

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
CENTRO DE ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS



Dissertação

IMPACTO DA PANDEMIA DE COVID-19 NA QUALIDADE DO AR NO
MUNICÍPIO DE PELOTAS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE OZÔNIO E MATERIAL
PARTICULADO FINO

Márcio Francisco Denzer Krüger

Pelotas, 2022

**IMPACTO DA PANDEMIA DE COVID-19 NA QUALIDADE DO AR NO
MUNICÍPIO DE PELOTAS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE OZÔNIO E MATERIAL
PARTICULADO FINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade federal de Pelotas – UFPEL, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Érico Kunde Correa
Co-orientador(es): Prof. Dr. Daniel Ricardo Arsand
Prof. Dr. Marcelo Félix Alonso

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

K89i Krüger, Marcio Francisco Denzer

Impacto da pandemia de Covid-19 na qualidade do ar no município de Pelotas através da análise de Ozônio e material particulado fino / Marcio Francisco Denzer Krüger ; Érico Kunde Correa, orientador ; Marcelo Félix Alonso, Daniel Ricardo Arsand, coorientadores. — Pelotas, 2022.

122 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Covid-19. 2. Restrição social. 3. Poluição atmosférica. 4. Sustentabilidade ambiental. I. Correa, Érico Kunde, orient. II. Alonso, Marcelo Félix, coorient. III. Arsand, Daniel Ricardo, coorient. IV. Título.

CDD : 363.7

Elaborada por Maria Inez Figueiredo Figas Machado CRB: 10/1612

Márcio Francisco Denzer Krüger

**IMPACTO DA PANDEMIA DE COVID-19 NA QUALIDADE DO AR NO
MUNICÍPIO DE PELOTAS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE OZÔNIO E MATERIAL
PARTICULADO FINO**

Dissertação aprovada como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 28 de novembro de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Érico Kunde Correa (Orientador)
Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Prof. Dr. Daniel Ricardo Arsand (Co-orientador)
Doutor em Química pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Prof. Dr. Marcelo Félix Alonso (Co-orientador)
Doutor em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Prof. Dr. Cícero Coelho de Escobar (Titular)
Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Jonas da Costa Carvalho (Titular)
Doutor em Meteorologia pela Universidade de São Paulo (USP)

Profa. Dra. Mariana Farias de Souza (Titular)
Doutor em Química Tecnológica e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Profa. Dra. Gizele Ingrid Gadotti (Suplente)
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes pela Universidade Federal de Pelotas - UFPeI

Dedico este trabalho ao meu orientador
Prof. Érico Kunde Correa, aos co-
orientadores Prof. Marcelo Félix Alonso e
Professor Daniel Ricardo Arsand e aos
meus colegas pela força nesse período e
ajuda durante a pesquisa. A UFPel
através do Programa de Pós Graduação
em Ciências Ambientais (PPGCamb) pela
oportunidade gerada primeiramente como
aluno especial e depois com aluno
regular. Ao IFSul Campus Pelotas pela
parceria durante o projeto e também a
UNIFESP pela contribuição durante a
pesquisa e empréstimo de seu
equipamento durante o período de
campanha.

AGRADECIMENTOS

Neste trabalho agradeço a minha família e especialmente para o meu pai no qual eu perdi em 2021.

Ao meu orientador agradeço pela oportunidade dada para desenvolver o projeto e aos co-orientadores pela ajuda durante toda a pesquisa e aos colegas pela força e estímulo durante o processo.

Agradeço também a ajuda do Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas - UFPel e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul) Campus Pelotas na obtenção dos dados da pesquisa e equipamentos em parceria com esse projeto, juntamente com sua assessoria.

Aqui também fica ao agradecimento a Universidade de São Paulo - UNIFESP NILTON pela empréstimo do equipamento e ao IFSul Campus Pelotas pelo consentimento de colocar o equipamento no campus.

*“Conscientizar é preciso!
Vamos ser coerentes como nosso Meio
Ambiente, combatendo a poluição”.*
(CARNEIRO, Wilamy)

Resumo

KRÜGER, Márcio Francisco Denzer. **Impacto da pandemia Covid-19 na qualidade do ar no Município de Pelotas através da análise de Ozônio e material particulado fino**. Orientador: Érico Kunde Correa. Co-orientador(es): Daniel Ricardo Arsand e Marcelo Félix Alonso. 2022. Xxf. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

A pandemia nos revelou um novo panorama mundial mais restrito do ponto de vista social. Os resultados evidenciados nessa pesquisa mostraram uma diferença existente entre os períodos antes e durante a pandemia do Coronavírus. A relação poluição atmosférica x Meio Ambiente tem mostrado uma relação diretamente ligada com os aspectos da sociedade e esses se entrelaçam diretamente na qualidade de vida das pessoas. O clima tem um papel muito importante, pois influencia o comportamento dos poluentes atmosféricos e assim agindo na sociedade sobre os mais diversos aspectos. Esses fatores ambientais estão relacionados com a sustentabilidade das cidades e suas consequências se tornam problemas influenciando a vida cotidiana. O monitoramento dos poluentes atmosféricos é fator primordial para o desenvolvimento ambiental, social e econômico, o que ajuda na qualidade de vida da população da cidade de Pelotas/RS.

Palavras-chave: Covid-19; Restrição Social; Poluição Atmosférica; Sustentabilidade Ambiental.

Abstract

KRÜGER, Márcio Francisco Denzer. **Impact of the Covid-19 pandemic on air quality in the Municipality of Pelotas through the analysis of Ozone and fine particulate matter.** 2022. Xxxf. Advisor: Érico Kunde Correa. Co-advisors: Daniel Ricardo Arsand and Marcelo Félix Alonso. 2022. Xxxf. Dissertation (Master in Environmental Sciences) - Engineering Center, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2022

The pandemic has revealed a new world panorama that is more restricted from a social point of view. The results evidenced in this research showed a difference between the periods before and during the Coronavirus pandemic. The relationship between atmospheric pollution and the environment has shown a relationship directly linked to aspects of society and these are directly intertwined with people's quality of life. The climate has a very important role, as it influences the behavior of atmospheric pollutants and thus acting in society on the most diverse aspects. These environmental factors are related to the sustainability of cities and their consequences become problems influencing everyday life. Monitoring atmospheric pollutants is a key factor for environmental, social and economic development, which helps in the quality of life of the population of the city of Pelotas/RS.

Key-words: Covid-19; Social Restriction; Atmospheric pollution; Environmental Sustainability.

Lista de ilustrações

Figura 1	Mapa do Município de Pelotas	32
Figura 2	Tabela de Veículos no RS e a Variação da Frota.....	33
Figura 3	Gráfico da distribuição de veículos no RS.....	34
Figura 4	Gráfico do Aumento da Frota de veículos em Pelotas.	40
Figura 5	Gráfico do aumento da frota de veículos no Brasil.....	40
Figura 6	Gráfico da variação da frota de veículos	41
Figura 7	Distribuição da frota de veículos nos Estados.....	41
Figura 8	Mapa da distribuição da frota nos estados	42
Figura 9	Gráfico da Evolução da frota de Veículos por Combustíveis (Automóveis; Comerciais Leves; Caminhões; Ônibus).	42
Figura 10	Gráfico do envelhecimento da frota nacional.	43
Figura 11	Mapa da cidade de Pelotas.....	46
Figura 12	Mapeamento dos Pontos de Pesquisa	47
Figura 13	Gráfico dos Parâmetros Meteorológicos Pesquisados	48
Figura 14	Aparelho Sensor de Baixo Custo	49
Figura 15	Aspecto eletrônico do equipamento	49
Figura 16	Funcionamento do aparelho Sensor de Baixo Custo	50
Figura 17	Aparelho de Sensor de Baixo Custo.....	50
Figura 18	Aparelho Bam 1020.....	51
Figura 19	Localização do Aparelho Bam1020	52
Figura 20	Equipamentos para mensuração da Qualidade do Ar	53
Figura 21	Médias Diárias do Ozônio ao longo da pesquisa.....	55

Figura 22	Evolução do Ozônio ao longo da pesquisa	56
Figura 23	Gráfico da Concentração de Material Particulado, Sensor de Baixo Custo.....	57
Figura 24	Gráfico da Concentração de Ozônio , Sensor de Baixo Custo.....	58

Lista de tabelas

Tabela 1	Padrões Nacionais de Qualidade do Ar com base na Resolução CONAMA n° 491, de 19/11/2018	21
Tabela 2	Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera	23
Tabela 3	Poluentes, fontes e efeitos.	26
Tabela 4	Frota circulante.....	39
Tabela 5	Efeitos dos Principais Poluentes na Atmosfera.....	

Lista de siglas

ABIPEÇAS	Associação Brasileira da Indústria de Autopeças
BR -116	Rodovia Federal brasileira que tem início no município de Fortaleza, no estado do Ceará, e termina em Jaguarão, no Rio Grande do Sul, na fronteira com o Uruguai.
BR- 392	Rodovia Federal brasileira que tem início é no município de Rio Grande, no Super Porto, e segue até a cidade de Porto Xavier, na fronteira com a Argentina.
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COVID-19	Corona virus disease 19
CPPMET	Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
EEA	<i>European Economic Area</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FEPAM	Federação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
HPAS	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
IBGE	Instituto Brasileiro Geografia e Estatística
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
IFSul	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPCS	International Program Chemical Safety
LabCliP	Laboratório de Clima e Poluição do Ar
MINTER	Ministério de Estado do Interior
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial da Saúde
PATRAM	Batalhão da Polícia Ambiental
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PPGA	Programa de Pós-Graduação em Administração

PROCERGS	Centro de Tecnologia da Informação e Comunicação do Estado do Rio Grande do Sul
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo.
RS	Rio Grande do Sul
RS 471	Rodovia Estadual do Rio Grande do Sul localizada no extremo sul do país, no estado do Rio Grande do Sul.
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SINDIPEÇAS	Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
UNIFESP	Universidade Federal do Estado de São Paulo
USEPA	United States Environmental Protection Agency
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

CH ₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrogênio
H ₂ S	Sulfeto de Hidrogênio
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
HNO ₃	Ácido Nítrico
HPA _S	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
MP 2,5	Material Particulado 2,5 µg\m ³
MP 10	Material Particulado 10 µg\m ³
MP	Material Particulado
NO _x	Óxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO ₃	Nitrato
O ₃	Ozônio
PTS	Partícula Totais em Suspensão
PI	Partículas Inaláveis ou Material Particulado
PAN	Nitrato de Peroxiacetila
PB	Chumbo
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SO ₃	Trióxido de Enxofre
SO ₄ ⁻²	Sulfato

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivo geral	18
1.2	Objetivo específico	17
1.3	Hipótese	17
2	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	Poluição Atmosférica Ambiental no Contexto Histórico - Social.....	17
2.2	Poluentes Atmosféricos.....	22
2.3	Riscos da poluição atmosférica.....	25
2.3.1	Parâmetros de qualidade do ar.....	27
2.3.1.1	Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis e Fumaça	28
2.3.1.2	Ozônio.....	29
2.4	Problemas de poluição atmosférica em cidades	30
2.4.1	Cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.....	31
2.5	Relação entre o número de veículos com a poluição atmosférica.....	34
2.6	Veículos Automotores	36
2.7	Características Meteorológicas	44
3	MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1	Sensores de Baixo Custo	49
3.2	Bam 1020.....	51
3.2.1	Operação.....	51
3.2.2	Dados Coletados.....	52
3.2.3	Manutenção.....	52
3.2.4	Sistema de controle de tratamento de erros.....	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5	CONCLUSÃO	54
6	CRONOGRAMA	58
7	BIBLIOGRAFIA	60

1 INTRODUÇÃO

A Poluição Atmosférica está inserida em conjuntos de impactos ambientais, principalmente pelo avanço tecnológico industrial e pelo aumento dos tráfegos de veículos constantes nas grandes e médias cidades, causando uma série de danos ambientais, sociais e econômicos (CETIN et al., 2019; SONG et al., 2020).

A poluição atmosférica em ambientes urbanos industriais é um problema existente nos últimos séculos sendo ocasionado, principalmente, pela queima de combustíveis fósseis e emissões industriais (MARTINS; KÄFFER; LEMOS, 2008). Atualmente a poluição de dióxido de enxofre, material particulado e óxidos de nitrogênio causada por fontes móveis (veículos, etc.) ultrapassou as fontes fixas (indústrias, etc.) na carga de poluentes emitidos para a atmosfera, tornando-se a principal contribuinte para a poluição do ar nos centros urbanos. (NAKAGAWA; COMARÚ; TRIGOSO, 2010).

Destaca-se o dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), metais pesados, oxidantes fotoquímicos como o ozônio (O₃) e o nitrato de peroxiacetila (PAN). (MARTINS; KÄFFER; LEMOS, 2008, p.56).

Os efeitos na saúde da exposição humana à poluição do ar podem ser de longo ou curto prazo, e diferentes poluentes podem ter características de exposição-resposta significativamente diferentes (CORREIA et al., 2007; MACIEJEWSKA et al., 2020).

Segundo Pozza a concentração dos poluentes na atmosfera, é medida pelo grau de exposição dos receptores (organismos vivos) como resultado do lançamento desse poluente na atmosfera a partir de suas fontes de emissão e suas interações na atmosfera do ponto de vista físico (diluição) e químico (reações químicas). A concentração de um gás poluente na atmosfera vai depender da taxa em que este é emitido, dos processos de produção e remoção e das características meteorológicas (LAWRENCE et al., 2007). Entre os problemas decorrentes estão problemas relacionados a área da saúde, bem-estar, qualidade de vida e a questões ambientais relacionados a fauna e flora.

A origem dos poluentes atmosféricos pode ser tanto antrópica quanto de fontes naturais, e um efetivo controle para que a concentração destes poluentes no ar se mantenha em níveis seguros para a saúde pública e meio ambiente é uma tarefa difícil e muitas vezes ineficiente, principalmente nas grandes cidades e em zonas muito industrializadas, especialmente nos países em desenvolvimento onde as tecnologias de controle da poluição são pouco utilizadas e as leis de proteção ambiental são preteridas pela necessidade de desenvolvimento socioeconômico (FEDERAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER - FEPAM, 2018).

Os seres humanos, em ambientes poluídos, sofrem a médio e longo prazo os efeitos prejudiciais dessa situação. Pesquisas têm demonstrado, nas últimas décadas, a estreita relação que existe entre ambientes com ar poluído e diferentes doenças (ROSALES-CASTILLO et al., 2001; SILLMAN; HE, 2002; SILLMAN, 2003). Com o uso do petróleo e de combustíveis fósseis no século XX, houve um aumento crescente na contaminação atmosférica (PHILIPPI, 2004).

Em decorrência desta transformação acabamos pagando um alto preço com o avanço da poluição sobre o meio ambiente e uso extensivo de recursos naturais tem gerado uma série de impactos ambientais decorridos das atividades antrópicas. Dentre as diversas problemáticas ambientais existentes, ganha destaque a poluição atmosférica que, segundo dados da Organização Mundial da Saúde - OMS, foi responsável pela morte de 3,6 milhões de pessoas no mundo em 2012 (WHO, 2014).

No amparo legal da lei temos a legislação brasileira quanto à qualidade do ar, as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 005/89 e nº 003/90 são a base legal em nível nacional para a definição dos padrões de qualidade a serem adotados, bem como as metodologias de medição e demais ações de monitoramento pelos órgãos de controle. Mais recentemente criou-se a resolução do CONAMA n. 491/ 2018 tornando-se mais restrigente aos parâmetros para Material Particulado, Dióxido de Enxofre, Partículas Totais em Suspensão, Fumaça, Ozônio, Monóxido de Carbono e Chumbo.

Porém, o emprego de bioindicadores não pretende e não consegue substituir medições de concentrações ambientais de poluentes pelo uso de métodos físico-químicos, mas fornece informações adicionais referentes a efeitos sobre organismos vivos (KLUMPP, 2001, p. 512). Ferreira et al. (2017), citam em seu trabalho a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2014), fala que

as vantagens do uso de bioindicadores comparado aos métodos convencionais de avaliação da qualidade ambiental está em seu custo reduzido, podendo ser utilizado para a avaliação acumulativa de eventos ocorridos num determinado período de tempo, resgatando um histórico ambiental não passível de detecção ou medição por outros métodos (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

Vários trabalhos no Brasil têm atenção focada no estudo do impacto futuro na qualidade do ar devido as mudanças em atividades vinculadas diretamente com as emissões de contaminantes (MARTINS, 2007; ALONSO, 2011; MAZZOLI, 2013).

No Brasil, acontece a divulgação de muitas pesquisas mas de pouca atenção das partes governamentais, o contrário: é um dos países que mais publica sobre o tema no mundo, entre os seis primeiros, e não conseguiu estabelecer políticas públicas, que, de fato, venham a trazer benefícios para a saúde pública, possui um monitoramento insuficiente no país, níveis relativamente elevados de poluentes atmosféricos e baseia-se, em nível nacional, em um dos piores padrões de poluição do ar. (FAJERSZTAJN et al., 2013). Segundo Dias (2012), em seu livro Turismo Sustentável e Meio Ambiente afirma que a "busca da natureza, constituindo-se cada vez mais uma atividade passiva, pode ocasionar grave degradação ambiental e originar desastres ambientais protegidos" (p. 19). Em busca da sustentabilidade segundo o Relatório Brutland "Nosso Futuro Comum" fala que a tecnologia e a organização social impõem limitações ao meio ambiente, impedindo as necessidades de atendimento a atualidade e gerações futuras.

Pesquisas científicas servem de base para proporcionar a introdução de políticas públicas que visam controlar os malefícios ambientais e proporcionar melhor qualidade de vida à sociedade. Diante da importância do tema para a sociedade, este trabalho pretende avaliar a qualidade do ar no município de Pelotas e por consequente mensurar os dados referentes aos poluentes atmosféricos (dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio, material particulado 10, material particulado 2,5, partículas totais em suspensão, monóxido de carbono e chumbo). Salienta-se que a cidade Pelotas não possui um monitoramento contínuo de qualidade do ar. Esse trabalho é fruto da campanha de monitoramento organizada pelo Grupo de Estudos em Poluição Atmosférica, da Faculdade de Meteorologia da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, em parceria com o

Laboratório de Clima e Poluição do Ar da Universidade Federal do Estado de São Paulo (LabCliP/UNIFESP) e colaboração dos Institutos e Programas parceiros.

1.1 Objetivo

Avaliar a qualidade do ar na cidade de Pelotas através do ozônio e material particulado durante os meses de outubro de 2019 a maio de 2020, coincidente com o período pré e pandêmico de Covid-19 na poluição do ar.

1.2 Objetivo Específico

Avaliar os poluentes ozônio e material particulado no período da campanha de monitoramento e o possível impacto da restrição social(janeiro a junho de 2020) nos níveis de poluição.

Avaliar o comportamento do ciclo diurno dos poluentes ozônio e material particulado durante a campanha realizada entre os meses de setembro de 2019 a maio de 2020.

Avaliar o comportamento os aspectos meteorológicos e a interferência com os dados pesquisados e sua influência no ambiente.

Comparar as ultrapassagens quanto aos poluentes ozônio e material particulado quanto ao padrão CONAMA n° 491/18 e OMS.

1.3 Hipótese

A concentração de ozônio, por conta da emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) e dos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) e a emissão de Material Particulado Fino estão associados à atividades veiculares em áreas urbanas. A redução da circulação de veículos a partir do período de (restrição social) vai provocar uma diminuição da poluição atmosférica urbana associada a esses poluentes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Poluição Atmosférica Ambiental no Contexto Histórico- Social

A poluição do ar acompanha a humanidade desde os tempos remotos (MAKI et al., 2013). Moreira (2004) e Mosley (2001) em seus respectivos trabalhos falam que a poluição atmosférica pode ser reconhecida como um dos dilemas ambientais mais importantes e controvertidos dos tempos modernos, também é um dos problemas mais antigos.

No século XIII (1273), o Rei Eduardo, da Inglaterra, estabeleceu as primeiras medidas relacionadas à qualidade do ar, proibindo o uso de carvão com alto teor de enxofre e posteriormente, Elizabeth I proibiu a queima do carvão, em Londres, durante as sessões do Parlamento, no sentido de reduzir a fumaça e o odor produzidos (CAVALCANTI, 2010).

Em seu trabalho Cavalcanti (2010) cita alguns períodos importantes quanto a problemática da poluição do ar descrevendo os períodos abordados pela pesquisa. O mesmo autor evidencia os acontecimentos como:

- 1930 no Meuse Valley (Bélgica)
- 1948, Pensilvânia (EUA)
- 1950: Poza Rica (México)
- 1952: Londres (Inglaterra)

O livro Fundamentos da Toxicologia em seu capítulo 2.2 escrito pelos autores Daniele de Palma de Oliveira e Fábio Kummrow (2010) fala que de acordo com as temperaturas baixas, associadas à emissão dos veículos movidos a diesel, à queima de carvão nas lareiras domésticas e às condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão da poluição fizeram com que a cidade ficasse envolta por uma densa nuvem de fumaça. De acordo com Calvacanti (2010) a cidade de Londres teve resultado da presença de altas concentrações de material particulado e dióxido de enxofre na atmosfera foram registradas 4.000 mortes. “Osmog em Londres, conhecido como “A Névoa Mata dora”, que ocasionou mais de quatro mil mortes, sendo o primeiro a promover movimentação das autoridades de saúde e a atenção quanto à qualidade do ar”.(HOGAN, 2007, p. 272). Outros episódios semelhantes registrados na capital britânica, em 1957 e 1962, ocasionaram, respectivamente, 800 e 700 fatalidades (BRANDÃO; CARVALHO, 2011, p. 72).

Almeida (2017) diz que nas décadas de 60 e 70, quase todos os países da Europa, além do Japão, Austrália e Nova Zelândia experimentaram sérios episódios

agudos de poluição do ar. Os impactos gerados pela poluição atmosférica proporcionaram medidas de controle como descreve Goldemberg e Barbosa (2004), no qual comentam que em 1956 foi aprovada a Lei do Ar Puro na Inglaterra além da aprovação de novas Leis, no Japão, América do Norte e em diversos países da Europa Ocidental, propiciando a criação de agências de monitoramento, regulamentação e avaliação da qualidade ambiental. A poluição do ar vem sendo considerada pela maioria dos países como o principal agente de degradação ambiental do planeta (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE, 2007).

Foi somente após a Conferência de Estocolmo (1972) que o Brasil mostrou interesse em adotar uma política ambiental. Assim, em 1973 foi criada a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do Interior (CAVALCANTI, 2010). O livro Fundamentos da Toxicologia no capítulo 2.2 dos autores Daniele de Palma de Oliveira e Fábio Kummrow (2010), descreve que a monitorização da qualidade ambiental é relativamente recente e iniciada na década de 1970 com a criação das agências de controle ambiental, como a *Environmental Protection Agency* (EPA), *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

O marco inicial da regulamentação da poluição do ar no Brasil ocorre com a Portaria Ministério de Estado do Interior (MINTER) nº 231, de 27 de abril de 1976, que estabeleceu padrões de qualidade do ar para alguns poluentes (CAVALCANTI, 2010), que tinha como base a qualidade do ar para material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos. E finalmente no ano de 1981, o Brasil fez um enorme avanço na questão ambiental. O Governo Federal, por intermédio da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) por meio da Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, pela qual o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) foram criados, instituindo também instrumentos como Padrões de Qualidade Ambiental, Zoneamento Ambiental, Avaliação de Impactos Ambientais, Licenciamento Ambiental e o Sistema Nacional de Informações Ambientais. A Resolução CONAMA nº 001/1986 propõe que os impactos ambientais sejam avaliados com uma série de critérios que avaliam o impacto com relação à sua magnitude e importância, a fim de criar escalas para os critérios de magnitude e severidade do impacto através da combinação de atributos.

O CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do Art. 6º, da Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989, considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no país, estabelece novos padrões de qualidade do ar.

Assim, por meio da Resolução CONAMA nº 005, de 15 de junho de 1989, foi criado o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR com o objetivo de promover a orientação e controle da poluição atmosférica no país, adotando o estabelecimento de padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão na fonte, a implementação de uma política de prevenção de deterioração da qualidade do ar, a implementação da rede nacional de monitoramento do ar e o desenvolvimento de inventários de fontes e poluentes atmosféricos prioritários. A primeira ação do PRONAR em relação a qualidade do ar foi a resolução do Conama de nº 03, de 28 de junho de 1990, que estabeleceu os novos padrões nacionais de qualidade do ar em substituição aos fixados pela Portaria MINTER nº 231/1976.

Além de estender o número de parâmetros regulamentados de quatro para sete (partículas totais, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio e ozônio troposférico), também foi introduzida na legislação a figura dos padrões secundários de qualidade do ar, mais restritivos que os primários, constituindo-se seu atendimento em meta de longo prazo.

No âmbito nacional a resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990, estabeleceu padrões primários e secundários para partícula totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (MP₁₀), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂) assim como definiu os padrões primários como poluentes que se ultrapassadas poderão afetar a saúde da população e entendidos como níveis máximos toleráveis de um poluente atmosférico a médio e em curto prazo.

No Brasil os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 491/2018, que revogou e substituiu a Resolução CONAMA nº 003/1990 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019). Segundo esta Resolução, o padrão de qualidade do ar é 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 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

Contudo, em maio de 2021, o Conselho Estacional do Meio Ambiente (CONSEMA) aprovou a admissão da Meta Intermediária 2 (MI2), que estabelece um valor limítrofe de 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para a concentração de O_3 , que entrou em vigor a partir de 01 de janeiro de 2022 (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2021). Os parâmetros regulamentados pela legislação ambiental são os seguintes: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2) e chumbo (PB). (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

Segundo a Tabela 1 apresentada nesse contexto com os poluentes regulamentados, padrões internos 1, 2 e 3 com padrão final regulamentado pela OMS e as suas concentrações em PPM.

Tabela 1 Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, com base na Resolução CONAMA nº 491 de 19/11/218

Poluente Atmosférico	Sigla	Período de Referência	PI-1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PI-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PI-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PF $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PPM
Material Particulado 10	MP10	24 horas	120	100	75	50	
		Anual ¹	40	35	30	20	
Material Particulado	MP 2,5	24 horas	60	50	37	25	
		Anual ¹	20	17	15	10	
Dióxido de Enxofre	SO_2	24 horas	125	50	30	20	
		Anual ¹	40	30	20		
Dióxido de Nitrogênio	NO_2	1 hora ²	260	240	220	200	
		Anual ¹	60	50	45	40	
Partículas Totais em Suspensão	PTS	24 horas				240	
		Anual ⁴				80	
Fumaça		24 horas	120	100	75	50	
		Anual ¹	40	35	30	20	
Ozônio	O_3	8 horas ³	140	130	120	100	
Monóxido de	CO	8 horas ³					9

Carbono

Chumbo	PB5	Anual ¹	0,5
--------	-----	--------------------	-----

1 - média aritmética anual

2 - média horária

3 - máxima média móvel obtida no dia

4 - média geométrica anual

5 - medido nas partículas totais em suspensão

Partes por milhão (ppm)

Fonte: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2019.

Tabela 2 Padrões de qualidade do ar - OMS

Poluente	Média por período	Valores de quantidade do ar
Material Particulado 10	1 ano	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Material Particulado 2,5	1 ano	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ozônio O ₃	8 horas	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Nitrogênio NO ₂	1 ano	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	1 hora	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Dióxido de Enxofre SO ₂	24 horas	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	10 minutos	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte: Who (2021).

2.2 Poluentes Atmosféricos

Os poluentes atmosféricos são qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora, prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (CONAMA, 2018).

Olmo (2010) descreve que a Poluição Atmosférica está inserida nesse conjunto de impactos ambientais, principalmente pelo avanço tecnológico industrial e pelo aumento dos tráfegos constantes nas grandes e médias cidades, causando uma série de danos ambientais, sociais e econômicos. As interações que envolvem as emissões de poluentes atmosféricos por fontes fixas (indústrias, queima de lixo, fornos, caldeiras, etc.) ou móveis (veículos automotores, etc.), as condições meteorológicas e as características geográficas da região em estudo, determinam a concentração de poluentes atmosféricos (DA SILVA, 2014). Alguns desses poluentes Maki et al. (2013) são definidos como poluentes primários o que são lançados no ar, como é o caso do dióxido de enxofre (SO_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S), óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), dióxido de Carbono (CO_2) e metano (CH_4) e alguns particulados como poeira; os secundários são aqueles formados na atmosfera por meio de reações que ocorrem em razão da presença de certas substâncias químicas e de determinadas condições físicas no qual o autor destaca-se o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o ácido sulfúrico (H_2SO_4), o ácido nítrico (HNO_3), o trióxido de enxofre (SO_3), os nitratos (NO_3^-), os sulfatos (SO_4^{2-}), o ozônio (O_3) e o nitrato de peroxiacetila – PAN – ($\text{CH}_3 = \text{OO}_2\text{NO}_2$), sendo que os dois últimos estão entre os mais prejudiciais às pessoas e à vegetação porque formam radicais livres (superóxidos, hidroxilas, dentre outros) que atacam os seres vivos.

Adicionalmente à previsão do tempo e clima, o uso da modelagem numérica para o diagnóstico e prognóstico da qualidade do ar nas grandes cidades vem ganhando espaço na produção científica atual no mundo todo, principalmente com relação ao ozônio troposférico e seus efeitos nocivos nos seres vivos (ALONSO, 2011). Uma boa pesquisa científica é necessária como base para proporcionar a introdução de políticas públicas que visem controlar os malefícios ambientais e proporcionar melhor qualidade de vida à sociedade.

A CETESB (2014) ressalta a escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar estar ligada à sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam à saúde e ao meio ambiente. A Tabela 3 apresenta as fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera de acordo com seus impactos.

Tabela 3 Fontes, características e efeitos dos principais poluentes na atmosfera.

Poluentes	Características	Fontes principais	Efeitos gerais ao Meio Ambiente
Partículas Inaláveis Finas (MP 2,5)	Partícula e material sólida ou líquidas suspensas no ar, na forma de areia, neblina, aerossol, fumaça e fuligem, etc., que podem permanecer no ar e percorrer novas distâncias. Faixa de tamanho $\leq 2,5$ micra.	Processos de combustão (Industrial, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera), como sulfato e nitrato entre outros.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade, contaminação do solo e da água.
Partículas Inaláveis(MP10) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua res suspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen aerossol marinho e solo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ SO ₄ . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, polpa e papel.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.

