal da Bahia, Courtney Woods, da University of North Carolina em Chapel Hill, Professora Amanda Northcross, da George Washington University.

Atenciosamente,

Josemar Ferreira de Jesus  
Coordenador da Colônia de Pescadores Z-4, de Ilha de Maré  
(CNPJ – 13689351/0001-01)  
Tel. 99909-2421