Dióxido de Nitrogênio(NO_2)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	
Ozônio(O_3)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente à atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas, plantas ornamentais.

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2014)

2.3 Riscos da poluição atmosférica

De acordo com a Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM (2018), a poluição do ar ocorre quando são lançados para a atmosfera partículas, gases e vapores gerados por indústrias, veículos, termelétricas e outras fontes. Lemos (2010) em seu trabalho ressalta que essa poluição é mais intensa no inverno, quando ocorrem inversões térmicas (períodos em que o ambiente não favorece a dispersão de poluentes) ou ventos de baixa velocidade.

A FEPAM (2018) ainda comenta que a má qualidade do ar causa problemas de saúde às pessoas e também ao meio ambiente, podendo provocar a corrosão de alguns materiais como ferro, aço, concreto e mármore, pela geração de chuva ácida, por meio de reações químicas de compostos ácidos presentes na atmosfera, principalmente SO_2 (dióxido de enxofre) e NO_x (óxidos nitrogenados) que, em contato com o vapor d'água, oxigênio e oxidantes, formam ácidos que atacam esses

materiais. Alonso (2011) ressalta que a contribuição relativa de cada fonte para a emissão de um determinado poluente primário, dentro de um ambiente urbano, envolve um complexo levantamento de diversos fatores. As tabelas 4 e 5 apresentam fontes e características de alguns poluentes na atmosfera e seus principais efeitos.

Tabela 4 Poluentes: Fontes e efeitos

Fontes e característica de alguns poluentes na atmosfera		
Poluente	Características	Principais fontes Antropogênicas
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Tamanho < 100 micra	Processos industriais, veículos automotores (exaustão), poeira de rua res suspensa, queima de biomassa.
Partículas Inaláveis (PM10)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Tamanho < 10 micra	Processos de combustão (indústrias e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, altamente solúvel. Na presença de vapor d'água pode ser transformado a SO ₃ passando rapidamente a H ₂ SO ₄ , sendo um dos principais constituintes da chuva ácida. É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis. No verão, através dos processos fotoquímicos, as reações do SO ₂ são mais rápidas.	Combustão de combustíveis fósseis (carvão), queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel.
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Podem levar a formação de HNO ₃ , nitratos e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, indústrias, usinas termoelétricas (óleo, gás, carvão) e incineração.

Fonte: Fundação Estadual de Proteção Ambiental (2018)

Tabela 5 Efeitos dos Principais Poluentes na Atmosfera

Efeitos dos principais poluentes na atmosfera		
Poluente	Efeitos sobre a saúde	Efeitos gerais ao Meio Ambiente
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Causam efeitos significativos em pessoas com doenças pulmonares, como asma e bronquite.	Danos a vegetação, redução da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Inaláveis (PM10)	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras. Insuficiências respiratórias pela deposição deste poluente nos pulmões.	Danos a vegetação, redução da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao SO ₂ . Irritação ocular.	Pode levar a formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação.
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Aumento da sensibilidade à asma e à bronquite.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos a vegetação.
Monóxido de Carbono (CO)	Causa efeito danoso no sistema nervoso central, com perda de consciência e visão. Exposições mais curtas podem também provocar dores de cabeça e tonturas.	
Ozônio (O ₃)	Irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar. Exposição a altas concentrações pode resultar em sensações de aperto no peito, tosse e chiado na respiração. O O ₃ tem sido associado ao aumento de admissões hospitalares.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais. Pode danificar materiais devido ao seu alto poder oxidante.

Fonte: Fundação Estadual de Proteção Ambiental (2018)

2.3.1 Parâmetros de qualidade do ar

De acordo com a resolução do CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990 e com o art. 4 descreve que ficam estabelecidos os seguintes parâmetros de

qualidade de ar atmosférico: partículas inaláveis, fumaça, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de nitrogênio e partículas totais em suspensão. As estações de monitoramento são plataformas responsáveis pelo controle e monitoramento da qualidade do ar nas cidades. Os equipamentos para fazer esse controle e monitoramento são equipamentos caros e que necessitam grandes estruturas (JACOMINO et al., 2009), muitas cidades acabam não investindo nesses equipamentos e pedindo auxílio das universidades da região (RIBEIRO et al., 2017).

2.3.1.1 Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis e Fumaça

O Ministério do Meio Ambiente (2019) definiu o conceito assim como suas fontes e efeitos no qual define Material Particulado (MP) como uma mistura complexa de sólidos com diâmetro reduzido, cujos componentes apresentam características físicas e químicas diversas. Castro; Araújo e Silva (2013) em seu estudo diz que o material particulado está representado pelos materiais totais em suspensão (PTS), partículas com diâmetro igual ou superior 100 μm e materiais com diâmetros de 10 μm e 2,5 μm (PM 10 e PM 2,5). O mesmo autor em seu trabalho estudos fala que o PTS somado com o PM 10 e PM 2,5 formam o material particulado conhecido na comunidade científica (COELHO, 2007).

Fontes - no seu respectivo estudo Castro, Araújo e Silva (2013) citam que

as fontes naturais são atribuídas à poeira do solo, ao sal do mar, aos distúrbios geológicos, aos restos biológicos, aos incêndios florestais e a oxidação de gases biogênicos reativos, enquanto as partículas das fontes antropogênicas são decorrentes da queima de combustíveis fósseis por fontes fixas e móveis, as emissões fugitivas, e várias atividades industriais, comerciais e residenciais (CASTRO, ARAÚJO, SILVA, 2013, p.)

Chan e Yao (2008) e Viana et. al. (2008), além da queima de biomassa vegetal, emissões de amônia na agricultura e emissões decorrentes de obras e pavimentação de vias (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

Efeitos - estudos indicam que os efeitos do material particulado sobre a saúde incluem: câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de

sintomas de asma, aumento de internações hospitalares podendo levar à morte (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

Cavalcanti (2010) descreve em seu trabalho que

A percepção das Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis e Fumaça, é possível primeiramente através dos aspectos estéticos, pois este interfere na visibilidade e está associada à geração de corrosão e sujeira em superfícies de prédios, tecidos e outros materiais e estruturas (YAMAGATA; DAMATO, 2001, p.).

O material particulado possui a capacidade de aumentar os efeitos fisiológicos dos gases presentes no ar, podendo agravar seus efeitos. Um exemplo é o efeito de uma mistura de material particulado e dióxido de enxofre fazendo com que os efeitos do dióxido fiquem mais acentuados (LOPES, 2004).

Braga et al., (2007) fala em seu trabalho sobre os Estudos epidemiológicos feitos no Brasil têm constatado associações do material particulado com a incidência de doenças respiratórias. Pandya et al. (2002) ressaltam que os gases e partículas ultrafinas provenientes da queima de combustíveis, principalmente do diesel, são fatores responsáveis pela maior incidência de asma brônquica e outras doenças alérgicas em indivíduos.

O tamanho da partícula inalada é o fator que determina o local de deposição no organismo e o potencial de risco da exposição, uma vez que nem toda partícula consegue entrar no trato respiratório, e dentre as que penetram nem todas chegam ao pulmão (MEIGIKOS, 2001).

De acordo com Lopes et al. (2004), os efeitos sobre a saúde estão associados à capacidade do sistema respiratório de remover as partículas no ar inalado, retendo-as nos pulmões; presença nas partículas de substâncias minerais que possuem propriedades tóxicas; presença nas partículas de compostos orgânicos, como os hidrocarbonetos policíclicos, que possuem propriedades carcinogênicas e capacidade das partículas finas de aumentar os efeitos fisiológicos de gases irritantes, também presentes no ar, ou de catalisar e transformar quimicamente estes gases, criando espécies mais nocivas.

2.3.1.2 Ozônio

O ozônio é encontrado naturalmente na estratosfera (camada situada entre 15 e 50 km de altitude), onde tem a função positiva de absorver radiação solar, impedindo que grande parte dos raios ultravioletas cheguem a superfície terrestre. (MMA, 2019). O ozônio (O_3) é um gás incolor constituído por três átomos de oxigênio (O) e descoberto em laboratório por Christian Friedrich Schönbein em meados do século XIX (WALLACE; HOBBS, 2007). O nome ozônio tem origem da palavra grega ozein, que significa cheiro, e foi primeiramente detectado por Schönbein, após perceber que as descargas elétricas provenientes de tempestades possuíam um cheiro e, tal cheiro, era em decorrência da presença de O_3 (RUBIN, 2001). Na atmosfera, o O_3 está presente em duas camadas: na troposfera, camada que se estende da superfície até cerca de 15 km de altura, e na estratosfera, camada entre 15 e 50 km de altura.

O MMA (2019) define o conceito assim como suas fontes e efeitos no qual Ozônio (O_3) é um poluente secundário, ou seja, não é emitido diretamente, mas formado a partir de outros poluentes atmosféricos, e altamente oxidantes na troposfera (camada inferior da atmosfera). Segundo Souza (2013) o ozônio em superfície é formado por reações fotoquímicas complexas entre óxidos de nitrogênio ($NO_x = NO + NO_2$) e compostos orgânicos voláteis (COV) na presença de luz solar. Como o O_3 é decorrente de combinações entre gases, é considerado um poluidor secundário (Doherty, 2015).

Devido à sua baixa concentração (inferior a 0,00001% do volume total dos gases que compõem a atmosfera), o O_3 é considerado um gás traço e com concentração variável (YNOUE et al., 2017). O O_3 se forma por processos químicos distintos na troposfera e estratosfera (KRUPA; MANNIG, 1988) e, nessas camadas, exerce influência distinta nos organismos vivos da superfície do planeta. Na troposfera, próximo ao solo, é considerado um poluente, responsável por ocasionar efeitos danosos nos seres humanos, animais e materiais (CRUTZEN, 1988, RIM et al., 2016). Por outro lado, na estratosfera, tem a propriedade de absorver a radiação ultravioleta nociva aos seres vivos (VAN DER LEUN, 2004).

Estes poluentes são emitidos principalmente na queima de combustíveis fósseis, volatilização de combustíveis, criação de animais e na agricultura. O O_3 é empregado em diversas áreas. Por exemplo, na área da saúde é utilizado como antimicrobiano em processos de esterilização de água (UMAR et al., 2013) e equipamentos médicos (THILL, SPALTENSTEIN, 2019). Na aquicultura, é usado

como desinfetante a fim de remover carbono orgânico, turbidez, algas e odor da água (GONÇALVES, GAGNON, 2011). Já na indústria alimentícia, é aplicado no processamento de grãos (TIWARI et al., 2010) e na preservação de alimentos (PANDISELVAM et al., 2019).

A organização mundial da saúde ressalta que entre os efeitos à saúde estão os agravamentos dos sintomas de asma, de deficiência respiratória, bem como de outras doenças pulmonares (enfisemas, bronquites, etc.) e cardiovasculares (arteriosclerose). Longo tempo de exposição pode ocasionar redução na capacidade pulmonar, desenvolvimento de asma e redução na expectativa de vida (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

No período noturno, não há incidência de radiação solar e formação de novas moléculas de O_3 e a concentração do poluente tende a decrescer de forma brusca devido à remoção química de O_3 pôr NO presente na atmosfera, emitidos pelos veículos à noite (CARVALHO, 2006; GALICHIO e FORNARO, 2007).

Who (1987) explica que a presença de radicais hidroxila e hidrocarbonetos causa o desequilíbrio nesse processo, resultando no aumento da formação de ozônio. O ozônio encontra-se em boa parte da atmosfera, sobretudo na baixa atmosfera, especialmente nos grandes centros urbanos, ozônio tem meia-vida de alguns dias na atmosfera, portanto, a redução de sua emissão tem efeito forte e rápido (ARTAXO, 2014; KLUG, 2016).

No trabalho de Klug (2016), desenvolvido entre os anos de 2010-2013, detectou que a maior concentração de ozônio ocorreu entre o sua maior incidência entre as 8h -18 h. A atual pesquisa desenvolvida é similar ao estudo anterior e o maior pico do ozônio ocorre por volta entre 12-13h. O ciclo diurno das maiores concentrações de ozônio revela menor nível noturno e inversa relação existente entre O_3 e NO_x , evidenciando formação fotoquímica de O_3 (MOURA; SANTANA; WIEGAND, 2007). As concentrações de ozônio aumentarão quando o fluxo de raios ultravioleta for no máximo, 37 UVB, com poucas nuvens, e o volume de ar em que os precursores são misturados e transportados seja limitado (RYAN et al., 1999).

O estudo realizado por Moura; Santana e Wiegand, (2007) detectou que as concentrações de O_3 permaneceram quase constantes entre terças e sextas-feiras, aumentando durante os finais de semana (domingo) e nas segundas-feiras. A pesquisa realizada revela alguns fatos em comum com a pesquisa anterior.

O principal efeito dos oxidantes fotoquímicos é a irritação dos olhos, e os componentes causadores deste efeito são: os peróxi-acetilnitratos, o formaldeído e a acroleína (DERISIO, 2012). Além disso, a presença desses oxidantes na atmosfera tem sido relacionada ao aumento e agravamento das doenças respiratórias como a asma, estudos mostram que o ozônio causa o envelhecimento precoce, provoca danos na estrutura pulmonar e diminui a capacidade de resistir às infecções respiratórias (DERISIO, 2012). A umidade do ar atua concentração e dispersão dos poluentes (SANTOS, 2021). Quando a umidade é alta, as concentrações de determinadas espécies poluidoras podem aumentar (MARTINS et al., 2000). O estudo de Freitas et al., (2004) encontrou associação entre o aumento de admissões por doenças respiratórias com o ozônio.

O ozônio, comparado aos outros parâmetros de qualidade do ar é o mais complexo e difícil de ser controlado, pois ele não é emitido diretamente, ele é formado na baixa atmosfera através de reações fotoquímicas. Os picos de ozônio ocorrem tipicamente em períodos de calor, elevada radiação solar e tempo seco (FEDERAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER, 2014).

2.4 Problemas de poluição atmosférica em cidades

Um dos maiores problemas ambientais no Brasil está no planejamento industrial onde causa poluição do ar, da água e do solo, principalmente nos centros urbanos. A poluição atmosférica proveniente da rápida industrialização, urbanização, crescimento populacional e desenvolvimento tem perturbado o ambiente imaculado do ecossistema urbano (RAI, 2015). O estudo de dos Santos et al. (2017), citam alguns trabalhos citados "Os estudos de (CARVALHO, 2015; ANDRADE et. al., 2017; MANGANHAR et al., 2017) destacam em suas pesquisas que o material particulado inalável (MP10) e o ozônio (O₃) troposférico, que têm apresentado violações aos padrões de qualidade do ar.

O contexto da poluição atmosférica engloba os mais variados tamanhos de municípios. O município de Pelotas, segundo Gregoletto (2017), se compreende como uma cidade média. O mesmo autor define cidades médias como aquelas que desempenham papéis intermediários na rede urbana - têm exercido um papel significativo na dinâmica econômica e espacial brasileira e vêm sendo foco de

importantes estudos voltados à compreensão dos problemas da urbanização e industrialização do país. No caso das cidades médias, Soares (2011) ressalta que a dinâmica destas cidades é resultado da formação sócio espacial, desta forma, para se entender a dinâmica atual das cidades médias é necessário entender a dinâmica da formação sócio espacial.

As concentrações destas estão intimamente correlacionadas com o tamanho da população, configurações geográficas, condições climáticas predominantes e os tipos de atividades humanas (CHOI et al., 2008). Portanto, é inegável que a questão ambiental está intimamente ligada à produção e à apropriação social do espaço (LIMA, 2005) e sob a visão de Dias (2012, p. 99) “o processo de consciência ambiental nos grandes centros urbanos passa pela experiência ao meio ambiente natural”.

2.4.1. Cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil

O IBGE (2021) em seu site informa que a primeira referência histórica do surgimento do município data de junho de 1758, através da doação que Gomes Freire de Andrade, Conde de Bobadela, fez ao Coronel Thomáz Luiz Osório, das terras que ficavam às margens da Lagoa dos Patos. Fugindo da invasão espanhola, em 1763, muitos dos habitantes da Vila de Rio Grande buscaram refúgio nas terras pertencentes a Thomáz Luiz Osório. (PELOTAS, 2013). O mesmo autor cita “A eles vieram juntar-se os retirantes da Colônia do Sacramento, entregue pelos portugueses aos espanhóis em 1777, cumprindo o tratado de Santo Ildefonso assinado entre os dois países”.

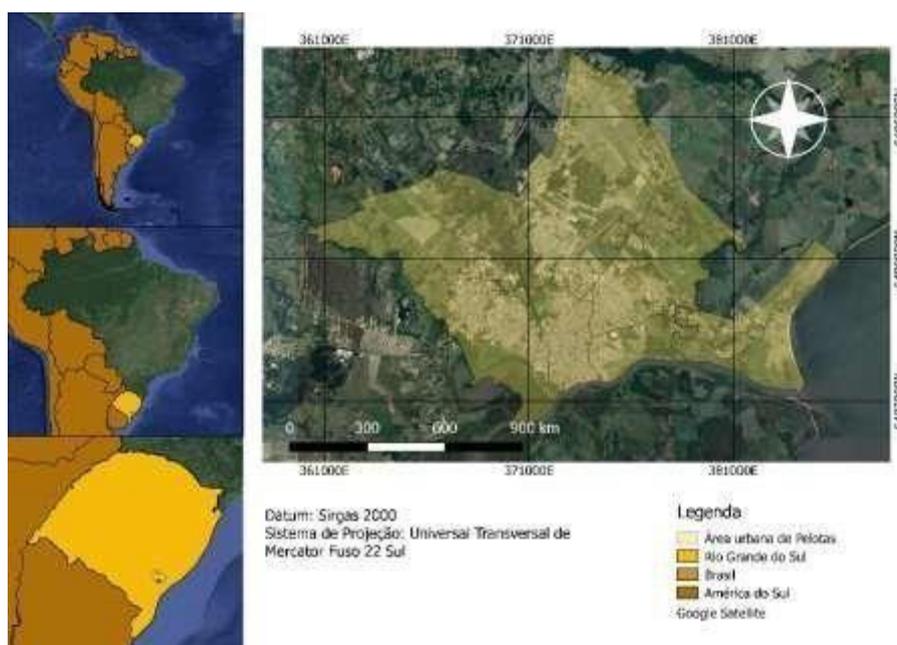
Desde muito cedo a economia da cidade de Pelotas esteve associada à produção industrial, no começo através da preparação rudimentar do charque. Devido a sua localização privilegiada próximo às margens do canal São Gonçalo, no século XIX e até as primeiras décadas do século XX, o charque foi a principal fonte econômica da cidade (VARGAS, 2014).

Na atualidade a cidade ainda continua com sua economia mais voltada a área agrária, porém sua atividade principal é o processo de beneficiamento e fabricação do arroz, onde o arroz beneficiado na cidade é destinado ao mercado interno e a exportação (CONCEIÇÃO, 2015), no setor de comércios e de serviços, já as indústrias que se encontram no município estão ligadas a setores, como de

beneficiamento e alimentício. (VIEIRA, 2005). Soares (2011) ressalta que a dinâmica das cidades médias é resultado da dinâmica da formação sócio espacial, desta forma, para se entender a dinâmica atual das cidades médias é necessário entender a dinâmica da formação sócio espacial. A cidade possui uma importante malha viária que passa milhares de veículos pelas vias de acesso. Além disso, tem um forte centro comercial, vive da agroindústria, turismo e está interligado a quatro grandes rodovias (BR 116, BR 293, BR 392 e RS 471), que proporciona um intenso tráfego de pessoas e veículos para a cidade e seu contorno (DA SILVA, 2014).

Atualmente, Pelotas é conhecida pela importância econômica e histórica. Pelotas, inserida nesse contexto, não foge a regra (VIEIRA, 2005, p. 131). Nesse intuito de averiguar a poluição atmosférica em Pelotas e pela sua importância para a região a Figura 1 mostra a localização da pesquisa.

Figura 1 Mapa do Município de Pelotas



Fonte: Aguiar, Cecconello, Centeno, 2019.

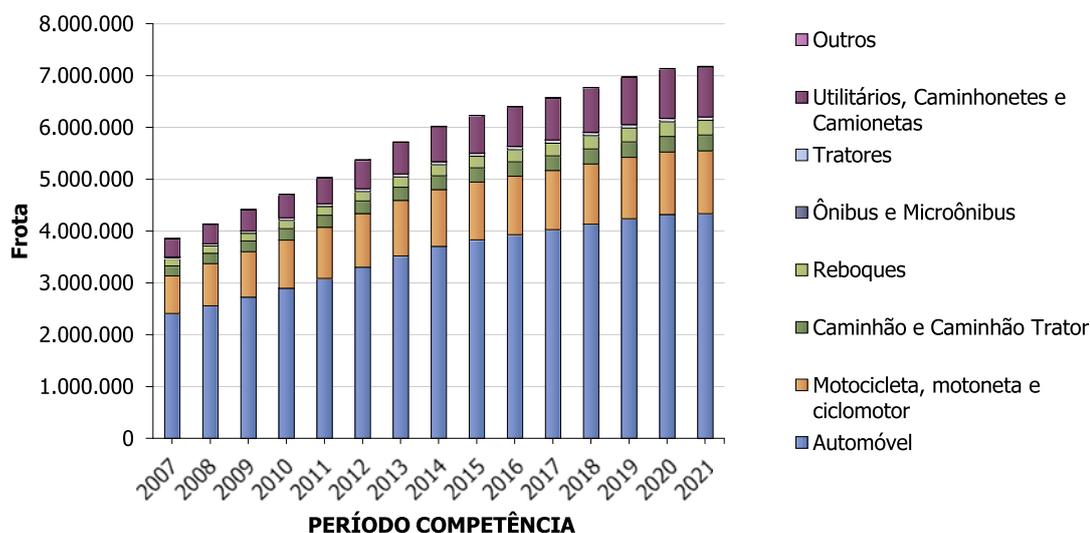
O número de veículos que transitam é de vital importância para o melhor conhecimento, pois identifica a quantidade de veículos e o que poderemos fazer para melhor solucionar o problema da poluição atmosférica no município de Pelotas (DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2019). A Figura 2 mostra a variação de veículos no estado do RS.

Figura 2 Tabela de Veículos no RS e a Variação da frota

Tipo de veículo	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Automóvel	2409.653	2.559.453	2.726.795	2.898.284	3.096.934	3.305.134	3.522.607	3.707.055	3.882.828	3.910.336	4.028.444	4.135.423	4.240.842	4.325.142	2.409.485
Motocicleta, Motoneta, ciclomotor	727.725	813.776	875.494	929.824	986.762	1.033.642	1.069.707	1.095.707	1.115.776	1.130.996	1.142.793	1.161.934	1.185.615	1.206.638	1.211.041
Caminhão e Caminhão trator	193.318	201.553	209.640	221.179	233.663	243.366	256.447	266.995	272.515	276.645	281.048	287.908	295.115	301.846	303.941
Reboques	129.984	138.889	147.151	157.643	169.490	181.801	196.601	210.794	222.873	233.668	244.670	256.231	268.116	290.206	281.612
Onibus e microônibus	39.996	40.419	42.164	44.521	47.641	50.219	52.923	53.119	56.413	57.228	57.714	58.822	59.946	60.075	59.996
Tratores	3.400	3.858	4.300	5.113	5.889	6.498	6.880	7.178	7.457	7.603	7.785	7.926	8.188	8.396	8.455
Utilitários, Camionetes e camionetes	349.167	376.126	407.545	448.341	496.926	550.216	661.275	675.150	721.248	760.928	806.015	858.493	911.804	954.287	964.971
Outros	1.972	4.496	4.557	4.709	4.946	5.226	5.473	5.708	5.930	6.118	6.281	6.437	7.078	7.888	8.175
Total	3.855.185	4.138.550	4.417.645	4.709.614	5.031.932	5.376.702	5.722.904	6.023.696	6.234.770	6.403.542	6.574.700	6.722.674	6.977.704	7.041.018	7.719.662

Fonte: Centro de Tecnologia da Informação e Comunicação do Estado do Rio Grande do Sul (2021)

Figura 3 Gráfico da distribuição de veículos no RS



Fonte: Departamento Nacional de Trânsito, 2019.

Do ponto de vista da saúde algumas áreas sofrem maior impacto ambiental e conforme estudo realizado por Marzullu (2014) na cidade de Pelotas, as áreas com maior aglomeração urbana, como o Fragata, as Três Vendas, o Centro e o Areal, respectivamente, concentram a maioria dos óbitos por doenças respiratórias, principalmente no Centro. Além disso, de acordo com os dados obtidos por ele as mulheres são mais atingidas fatalmente por doenças respiratórias, assim como os idosos.

2.5. Relação entre o número de veículos com a poluição atmosférica

A cidade de Pelotas está inserida no contexto econômico como uma cidade de intenso comércio na região sul do estado do Rio Grande do Sul. Por sua importância no comércio da região há uma grande movimentação de veículos transitando pelas suas ruas e avenidas, assim como as atividades industriais instaladas na cidade. Esses conjuntos de atividades das fontes fixas e móveis na cidade contribuem impactando para a degradação da qualidade do ar. Estima-se que cerca de 1,3 bilhão de caminhões, ônibus e carros são registrados e funcionando em todo o mundo. (VENTURA et al., 2020). Segundo Hoekman e

Welstand (2021) citam em seu trabalho sobre a década de 40 e 50 com o tema de poluição atmosférica uma pesquisa realizada pelo *Western Oil and Gas Association* (WOGA) determinou que dessas emissões de combustível/veículo, 70% vieram de emissões de escapamento, 19% de atividades de refino e comercialização e 11% de emissões evaporativas de veículos.

Na atualidade a cidade de Pelotas ultrapassou o número de 200 mil veículos circulando pela cidade por ano, segundo a tabela atualizada pelo Departamento Nacional de Trânsito - DETRAN (2020). Os veículos automotores estão entre as principais fontes de poluentes atmosféricos, contribuindo para a degradação da qualidade do ar na maioria das cidades brasileiras (LOUREIRO, 2005; TEIXEIRA et al., 2008; PÉREZ-MARTÍNEZ et al. 2015; LOPES et al., 2018).

De acordo com Klumpp et al. (2001) e Carvalho (2016), as fontes poluidoras mais importantes são as indústrias, as usinas termoeletricas, os incineradores de lixo, aquecimento doméstico e especialmente o tráfego de automóveis, sendo considerados os principais poluentes atmosféricos: o dióxido de enxofre, os óxidos de nitrogênio, o ozônio (O₃), o material particulado (MP) e os compostos orgânicos como o benzeno ou hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, fator é que há um aumento no uso de veículos particulares para transporte regional, facilitado por crédito patrocinado pelo governo para subsidiar a indústria automobilística (ANGEOLETTO et al., 2019).

Cada combustível possui as suas próprias características o que diferencia a sua utilização nos veículos e o seu funcionamento. Além dos veículos a diesel e a gasolina, existe também uma frota de veículos leves, movidos exclusivamente a etanol e gás natural comprimido (GNV), bem como mistura etanol/gasolina e veículos pesados alimentado por mistura diesel/biodiesel. (VENTURA et al., 2020). Portanto, a poluição do ar está diretamente relacionada com emissões veiculares, principalmente em megacidades (NAKASIMA et al., 2017; QIN et al., 2017; SINGH et al., 2018; MA et al., 2020).

Existem várias substâncias nocivas para a população e meio ambiente que são lançados na atmosfera por veículos leves (automóveis e motocicletas) e veículos de alta carga (caminhões e ônibus), principalmente devido a fósseis queima de combustível (gasolina e diesel) (LI et al., 2011; WANG et al., 2010; GUO et al., 2013). Estimativas globais sugerem que a poluição do ar causa cerca de 9 milhões de mortes/ano em todo o mundo (LELIEVELD et al., 2019).

Segundo Souza (2013) os automóveis são as principais fontes emissoras de ozônio com a contribuição de fontes estacionárias e biogênicas. Esta concentração vai depender da taxa em que este poluente é emitido, dos processos e remoção e das características meteorológicas. (LAWRENCE et al.,2007). Estudos realizados comprovam que as características dinâmicas da atmosfera na dispersão de gases poluentes no transporte deles por vários quilômetros, contaminando e causando danos à saúde e ao meio ambiente (SOUZA et al.,2013; MAKI et al., 2013).

Algumas substâncias químicas poluentes podem permanecer na atmosfera indefinidamente de maneira inerte, ou ser metabolizadas pela biota, sendo reinseridas no ambiente sob outras formas químicas ou sofrer reações químicas com a atmosfera (ALMEIDA, 2000). Os efeitos podem ocorrer em nível local, regional e global, pois de uma forma geral origina desequilíbrios em todos os ecossistemas. (PEREIRA et al., 2007).

2.5.1 Veículos Automotores e os tipos de combustíveis

Segundo o Código de Trânsito Brasileiro – CTB (2019) no anexo I define veículos automotores como todo veículo a motor de propulsão que circule por seus próprios meios, e que serve normalmente para o transporte viário de pessoas e coisas, ou para a tração viária de veículos utilizados para transporte de pessoas e coisas. O mesmo define a definição e a classificação segundo o Capítulo IX, seção I art. 96 em todas as categorias disponíveis.

Segundo o Relatório da Frota Circulante(2019) elaborado pelo Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – SINDIPEÇAS e Associação Brasileira da Indústria de Autopeças – ABIPEÇAS comenta que as projeções de veículos em circulação indicam crescimento de 2,3% em 2019 e de 2,6% em 2020. Se confirmadas, a frota brasileira alcançará, em termos absolutos, 45,8 milhões e 47,1 milhões de veículos. A Tabela 6 mostra a frota circulante de veículos.

Tabela 6 Frota circulante do Brasil

Segmento	Frota Circulantes (Unidade)										Variação %		
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	17/18	18/19	19/20	
	Automóveis	30.898.766	32.992.248	34.712.948	35.621.014	35.996.611	36.430.823	37.098.282	37.933.988	38.911.558	1,8%	2,3%	2,6%
Comerciais Leves	4.199.866	4.522.584	4.853.583	4.996.122	5.072.404	5.173.023	5.333.843	5.520.661	5.727.520	3,1%	3,5%	3,7%	
Caminhões	1.761.280	1.863.787	1.947.888	1.965.220	1.962.036	1.961.068	1.983.149	2.008.3330	2.031.135	1,1%	13%	1,1%	
Ônibus	35.7090	376.329	389.445	391.867	389.331	386.231	386.417	386.313	387.196	0,0%	0,0%	0,2%	
Total Autoveículos	37.217.002	39.754.948	41.903.864	42.974.223	43.420.382	43.951.145	44.801.691	45.849.292	47.057.409	1,9%	2,3%	2,6%	
Motocicletas	12.318.092	12.904.611	13.350.842	13.593.202	13.529.204	13.286.420	13.121.015	13.047.862	13.007.290	-1,2%	-0,6%	-0,3%	
Total Autoveículos + Motocicletas	49.535.094	52.659.559	55.254.706	56.667.425	56.949.586	57.237.545	57.922.706	58.897.154	60.014.699	1,2%	1,7%	2,0%	

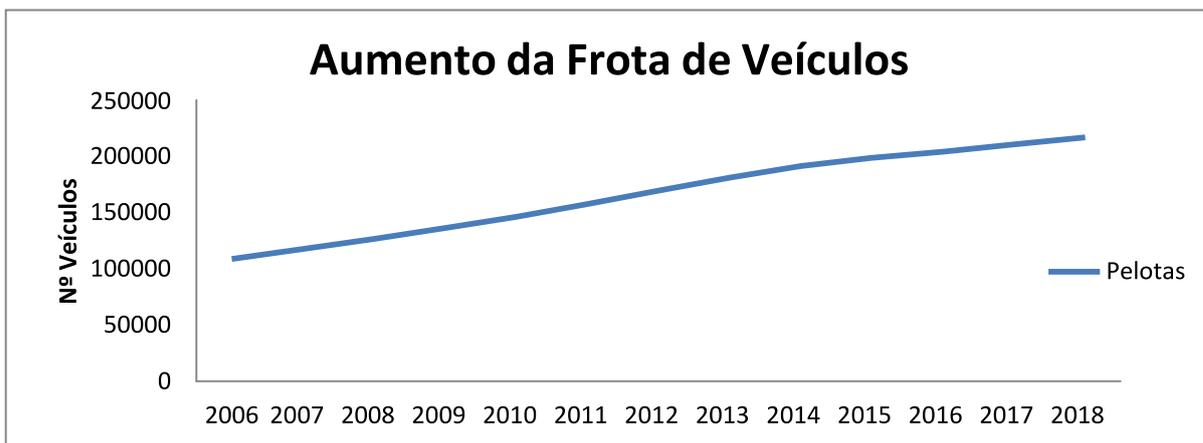
Nota: As frotas foram ajustadas conforme as informações agregadas de emplacamentos do Denatran

P= previsão da frota

Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores - SINDIPEÇAS e Associação Brasileira da Indústria de Autopeças - ABIPEÇAS, 2019.

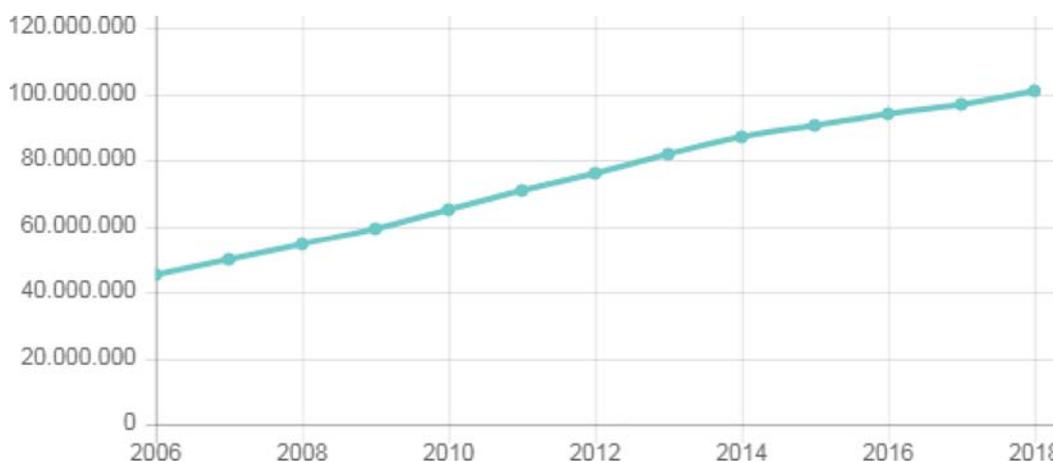
Nessa perspectiva, conforme o IBGE (2021), o município de Pelotas segue avançando no número de veículos conforme na perspectiva até o ano de 2018 ultrapassou a casa dos 200.000 veículos. Conforme em evidência na figura 4 e 5 mostra o aumento da frota de veículos em Pelotas e no Brasil.

Figura 4 Gráfico Aumento da Frota de Veículos em Pelotas



Fonte: Departamento Nacional de Trânsito, 2018.

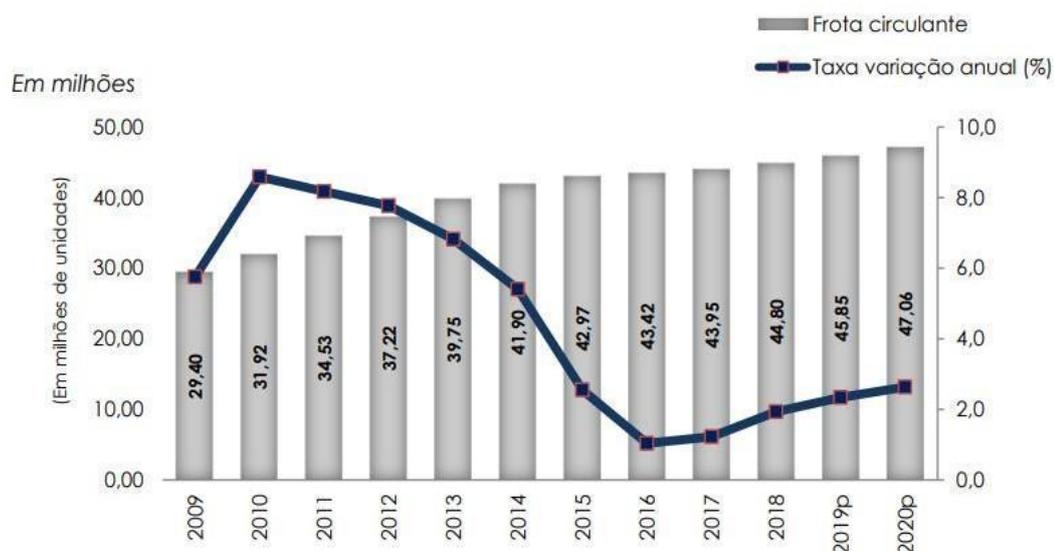
Figura 5 Gráfico do Aumento da Frota de Veículos no Brasil



Fonte: Departamento Nacional de Trânsito, 2018.

O mesmo relatório coloca um estudo relevante a frota de veículos e sua previsão para 2019/20 abaixo na figura 6:

Figura 6 Gráfico da Variação da Frota de veículos



Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores - SINDIPEÇAS e Associação Brasileira da Indústria de Autopeças - ABIPEÇAS, 2019.

Conforme os dados da distribuição da frota de veículos apenas cinco estados detém 64,5% de todos os autoveículos que circulavam no País em 2018. Esse dado foi concentrado em cinco Estados: São Paulo, com 30,4% do total; Minas Gerais, 11,9%; Paraná, 7,7%; Rio de Janeiro, 7,6%; e Rio Grande do Sul, com 6,8%. A Figura7 e o mapa mostram a distribuição da frota nos estados.

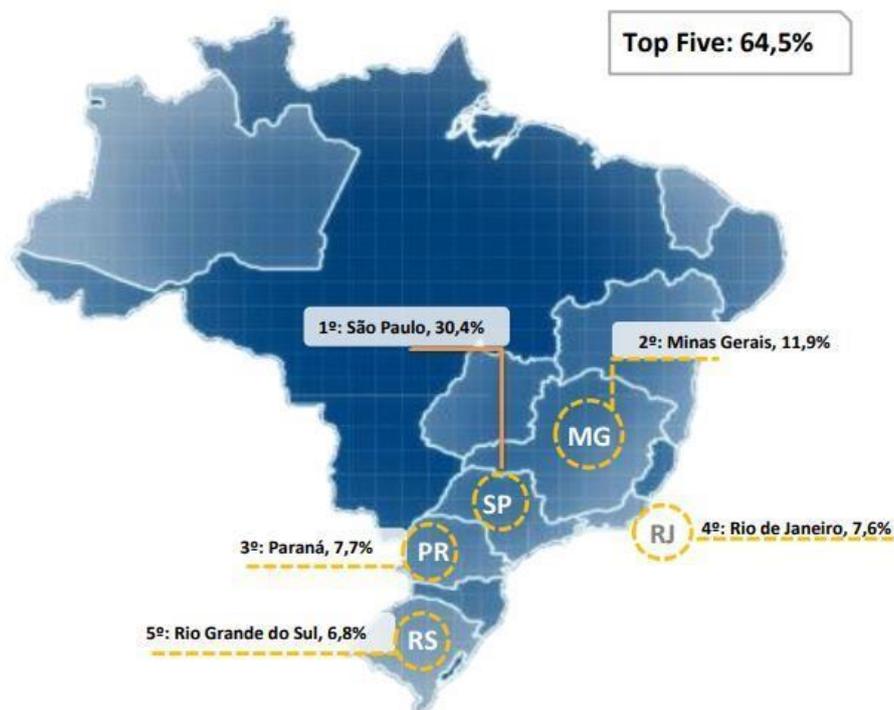
Figura 7 Distribuição da frota nos estados

Distribuição da frota nos estados

Estado	Part. (%)	Estado	Part. (%)	Estado	Part. (%)
São Paulo	30,39%	Espírito Santo	1,99%	Sergipe	0,67%
Minas Gerais	11,93%	Mato Grosso	1,68%	Tocantins	0,50%
Paraná	7,72%	Pará	1,49%	Amapá	0,23%
Rio de Janeiro	7,60%	Mato Grosso do Sul	1,40%	Acre	0,22%
Rio Grande do Sul	6,83%	Maranhão	1,14%	Roraima	0,17%
Santa Catarina	5,51%	Rio Grande do Norte	1,09%		
Bahia	3,87%	Paraíba	1,07%	Total geral	100%
Goiás	3,39%	Amazonas	0,98%		
Distrito Federal	2,82%	Piauí	0,80%		
Pernambuco	2,78%	Alagoas	0,78%		
Ceará	2,23%	Rondônia	0,71%		

Fonte: Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – SINDIPEÇAS e Associação Brasileira da Indústria de Autopeças - ABIPEÇAS, 2019.

Figura 8 Mapa da Distribuição da frota nos estados



Fonte: Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – SINDIPEÇAS e Associação Brasileira da Indústria de Autopeças - ABIPEÇAS, 2019.

Segundo o Relatório do SINDIPEÇAS (2019) mostra que quanto ao tipo de combustível usado nos veículos em território nacional no ano de 2018 os veículos flex representaram 67,1% da frota total e os veículos a gasolina, 22,2%. A participação dos veículos a diesel se manteve estável, na faixa de 10%.

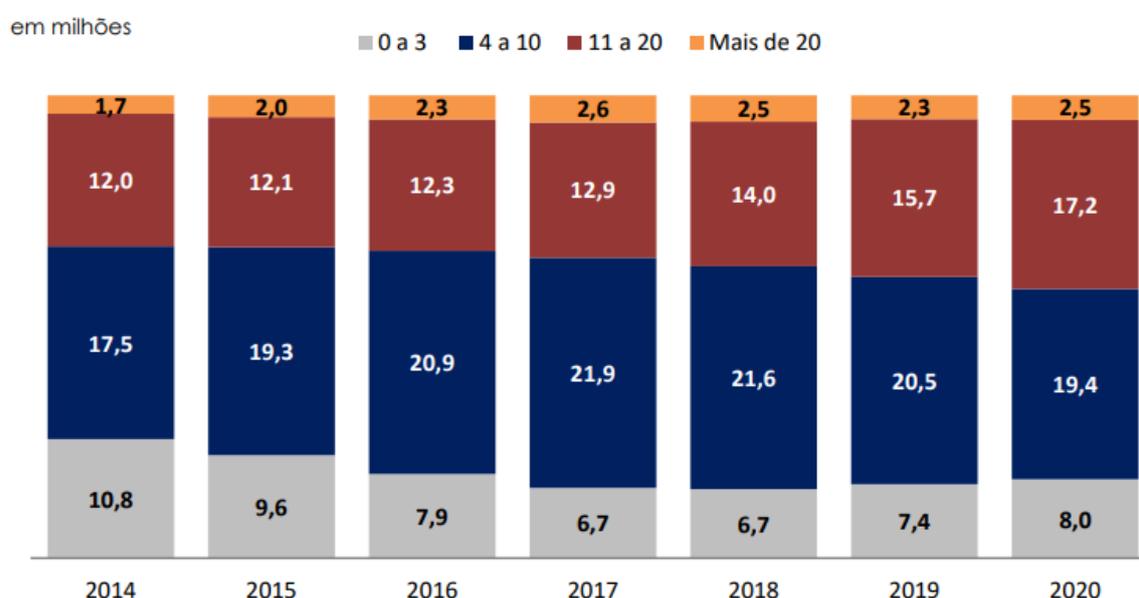
Figura 9 Gráfico da evolução da frota por combustível (Automóveis; Comerciais leves; Caminhões; Ônibus) e frota a gasolina x frota x



Fonte: Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – SINDIPEÇAS e Associação Brasileira da Indústria de Autopeças - ABIPEÇAS, 2019.

Dados revelados no relatório indicam que a frota de veículos em circulação no Brasil compreendia mais de 44 milhões em 2018, como visto anteriormente. Desse montante, 28% apresentava idade média de até 5 anos, 55% entre 6 e 15 anos e 17% acima de 16 anos e com uma projeção para o futuro aproximadamente 20 milhões de veículos terão idade média superior a 11 anos e 19,4 milhões entre 4 e 10 anos. Os dados confirmam um envelhecimento da nossa frota nacional.

Figura 10 Gráfico do Envelhecimento da frota nacional



Fonte: Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – SINDIPEÇAS e Associação Brasileira da Indústria de Autopeças – ABIPEÇAS, 2019.

Alguns estudos ressaltam a importância desse tema como o trabalho de Pereira et al. (2007) no qual diz que o crescimento econômico nas últimas décadas e fatores como o aumento da produção industrial e aumento do número de veículos impactando diretamente na saúde da população e no meio ambiente. Reforçando essa ideia estudos como de Ribeiro (2018) referenciando o livro Vida urbana e saúde: os desafios dos habitantes as metrópoles, de Paulo Saldiva (2018) notabilizando ainda mais a importância desse tema para a sociedade.

O sentido de melhorar a qualidade do ar; e no caso da qualidade do ar estar ruim, e promover ações de controle complementares às previstas na norma e alertar a população dos riscos à saúde (MAKI et al., 2013). Mas ainda estudos dizem que o impacto da poluição do ar ambiente nos resultados ambientais e de saúde, a

literatura sobre o efeito da poluição do ar no desenvolvimento financeiro é limitada (GAKIDOU et al., 2017; LANDRIGAN et al., 2018; MOSTOFSKY et al., 2012; SOLOMON et al., 2011).

2.6. Características Meteorológicas dos poluentes atmosféricos

A necessidade do homem em conhecer a atmosfera e desvendar seu funcionamento é uma aspiração de tempos atrás Mendonça (2007). As mudanças climáticas compõem uma parte das questões que colocam a humanidade diante das chamadas fronteiras planetárias (*planetary boundaries*), termo proposto por Rockström et al. (2009). Por fim, seus desdobramentos podem incorrer em irreversibilidade de danos tanto para os sistemas socioeconômicos quanto para os sistemas terrestres (CORAZZA & BONACELLI, 2014). Essas alterações podem ser mensuradas mediante métodos estatísticos, como a análise de frequência, magnitude, persistência e tendência de variáveis como temperatura, precipitação e vento (BERCHIN et al., 2015; VERMEULEN et al., 2012).

Sob o contexto dos estudos de Foucault (2015), clima é o comportamento dinâmico das condições da atmosfera em determinado local, é composto por um conjunto de variáveis meteorológicas sucessivas e que ciclicamente se repetem ao longo temporal de meses ou anos. Quando se aborda o clima, é feita referência a um conjunto de dados que envolvem a temperatura, a intervenção da luz solar, o grau de precipitações, a umidade do ar e a pressão atmosférica. (IPCC, 2014).

Marzallu (2014) cita que

de acordo com dados da Estação Agroclimatológica de Pelotas, o município de Pelotas está localizado a uma latitude de 31°77'95" S e longitude de 52°34'33" W, e caracteriza-se climatologicamente por um clima subtropical úmido, em uma Zona Climática Temperada, a uma distância de oito graus ao sul do Trópico de Capricórnio (MARZALLU, 2014, p.).

Tem como principais sistemas climáticos atuantes, frentes frias, vórtices ciclônicos, cavados em níveis médios, convecção tropical, ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), circulação marítima e JBN – (Jatos de Baixos Níveis) (BARROS e OYAMA, 2010). As atividades antrópicas tem relação diretamente ligada ao comportamento da atmosfera através de suas emissões. À medida que passa pela atmosfera a radiação solar sofre alterações que definem seu

espectro e intensidade na superfície (FERREIRA e OLIVEIRA, 2006). Superfícies naturais, como as áreas vegetadas, geralmente promovem deposição seca (SEINFELD e PANDIS, 2006). Os poluentes mais comuns e nocivos à saúde, a saber: monóxido de carbono, chumbo, dióxido de nitrogênio, ozônio, material particulado e dióxido de enxofre, os quais devem ser revistos e atualizados periodicamente para garantir a proteção adequada à saúde e ao meio ambiente (EPA, 2012).

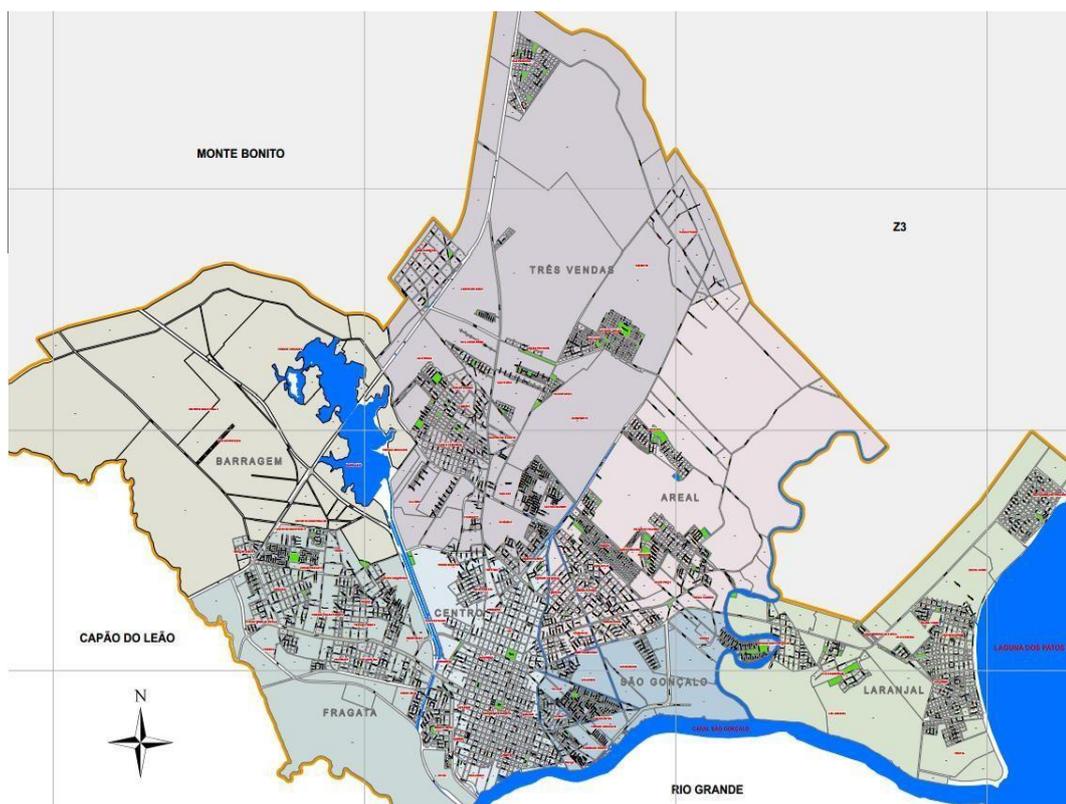
Neste contexto, vale ressaltar que ocorrências de violações ao padrão e episódios críticos de poluição do ar estão intimamente ligadas as condições atmosféricas, pois estas atuam diretamente na transformação e dispersão dos poluentes emitidos, com a influência significativa de variáveis como velocidade e direção dos ventos, precipitação, temperatura, umidade, radiação e condições de instabilidade atmosférica (LYRA et. al., 2006; GUERRA e MIRANDA, 2011; CARVALHO et al., 2012; CORRÊA et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo foi o município de Pelotas está localizado no sul do Brasil, no estado do Rio Grande do Sul, e conta, nos dias atuais, com uma população estimada de 344.385 habitantes, seu Produto Interno Bruto (PIB) per capita é de 21.553,00 reais (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

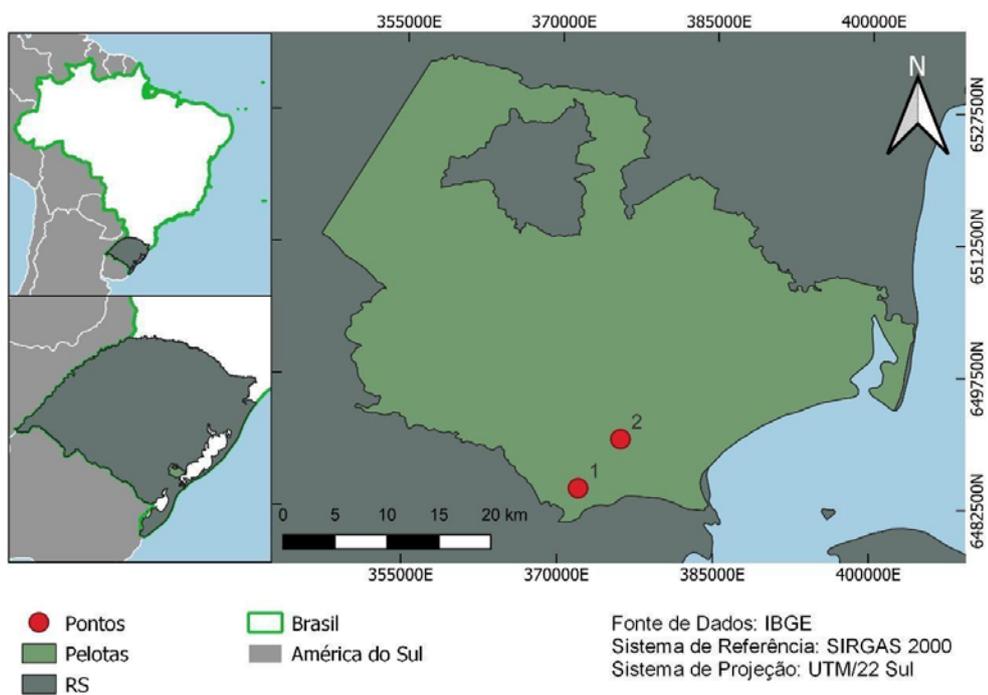
De acordo com a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016) sua população é de 344.385 pessoas, com uma densidade demográfica de quase 203,89 habitantes por quilômetro quadrado. A cidade possui seis bairros principais, são eles; Centro; Areal; Porto; Fragata; Laranjal e Três Vendas, conforme mostra a Figura 11. Os dados utilizados nesse trabalho foram obtidos durante a campanha de monitoramento realizado na cidade de Pelotas, coordenado pelo Grupo de estudos em Poluição Atmosférica da Faculdade de Meteorologia/UFPel. As Figuras 12 e 13 mostram as regiões e seus respectivos bairros e os pontos pesquisados na pesquisa.

Figura 11 Mapa da cidade de Pelotas.



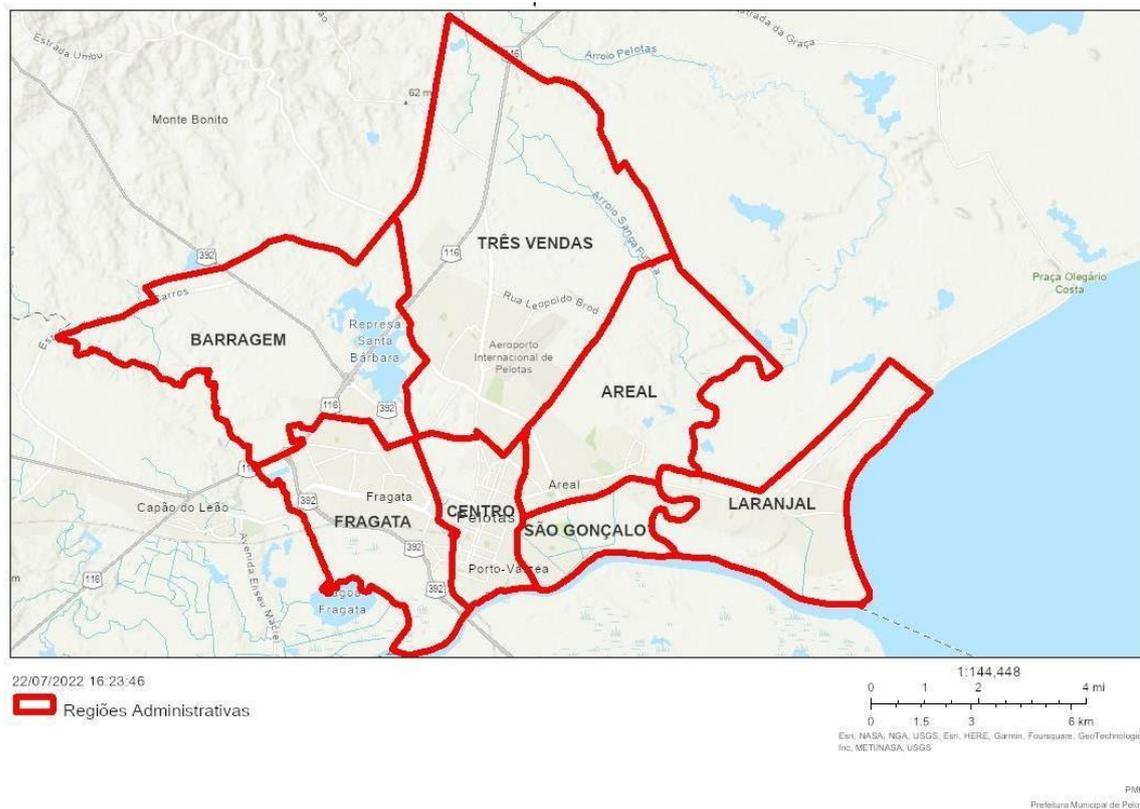
Fonte: Prefeitura de Pelotas

Figura 12 - Mapa da cidade de Pelotas - Localização



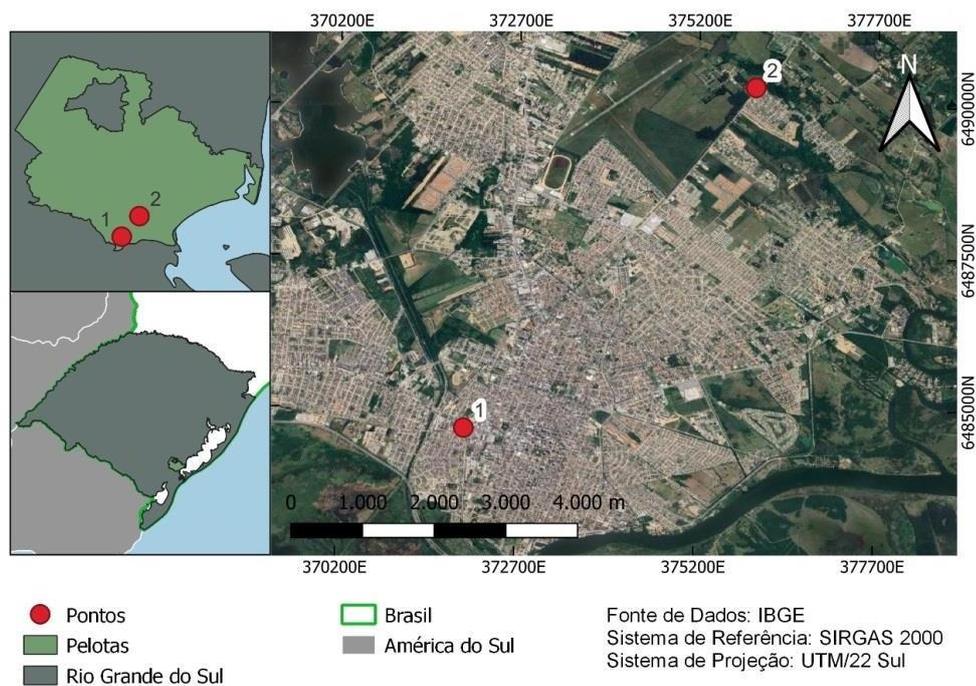
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 13 Mapa dos bairros da cidade de Pelotas



Fonte: Prefeitura Municipal de Pelotas

Figura 14 - Mapa dos pontos pesquisados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Primeiro fez-se um mapeamento das principais vias e pontos do município através do mapa do município de Pelotas com a finalidade de fazer a melhor escolha dos lugares apropriados para o estudo na cidade (Avenida Duque de Caxias e Avenida Engenheiro Ildefonso Simões Lopes), onde foram colocados os seguintes pontos: IFSul Campus Pelotas (Instituto Federal Sul Rio – Grandense) localizado na Praça Vinte de Setembro, 455; Bairro: Centro) e Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas (CPMET) localizado na Avenida Engenheiro Ildefonso Simões Lopes, 2751. Bairro: Arco-Íris. Nestes lugares ficaram os equipamentos para analisar a qualidade do ar nos parâmetros de Material Particulado de $10\mu\text{m}$ (MP_{10}) e ozônio (O_3).

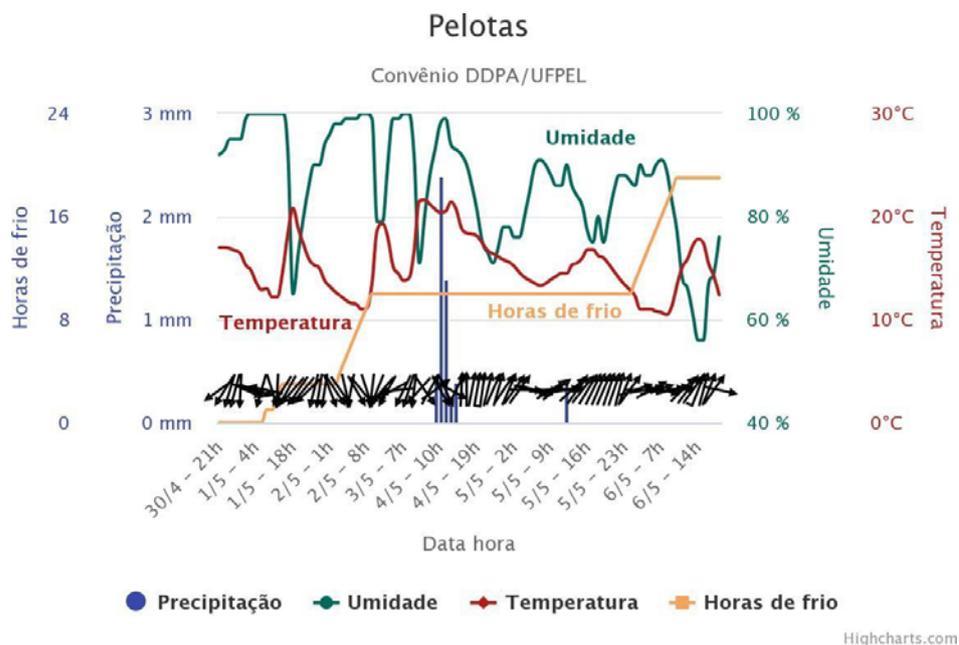
Figura 15 Mapeamento dos Pontos de Pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O período de experimento começou em outubro de 2019 e finalizou em junho de 2020. Os equipamentos utilizados estão descritos nos itens 3.1 a 3.3. Os dados meteorológicos de temperatura, precipitação, umidade relativa, radiação global, direção dos ventos e intensidade dos ventos foram obtidos da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no Capão do Leão, através do endereço <https://portal.inmet.gov.br/> e da estação DDPA pelo site <https://wp.ufpel.edu.br/cppmet/estacao-ddpa> (FIGURA 16).

Figura 16 Gráfico dos Parâmetros Meteorológicos Pesquisados

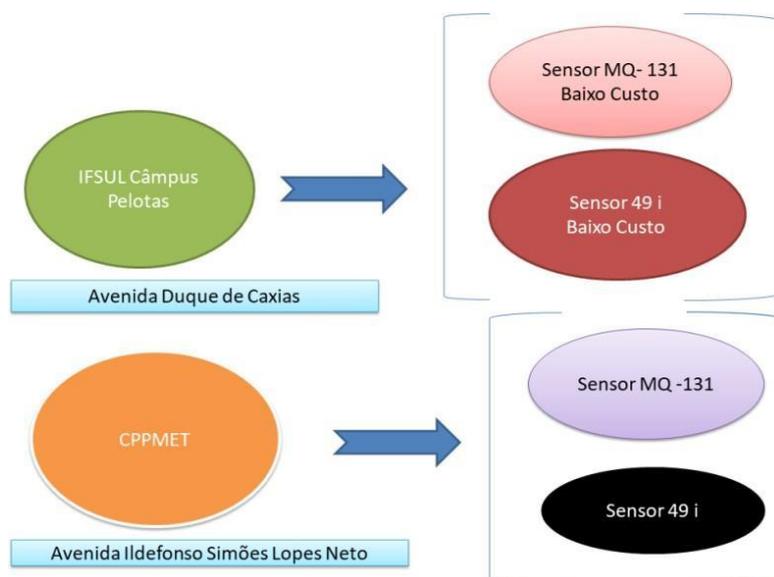


Fonte: Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas/UFPEL.

O estudo usou uma estatística com análises de médias diárias, ciclo diurno e ultrapassagens da Resolução CONAMA n° 491/2018 e Organização Mundial da Saúde (OMS). Optou-se pelo Software R Studio para compilar os dados. Para isso iremos avaliar as médias diárias e horárias, Ciclo diurno e ultrapassagens ao padrão CONAMA antes e depois dos períodos mais críticos de restrição social. Com relação as variáveis meteorológicas, foi realizado uma regressão linear e uma análise de agrupamento desses dados.

Esses dados ira ajudara dar mais ênfase ao relatório de qualidade ambiental do município com as possibilidades encontradas poderemos conhecer melhor as áreas existentes e assim fazer um mapeamento adequado do problema. O diagrama mostrado na Figura 17 como é a distribuição dos equipamentos usados na pesquisa.

Figura 17 - Fluxograma da distribuição dos equipamentos nos Pontos de Pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

3.1 Sensores de Baixo Custo

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica que possui Software e hardware flexíveis e fáceis de usar onde diversos componentes externos podem ser conectados em uma placa, sendo capaz de criar sistemas automáticos. Ele é formado por dois componentes: a placa, utilizada para a construção dos projetos, onde os Arduinos foram conectados; e a IDE Arduino, local onde os programas são feitos para que seja mandado à placa e ela execute sua função. A Figura 18 mostra o formato do equipamento.

Figura 18 - Aparelho sensor de Baixo Custo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O Arduino Uno é a placa mais conhecida para trabalhar. Ele é composto por um microcontrolador, sendo esse o dispositivo programável que é capaz de rodar o código enviado à placa; o Conector USB, quando ligado à um cabo USB, é responsável pela comunicação do computador e a placa Arduino; ele possui 14 portas digitais, 6 pinos de entrada analógica e 6 saídas analógicas, os pinos possibilitam as interações do Arduino com o meio externo; os Pinos de Alimentação fornece tensão que pode ser utilizada para energizar os componentes; o Botão Reset é responsável por reiniciar a placa; o Conversor Serial-USB é um chip que traduz as informações entre o Arduino e o computador e, quando o Arduino está recebendo e transmitindo os dados, os LEDs RX/TX acendem respectivamente; o LED de Alimentação serve para indicar se a placa está ou não energizada e o LED Interno fica conectado ao pino 13. Conforme a figura 19 mostra o detalhes eletrônicos do equipamento.

Figura 19 - Aspecto eletrônico do equipamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O sensor de gás MQ-131, apresentado na Figura 18, possui uma alta capacidade de detectar, principalmente, a concentração de Gás Ozônio em um determinado ambiente, além de verificar, com menor sensibilidade, outros gases como o Dióxido de Nitrogênio (NO_2) e o Dicloro (Cl_2). O estudo de Galleti et al. (2020) desenvolveu este importante projeto para a monitoração da qualidade do ar.

Os sensores da série MQ possuem funcionamento similar, mesmo sendo sensíveis para diferentes tipos de gases. O sensor, quando exposto em condições

normais, possui resistência alta e então, a queda de tensão na carga será baixa e constante. No caso do MQ-131, quando exposto a algum gás que tenha sensibilidade, a resistência do sensor irá cair, causando o aumento da tensão. A tensão de saída, então, aumenta com o aumento da concentração do ozônio no ar. Esse sensor é um semicondutor, que apresenta concentração que varia de 10-1000 ppm de Ozônio. É importante ressaltar que a estação de baixo custo a priori não possui o controle da temperatura e da umidade. Conforme vemos as figuras 20 e 21 vemos a complexidade eletrônica.

Figura 20 aparelho Sensor de Baixo Custo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 21 Aparelho Sensor de Baixo Custo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

3.2 BAM 1020 Continuous Particulate Monitor da empresa Met One Instruments

O princípio do aparelho BAM 1020 mede e registra automaticamente níveis de concentração de partículas transportadas pelo ar (em miligramas ou microgramas

por metro cúbico) usando o princípio de atenuação de raio beta comprovado pela indústria.

Figura 22 Aparelho Bam 1020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

3.2.1 Operação

No início de cada hora de amostra, um pequeno elemento ^{14}C (carbono-14) emite uma fonte constante de elétrons de alta energia (conhecido como raios beta) através de um ponto de fita adesiva limpa. Esses raios *beta* são detectados e contados por um detector de cintilação sensível para determinar um zero. O BAM 1020, então, avança este ponto de fita para o bocal de amostra, onde uma bomba de vácuo puxa um medidor e controlado quantidade de ar externo através da fita do filtro, carregando-a com poeira ambiente.

No final da hora da amostra, está mancha de poeira é colocada de volta entre a fonte beta e o detector, causando assim uma atenuação do sinal de raio beta que é usado para determinar a massa das partículas na fita do filtro. Essa massa é usada para calcular a concentração volumétrica de material particulado no ar ambiente (BAM 1020, 2013).

3.2.2 Dados Coletados

Todos os arquivos de dados são acessíveis por meio de uma porta serial RS-232 usando programas de terminal comuns.

3.2.3 Manutenção

O BAM 1020 é projetado para funcionar continuamente com manutenção programada bimestral. Um único rolo de fita de filtro durará mais de 60 dias. O BAM 1020 também contém uma função de autoteste abrangente que permite à unidade testar-se preventivamente para detectar quaisquer falhas mecânicas na fita.

3.2.4 Sistema de controle de tratamento de erros

O BAM 1020 executa continuamente o usuário selecionado avaliação de uma variedade de critérios para validação de dados incluindo estatísticas de fluxo e um conjunto abrangente de erros códigos, incluindo falhas de energia, falhas de fluxo, falhas no hardware, erros de fita, erros de bocal, erros de verificação de amplitude, erros beta de contagem e muito mais.

Figura 23 Localização do Aparelho Bam 1020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

3.3 Medidor de Ozônio

Foi utilizado, também, um módulo para analisar a concentração de O_3 da Thermo Scientific (Modelo 49i). O módulo realiza medidas a cada 5 minutos e, segundo o fabricante, opera pelo princípio de absorção de luz UV (ultravioleta) pelas moléculas de O_3 , no comprimento de onda de 254 nm (figura 24). A intensidade em que a luz UV é absorvida está diretamente relacionada à concentração de ozônio, conforme Lei de Beer-Lambert.

Figura 24 - Equipamentos para a mensuração da qualidade do ar



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

3.4 Programa RStudio

O IDE RStudio é um conjunto de ferramentas integradas projetadas para ajudá-lo a ser mais produtivo com R e Python. Inclui um console, editor de realce de sintaxe que oferece suporte à execução direta de código e uma variedade de ferramentas robustas para plotar, visualizar histórico, depurar e gerenciar seu espaço de trabalho. RStudio é o principal ambiente de desenvolvimento integrado para R. Ele está disponível em código aberto e edições comerciais no desktop (Windows, Mac e Linux) e de um navegador da web para um servidor Linux executando RStudio Server ou RStudio Server Pro. (R Studio, 2020).

3.5 Análises dos dados e Restrição Social

Os dados obtidos pelos equipamentos Sensor de Baixo Custo, BAM 1020 e sensor de ozônio 49i foram compilados no Programa R Studio para estudar-se as médias diárias, ciclo diurno e ultrapassagens dos padrões estabelecidos segundo a resolução 491 de 2018 e pela Organização Mundial de Saúde. Fazemos também uma análise dos dados coletados antes, durante e depois do período de restrição social ocorrido na cidade de Pelotas, devido a incidência do aumento de casos de Covid 19 no município pelo avanço da epidemia de Coronavírus, por conta do Decreto nº 6.300, de 05 de agosto de 2020 da Prefeitura Municipal de Pelotas.

A restrição social começou às 20h do dia 8 de agosto de 2020 indo até 11/08/20 terminando ao 12h. Segundo a reportagem da RBS Notícias apenas farmácias, supermercados e alguns pontos essenciais estavam em funcionamento na cidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

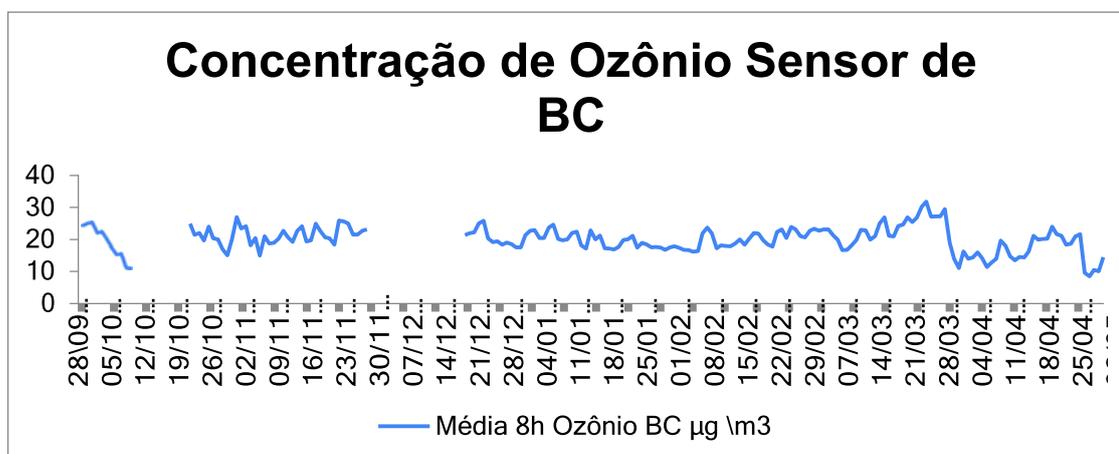
O desenvolvimento da pesquisa até esse momento revelou dados importantes sobre o ozônio e o material particulado fino. Nesse estudo buscou-se avaliar os poluentes ozônio e material particulado no período da campanha de monitoramento e o possível impacto da restrição social nos níveis de poluição.

4.1 Resultados do ozônio monitorado

Essa sessão traz os resultados referentes ao ozônio medido na estação localizada no antigo prédio do CPMET e pelo sensor de baixo custo instalado no IFSul – Campus Pelotas. As Figuras 25 e 26 mostram a série temporal do ozônio coletado no período de 28/09/2019 a 30/06/2020

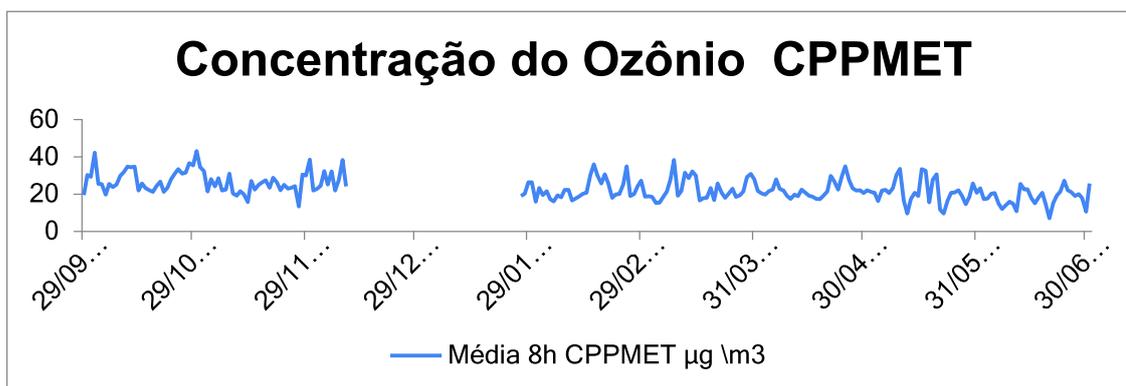
Durante o monitoramento do Ozônio no sensor de Baixo Custo houve dois períodos de falhas, devido ao erro do filtro do equipamento o primeiro entre os dias 10/10/2019 a 21/10/2019 e o segundo entre 30/11/2019 a 19/12/2019. O maior valor foi encontrado no dia 28/03/2020 com $31,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor valor foi encontrado no dia 02/05/2020 com $8,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante o monitoramento do ozônio no CPPMET houve uma falha entre o período 11/12/2019 a 26/01/2020. O maior valor encontrado foi no dia 30/10/2019 com $43,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor valor encontrado foi no dia 20/06/2019 com $7,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 25 Gráfico da Concentração de Ozônio, Sensor de Baixo Custo



Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica/UFPel, 2021.

Figura 26 Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET



Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica/UFPel, 2021.

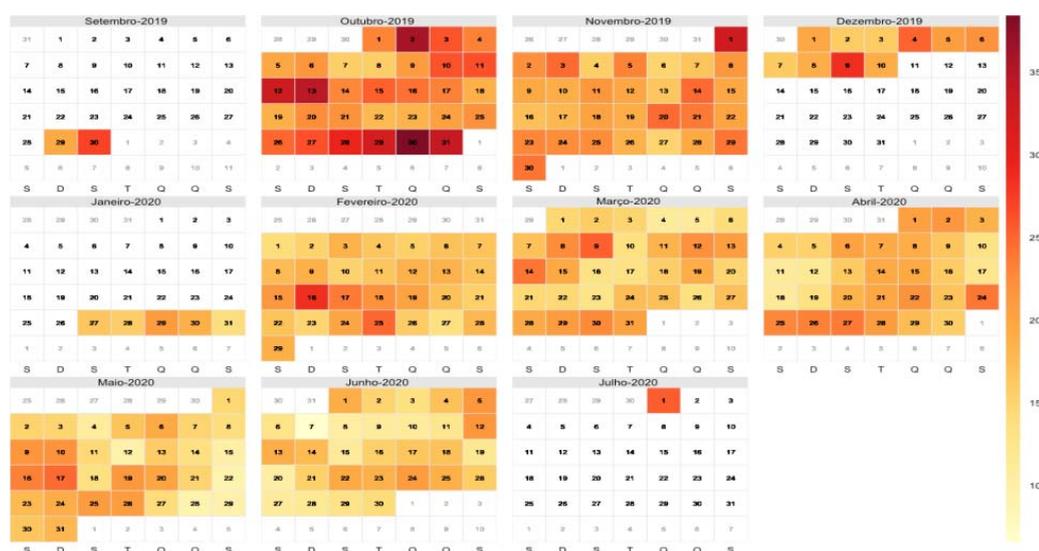


Figura 27 Médias diárias do Ozônio ao longo do período

A Tabela 7 traz uma estatística descritiva das séries temporais de ozônio monitorado no CPPMET e no IFSul. Os dados da pesquisa revelaram que os valores do poluente ozônio são maiores no CPPMET do que no IFSul Campus Pelotas tanto em 2019 quanto em 2020. A produção e a concentração de O_3 é regida tanto por condições meteorológicas, como velocidade e direção do vento, temperatura do ar e radiação solar (SANTOS et al., 2018), quanto pela localização de fontes de emissão de poluentes precursores (LIU et al., 2020).

Esses fatores fazem com que haja variabilidade espacial e temporal, tanto na produção como na concentração do gás na atmosfera. Possivelmente a estação localizada no CPPMET registrou maiores valores por essa razão, corroborando outros estudos nos quais se registrou maiores valores de ozônio nas cercanias das fontes. Não houve ultrapassagem quanto a CONAMA n° 491/2018 e a Organização

Mundial de Saúde (OMS) nos pontos pesquisados do IFSul e no Centro de Previsões e Pesquisas Meteorológicas (CPMet), o índice delimitado foi de $100 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$

Tabela 7 Tabela descritiva do Ozônio

Local		Out\19	Nov\19	Dez\19	Jan\20	Fev\20	Mar\20	Abril\20	Mai\20	Jun\20
CPPMET	$\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ Média	28,65	24,75	27,06	21,56	22,78	22,68	22,25	21,11	18,18
	$\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ Máxima	43,04	38,41	38,30	26,36	35,99	38,28	34,82	33,44	27,19
	$\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ Mínima	19,46	13,33	21,91	15,99	16,08	15,15	17,22	9,64	7,04
	Desvio Padrão	6,16	5,05	5,50	4,61	5,38	5,88	4,13	6,33	4,71
	Variância	37,90	25,49	30,23	21,27	28,89	34,62	17,02	40,13	22,21
	N. Dias coletados	33	30	10	5	29	31	30	31	31
	Ultrapassagem Conama	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IFSul Campus Pelotas	Ultrapassagem OMS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Média	19,74	21,67	20,75	19,85	19,48	23,29	17,53	10,66	
	Máxima	25,16	27,01	25,86	24,61	23,92	31,84	29,55	14,52	
	Mínima	11,19	14,94	17,59	16,91	16,21	16,65	11,11	8,51	
	Desvio Padrão	4,11	2,75	2,64	2,23	2,45	3,62	4,13	2,28	
	Variância	17,85	7,55	6,96	4,96	6,02	13,09	17,07	5,22	
	N. Dias coletados	21	29	12	31	29	31	30	5	
Ultrapassagem Conama	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ultrapassagem OMS	0	0	0	0	0	0	0	0		

Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica/UFPel, 2021.

Com relação ao ozônio medido no CPPMet, fazendo-se uma média diária (Figura 27), nota-se que realmente há uma diminuição na concentração de ozônio troposférico no período de início da pandemia de COVID-19. Ressalta-se que o equipamento de ozônio 49i apresentou falha técnica entre os dias 11 de dezembro 2019 até 26 de janeiro de 2020.

Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica/UFPel, 2021.

A campanha do ozônio CPPMET nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2019 apresentou os seguintes dados. No mês de outubro o ponto mais alto $43,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 30/10/2019 e o menor ponto é de $19,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 29/09/2019, em novembro do mesmo ano o ponto de maior é $38,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor apresentou $13,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e em dezembro o pico foi de $38,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no dia 09/12/2019 e o menor índice alcançado foi de $21,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na data de 01/12/2019.

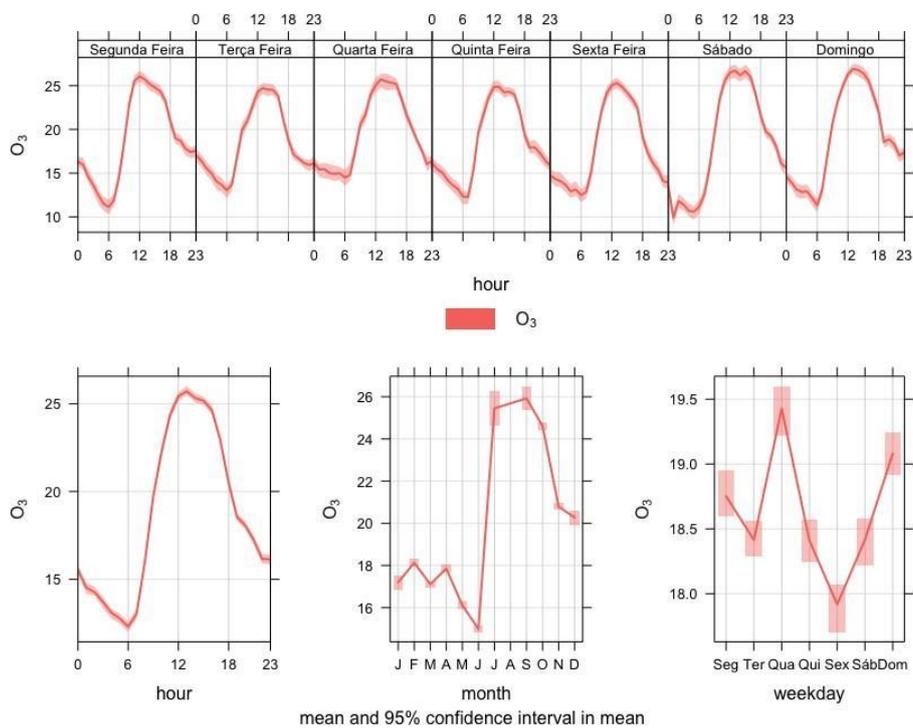
A campanha em 2020 em janeiro apresentou pico de $26,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30/01/2020) e o menor índice é de $15,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (31/01/2020). No mês de fevereiro o pico foi de $35,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (16/02/2020) e o menor índice é de $16,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mês de março apresentou $38,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como pico e o menor índice foi de $15,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mês de abril de 2020 apresentou pico de $34,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor índice de $17,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mês de maio de 2020 de $33,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor índice foi de $9,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mês de junho apresentou pico foi de $27,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor índice foi de $7,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Com relação aos dados coletados no IFSul, a campanha no mês de outubro apresentou pico de $25,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor índice foi de $11,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No mês de novembro esse pico foi de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor índice de $14,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e no mês de dezembro o pico foi de $25,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor índice de $18,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A campanha no ano de 2020 começou pelo mês de que apresentou $24,61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como pico e o menor índice apresentou $17,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mês de fevereiro mostrou um pico de $23,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor índice foi de $16,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mês de março apresentou como pico $31,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor índice foi de $16,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mês de abril apresentou $29,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como pico e o menor índice foi de $11,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O mês de maio apresentou $14,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como pico e o menor índice foi de $8,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

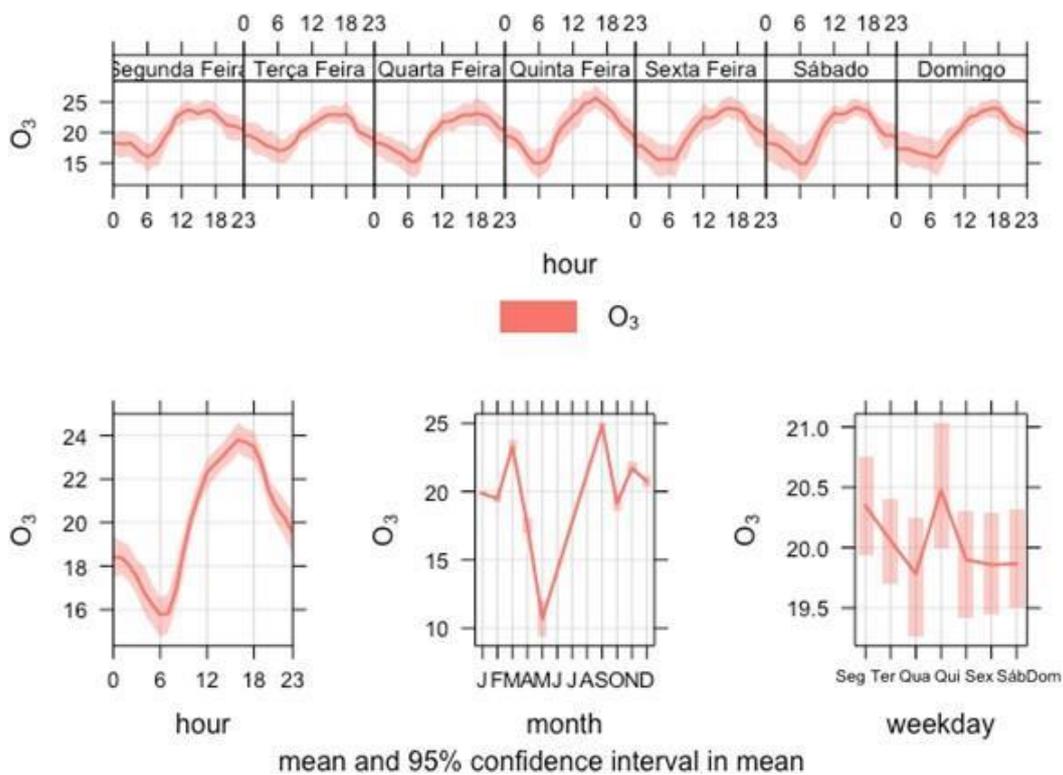
O mesmo poluente foi classificado conforme o horário, dias da semana e meses segundo a sua intensidade neste período pesquisado conforme as figura 28 e 29. Percebe-se que o máximo de ozônio é registrado por volta das 13-14 h, e que quarta-feira e domingo apresentaram os maiores valores médios. O sensor de baixo custo apresentou pico por volta das 18 horas e registrando na quinta-feira os maiores valores.

Figura 28 Ciclo Diurno Semanal CPPMET



Fonte: Laboratório de agrometeorologia, 2022

Figura 29 Ciclo Diurno de Baixo Custo

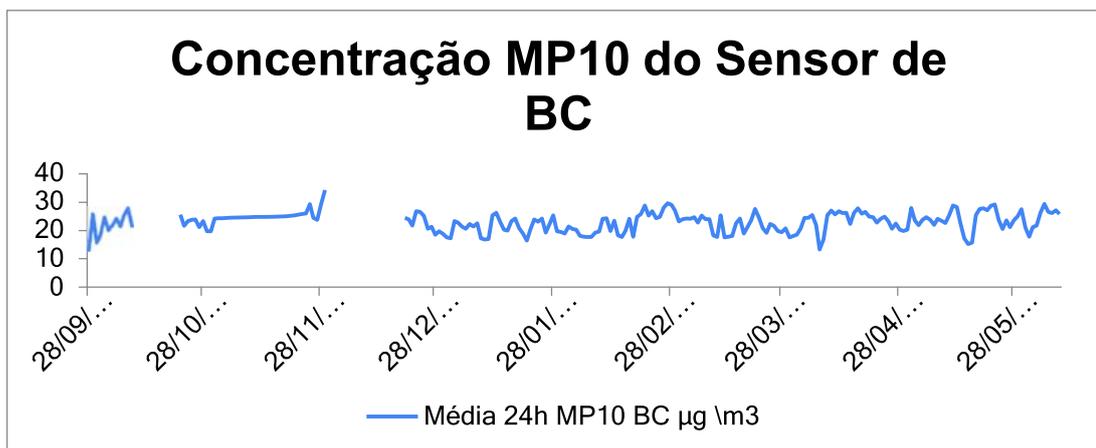


Fonte: Laboratório de Agrometeorologia 2022

4.2 Resultados para o material particulado

O levantamento dos dados do sensor de baixo custo revela uma visão mais completa do comportamento desses poluentes no ambiente. Esse sensor foi calibrado conforme as informações coletadas pelo Databam 1020 (MP). Durante o período de campanha foi encontrado duas falhas no equipamento: a primeira entre os dias 10/10/2019 a 21/10/2019 e a segunda entre 30/11/2019 a 19/12/2019. O maior valor encontrado foi no dia 29/11/2019 com $34,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o menor valor foi no dia 28/09/2019 com $13,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Conforme a Figura 29 revela a pesquisa de monitoramento durante esse período.

Figura 29 Gráfico da Concentração de Material Particulado, Sensor de baixo custo



Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica/UFPel, 2021

Para análise de ultrapassagens utilizou-se limites distintos entre a Conama 491/18 e a OMS, de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, como valores determinantes num intervalo de 24 horas. Não houve nenhuma ultrapassagem ao padrão Conama 491/18 entre os meses de pesquisa do ano de 2019 e 2020. Segundo esse estudo baseado na OMS, houve ultrapassagens no ano de 2019 nos meses de outubro (3), novembro (9) e dezembro (3) e no ano 2020 nos meses de janeiro (3), fevereiro (8), março (2), abril (10), maio (10), junho (6) no sensor de Baixo custo instalado no IFSul Campus Pelotas. No ano de 2019 os valores do CPPMET foram maiores do que do IFSul Campus Pelotas, nos meses de outubro e novembro, conforme a tabela 8:

Tabela 8 Tabela descritiva Material Particulado 10

Locais	Variáveis	Out/19 µg/m ³	Nov/19 µg/m ³	Dez/19 µg/m ³	Jan/20 µg/m ³	Fev/20 µg/m ³	Mar/20 µg/m ³	Abr/20 µg/m ³	Mai/20 µg/m ³	Jun/20 µg/m ³	
IFSUL\Campus Pelotas	Média	22,1314713 1	25,4398125 2	22,0930004 7	21,2185692 3	22,6303408 3	21,710059 2	23,32301 6	23,96625 5	24,668324 4	
	Máxima	27,8444639	34,2471432 2	26,8279487 3	26,1951725 8	29,5630833 1	27,574487 8	27,76341 1	29,1729	29,340179 4	
	Mínima	13,3223815	23,7719494 4	17,5695781 7	16,5098995 6	17,6569011 6	17,578421 1	13,36533	15,21629 6	17,824028 3	
	Desvio Padrão	3,37227691 4	2,10071410 6	3,20721755 4	2,71099241 2	3,94104491 3	2,8849323 3	3,367267 2	3,63357	3,6266250 3	
	Variância	11,3722515 8	4,41299975 4	10,2862444 4	7,34947986	15,531835	8,3228345 6	11,33848 9	13,20283 1	13,152409 1	
	N. Dias coletados	22	29	12	31	29	31	30	31	31	9
	Ultrapassagem Conama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ultrapassagem OMS	4	9	3	3	8	3	11	11	11	6

Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica/UFPel, 2021.

A campanha começou em outubro de 2019 e apresentou pico de $27,84 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (8/10/2019) e o menor índice foi $13,32 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (28/09/2019). Segundo a CONAMA n° 491/2018 não houve ultrapassagens e quanto a OMS houve ultrapassagens em 4 dias (30/09/2019, 07/10/2019, 08/10/2019 e 22/10/2019). O mês de novembro apresentou pico de $34,24 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (29/11/2019) e o menor índice foi de $23,77 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (27/11/2019). De acordo com esse estudo baseado na CONAMA n° 491/2018 não houve ultrapassagens e conforme houve nove ultrapassagens segundo o padrão OMS (19/11/2019 a 20/11/2019 e novamente nos dias 28 e 29/11/2019).

O mês de dezembro de 2019 apresentou pico de $26,82 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (23/12/2019) e o menor índice foi de $17,56 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$. (31/12/2019). Segundo a n° 491/2018 não houve ultrapassagens e houve ultrapassagens em três dias (23/12/2019 a 25/12/2019). A campanha no ano de 2020 começou pelo mês de janeiro e apresentou pico de $26,19 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (13/01/2020) e o menor índice foi de $16,50 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$. (21/01/2020). Segundo a n° 491/2018 não houve ultrapassagens, mas quanto a OMS houveram ultrapassagens em três ocasiões neste mês (12 e 13/01/2020) e 28/01/2020).

O mês de fevereiro apresentou pico de $29,56 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (27/02/2020) e o menor índice foi de $17,65 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (15/02/2020). Segundo a n° 491/2018 não houve ultrapassagens e quanto a OMS houve ultrapassagens quanto ao valor OMS em Oito ocasiões (20/02/2020 a 23/02/2020 e 26/02/2020 a 29/02/2020). O mês de março apresentou pico $25,57 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (21/03/2020) e o menor valor foi de $17,75 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (11/03/2020). Segundo a n° 491/2018 não houve ultrapassagens e quanto a OMS houve ultrapassagens em três ocasiões (07/03/2020 12/03/2020 e 21/03/2020).

O mês de Abril de 2020 apresentou pico de $27,76 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (17/04/2020) e o menor índice foi de $13,36 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (07/04/2020). Segundo a n° 491/2018 não houve ultrapassagens e quanto a OMS houve ultrapassagens 11 ocasiões (05/04/2020, 09/04/2020 a 14/04/2020, 16/04/2020 a 19/04/2020).

O mês de maio de 2020 apresentou pico de $29,17 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (23/05/2020) e o menor índice foi de $15,21 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (16/05/2020). Segundo a n° 491/2018 não houve ultrapassagens e quanto a OMS houve 11 ultrapassagens (01/05/2020 11/05/2020 a 13/05/2020, 18/05/2020 a 23/05/2020 e 30/05/2020). No mês de junho 2020 o pico foi $29,34 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (05/06/2020) e o menor índice foi de $17,82 \mu\text{g}\text{m}^{-3}$ (01/06/2020). Segundo a n° 491/2018 não houve ultrapassagens e quanto a OMS houve em 6 ocasiões (04/06/2020 a 09/06/2020).

Quanto ao material particulado 10 não houve ultrapassagens em relação ao CONAMA n° 491/2018 e houve ultrapassagens quanto a OMS em todos os meses nesse período durante a pesquisa. No IFSul Campus Pelotas os meses de mais ultrapassagens quanto a OMS foram abril e maio de 2020, no qual 11 dias a média diária de MP 10 foram maiores que a Organização Mundial de Saúde.

O Data Bam 1020 foi instalado no CPPMET serviu para a calibração do Sensor de Baixo Custo, foi utilizado durante dois meses. Conforme os dados obtidos se percebeu que não houve ultrapassagens quanto ao CONAMA n° 491/2018 e OMS em relação ao ozônio tanto no CPPMET como no IFSul Campus Pelotas. Podemos notar que o ozônio no CPPMET é maior do que no IFSul Campus Pelotas.

4.3 Síntese climatológica e análise da influência meteorológica dos poluentes monitorados

Segundo o estudo de Galletti et al., 2020 fala que o município está situado ao sul do estado do Rio Grande do Sul e as altitudes variam aproximadamente 7 metros na área urbana e 400 metros na área rural. O clima na cidade de Pelotas é o Subtropical úmido com precipitação regular e temperaturas médias de 23,5°C nos meses mais quentes (janeiro) e 12,2 °C no mês mais frio (julho). No mês de outubro de 2019, seis sistemas frontais atuaram no Brasil. A terceira e quarta frente fria atuou pelo interior da Região Sul, chegando até Palmas-PR.

O destaque para o mês de outubro foi a anomalia negativa de chuva em grande parte do país. Entretanto, houve anomalias positivas no RS, principalmente na segunda quinzena, onde as frentes frias e os cavados de onda curta atuaram de forma mais ativa. A segunda quinzena foi de temperaturas dentro do esperado para o RS, onde a chuva e a cobertura da nebulosidade favoreceram as temperaturas máximas relativamente mais baixas. No mês de novembro de 2019, sete sistemas frontais atuaram no Brasil. Cinco sistemas frontais atuaram pelo interior, apenas na Região Sul do Brasil. Além disso, entre os dias 15 e 19, se configurou um episódio de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Sobre o setor sul do país a precipitação acima da média na primeira quinzena está relacionada com a maior frequência dos sistemas frontais neste período, pelo menos em parte da Região Sul do Brasil. As anomalias de temperatura mínima são positivas na primeira quinzena sobre parte da Região Sul do Brasil, reflexo da presença de maior nebulosidade.

Entre os dias 25 e 31 de dezembro uma forte onda de calor atingiu principalmente áreas do RS, onde a temperatura máxima ficou acima de 40 graus sem algumas cidades. Esta forte onda de calor foi provocada pela atuação de um anticiclone na troposfera média, que além de inibir a condição para chuvas, também promove um aquecimento por compressão adiabática do ar. No mês de dezembro de 2019, seis sistemas frontais atuaram no Brasil.

O comportamento da maioria dos sistemas frontais persiste em relação ao mês anterior, com deslocamento mais litorâneo até parte do Sudeste e pelo interior, onde atuou principalmente pelo RS, chegando algumas vezes até o PR. Na maior parte do país, a precipitação ficou abaixo da média, exceto nos setores oeste e parte da faixa central.

Na primeira quinzena, a precipitação acima da média na faixa central é mais ampla, devido a atuação de dois episódios de Zona de Convergência, além da atuação de cavados na troposfera média. Em parte do Sul do Brasil, a temperatura abaixo da média na primeira quinzena, tanto da máxima, quanto da mínima, reflete a atuação de uma frente fria mais significativa que atuou neste período. No mês de janeiro de 2019, seis sistemas frontais atuaram no Brasil. A maioria destes sistemas frontais atuaram sobre o RS.

Na Região Sul do Brasil a precipitação ficou abaixo ou dentro da média no geral, com pontos de precipitação levemente acima da média. Na primeira quinzena foram observados valores de chuva maiores do que a média, o que favoreceu valores de temperatura máxima abaixo da média. Este mesmo comportamento é observado em boa parte do Sudeste e em pontos da Região Sul na segunda quinzena. No mês de fevereiro de 2020, quatro sistemas frontais atuaram no Brasil. A maioria destes sistemas frontais atuaram sobre a Região Sul. Nos setores oeste e sul do país o sinal é contrário, com chuvas abaixo da média, com destaque para a Região Sul, que apresenta este comportamento há meses e sofre período de estiagem, principalmente sobre o RS.

Em parte da Região Sul e sul de SP as anomalias de temperatura máxima e mínima são negativas, devido ao avanço dos sistemas frontais 2, 4 e 5. No mês de março de 2020, quatro sistemas frontais atuaram no Brasil. A maioria destes sistemas frontais atuaram sobre o RS. No centro-sul do país o destaque ainda são anomalias negativas de chuva, que abrange áreas de MS, oeste e sul de MT, sul de

GO, sul de MG, SP e principalmente a Região Sul do Brasil, que apresenta este comportamento há alguns meses.

No mês de abril de 2020, seis sistemas frontais atuaram no Brasil. Os sistemas 1 e 3 avançaram até a BA, o sistema 5 avançou até o RJ e os demais atuaram até a Região Sul na segunda quinzena. O centro-sul do país persiste com chuvas abaixo da média na maior parte, com destaque para a Região Sul, que sofre com período de estiagem. Já no centro-sul do país e também em parte do leste do Sudeste, as temperaturas abaixo da média se devem à atuação dos sistemas frontais, que na primeira quinzena avançaram até latitudes menores.

As frentes frias que atuaram no mês de maio de 2020 foram intensas e provocaram queda expressiva nas temperaturas, principalmente mínimas, que bateram recordes do ano em cidades do Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país. No mês de maio de 2020, quatro sistemas frontais atuaram no Brasil, sendo que três deles avançaram até o litoral do Nordeste. O centro-sul do país persiste com chuvas abaixo da média na maior parte, com destaque para a Região Sul, que teve anomalia positiva no RS mais expressiva. Nota-se que na segunda quinzena houve anomalia positiva no centro-sul do RS e parte do PR.

No decorrer do dia 30 um ciclone extratropical se formou entre o Paraguai, RS e leste da Argentina com intensificação maior do 24 hPa em 24 horas, o que o caracterizou como explosivo. Este sistema por se formar e se intensificar muito rápido sobre o continente, teve seus efeitos sentidos de forma expressiva principalmente em áreas do RS, onde a chuva acumulada superou os 100 mm em 24 horas, ficando acima da média mensal em alguns pontos. Além disso, rajadas de vento acima dos 100 Km/h foram registradas.

No mês de junho, sete frentes frias avançaram pelo Brasil, quatro na primeira quinzena e três na segunda. A maioria destes sistemas avançou pelo interior do Brasil, porém atuaram de forma fraca e rápida. No mês de junho podem-se observar chuvas acima da média em pontos do centro-sul do país, inclusive em parte de SP, devido ao aumento da frequência de frentes frias principalmente. Em relação às temperaturas no mês de junho, tem-se que as temperaturas mínimas e máximas ficaram acima da média em boa parte do país, exceto entre o RS e SC na primeira quinzena.

4.3.2 Dendograma

O dendograma apresentado na figura 30 mostra a similaridade na comparação entre os poluentes atmosféricos e os aspectos meteorológicos. O dendograma apresenta índices baixos quanto aos poluentes atmosféricos x Dados meteorológicos. Os índices mais altos estão interligados MP Data Bam x Radiação Global chegando a 34. A baixa similaridade está presente em todos os aspectos meteorológicos.

4.3.3.1 Dendograma variáveis meteorológicas

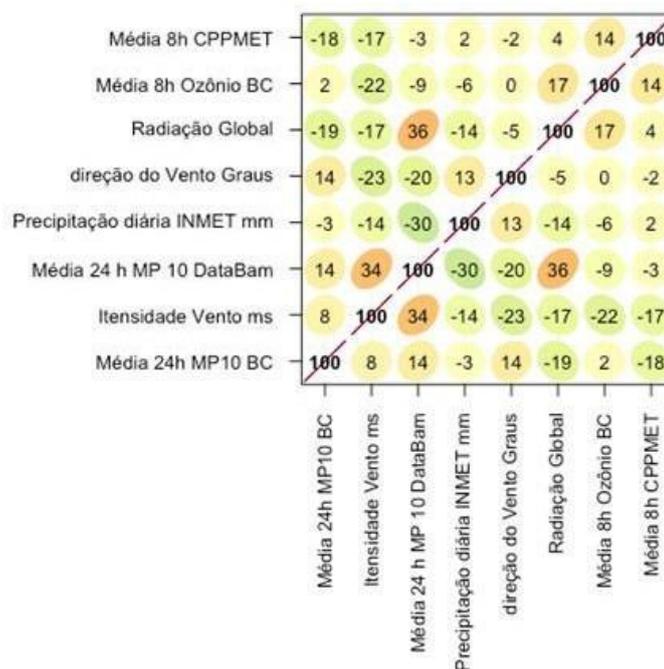
O dendograma cruzou os dados meteorológicos com o ozônio de baixo custo, ozônio CPPMET e o material particulado 10. Para obter esses dados cruzou-se os poluentes atmosféricos com as variáveis meteorológicas, assim obtemos a análise. A análise se baseia na proximidade a 100 %, caso uma variante chegar a 70%, há uma forte similaridade de cada item e variáveis em torno de 50% são considerados moderados e abaixo de 50% são considerados baixos. Na análise dos dados quanto Ozônio BC x **Precipitação pluviométrica** a probabilidade é baixa e o mesmo podemos dizer quanto Ozônio CPPMET x Precipitação pluviométrica e Material Particulado 10 x Precipitação pluviométrica. Quanto aos dados de ozônio bc x radiação global é considerada baixa probabilidade e a **radiação global** x Ozônio CPPMET o índice de probabilidade é baixo. Quanto diz respeito as análises intensidade do vento x Ozônio BC, intensidade do vento x ozônio CPPMET e **Intensidade do vento** x material particulado 10 a probabilidade é baixa. Os dados de Direção do Vento x Ozônio BC podemos dizer que a probabilidade é baixa, Direção do Vento x Ozônio CPPMET e **Direção do Vento** x Material Particulado 10 a possibilidade é baixa.

Os dados meteorológicos mostraram uma baixa probabilidade entre os índices de Ozônio CPPMET X Radiação global, Ozônio Baixo Custo X Radiação Global na relação com os valores encontrados na pesquisa. Quanto ao ciclo diurno semanal os maiores índices ocorreram quartas, sábados e domingos. No estudo de Blazek et al. (2021) fala de acordo com algumas referências que a poluição do ar excede significativamente os valores limite de material particulado (PM10, PM2,5) (HUNOV (2020), EEA (2019), CHI (2018), benzo[a]pireno e ozônio de acordo com a legislação europeia e as diretrizes da OMS (WHO, 2005; WROE, 2017).

Estudos realizados na América Latina fornecem evidências suficientes dos efeitos adversos dos critérios de poluentes atmosféricos na saúde humana, principalmente na população vulnerável e suscetível grupos (ROMIEU, 2003).

Por outro lado, estudos publicados mostraram que concentrações reduzidas de O₃, PM10 e PM2,5 nos Estados Unidos resultaram na prevenção de morbidades, bem como melhorias significativas na expectativa de vida (CORREIA et al., 2007, DOMINIC et al., 2007, POPE et al., 2006). Na pesquisa de Al Kallas et al. (2021) falam e citam estudo que o caráter industrial particular da região, juntamente com sua topografia (bacia cercada por serras bastante altas) e condições meteorológicas locais (SABER, 2020) causam seus problemas específicos de poluição do ar. A baixa probabilidade entre a relação poluente atmosférica x fatores meteorológicos indicam que não há intervenção climática nos dados o que diz que houve relação direta com a diminuição do tráfego.

Figura 30 Dendograma Variáveis Meteorológicas



Fonte: Laboratório Agrometeorologia, 2022

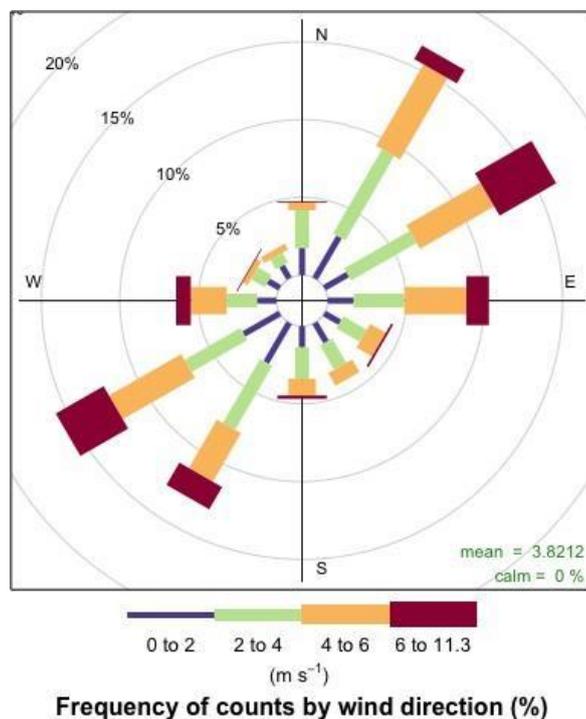
4.3.3 Rosa dos ventos -vento predominante em cada situação.

A rosa dos ventos acusa que a indicação do vento a predominância segundo a Figura 70 no sentido sudeste, a tarde conforme a Figura 71 indica o sentido sudoeste e no turno da noite a Figura 72 indica o sentido sudoeste. Na predominância da campanha das rosas do vento segundo a Figura 73 indica o sentido sudoeste.

4.3.3.1 Rosas do Vento

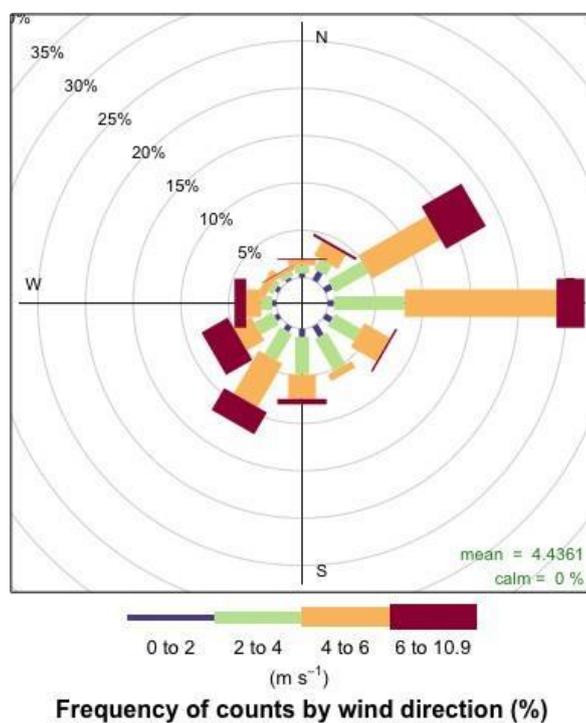
A característica da Rosa do Vento é um fator importante na pesquisa, pois determina a direção dos ventos durante a campanha de monitoração dos poluentes e suas características meteorológicas. Durante a campanha notou-se que a direção do vento na sua predominância foi sudeste durante os três turnos (manhã, tarde e noite) e o mesmo se repete no geral conforme a descrição nas figuras 34, 35,36 e 37:

Figura 34 Rosa do Vento - Turno manhã



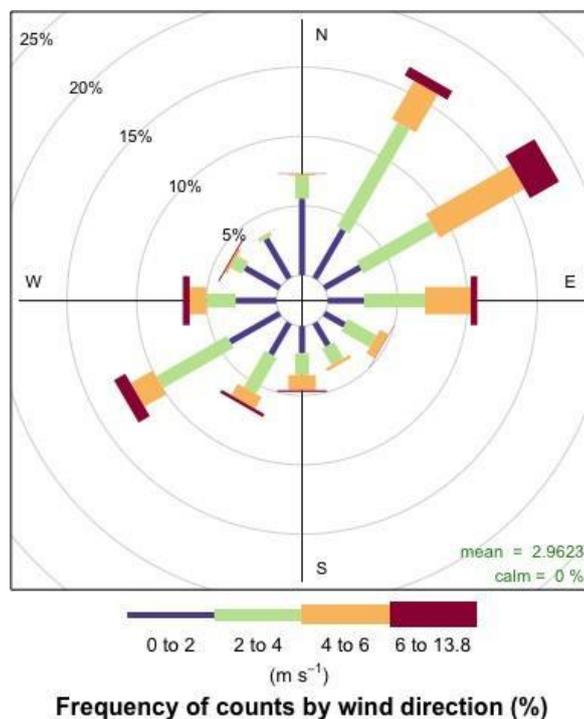
Fonte : Laboratório Agrometeorologia, 2020.

Figura 35 Rosa do Vento - Turno tarde



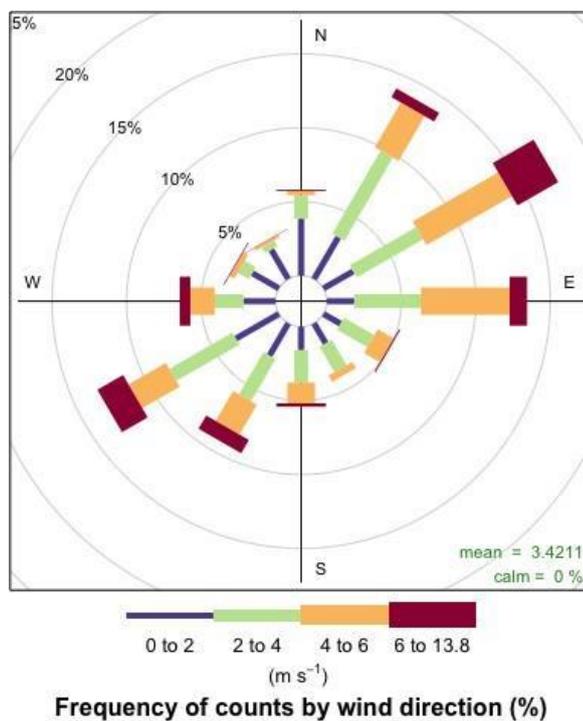
Fonte: Laboratório de agrometeorologia, 2020.

Figura 36 Rosa dos Ventos - Turno noite



Fonte: Laboratório de Agrometeorologia, 2020.

Figura 37 Rosa dos Ventos - Todo período



Fonte: Laboratório de Agrometeorologia, 2020.

O dendograma cruzou os dados meteorológicos com o ozônio de baixo custo, ozônio CPPMET e o material particulado 10. Na análise dos dados quanto Ozônio BC x **Precipitação pluviométrica** é probabilidade é baixa e o mesmo podemos dizer quanto Ozônio CPPMET x Precipitação pluviométrica e Material Particulado 10 x Precipitação pluviométrica. Quanto aos dados de ozônio bc x radiação global é considerada baixa probabilidade e a **radiação global** x Ozônio CPPMET o índice de probabilidade é alto. Ao que diz respeito as análises intensidade do vento x Ozônio BC ,intensidade do vento x ozônio CPPMET e **Intensidade do vento** x material particulado 10 a probabilidade é baixa .Os dados de Direção do Vento x Ozônio BC podemos dizer que é a probabilidade é média , Direção do Vento x Ozônio CPPMET e **Direção do Vento** x Material Particulado 10 a possibilidade é baixa.

Os dados meteorológicos mostraram uma baixa probabilidade entre os índices de Ozônio CPPMet X Radiação global, Ozônio Baixo Custo X Radiação Global na relação com os valores encontrados na pesquisa. Quanto ao ciclo diurno semanal os maiores índices ocorreram quartas, sábados e domingos. Os tempos de integração usados para cada poluente do ar para determinar o cumprimento dos regulamentos foram os seguintes: média 24 h para PM10, média móvel de 8 horas para O₃, média de 8 horas e média de 24 horas para SO₂, dados horários para NO₂ e média móvel de 8 horas para CO. Estudos realizados na América Latina fornecem evidências suficientes dos efeitos adversos dos critérios de poluentes atmosféricos na saúde humana, principalmente na população vulnerável e suscetível grupos (ROMIEU, 2003).

Por outro lado, estudos publicados mostraram que concentrações reduzidas de O₃, PM10 e PM2,5 nos Estados Unidos resultaram na prevenção de morbidades, bem como melhorias significativas na expectativa de vida (CORREIA et al., 2007; DOMINIC, et al., 2007; POPE et al., 2006). Na pesquisa de Al Kallas et al. (2021) fala e cita estudo que o caráter industrial particular da região, juntamente com sua topografia (bacia cercada por serras bastante altas) e condições meteorológicas locais Saber (2020) causam seus problemas específicos de poluição do ar.

Quanto ao ciclo diurno semanal os maiores índices ocorreram quartas, sábados e domingos. Conforme o estudo de Beringui et al. (2022) na cidade do Rio Janeiro o pico do ozônio em seu ciclo diurno aconteceu por volta das 15h antes do período pandêmico e no período pandêmico houve uma redução bem considerável

e o seu pico aconteceu por volta das 16h. O mesmo trabalho apresentou que terça e domingos foram os maiores índices conforme o período semanal.

A pesquisa de alguns estudos mostrou uma melhora quanto ao ozônio durante o período pandêmico havendo uma redução conforme diversos outros estudos internacionais e nacionais (BERMAN e EBISU, 2020; CHEN et al., 2020; HE et al., 2020; DEBONE et al., 2020; BERINGUI et al., 2021; TAVELLA et al., 2021). O MP 10 mostrou-se resultados significativos e o mesmo resultado foi encontrado em pesquisas similares (DUARTE et al., 2020; ROVIRA et al., 2020; SARRA et al., 2021; GODINHO, 2022).

A pandemia do Covid-19 revelou um novo panorama mundial mais restrito do ponto de vista social. Os resultados evidenciados nessa pesquisa mostraram uma diferença existente entre os períodos antes e durante a pandemia Covid-19. O trabalho evidenciou dados significativos que comprovam a diferença entre os poluentes atmosféricos Ozônio e Material Particulado 10 antes e durante a restrição social. Quanto aos outros parâmetros meteorológicos ligados notabilizou uma baixa relação quanto os índices de Ozônio e Material Particulado 10 mostrando uma relação direta com os veículos nos índices pesquisados. O índice de material particulado estipulado pela OMS de $45 \mu\text{g} \text{ m}^{-3}$ apresentado pelo ciclo diurno de Material Particulado 10 não ultrapassou o limite estabelecido. O dendograma mostrou baixa similaridade e não houve interferência nos dados pesquisados quanto aos fatores meteorológicos.

Segundo a análise do ciclo diurno do Ozônio de baixo custo houve um pico mais alto na quintas e domingos, ocorrendo com regularidade pela proximidade das 16h e depois tendo uma queda vertiginosa. O ponto mês de maior pico foi Setembro. O ozônio CPPMET apresentou maior de incidência por volta das 13h e o dia de maior incidência é Quarta-feira. O ozônio BC e o material particulado o pico se dá por volta das 18h no IFSul Campus Pelotas. Quanto ao MP 10 podemos dizer que o pico se estabeleceu próximo as 18h e o mês que teve o maior índice foi novembro. Nos dias da semana houve maior incidência na Sexta feira e decrescendo no fim de semana. A qualidade do ar pode ser melhorada estabelecendo padrões federais em resposta a evidências derivadas desses tipos de estudos. Quanto ao material particulado 10 houve um decréscimo no período pandêmico ,mas houve ultrapassagens quanto ao padrão OMS estabelecido em $45 \mu\text{g} \text{ m}^{-3}$. A coincidência do horário do ozônio BC e Material Particulado 10 no IFSUL Câmpus Pelotas a

possibilidade mais provável pelo ozônio tele transportado de outros lugares e o trafego veicular constante o que também influencia juntamente com as atividades industriais o material particulado 10.

O ozônio do CPPMet apresenta comportamento normal com o pico por volta das 13h e o decréscimo por volta das 16h e esse transportado diretamente com a ajuda do vento para a região do IFSUL Campus Pelotas estabelecendo um pico por volta das 18h. Outra diferença é no fim de semana no ozônio CPPMet há um crescimento vertiginoso, devido ao trafego veicular na região da Av. Ildefonso Simões Lopes Neto, pois temos uma semelhança na Av. Duque de Caxias os níveis de ozônio ficaram constantes, por causa da diminuição do trafego. O Material particulado apresenta pico na sexta-feira e diminuindo no fim de semana com a possibilidade da diminuição do trafego e atividades industriais.

4.3.3.3 Análise descritiva do Ozônio

Meses avaliados 09/2019 a 05/2020

Dados bruto e médias diárias (8h): Márcio

Análise estatística: Lucas Guidoni

Tabela - Estatística descritiva (dados a partir de médias diárias de 08 horas)

		Ozônio (ug/m ³)								
	N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
GERAL	188	20,07243	20,12640	3773,616	8,50524	31,84364	3,953657	0,288350	19,69696	15,63140

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Tabela de Distribuição de frequências

Categoria Oz (ug/m ³)	Frequência	F. acumulada	F %	F % acumulada
5 < x ≤ 10	2	2	1,06383	1,06383
10 < x ≤ 15	18	20	9,574468	10,638298
15 < x ≤ 20	67	87	35,638298	46,276596
20 < x ≤ 25	83	170	44,148936	90,425532
25 < x ≤ 30	16	186	8,510638	98,93617
35 < x ≤ 35	2	188	1,06383	100

Figura Histograma do Ozônio

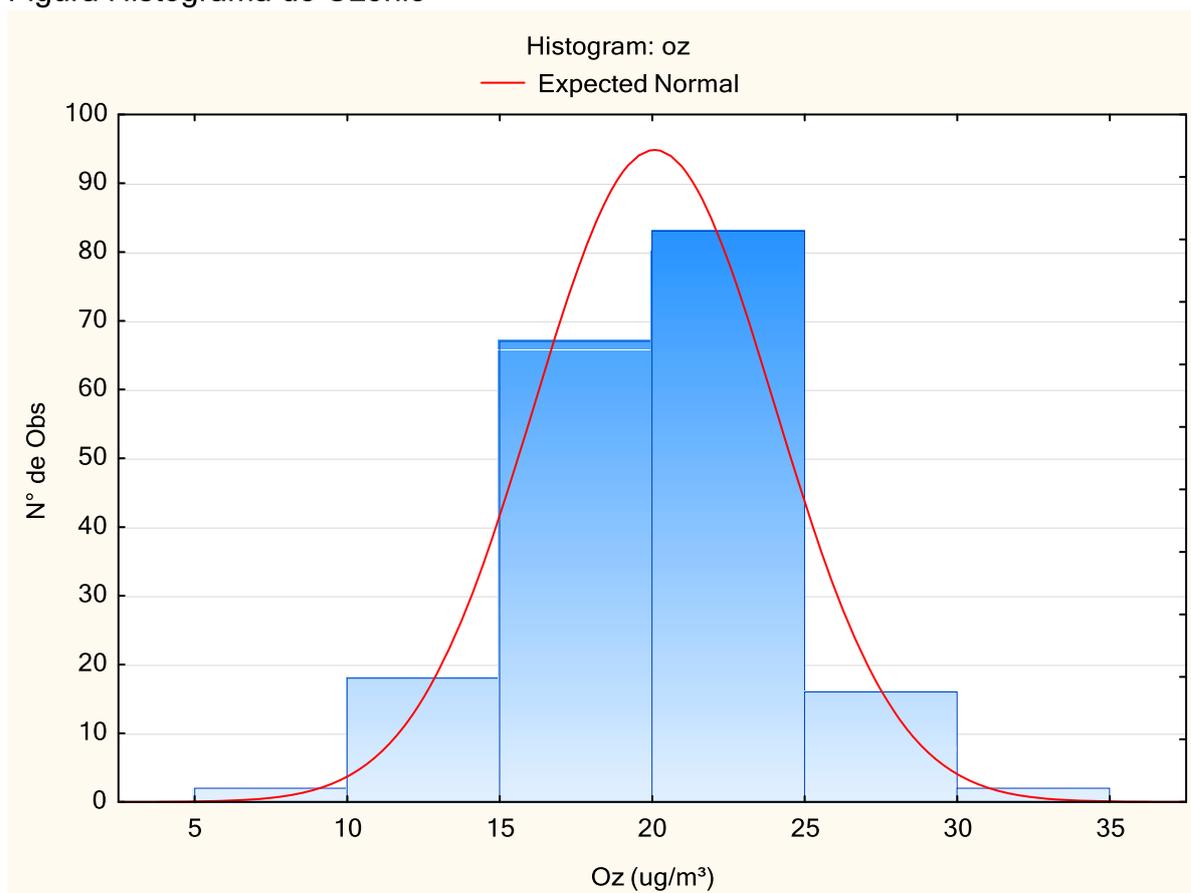


Tabela da análise descritiva categorizada por mês.

Mês/Ano	N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
set/19	2	24,62	24,62	49,23	24,25	24,98	0,51	0,36	2,08	0,26
out/19	19	19,22	20,02	365,25	11,19	25,16	4,11	0,94	21,38	16,90
nov/19	29	21,67	21,55	628,45	14,94	27,01	2,75	0,51	12,68	7,55
dez/19	12	20,75	19,96	249,03	17,59	25,86	2,64	0,76	12,71	6,96
jan/20	31	19,85	20,02	615,46	16,91	24,61	2,23	0,40	11,21	4,96
fev/20	29	19,48	18,50	564,81	16,21	23,92	2,45	0,46	12,60	6,02
mar/20	31	23,29	23,02	722,14	16,65	31,84	3,62	0,65	15,53	13,09
abr/20	30	17,53	17,21	525,93	11,11	29,55	4,13	0,75	23,56	17,07
mai/20	5	10,66	10,13	53,31	8,51	14,52	2,28	1,02	21,43	5,22
Geral	188	20,07	20,13	3773,62	8,51	31,84	3,95	0,29	19,70	15,63

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Comparação entre meses através de ANOVA, seguido de teste de tukey com 95% de confiança. (excluído dados com menos de 10 observações - set/2019 e maio/2020).

Tabela com valores de P na comparação do teste de Tukey mês a mês.

	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20
out/19		0,132108	0,856639	0,994064	0,999971	0,000293	0,550498
nov/19	0,132108		0,981669	0,301533	0,125816	0,442964	0,000040
dez/19	0,856639	0,981669		0,982667	0,909947	0,231194	0,051950
jan/20	0,994064	0,301533	0,982667		0,999342	0,000510	0,071242
fev/20	0,999971	0,125816	0,909947	0,999342		0,000107	0,232182
mar/20	0,000293	0,442964	0,231194	0,000510	0,000107		0,000026
abr/20	0,550498	0,000040	0,051950	0,071242	0,232182	0,000026	

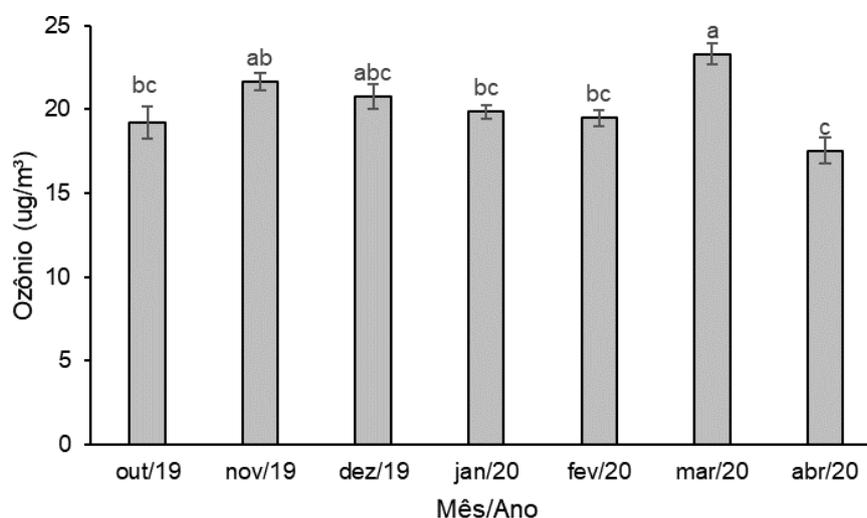
P < 0,05 indica diferença significativa entre os meses.

Tabela resumo resultado teste de Tukey

Mês	Média	Grupos homogêneos			
abr/20	17,53104	****			C
out/19	19,22367	****	****		BC
fev/20	19,47629	****	****		BC
jan/20	19,85353	****	****		BC
dez/19	20,75284	****	****	****	ABC
nov/19	21,67068		****	****	AB
mar/20	23,29478			****	A

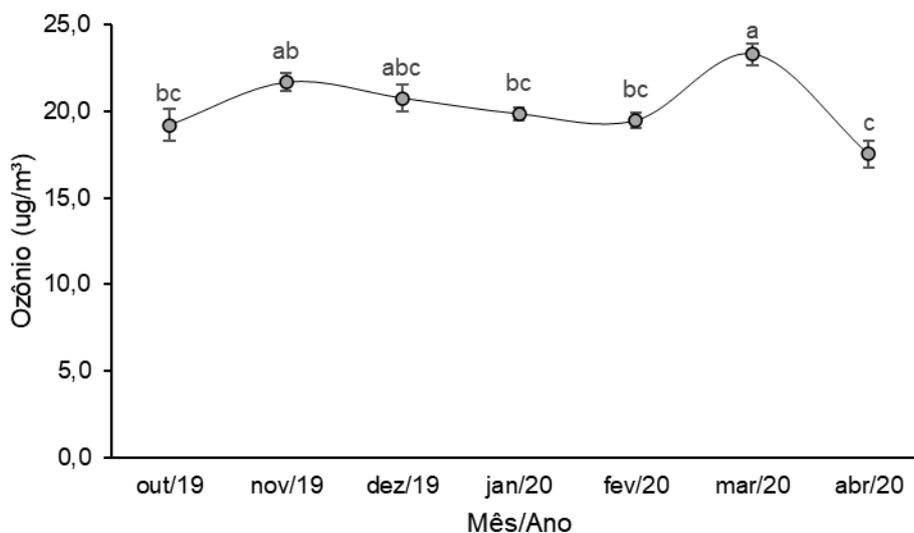
**** iguais na mesma coluna indicam que os meses são semelhantes entre si.

Figura - Média mensal dos registros diários (8h) de ozônio no estudo



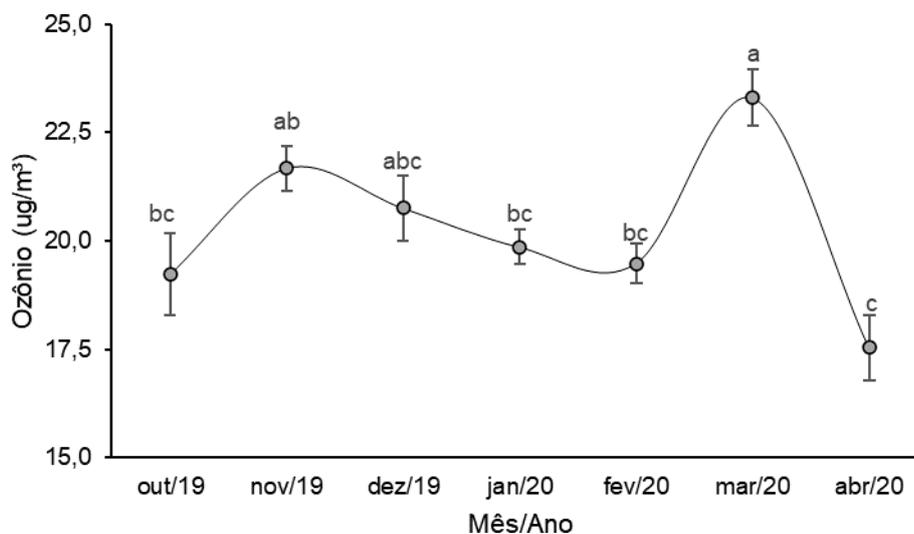
Obs.: (a,b,c Média (Erro padrão) com diferentes subscritos são indicam diferença entre os meses com p < 0,05)

Figura Média mensal dos registros diários (8h) de ozônio no estudo.



Obs: a,b,c Média (Erro padrão) com diferentes subscritos são indicam diferença entre os meses com $p < 0,05$.

Figura Média mensal dos registros diários (8h) de ozônio no estudo.



Obs: a,b,c Média (Erro padrão) com diferentes subscritos são indicam diferença entre os meses com $p < 0,05$.

4.3.3.3 Análise descritiva do Material Particulado 10

Tabela - Estatística descritiva para Ozônio (dados a partir de médias diárias de 08 horas)

MP 10 (µg/m ³)									
N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
221	23,02	23,77	5086,49	13,37	34,25	3,35	0,23	14,55	11,22

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Tabela de Distribuição de frequências

Categoria Oz (ug/m³)	Frequência	F. acumulada	F %	F % acumulada
10 < x ≤ 15	1,00	1,00	0,45	0,45
15 < x ≤ 20	47,00	48,00	21,27	21,72
20 < x ≤ 25	115,00	163,00	52,04	73,76
25 < x ≤ 30	57,00	220,00	25,79	99,55
30 < x ≤ 35	1,00	221,00	0,45	100,00
10 < x ≤ 15	1,00	1,00	0,45	0,45

Figura Histograma do Material Particulado 10

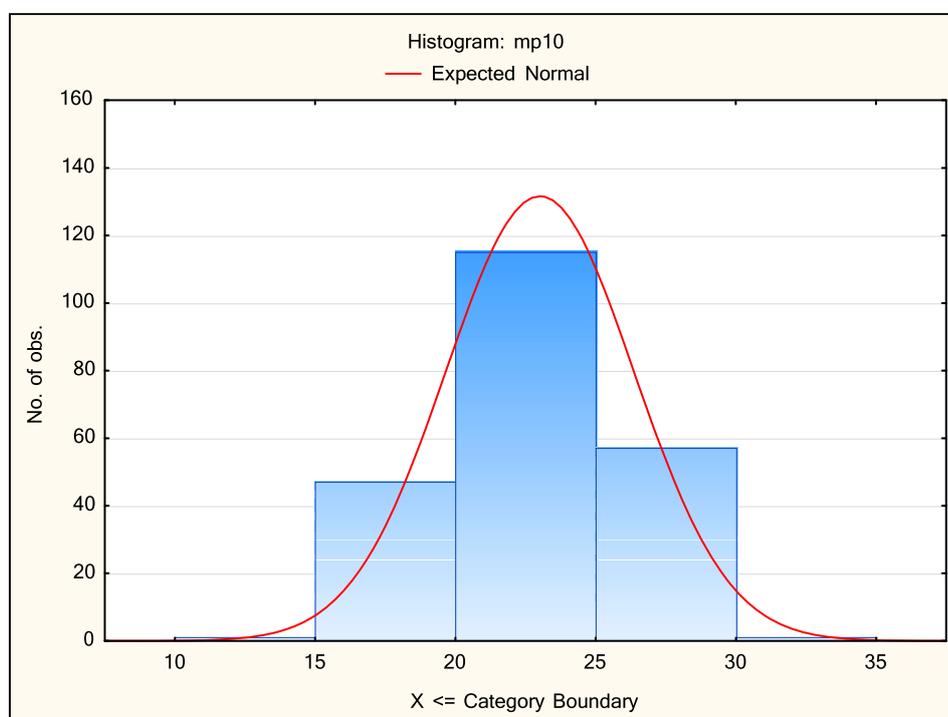


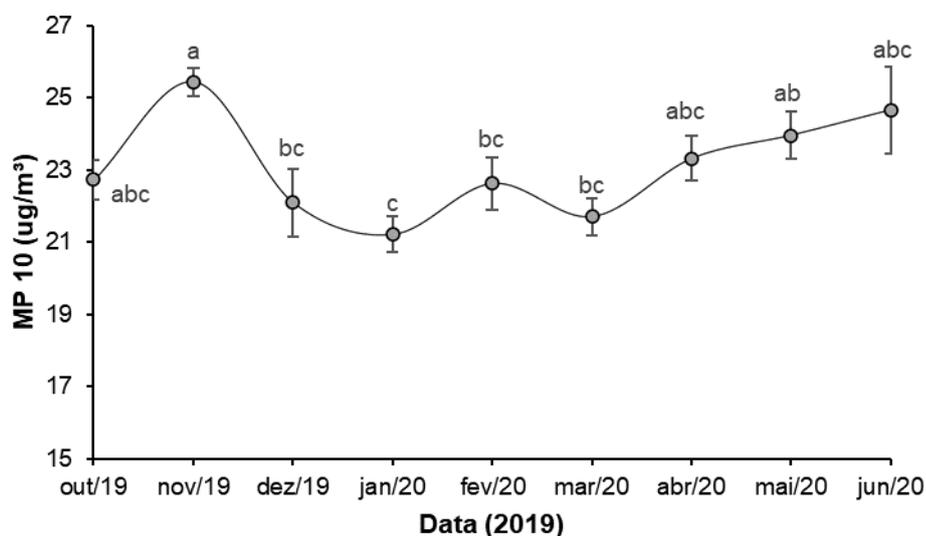
Tabela dados diários BAM MP novo (média, desvio padrão, erro padrão) resumo resultado teste de Tukey (letras)

mes	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
	22,731	25,440	22,093	21,219	22,630	21,710	23,323	23,966	24,668
out		0,080662	0,999788	0,770974	1,000000	0,971304	0,999336	0,914194	0,841242
nov	0,080662		0,047645	0,000016	0,018094	0,000166	0,186689	0,666223	0,999328
dez	0,999788	0,047645		0,996240	0,999901	0,999992	0,966156	0,707533	0,636340
jan	0,770974	0,000016	0,996240		0,716868	0,999514	0,175049	0,015882	0,085471
fev	1,000000	0,018094	0,999901	0,716868		0,968304	0,995257	0,774808	0,741917
mar	0,971304	0,000166	0,999992	0,999514	0,968304		0,533516	0,103803	0,232569
abr	0,999336	0,186689	0,966156	0,175049	0,995257	0,533516		0,996814	0,969501
mai	0,914194	0,666223	0,707533	0,015882	0,774808	0,103803	0,996814		0,999646
jun	0,841242	0,999328	0,636340	0,085471	0,741917	0,232569	0,969501	0,999646	

Mês	Media	Erro padrao	Grupos homogêneos			Indice estat.
Jan	21,21857	0,49	****			c
Mar	21,71006	0,52	****	****		bc
Dez	22,09300	0,93	****	****		bc
Fev	22,63034	0,73	****	****		bc
Out	22,73114	0,54	****	****	****	abc
Abr	23,32302	0,61	****	****	****	abc
Mai	23,96625	0,65		****	****	ab
Jun	24,66832	1,21	****	****	****	abc
Nov	25,43981	0,39			****	a

Asteriscos iguais na mesma coluna mostram os que não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$)

Figura Média mensal dos registros diários (24h) de MP 10 no estudo



Obs: a,b,c Média (Erro padrão) com diferentes subscritos indicam diferença entre os meses com $p < 0,05$.

5 CONCLUSÃO

O estudo determinou que houve uma diferença entre os meses de outubro, novembro e dezembro (período pré) e os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho (pandêmico), pois houve uma diminuição nos valores de Ozônio e Material Particulado 10 quando se comparam os meses influenciados pela restrição social com os demais meses do período. Segundo o dendograma houve uma baixa interferência das variáveis meteorológicas na variabilidade da concentração dos poluentes atmosféricos e isso corrobora com a hipótese de influência direta do tráfego. Não houve ultrapassagens do material particulado em todos os meses segundo a OMS (mais restritiva) e quanto ao Conama 491/2018. O estudo evidenciou que não houve ultrapassagens quanto ao padrão Conama 491/2018 quanto ao ozônio no IFSUL Câmpus Pelotas e no CPPMET.

Na análise comportamental do ciclo diurno de ozônio CPPMET o pico atingido foi no horário das 13h e o dia de maior incidência foi Quarta-feira. O ozônio registrado no sensor de baixo custo teve o pico por volta das 17-18h. Quanto ao MP 10, podemos dizer que o pico se estabeleceu próximo as 18h e o mês que teve o maior índice foi novembro. Analisando a variabilidade nos dias da semana nota-se maior incidência na Sexta-feira e decrescendo no fim de semana. A coincidência do horário do ozônio e PM10 registrados no IFSUL Câmpus Pelotas provavelmente foi influência do transporte de outros lugares e a hora de maior movimento de veículos na avenida a frente do sensor.

O ozônio do CPPMET apresenta comportamento normal com o pico por volta das 13h e o decréscimo por volta das 16h e esse podendo ser transportado diretamente com a ajuda do vento para a região do IFSul Campus Pelotas estabelecendo um pico por volta das 18h. O índice de ozônio no CPPMET foi maior que o ozônio BC no IFSul Campus Pelotas o que nos mostra um comportamento normal, pois ozônio tende a ser maior nas cercanias da fonte principal dos precursores. As campanhas de monitoramento da qualidade do ar são importantes para compreender o ambiente em que moramos e isso nos ajuda nas políticas ambientais mais eficazes o que nos auxilia de uma melhora na qualidade do ar, projetando as urbes na ordem social, ambiental e econômica, refletindo no dia a dia das cidades e suas consequências.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cleuma Christir Silva et al. Bioindicatorsof Air Quality Species | Bioindicadores de espécies de qualidade do ar. **Revista Geama**, [S.l.], p. 94-102, jun. 2017. Disponível em:

<<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/1026>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

AGUIAR, Márcia Farias; CECCONELLO, Samanta Tolentino; CENTENO, Luana Nunes. SANEAMENTO BÁSICO versus DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE PELOTAS/RS. **HOLOS**, v. 3, p. 1-14, 2019.

ALONSO, M. F. **Previsão do tempo químico para a América do Sul**: Impacto relativo das emissões urbanas nas escalas local e regional. 2011, 218 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos.

Al-Kallas, S.; Al-Mutairi, M.; Abdel Basset, H.; Abdeldym, A.; Morsy, M.; Badawy, A. Climatological Study of Ozone over Saudi Arabia. *Atmosphere* 2021, 12, 1275. Disponível em:<<https://doi.org/10.3390/atmos12101275>>. Acesso em 20 jan.2022.

ANDRADE, M.F.; KUMAR, P.; DE FREITAS, E.D.; YNOUE, R. Y.; MARTINS, J.; MARTINS, L. D.; NOGUEIRA, T.; PEREZ-MARTINEZ, P.; DE MIRANDA, R.M.; ALBUQUERQUE, T.; GONÇALVES, F.L.T.; OYAMA, B.; ZHANG, Y. Air quality in the mega city of São Paulo: Evolution over the last 30 years and future perspectives. *Atmospheric Environment*, v. 159, p. 6682, 2017.

ANGEOLETTO, Fabio Henrique Soares et al. Urban ecology and planning: a necessary convergence. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 23, p. 17, 2019.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas e o Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 8-12, 2014.

SILVA, Karen Leandra Ávila da; ALONSO, Marcelo Félix; OLIVEIRA, Lucijacy Pereira de. Análise das Emissões Atmosféricas de Fontes Móveis para a cidade Pelotas – RS. **Ciência e Natura**, vol. 38, -, 2016, pp. 347-353 Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil.

Bam 1020, Continues Particulate monitor. Met One Instrumentes, Inc.2013.

BARROS, S.S.; OYAMA, M.D. Sistemas meteorológicos associados à ocorrência de precipitação no Centro de lançamento de Alcântara. **Revista Brasileira de Meteorologia**. São Paulo, v. 25, n. 3, 2010.

BERCHIN, I. I.; MARCON, G. A.; RIBEIRO, J. M. P.; ANDRADE GUERRA, J. B. S. O. de A. Estratégias do setor agrícola brasileiro para o desenvolvimento de uma economia verde no Brasil. **Revista gestão & sustentabilidade ambiental**, n. 4, p. 14-43, 2015.

Berman JD, Ebisu K. Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic. **Science of the Total Environment**. 2020; 739: 139864.

BERINGUI, Karmel et al. Time variation of atmospheric pollutants in first weeks of COVID-19 lockdown in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro: Variação temporal dos poluentes atmosféricos nas primeiras semanas de encerramento da COVID-19 na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Studies in engineering and exact sciences**, v. 3, n. 1, p. 95-106, 2022.

Blažek, Z.; Cernikovský, L.; Krejčí, B.; Osrodka, L.; Volna, V.; Wojtylak, M. Vliv Meteorologických Podmínek Na Kvalitu Ovzduší V Přeshraniční Oblasti Slezska A Moravy–Wpływ Warunków Meteorologicznych Na Jakość Powietrza W Obszarze Przygranicznym Śląska I Moraw [The Influence of Meteorological Conditions on Air Quality in the Border Region of Silesia and Moravia], 1st ed.; Český Hydrometeorologický Ústav: Prague, Czech Republic; Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy: Warsaw, Poland, 2013; ISBN 978-80-87577-15-8. (In Czech/Polish)

BRAGA, A. L. F.; PEREIRA, L. A. A.; PROCOPIO, M.; ANDRE, P. A.; SALDIVA, P. H.N. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 23 Sup 4:S570-S578,2007.

BRAGA, A.L.F.; PEREIRA, L.A.A.; SALDIVA, P.H.N. (2002). Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. In: **COM CIÊNCIA**. Cidades. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/cidades/cid11.htm>>. Acesso em 2 de junho de 2019.

BRANDÃO, Cássia Barreto; DE CARVALHO, Diego Lellis. Reflexos da poluição atmosférica sobre a qualidade de vida da população do Município de Belford Roxo - RJ nos anos de 2007 e 2008. **Hygeia**, v. 7, n. 13, 2011.

BRASIL, Resolução CONAMA 03, Brasília, Diário Oficial da União, 1990.

BRASIL, Resolução CONAMA 491, Brasília, Diário Oficial da União, 2018.

CARDOSO, Carlos Luis. Emergência humana, dimensões da natureza (meio ambiente) e corporeidade: sobre as atuais condições espaço-temporais do _se-movimentar. **Motrivivência**, n. 22, p. 93-114, 2004.

CARVALHO, V.S.B. **Meteorologia da Qualidade do Ar no que tange as Concentrações de Ozônio e dos Óxidos de Nitrogênio na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2006. 134 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Mecânica) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2006.

CARVALHO, V.S.B.; de FREITAS, E.D.; MARTINS, L.D.; MARTINS, J.A.; DE FÁTIMA ANDRADE, M. Air quality status and trends over the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil as a result of emission control policies. **Environmental Science & Policy**, v. 47, p. 68-79, 2015.

CARVALHO, V.S.B.; FREITAS, E.D.; MAZZOLI, C.R.R.; ANDRADE, M.F. Avaliação da influência de condições meteorológicas na ocorrência e manutenção de um episódio prolongado com altas concentrações de ozônio sobre a Região Metropolitana de São Paulo, Brasil, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso),v.27,p.458-469,2012.

CASTRO, A. H. S.; ARAÚJO, R. S.; SILVA, G. M. M. Qualidade do ar-parâmetros de controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão. **Holos**, v. 5, p. 107-121, 2013.

CAVALCANTI, P. M. P. S. **Modelo de Gestão da Qualidade do Ar** – Abordagem Preventiva e Corretiva. 2010. 252 f. Tese (Doutorado em planejamento energético) - Programa de Pósgraduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2010.

CERÓN BRETON, R.M.; CERÓN BRETON, J.; DE LA LUZ ESPINOSA FUENTES, M.; Kahl, J.; ESPINOSA GUZMAN, A.A.; MARTÍNEZ, R.G.; GUARNACCIA, C.; DEL CARMEN LARA SEVERINO, R.; RAMIREZ LARA, E.; FRANCAVILLA, A.B. Short-Term Associations between Morbidity and Air Pollution in Metropolitan Area of Monterrey, Mexico. *Atmosphere* **2021**, *12*, 1352. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/atmos12101352>

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB - www.cetesb.sp.gov.br acessado em dezembro de 2005.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2013**. São Paulo, 2014. Disponível. em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Relatório Anual de Qualidade Ambiental 2017**. Disponível em:<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/consema/2017/10/relatorio_anual_de_qualidade_ambiental_2017.pdf>. Acesso em 18 jul. 2019.

CHAN, C.K., YAO, X. Air pollution in mega cities in China. *Atmospheric Environment*, v.42, n.1,p.1 - 42, 2008.

CHEN K, WANG M, HUANG C, KINNEY PL, ANASTAS PT. Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China. *The Lancet Planetary Health*. 2020; 4(6): e210-e212.

CHIQUETTO, Julio Barboza et al. Concentrações de ozônio troposférico na Região Metropolitana de São Paulo e a implementação de parques urbanos: observações e modelagem. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 95, p. 1-24, 2017.

CHOI, Y.S.; HO, C.H.; CHEN, D.; NOH, Y.H.; SONG, C.K. Spectral analysis of weekly variation in PM10 mass concentration and meteorological conditions over China. *Atmospheric Environment*, v. 42, n. 4, p. 655-666, 2008.

CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO - CTB. Disponível em: <<https://direitodescomplicado.com/download/codigo-transito-brasileiro-pdf-lei-no-9-50397/>>. Acesso em 21 out. 2020.

COELHO, S. Z. S. M. **Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

COHEN JE (2003) Humanpopulation: thenexthalfcentury. Science,302:1172-1175.

CONCEIÇÃO, Josuan Ávila da. **A indústria alimentícia na cidade de Pelotas (RS) e sua participação na divisão territorial do trabalho no Rio Grande do Sul: o caso do beneficiamento de arroz**. 2015. Dissertação de Mestrado. FURG.

CORAZZA, R. I.; BONACELLI, M. B. M. Ciência, Tecnologia e Inovação para a Sustentabilidade: reflexões em [retro][per]spectiva. In: Monteiro, M.; Dias, R. de B.; Campos, C. de (Orgs.) **Novos Horizontes em Política Científica e Tecnológica**, São Paulo: Ed. UFABC, 2014.

CORRÊA, T.S.; CARVALHO, V.S.B. Análise de condições meteorológicas durante episódios de poluição por material particulado na RMRJ. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XVII, 2012, Gramado - RS. Anais... Gramado RS, 2012.

CORRÊA, T.S.; REBOITA, M.S.; CARVALHO, V.S.B. Estudos da relação entre as concentrações de ozônio e material particulado e variáveis atmosféricas a partir da técnica de componentes principais em Bauru/SP. In: Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, IX, 2015, Santa Maria RS. Anais... Santa Maria RS, 2

Debone D, da Costa M, Miraglia S. 90 Days of COVID-19 Social Distancing and Its Impacts on Air Quality and Health in Sao Paulo, Brazil. Preprints 2020: 2020080022. DERÍSIO, José Carlos. Introdução ao controle de poluição ambiental. 4ª. Ed. Atual. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 192 p.

Detran. Departamento de Trânsito. Dados RS. Disponível em: <<https://dados.rs.gov.br/group/transporte-e-transito?page=2>>. Acesso em 18 jun. 2019.

Detran. Departamento de Trânsito. Dados RS. Disponível em: <<https://dados.rs.gov.br/group/transporte-e-transito?page=2>>. Acesso em 10 jun. 2020.

DIAS, Reinaldo. Turismo sustentável e meio ambiente/ Reinaldo Dias- 1. ed. - 5. reimpr.-São Paulo : Atlas, 2012.

DICKEY, J.H. Part VII. Air pollution: overview of sources and health effects. **Dis. Mon.**, Chicago, v.46, n.9, p.566-589. 2000.

DOHERTY, R. M. (2015). Ozone pollution from near and far. Nature Geoscience, 8(9), 664-665. doi: 10.1038/ ngeo2497.

DUARTE, Ana L. et al. Spatiotemporal assessment of particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) and ozone in a Caribbean urban coastal city. *Geoscience Frontiers*, v. 13, n. 1, p. 101168, 2022.

EPA - Environmental Protection Agency. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). 2012. Disponível em: <<http://www.epa.gov/air/criteria.html>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

European Environment Agency. EEA. (2021). *Nitrogen oxides, NO_x*. URL: <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eper-chemicals-glossary/nitrogen-oxides-nox>. Acesso 23.05.2021.

FAJERSZTAJN, L. et al. Air pollution: a potentially risk factor for lung cancer. *Nature Reviews Cancer*, v. 13, p. 674 - 678, 2012.

FEEMA - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. **Relatório Anual da Qualidade do Ar**. Rio de Janeiro, 2007. 91 p.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Monitoramento da Qualidade do Ar. Rio Grande do Sul, s/d. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 30 mai. 2014.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Monitoramento da Qualidade do Ar. Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

FERREIRA, J.; OLIVEIRA, P.A. Variação sazonal do ciclo diurno e anual da espessura óptica na cidade de São Paulo. *Anais do...XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 2006.

FERREIRA, Rafael Lopes; OLIVATI, Fabrício Narciso. A utilização de bioindicadores como instrumento de perícia ambiental. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 5, n. 3, 2017.

FIALHO, Rodrigo C. O uso de bioindicadores vegetais no monitoramento e controle da poluição atmosférica - A importância dos Bioindicadores. Informativo técnico publicado pela Associação dos Engenheiros da CETESB- ASEC e pelo Conselho de Representantes dos Funcionários da CETESB - CRF, para distribuição interna e limitada aos empregados da SMA/CETESB. v.2. n. 4. Setembro de 2002.

FREITAS, C. et al. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. *Revista Saúde Pública*, v.38, n.6, p.751-7, 2004.

FRONDIZI, Carlos Alberto. Monitoramento da qualidade do ar: teoria e prática. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

FOUCAULT. Alain. O Clima: história e devir do meio ambiente terrestre. Lisboa: Instituto Piaget, 2015.

GAKIDOU, Emmanuela et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. **The Lancet**, v. 390, n. 10100, p. 1345-1422, 2017.

GALETTI, Giovana Deponte et al. Desenvolvimento e aplicação de uma estação de qualidade do ar de baixo custo para monitorar a concentração de material particulado. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 12, 2020.

GALICHIO, W.; FORNARO, A. Estudo da relação entre ozônio e parâmetros meteorológicos na atmosfera de São Paulo. *Ciência& Natura*, Santa Maria RS, p. 213-216, 2009.

GODINHO, Letícia Silva. Possíveis alterações na qualidade do ar durante a pandemia de Covid-19. 2022.

GOLDEMBERG, J.; BARBOSA, L.M. A legislação ambiental no Brasil e em São Paulo. **RevistaEco21**, Rio de Janeiro, n.96, nov. 2004. Disponível em: <www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=954>. Acesso em: 15 jun.2014.

Gorenflo LJ, Romaine S, Mittermeier RA & Painemilla-Walker K (2012) Co-occurrence of linguistic and biological diversity in biodiversity hotspots and high biodiversity wilderness areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109:8032-8037.

GREGOLETTO, Debora. ST 3 Cidades Médias e Verticalização Urbana no Rio Grande Do Sul. **Anais ENANPUR**, v. 17, n. 1, 2017.

GUERRA, F.P.; MIRANDA, R.M. Influência da meteorologia na concentração do poluente atmosférico PM_{2,5} na RMRJ e na RMSP. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, II, 2011. Anais... Londrina PR, 2011. 10 p.

GUO, T., LU, Y., LI, P., YIN, M.X., LV, D., ZHANG, W., WANG, H., ZHOU, Z., JI, H., ZHAO, Y., ZHANG, L. (2013). A novel partner of Scalloped regulates Hippo signaling via antagonizing Scalloped-Yorkie activity. *Cell Res.* 23(10): 1201--1214.

HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. Tráfego Veicular como Método de Avaliação da Exposição à Poluição Atmosférica nas Grandes Metrópoles. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. São Paulo, v. 14, n. 1, p. 120-130, Mar. 2011.
He G, Pan Y, Tanaka T. The short-term impacts of COVID-19 lockdown on urban air pollution in China. *Nature Sustainability*. 2020; 1 -7.

HOGAN, D.J. População e Meio Ambiente: a emergência de um novo campo de estudo. In: HOGAN, D.J. (Org.) Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro. Campinas: Núcleo de Estudos de População - Nepo, 2007. p.13-49.

Hoekman, S.K.; Welstand, J.S. Vehicle Emissions and Air Quality: The Early Years (1940s-1950s). *Atmosphere* 2021, 12, 1354. <https://doi.org/10.3390/atmos12101354>

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados do Censo 2016. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 10 maio 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017 Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 03 junho 2019.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Synthesis Report: Summary for IPCS. International program on chemicals safety. Environmental health criteria 213. Carbon monoxide. Inter-organization programme for the sound management of chemicals. 2. ed. Geneva: WHO, 1999.

JACOMINO, F. M. V. et al. Avaliação da qualidade do ar em um polo produtor de ferro-gusa. Engenharia Sanitária e Ambiental. v.14, n.4, p.511-20, out./dez. 2009.

KLUMPP, ANDREAS et al. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). Rev. bras. Bot., São Paulo, v. 24, n. 4, supl. p. 511-518, Dec. 2001. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042001000500005&lng=en&nrm=iso>. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042001000500005>. Acesso em 21 abr. 2019.

LANDRIGAN, Philip J. et al. The Lancet Commission on pollution and health. **The lancet**, v. 391, n. 10119, p. 462-512, 2018.

LAWRENCE, M. G.; BUTLER, T. M.; STEINKAMP, J.; GURJAR, B.R. LELIEVELD, J. Regional pollution potentials of megacities and other major population centers. Atmospheric Chemistry and Physics, n 7, p. 3969-3987, 2007.

LELIEVELD, J.; KLINGMÜLLER, K.; POZZER, A.; PÖSCHL, U. FNAIS, M.; DAIBER, A.; MUNZEL, T. (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. European heart journal. 40. 1590-1596. 10.1093/eurheartj/ehz135.

Li, De-Zhu; Gao, Lian-Ming; Li, Hong-Tao; Wang, Hong; Ge, Xue-Jun; Liu, Jianquan; Chen, Zhiduan; Zhou, Shiliang; Chen, Shi-Lin; Yang, Jun-Bo; Fu, Cheng-Xin; Zeng, Chun-Xia; Yan, Hai-fei; Zhu, Yingjie; Sun, Yongshuai; Chen, Si-Yun; Zhao, Lei; Kun, Wang; Yang, Tuo; Duan, Guang-Wen. (2013). Li et al. 2011.PNAS.

LEMOS, Joewander Fernandes. **Poluição veicular: Avaliação dos impactos e benefícios ambientais com a renovação da frota veicular leve na cidade de São Paulo**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LIMA, J.S. O biomonitoramento como ferramenta complementar na avaliação de impactos ambientais: Discutindo conceitos. (Internet). EcoTerraBrasil, 2000. Disponível em: <<http://www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=temas&cd=92>>. Acesso em 20 jul. 2019.

LIMA, V. Avaliação da qualidade ambiental urbana em Osvaldo Cruz. Anais. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. - 05 a 09 setembro de 2005.

LOPES, JANE LUÍSA WADAS. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação. **Botucatu**, UNESO, 2004.

LOPES, B.G.C. Levantamento da etomofauna bioindicadora da qualidade ambiental em diferentes áreas do Alto Jequitinhonha- Minas Gerais. 2008. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso- Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes. Inconfidentes, Minas Gerais.

LOPES, M.A.; RICHARDSON, M.P.; ABELA, E; RUMMEL, K.; SCHINDLER, M.; GOODFELLOW. Elevated default brain network ictogenicity enables prediction of optimal seizure control *Front Neurol*, 9 (2018), p. 98, 10.3389/fneur.2018.00098

LOUREIRO, L. N. Panorâmica sobre emissões atmosféricas estudo de caso: avaliação do inventário emissões atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro para fontes móveis. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LYRA, D.G.P.; TOMAZ, E. A influência da meteorologia na dispersão dos poluentes atmosféricos da Região Metropolitana De Salvador. 2006. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIV, 2006. Anais & hellip; Florianópolis - SC, 2006. 7 p
Ma, H., Marti-Gutierrez, N., Park, S. *et al.* Ma et al. reply. *Nature* **560**, E10-E23 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0381-y>

MANGANHAR, Abdul Latif; RAJPAR, Altaf Hussain; SAMO, Saleem Raza. Performance analysis of a savonius wind turbine in the solar integrated rotor house. **Mehran University Research Journal of Engineering and Technology**, v. 36, n. 3, p. 531-542, 2017.

MAKI, Erica Sayuri et al. Utilização de Bioindicadores em monitoramento de poluição. *Biota Amazônia (Biota Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v. 3, n. 2, p. 169-178, 2013.

MANNING, W.J., GODZIK, B. Bioindicator plants for ambient ozone in Central and Eastern Europe. *Environ Pollut.*, v. 130, p. 33-39, 2004.

MARTINS, E.M.; MACHADO, M.C.S.; CORRÊA, S.M.; ARBILLA, G.; MOREIRA, A.; MOREIRA, L.F. Impacto dos Fatores Meteorológicos na Qualidade do Ar da Região Metropolitana de Porto Alegre. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11.2000, Rio de Janeiro-RJ. Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Rio de Janeiro, 2000.

MARTINS, L. D. Sensibilidade da formação do ozônio troposférico às emissões veiculares na região metropolitana de São Paulo. 2007, 219 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo.

MARTINS, S. M. A.; KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. 2008. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoeletrônica, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hoehnea*, v.35, n.3, p. 425-433. Acesso: 19 jun. de 2019.

MARZULLO, M.C. Óbitos por doenças respiratórias em Pelotas/RS: uma abordagem geográfica. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia Urbana e Regional) - Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande.

MAZZOLI, C. R. Estudo Numérico da Influência das Mudanças Climáticas e das Emissões Urbanas no Ozônio Troposférico da região Metropolitana de São Paulo. 2013, 162 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo

MCGEOCH MA, Sithole H, Samways MJ, Simaika JP, Pryke JS, Picker M, Uys C, Armstrong AJ, Dippenaar-Schoeman AS, Engelbrecht IA, Braschler B & Hamer M (2011) Conservation and monitoring of invertebrates in terrestrial protected areas. *Koedoe*, 53:1-13.

MEIGIKOS, Alcinéa. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Minas Gerais. 2001. 96f.
MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. Climatologia: noções básicas e clima do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

Ministério da Infraestrutura, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN - 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/28120>>. Acesso em 28 abril de 2021.

Ministério do Meio Ambiente .**Poluentes Atmosféricos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosfericos.html>>. Acesso em 8 jun. 2019.

MOREIRA, A. Curso de Poluição Atmosférica na Indústria de Petróleo. Rio de Janeiro, Universidade Corporativa da Petrobras, 2004.

MOSLEY, S., 2001, *The Chimney of the World: A History of Smoke Pollution in Victorian and Edwardian Manchester*. Cambridge. White Horse Press.

MOSTOFISKY, Elizabeth et al. Risk of acute myocardial infarction after the death of a significant person in one's life: the Determinants of Myocardial Infarction Onset Study. *Circulation*, v. 125, n. 3, p. 491-496, 2012.

NAKAGAWA, L; COMARÚ, F.A; TRIGOSO, F.B.M. (2010). Impactos na Qualidade do Ar e na Saúde Humana da Poluição Atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo - SP. V Encontro Nacional da Anppas, Florianópolis - SC.

Nakashima, Yoshihiro & Fukasawa, Keita & Samejima, Hiromitsu. (2017). Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps. *Journal of Applied Ecology*. 10.1111/1365-2664.13059.

Niemi G & McDonald M (2004) Application of ecological indicators. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35:89-111.

Nuvolone, D., Petri, D., & Voller, F. (2018). The effects of ozone on human health. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(9), 8074-8088. doi: 10.1007/s11356-017-9239-3.

OLIVEIRA, Marco Antonio de et al. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 61, supl. p. 800-807, Dec. 2014. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2014000700005&lng=en&nrm=iso>. access on 17 July 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000005>.

OLIVIER L, Mélanie P, Sophie P, Chantal T, Michaëlle L, Frédéric D & Hervé P (2012) Honey bees and pollen as sentinels for lead environmental contamination. *Environmental Pollution*, 170:254-259.

OLMO, Neide Regina Simões. Poluição atmosférica e exposição humana: a evolução científica epidemiológica e sua correlação com o ordenamento jurídico. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

ONU-BR. Consequências da poluição do ar são piores do que estimativas anteriores, alerta OMS. Website das Nações Unidas no Brasil, publicado em: 09 abr. 2013 e disponível em: <http://www.onu.org.br/consequenciasda-poluicao-do-ar-sao-piores-do-que-estimativasanteriores-alerta-oms/>. Acesso em: 15 ago. 2020.

PANDYA, R. J. et al. Diesel exhaust and asthma: hypotheses and molecular mechanism of action. *Environ Health Perspect*, v.110, (suppl1), p.103-12, 2002.

PEDROSO, Andrea N.V. Poluentes Atmosféricos & Plantas Bioindicadoras. Instituto de Botânica - IBt. Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente. Curso de Capacitação de Monitores e Educadores. S. Paulo, 2007.

Pelotas (RS). Prefeitura. 2013. Disponível em: <http://www.pelotas.rs.gov.br>. Acesso em: jul. 2019.

PEREIRA, Vanessa J.; LINDEN, Karl G.; WEINBERG, Howard S. Evaluation of UV irradiation for photolytic and oxidative degradation of pharmaceutical compounds in water. **Water Research**, v. 41, n. 19, p. 4413-4423, 2007.

Perez-Martinez, P. J., Miranda, R. M., Nogueira, T., Guardani, M. L., Fornaro, A., Ynoue, R., Andrade, M. F., 2014. Emission factors of air pollutants from vehicles measured inside road tunnels in São Paulo: Case study comparison. *International Journal Environmental Science Technology*, 11(8), 2155-2168, doi:10.1007/s13762-014-0562-7

PHILIPPI Jr., Arlindo, ROMÉRO, M.A., BRUNA, G.C. Curso de Gestão Ambiental. Barueri: Manole. 2004.

Policymakers. Climate Change, 2014. Disponível em: http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf. Acesso em 13 de abril de 2019.

POZZA, Simone Andréa et al. Identificação das fontes de poluição atmosférica na cidade de São Carlos-SP. 2005.

Qin, X., Park, B.O., Liu, J., Chen, B., Choesmel-Cadamuro, V., Belguise, K., Heo, W.D., Wang, X. (2017). Cell-matrix adhesion and cell-cell adhesion differentially control basal myosin oscillation and *Drosophila* egg chamber elongation. *Nat. Commun.* 8(): 14708.

RAI, Prabhat Kumar. Biodiversity of roadside plants and their response to air pollution in an Indo-Burma hotspot region: implications for urban ecosystem restoration. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, v. 9, n. 1, p. 47-55, 2016.

RIBEIRO, Maycon D.; TESTEZLAF, Roberto; S FERRAREZI, Rhuanito. Modeling operational parameters for water management of ebb-and-flow benches. *Horticultura Brasileira*, v. 35, n. 4, p. 549-556, 2017.

Ribeiro, H. (2018). A metrópole e a saúde de seus habitantes. *Estudos Avançados*, 32(93), 251-254. <https://doi.org/10.5935/0103-4014.20180042>. Acesso em: 27ago. 2020.

Rim, D., Gall, E. T., Maddalena, R. L., & Nazaroff, W. W. (2016). Ozone reaction with interior building materials: Influence of diurnal ozone variation, temperature and humidity. *Atmospheric Environment*, 125,15-23. doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.10.093.

Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å.; Chapin III, F. S.; Lambin, E. F.; Lenton, T. M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H. J.; Nykvist, B.; Wit, C. A. de.; Hughes, T.; Leeuw, S. van der.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P. K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R. W.; Fabry, V. J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P.; Foley, J. A. A safe operating space for humanity. *Nature*, [s.l.], (461)7263, 472-475, 24set. 2009. doi: 10.1038/461472a.

ROSALES-CASTILLO, J. A.; TORRES-MEZA, V. M.; OLAIZ-FERNÁNDEZ, G.; BORJA-ABURTO, V. H. Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos. *Salud Pública de México*, v. 43, n. 6, p. 544-555, 2000.

ROSS, J. L. S. A Sociedade Industrial e o Ambiente. In: *Geografia do Brasil*. Ross, Jurandyr Luciano Sanches (Org.). São Paulo: EDUSP, 1998.

Rovira, J., Domingo, J.L., Schuhmacher, M., 2020. Air quality, health impacts and burden of disease due to air pollution (PM10, PM2.5, NO2 and O3): application of AirQ+ model to the Camp de Tarragona County (Catalonia, Spain). *Sci. Total Environ.* 703, 135538.

Rubin, M. B. (2001). The history of ozone. The Schönbein period, 1839-1868. *Bull. Hist. Chem*, 26(1), 40- 56.

RYAN, W.F.; PIETY, C.A.; LUEBEHUSEN, E.D. Air Quality Forecasts in the MidAtlantic Region: Current Practice and Benchmark Skill. *WeatherandForecasting*, n. 15, 1999.

SALDIVA, P.H., BRAGA, A.Q.L.F., PEREIRA, L.A., MENEZES, M.R.D.O., Relação entre Poluição Atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos, *Revista Brasileira de Epidemiologia*, São Paulo, 2001.

SALDIVA, P. Vida urbana e saúde: os desafios dos habitantes das metrópoles. São Paulo: Contexto, 2018. 125p.

SANTI et. al. Monitoramento da qualidade do ar: avaliação de metodologia baseada no licenciamento ambiental. In: Congresso Interamericano de IngenieriaSanitaria y Ambiental, XXVII, Porto Alegre, 2000. Disponível em: . Acesso em: 14 mai. 2014.

SANTOS, Tailine C. dos; REBOITA, Michelle Simões; CARVALHO, Vanessa Silveira Barreto. Investigação da Relação entre Variáveis Atmosféricas e a Concentração de MP10 E O3 no Estado de São Paulo. *Rev. bras. meteorol.*, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 631-645, Dec. 2018 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862018000400631&lng=en&nrm=iso>. access on 16 July 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334006>.

SANTOS, Maria Rejane Farias dos. Padrões da qualidade do ar durante a paralisação nacional dos caminhoneiros no ano de 2018, no município de Canoas-RS. 2021.

Sadiq, M., Tai, A. P. K., Lombardozzi, D., & Val Martin, M. (2017). Effects of ozone-vegetation coupling on surface ozone air quality via biogeochemical and meteorological feedbacks. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(4), 3055-3066. doi: 10.5194/acp-17-3055-2017.

SARRA, Sheila Regina; MÜLFARTH, Roberta Consentino Kronka. A poluição atmosférica e a saúde da população na cidade de Cubatão no período de 2010 a 2020 Atmospheric pollution and population health in the city of Cubatão between 2010 and 2020. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 7, p. 73509-73531, 2021.

SEINFELD J., PANDIS, S. *Atmospheric Chemistry and Physics*. Hoboken, New Jersey. 2ed. John Wiley & Sons, Inc., 2006, 1248p.

SILLMAN, S. Tropospheric ozone and photochemical smog. In: LOLLAR, B. S. (ed.). *Environmental geochemistry: treatise on geochemistry*. [S.l.]Elsevier, 2003.v.9, p. 407-431, Ch. 11.

SILLMAN, S.; HE, D. Some theoretical results concerning O3-NOx-VOC chemistry and NOx-VOC indicators. *Journal of Geophysical Research*, v. 107, n. 22, 2002.

SINDIPEÇAS. Desempenho no setor de autopeças 2019. Disponível em: <<http://www.virapagina.com.br/sindipecas2019/files/assets/common/downloads/publication.pdf?uni=b0bf73eee9882d52e961d48bbe21a88a>> . Acesso em 21 out.2020

SINDIPEÇAS. Relatório da Frota Circulante. Disponível em :<https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2019/RelatorioFrotaCirculanteMaio_2019.pdf>. Acesso em 21 out.2020.

Singh, Vandana&lehri, alok& Singh, Nandita. (2018). Singh et al-2018-International Journal of Environmental Science and Technology.

SKELLY, J.M. Native plants as bioindicators of air pollutants: contributed papers to a symposium held in conjunction with the 34th air pollution workshop. *EnvironPollut.*, v. 125, p. 1-2, 2003.

SOARES, Paulo Roberto Rodrigues e UEDA, Vanda. Cidades médias e modernização do território no Rio Grande do Sul. In: SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão(org). Cidades médias: espaços em transição. São Paulo: Expressão Popular, 2007, p. 379- 412.

Soares; Paulo Roberto Rodrigues .A urbanização no Rio Grande do Sul: as cidades médias e sua relação com o território. In: PEREIRA, E.M e DIAS, L.C. As cidades e a urbanização no Brasil. Florianópolis: Insular, 2011, p. 211- 228.

Soares-Filho BS, Silvestrini R, Nepstad D, Brando P, Rodrigues H, Alencar A, Coe M, Locks C, Lima L & Viana L (2012) Forest fragmentation, climate change and under story fire regimes on the Amazonian landscapes of the Xingu headwaters. *LandscapeEcology*, 27:585-599.

SOUZA, Ana Kely Rufino et al. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **Acta BiomedicaBrasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018.

SOUZA, Marcelo Lopes. Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Editora, 2013.

SOLOMON, Stanley B. **Inventorycontrol system process**. U.S. Patent Application n. 13/039,215, 23 jun. 2011.

TAVELLA, Ronan Adler et al. Comportamento dos poluentes do ar durante e após lockdown em uma cidade de médio porte. *VITTALLE-Revista de Ciências da Saúde*, v. 33, n. 3, p. 62-67, 2021.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. Estudo das emissões de fontes móveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. *Química Nova*, v. 31, p. 244, 2008.

Umar, M., Roddick, F., Fan, L., & Aziz, H. A. (2013). Application of ozone for the removal of bisphenol A from water and wastewater - A review. *Chemosphere*, 90(8), 2197-2207. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.09.090.

VARGAS, Jonas Moreira. Supplying plantations: The insertion of dried beef produced in Pelotas (RS) in the meat atlantic trade and its competition with producers from River Plate (nineteenth century). *História* (São Paulo), v. 33, n. 2, p. 540-566, 2014.

Van der Leun, J. C. (2004). The ozone layer. *Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine*, 20(4), 159- 162. doi: 10.1111/j.1600-0781.2004.00091.x.

VENTURA, B. L. M., de Oliveira Pinto, F., Gioda, A., & de Almeida D'Agosto, M. (2019). **Inspection and maintenance programs for in-service vehicles: an important air pollution control tool**. *Sustainable Cities and Society*, 101956. doi:10.1016/j.scs.2019.101956

VERMEULEN, S. J.; CAMPBELL, B. M.; INGRAM, J. S. I. Climate change and food systems. *Annual Review Environment and Resources*, v. 37, p. 195-222, 2012.

VIANA, M.; KUHNBUSCH, T.A.J.; QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; HARRISON, R.M.; HOPKE, P.K.; WINIWARTER, W.; VALLIUS, M.; SZIDAT, S.; PRÉVÔT, A.S.H.; HUEGLIN, C.; BLOEMEN, H.; WÄHLIN, P.; VECCHI, R.; MIRANDA, A.I.; KASPERGIEBL, A.; MAENHAUT, W.; HITZENBERGER, R. Source apportionment of particulate matter in Europe: a review of methods and results. *Journal of Aerosol Science*, v.39, n.10, p.827 - 849, 2008.

VIEIRA, MSG; FERREIRA, R. L.; OLIVATI, F. N. A utilização de bioindicadores como instrumento de perícia ambiental. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v. 5, n. 3, 2014.

VIEIRA, Sidney Gonçalves. *A Cidade Fragmentada: o planejamento e a segregação social do espaço urbano em Pelotas*. Pelotas: UFPEL, 2005.

Vormittag, E.M.P.A de A; Da Costa, R.R; Braga, A.A; Miranda, M; Do Nascimento, N.C; Saldiva, P.H.N. *Monitoramento de Qualidade do Ar no Brasil*. Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014. Disponível em: <<https://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2014/07/Monitoramento-da-Qualidade-do-Ar-no-Brasil-2014.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

Wang, Yongjie & Stojiljković, Nina & Jehle, Johannes. (2016). 2010-Wang et al-J *Virol Methods*.

Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2007). *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. Elsevier. 485p.

WHO - World Health Organization. 7 million premature deaths annually linked to air pollution. Geneva: WHO, 2014.

World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

Yamagata, S; Damato, M. Curso Gestão Ambiental Portuária. Volume 2 .Controle de Poluição em Portos. Ministério do Meio Ambiente, 2001. Disponível em :<<http://web.antaq.gov.br/Portal/PNCAP/arquivos/2001AbrSantos/Volume2.pdf>>. Acesso em 15 jun. 2019.

Ynoue, R. Y., Reboita, M. S., Ambrizzi, T., & Silva, G. A. M. da (2017). Meteorologia: noções básicas. São Paulo: Oficina de Textos. 184p.

ANEXOS

Anexo A - Planilha Dados Meteorológicos x Poluentes Atmosféricos

Data Diária	Precipitação diária INMET mm	Radiação Global (KJ/m ²)	Umidade Relativa INMET %	Intensidade Vento m/s	Direção do Vento Graus	Média 8h Ozônio BC µg /m ³	Média 8h CPPMET µg /m ³	Média 24h MP10 BC µg /m ³	Média 24 h MP 10 Data Bam µg /m ³
28/09/2019	0	1228,14		2,7	56			13,32	
29/09/2019	0	1334,21		2	29	24,25	19,46	25,82	
30/09/2019	0	236,01		2	27	24,98	30,21	15,86	
01/10/2019	0	879,70		1,2	297	25,16	29,29	18,55	
02/10/2019	28,2	1529,60		0,9	283	21,95	42,32	24,64	
03/10/2019	3,2	1539,72		1,4	231	22,39	25,53	20,34	
04/10/2019	28,8	1480,99		1,5	210	19,98	25,30	21,72	
05/10/2019	0,2	1615,08		1,9	310	17,61	19,66	24,22	
06/10/2019	0	1508,41		2,9	266	15,34	25,49	21,45	
07/10/2019	0	740,28		4,1	247	15,65	23,84	25,37	
08/10/2019	0	196,80		4,2	240	11,31	25,08	27,84	
09/10/2019	0	329,36		4,5	244	11,19	29,79	21,51	
10/10/2019	0	583,37		2,6	206		31,61		
11/10/2019	0	157,73		3,1	182		34,65		
12/10/2019	0	70,13		3,1	178		34,34		
13/10/2019	20	836,84		4,8	176		34,67		
14/10/2019	11,6	1621,71		5,7	183		21,98		
15/10/2019	0,4	479,68		3,8	163		25,60		
16/10/2019	6,6	1258,38		4,7	169		23,32		
17/10/2019	45,2	71,35		5,1	174		22,14		
18/10/2019	0,2	1279,38		4,7	174		21,28		
19/10/2019	0	1761,92		4,7	175		24,35		
20/10/2019	0	1728,82		4,1	161		26,66		30,63
21/10/2019	10	1567,72		3,5	165		21,19		26,63
22/10/2019	0	1877,13		2,8	182	24,94	23,39	25,53	22,25
23/10/2019	0	1846,14		2,3	186	21,41	28,00	21,58	28,13
24/10/2019	0	1806,93		1,5	168	22,07	30,89	23,29	31,75
25/10/2019	0	1782,62		2,3	142	19,62	33,27	23,82	37,92
26/10/2019	0	1514,28		1,4	186	24,02	31,01	23,84	28,58
27/10/2019	13	1670,41		1,5	178	20,37	31,42	21,17	19,46

28/10/2019	0	1471,64		1,2	171	20,07	36,53	23,35	16,00
29/10/2019	51,6	1228,14		1,1	184	17,01	35,48	19,76	
30/10/2019	35	1611,89		0,8	159	15,12	43,04	19,68	
31/10/2019	5	1816,88		1,8	183	20,02	34,62	24,24	
01/11/2019	0	1363,48		1,7	143	27,01	32,32	24,30	26,20
02/11/2019	13	472,49		3,4	149	23,43	21,34	24,36	22,58
03/11/2019	0,2	920,79		4,9	142	24,11	28,01	24,41	28,64
04/11/2019	25,8	260,28		4,4	138	18,22	24,07	24,46	25,88
05/11/2019	1,8	333,73		4,9	134	20,48	28,51	24,51	24,96
06/11/2019	0	1246,58		5,4	129	14,94	21,90	24,56	28,75
07/11/2019	0	1829,76		5	132	21,02	22,45	24,61	37,63
08/11/2019	0	1958,49		4,6	127	18,76	31,01	24,66	35,79
09/11/2019	1,2	1925,24		5,4	134	19,01	20,41	24,69	24,38
10/11/2019	5	1954,57		5,6	125	20,22	19,21	24,72	29,58
11/11/2019	0	1762,55		5,3	126	22,73	21,61	24,73	31,27
12/11/2019	1	1334,85		5,7	122	20,74	19,90	24,74	
13/11/2019	4,4	305,06		4,5	120	19,26	15,68	24,75	26,38
14/11/2019	15,4	224,53		4,3	123	22,64	26,95	24,78	23,96
15/11/2019	0	625,92		2,4	131	24,11	22,49	24,81	22,00
16/11/2019	0	268,76		2,2	110	19,35	24,97	24,84	25,96
17/11/2019	0	177,92		3,6	110	19,79	26,36	24,89	27,29
18/11/2019	0	1354,16		4,6	105	24,90	27,35	24,96	32,54
19/11/2019	0	1896,46		3,3	102	22,70	23,38	25,05	27,63
20/11/2019	0	1048,12		3,5	97	20,69	28,76	25,17	22,90
21/11/2019	0	463,61		3,7	104	20,37	26,19	25,33	
22/11/2019	24,8	1814,64		3,3	109	18,39	22,02	25,53	
23/11/2019	0	1688,74		3,3	108	25,95	25,02	25,80	
24/11/2019	0	1953,69		2,8	106	25,63	22,96	26,04	
25/11/2019	0	2025,85		3,7	108	25,07	23,44	29,26	
26/11/2019	1,2	2093,56		5,2	106	21,55	24,28	24,46	
27/11/2019	5,2	635,54		6,4	112	21,57	13,33	23,77	
28/11/2019	0	1232,96		6,3	92	22,71	30,41	29,33	
29/11/2019	0	211,11		4,6	109	23,12	29,86	34,25	
30/11/2019	0	127,54		7	105		38,41		
01/12/2019	0	1316,98		5,6	108		21,91		
02/12/2019	0	1190,86		4,6	105		22,72		
03/12/2019	0	527,26		6,3	86		24,44		
04/12/2019	0	1410,53		6,5	113		32,41		
05/12/2019	0	519,86		5,3	97		25,21		
06/12/2019	0	1133,48		4,8	94		32,21		
07/12/2019	0	2229,26		4,1	97		21,92		
08/12/2019	0	1975,00		3,7	101		27,30		
09/12/2019	0	1789,48		4,2	100		38,30		

10/12/2019	0	1125,95		4,3	97		24,16		
11/12/2019	0	1756,38		4,7	90				
12/12/2019	0	1539,68		4,4	89				
13/12/2019	0	1034,51		3,2	85				
14/12/2019	0	774,74		2,9	96				
15/12/2019	19,6	1730,16		2,9	98				
16/12/2019	1,2	1727,66		2,9	97				
17/12/2019	0	1994,13		2,9	95				
18/12/2019	0	2167,88		2,4	96				
19/12/2019	0	2059,14		3,8	96				
20/12/2019	0	2026,04		4,1	57	21,36		24,43	
21/12/2019	15,4	2059,53		4,2	73	21,98		23,88	
22/12/2019	0,4	1888,92		5,9	72	22,22		21,73	
23/12/2019	0	440,69		5,9	77	25,05		26,83	
24/12/2019	0	1418,23		5,2	75	25,86		26,59	
25/12/2019	0	2079,89		5,5	77	20,41		25,10	
26/12/2019	0	1695,76		5,2	70	19,12		20,66	
27/12/2019	0	543,20		5,5	84	19,51		21,31	
28/12/2019	0	1722,92		5,9	84	18,34		18,45	
29/12/2019	1	2155,87		5,6	83	19,03		19,76	
30/12/2019	0	2096,53		5,5	85	18,56		18,81	
31/12/2019	0	1451,27		5,3	77	17,59		17,57	
01/01/2020	0,4	2163,21		3,9	75	17,54		17,25	
02/01/2020	0	2053,38		2,7	73	21,31		23,32	
03/01/2020	0,4	2123,75		2,8	61	22,77		22,76	
04/01/2020	2	1880,41		2,7	68	22,92		21,39	
05/01/2020	0	2002,81		1,8	75	20,42		20,63	
06/01/2020	0	2120,69		1,2	14	20,44		22,29	
07/01/2020	0,4	2147,85		2	31	23,74		21,39	
08/01/2020	0	1840,63		0,8	326	24,61		22,58	
09/01/2020	18,8	2130,84		0,8	302	20,14		17,22	
10/01/2020	5	2120,36		0,6	295	19,72		16,84	
11/01/2020	0	2125,55		0,5	57	20,05		16,98	
12/01/2020	0	1492,05		0,8	353	22,09		25,38	
13/01/2020	0	2193,95		0,9	9	22,41		26,20	
14/01/2020	0	1084,08		3,3	50	18,21		22,97	
15/01/2020	7,6	690,34		4	58	17,17		20,30	
16/01/2020	0,2	1307,43		4,9	81	22,84		19,94	
17/01/2020	0	2150,95		4,3	87	20,03		23,29	
18/01/2020	0	2186,69		4,9	96	21,25		24,23	
19/01/2020	0	2155,33		5,6	81	17,30		20,84	
20/01/2020	0	1765,78		5,8	84	17,19		18,89	
21/01/2020	2,8	1217,70		5,7	84	16,91		16,51	

22/01/2020	0	1679,26		5,3	81	17,71		20,33	
23/01/2020	0	2303,99		5,4	70	19,84		23,84	
24/01/2020	0	2241,16		4,8	80	20,02		23,08	
25/01/2020	0	2043,14		3,2	90	21,16		24,19	
26/01/2020	0,8	933,53		3,3	67	17,52		19,26	
27/01/2020	0	1887,99		4	62	18,92	18,92	22,29	
28/01/2020	0	1949,24		5,1	53	18,51	20,27	25,39	
29/01/2020	0	2015,46		3	35	17,57	26,29	19,72	
30/01/2020	0	1803,01		3,3	35	17,65	26,36	19,50	
31/01/2020	8,4	954,15		3,8	28	17,50	15,99	18,95	
01/02/2020	0,4	692,89		3,6	27	16,75	23,21	21,45	
02/02/2020	0	1644,83		2,8	32	17,62	19,49	20,49	
03/02/2020	0	1405,11		3,2	40	17,92	21,57	20,28	
04/02/2020	0	1502,74		3,5	33	17,42	17,24	18,18	
05/02/2020	0	2088,77		5,5	37	16,80	16,08	17,86	
06/02/2020	0	1429,44		5,2	23	16,65	19,31	17,72	
07/02/2020	0	2115,04		3,2	9	16,21	18,23	17,67	
08/02/2020	0	2096,95		3,3	351	16,40	22,32	19,25	
09/02/2020	0	1551,59		3,8	357	21,84	22,25	19,56	
10/02/2020	0,2	1182,59		4,7	297	23,76	16,62	24,15	
11/02/2020	2,8	1174,05		4,3	304	21,97	17,56	24,32	
12/02/2020	5,2	2090,67		5,5	313	17,25	18,85	19,86	
13/02/2020	0	2085,49		4,9	347	18,13	20,19	23,49	
14/02/2020	0	1972,88		3,4	329	17,97	20,70	18,27	
15/02/2020	0	914,03		5,1	298	17,85	30,20	17,66	
16/02/2020	0	1901,07		3,2	240	18,81	35,99	19,94	
17/02/2020	0	2128,09		1,7	115	20,04	29,94	24,14	
18/02/2020	11,6	2082,08		0,9	87	18,34	25,73	17,84	
19/02/2020	0,2	1477,41		1,3	138	20,14	30,69	24,84	
20/02/2020	0	1675,07		0,7	294	22,01	25,73	25,75	
21/02/2020	0	1291,12		1,5	255	21,81	18,03	28,79	
22/02/2020	0,8	1747,15		1,7	243	19,79	19,92	25,19	
23/02/2020	0,2	2015,10		1,7	255	18,50	20,01	26,80	
24/02/2020	0	1903,80		2,4	237	17,78	25,22	24,33	
25/02/2020	0	1824,69		2,3	244	22,35	34,91	24,80	
26/02/2020	3,6	1974,50		3,1	239	23,17	19,06	28,02	
27/02/2020	0	1463,87		3	249	20,50	20,09	29,56	
28/02/2020	0	1941,26		2,3	271	23,92	24,32	29,03	
29/02/2020	0	1102,64		3,5	254	23,10	27,28	27,05	
01/03/2020	0	1170,21		3,9	240	21,03	18,73	23,23	
02/03/2020	0	582,56		5,5	225	20,67	18,82	24,00	
03/03/2020	0	2010,16		4,7	213	22,73	18,42	24,23	
04/03/2020	0	2123,31		3,8	215	23,36	15,15	24,09	

05/03/2020	0	1748,91		4	207	22,79	15,46	24,68	
06/03/2020	0	1583,56		4	199	23,14	18,38	22,79	
07/03/2020	0	1743,97		4,6	190	23,10	21,37	25,26	
08/03/2020	0	1892,23		4,2	194	21,32	27,95	24,00	
09/03/2020	0	1876,29		4,9	180	19,90	38,28	24,01	
10/03/2020	10,4	1798,16		4	156	16,65	19,20	18,24	
11/03/2020	2	1746,39		4,1	139	16,82	21,76	17,75	
12/03/2020	0	1608,89		3,9	136	18,21	31,55	25,38	
13/03/2020	0	1089,35		1,4	124	19,90	28,62	17,60	
14/03/2020	1	1676,05		1,7	100	23,02	32,17	17,76	
15/03/2020	0,4	1979,12		1,4	53	22,80	29,94	18,00	
16/03/2020	2,6	640,74		1,8	66	19,97	16,66	22,57	
17/03/2020	0	1493,59		0,9	350	21,07	17,83	24,22	
18/03/2020	19,6	1922,75		1,6	349	25,04	17,92	18,88	
19/03/2020	0,6	1354,66		1,4	357	26,96	23,33	21,04	
20/03/2020	0	791,79		1,7	348	21,16	16,84	23,59	
21/03/2020	0,2	1798,06		0,7	8	20,92	25,71	27,57	
22/03/2020	0	1734,86		1,1	14	24,25	20,90	24,52	
23/03/2020	0	1852,58		0,3	274	24,64	17,98	20,86	
24/03/2020	0	1549,44		0,5	28	26,88	20,19	19,13	
25/03/2020	0	1782,91		2,3	31	25,45	22,91	22,36	
26/03/2020	0	1846,60		3,1	32	26,78	18,56	21,64	
27/03/2020	0	1748,24		3,2	50	30,17	19,28	19,83	
28/03/2020	0	1666,34		4,2	99	31,84	21,44	19,38	
29/03/2020	0	2120,41				27,12	29,01	20,75	
30/03/2020	0	2083,93				27,19	30,77	17,58	
31/03/2020	2	2041,18				27,25	27,86	18,04	
01/04/2020	0,2	2041,41				29,55	21,78	18,45	
02/04/2020	66,6	1850,18	69,8823529			19,10	20,43	20,70	
03/04/2020	0	1808,54	67,9583333			14,04	19,61	24,44	
04/04/2020	0	1840,41	73,1666667			11,11	21,60	24,44	
05/04/2020	0	1879,61	76,6666667			16,31	22,35	25,47	
06/04/2020	0	1856,60	75,2916667			13,95	27,85	21,83	
07/04/2020	0	1828,58	64,5333333			14,39	22,78	13,37	
08/04/2020	0	1879,80	69,4347826			15,99	21,98	16,74	
09/04/2020	0	1695,87	78,4782609			14,14	18,92	25,50	
10/04/2020	3,2	300,30	90,3333333			11,37	17,44	27,04	
11/04/2020	0,2	1327,61				12,82	19,73	25,72	
12/04/2020	0,2	1564,95				13,95	18,87	26,86	
13/04/2020	0	1830,75				19,62	22,41	26,14	
14/04/2020	0,6	1548,91				18,11	20,62	26,23	
15/04/2020	0,4	728,35				14,83	19,22	22,33	
16/04/2020	0	1241,47				13,49	18,61	26,28	

17/04/2020	0,8	1369,02				14,61	17,48	27,76	
18/04/2020	0,2	501,57				14,42	17,22	25,89	
19/04/2020	0,2	1708,72				16,31	19,16	26,55	
20/04/2020	0	1279,41				21,12	21,33	24,90	
21/04/2020	0	1800,08				19,93	29,74	24,66	
22/04/2020	0	1828,40				20,12	26,67	22,81	
23/04/2020	0	1134,22				20,25	22,48	24,06	
24/04/2020	0	1703,15				24,04	29,35	24,88	
25/04/2020	0	1680,60				21,61	34,82	23,21	
26/04/2020	2,2	1604,26				21,20	27,42	20,63	
27/04/2020	0	1394,77				18,33	23,14	22,46	
28/04/2020	11,4	1365,48				18,66	21,90	20,23	
29/04/2020	14,4	917,37				20,95	22,04	19,84	
30/04/2020	0	1530,95				21,62	20,46	20,23	
01/05/2020	0	927,19				9,66	22,03	27,89	
02/05/2020	1	888,75				8,51	21,16	23,60	
03/05/2020	0	1061,39				10,48	20,78	21,81	
04/05/2020	0	1390,81				10,13	16,25	23,74	
05/05/2020	4	1502,03				14,52	21,92	24,69	
06/05/2020	0	1436,74					22,31	23,73	
07/05/2020	0	1353,04					20,47	21,95	
08/05/2020	0	1456,72					23,05	24,14	
09/05/2020	0	1214,98					30,33	23,46	
10/05/2020	0	1107,08					33,44	22,68	
11/05/2020	0	1081,05					16,41	25,38	
12/05/2020	6,6	1170,17					9,65	28,82	
13/05/2020	3	1331,23					17,41	28,30	
14/05/2020	0	1052,65					20,69	22,67	
15/05/2020	0	788,61					18,92	17,23	
16/05/2020	0	751,18					33,29	15,22	
17/05/2020	0	981,63					32,53	15,62	
18/05/2020	0	932,82					15,61	25,50	
19/05/2020	0	1316,99					27,77	27,58	
20/05/2020	0	1394,02					30,58	27,85	
21/05/2020	29,8	1393,97	73				11,63	27,14	
22/05/2020	3,6	1467,94					9,64	28,70	
23/05/2020	41,8	939,92					16,20	29,17	
24/05/2020	1,4	1309,38					20,77	23,82	
25/05/2020	0	1223,08					20,88	20,52	
26/05/2020	0	1488,59					22,15	23,50	
27/05/2020	0	559,66					19,13	21,17	
28/05/2020	0	363,67					14,54	23,50	
29/05/2020	0,2	617,21					18,65	25,00	

30/05/2020	0	1226,73					25,69	27,47	
31/05/2020	0	1541,54					20,63	21,12	
01/06/2020	0	1197,37					23,17	17,82	
02/06/2020	0	1150,10					17,30	21,18	
03/06/2020	0,2	1382,61					17,55	21,74	
04/06/2020	0	1091,85					20,13	26,22	
05/06/2020	1,6	852,04					20,47	29,34	
06/06/2020	20,6	1224,63					14,82	26,61	
07/06/2020	0	1060,08					11,91	26,14	
08/06/2020	0,2	1381,97					14,05	27,12	
09/06/2020	0	1328,47					15,90	25,84	
10/06/2020	0	1262,28					14,82		
11/06/2020	9,4	422,97					10,74		
12/06/2020	117,8	252,35					25,53		
13/06/2020	0	714,32					22,63		
14/06/2020	0	1245,65					22,60		
15/06/2020	0	1234,40					17,81		
16/06/2020	0	1229,85					15,08		
17/06/2020	0	1236,90					18,07		
18/06/2020	5,4	1044,47					20,64		
19/06/2020	5,4	1212,05					14,18		
20/06/2020	10,2	1154,91					7,04		
21/06/2020	0	68,96					15,21		
22/06/2020	0,2	196,51					19,11		
23/06/2020	0,2	83,62					21,44		
24/06/2020	0,4	560,34					27,19		
25/06/2020	27	889,14					22,02		
26/06/2020	0	934,74					20,98		
27/06/2020	0	1223,25					19,03		
28/06/2020	0	1206,26					20,07		
29/06/2020	3,4	1174,42					17,83		
30/06/2020	27,8	1110,89					10,60		
01/07/2020	15	1035,64					25,68		

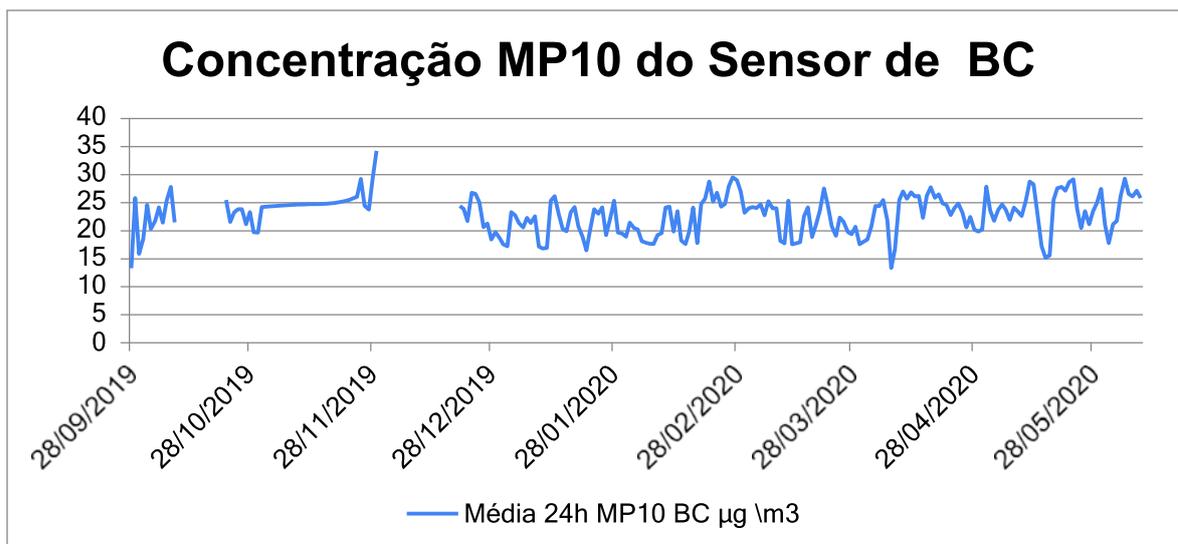


Figura 24- Gráfico da Concentração de Material Particulado, Sensor de baixo custo

Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica , 2021

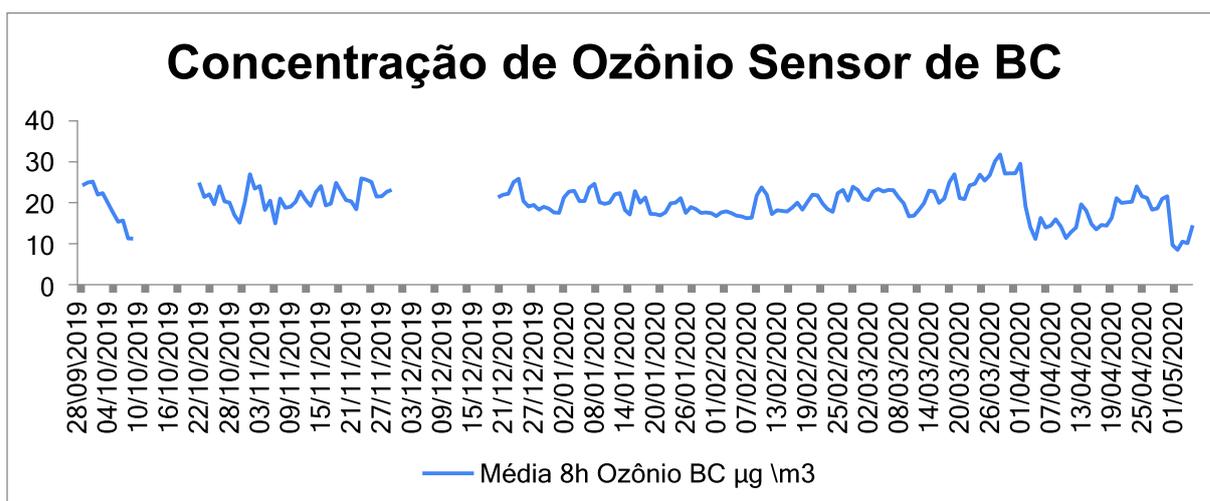


Figura 24- Gráfico da Concentração de Ozônio, Sensor de baixo custo

Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica , 2021

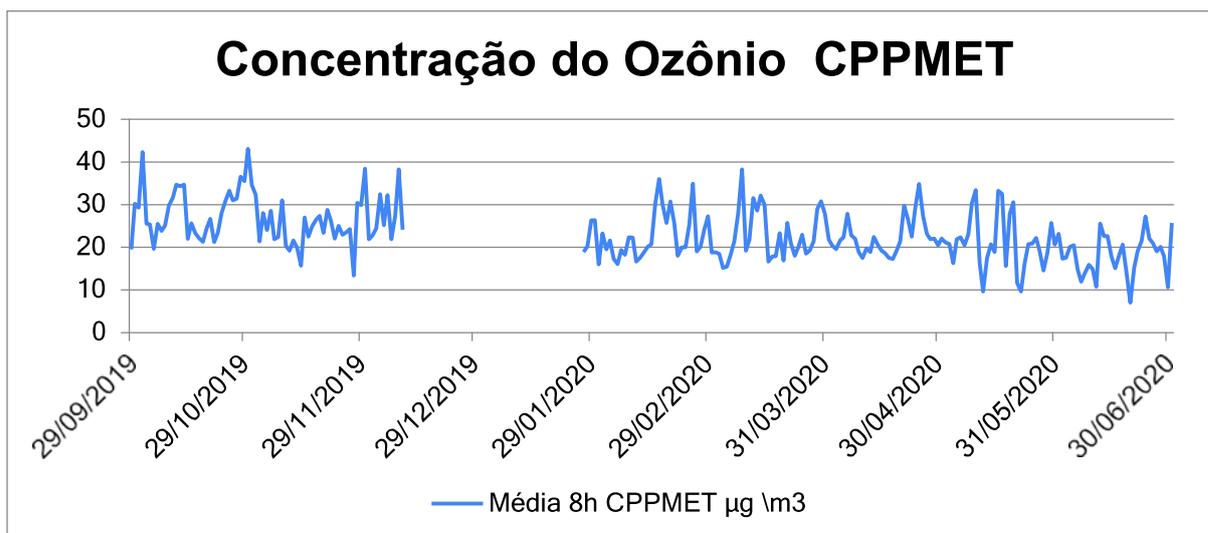


Figura 26 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET

Fonte: Laboratório de Instrumentação Meteorológica, 2021

Análise estatística do Ozônio CPPMET

Meses avaliados 09/2019 a 05/2020

Dados bruto e médias diárias (8h): Márcio

Análise estatística: Lucas Guidoni

Tabela 8 - Estatística descritiva (dados a partir de médias diárias de 08 horas)

Ozônio (ug/m³)										
	N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
GERAL	188	20,07243	20,12640	3773,616	8,50524	31,84364	3,953657	0,288350	19,69696	15,63140

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Tabela de Distribuição de frequências

Categoria Oz (ug/m³)	Frequência	F. acumulada	F %	F % acumulada
5 < x ≤ 10	2	2	1,06383	1,06383
10 < x ≤ 15	18	20	9,574468	10,638298
15 < x ≤ 20	67	87	35,638298	46,276596
20 < x ≤ 25	83	170	44,148936	90,425532
25 < x ≤ 30	16	186	8,510638	98,93617
35 < x ≤ 35	2	188	1,06383	100

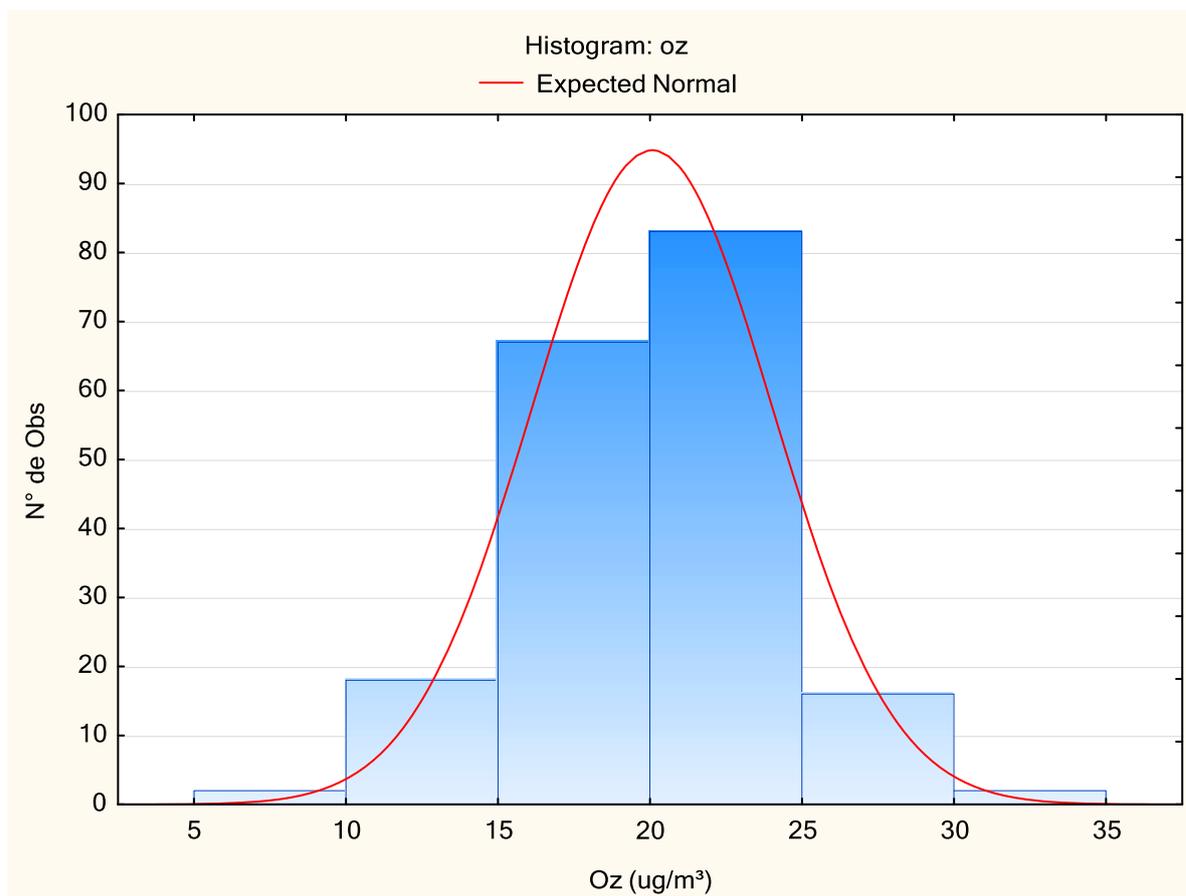
Tabela da análise descritiva categorizada por mês.

Mês/Ano	N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
set/19	2	24,62	24,62	49,23	24,25	24,98	0,51	0,36	2,08	0,26
out/19	19	19,22	20,02	365,25	11,19	25,16	4,11	0,94	21,38	16,90
nov/19	29	21,67	21,55	628,45	14,94	27,01	2,75	0,51	12,68	7,55
dez/19	12	20,75	19,96	249,03	17,59	25,86	2,64	0,76	12,71	6,96
jan/20	31	19,85	20,02	615,46	16,91	24,61	2,23	0,40	11,21	4,96
fev/20	29	19,48	18,50	564,81	16,21	23,92	2,45	0,46	12,60	6,02
mar/20	31	23,29	23,02	722,14	16,65	31,84	3,62	0,65	15,53	13,09

abr/20	30	17,53	17,21	525,93	11,11	29,55	4,13	0,75	23,56	17,07
mai/20	5	10,66	10,13	53,31	8,51	14,52	2,28	1,02	21,43	5,22
Geral	188	20,07	20,13	3773,62	8,51	31,84	3,95	0,29	19,70	15,63

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Histograma



Meses avaliados 09/2019 a 05/2020
 Dados bruto e médias diárias (8h): Márcio

Análise estatística: Lucas Guidoni

Tabela 8 - Estatística descritiva (dados a partir de médias diárias de 08 horas)

Ozônio (ug/m ³)										
	N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
GERAL	188	20,07243	20,12640	3773,616	8,50524	31,84364	3,953657	0,288350	19,69696	15,63140

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Tabela de Distribuição de frequências

Categoria Oz (ug/m ³)	Frequência	F. acumulada	F %	F % acumulada
5 < x ≤ 10	2	2	1,06383	1,06383
10 < x ≤ 15	18	20	9,574468	10,638298
15 < x ≤ 20	67	87	35,638298	46,276596
20 < x ≤ 25	83	170	44,148936	90,425532
25 < x ≤ 30	16	186	8,510638	98,93617
35 < x ≤ 35	2	188	1,06383	100

Tabela da análise descritiva categorizada por mês.

Mês/Ano	N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
set/19	2	24,62	24,62	49,23	24,25	24,98	0,51	0,36	2,08	0,26
out/19	19	19,22	20,02	365,25	11,19	25,16	4,11	0,94	21,38	16,90
nov/19	29	21,67	21,55	628,45	14,94	27,01	2,75	0,51	12,68	7,55
dez/19	12	20,75	19,96	249,03	17,59	25,86	2,64	0,76	12,71	6,96
jan/20	31	19,85	20,02	615,46	16,91	24,61	2,23	0,40	11,21	4,96
fev/20	29	19,48	18,50	564,81	16,21	23,92	2,45	0,46	12,60	6,02
mar/20	31	23,29	23,02	722,14	16,65	31,84	3,62	0,65	15,53	13,09
abr/20	30	17,53	17,21	525,93	11,11	29,55	4,13	0,75	23,56	17,07
mai/20	5	10,66	10,13	53,31	8,51	14,52	2,28	1,02	21,43	5,22
Geral	188	20,07	20,13	3773,62	8,51	31,84	3,95	0,29	19,70	15,63

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Histograma

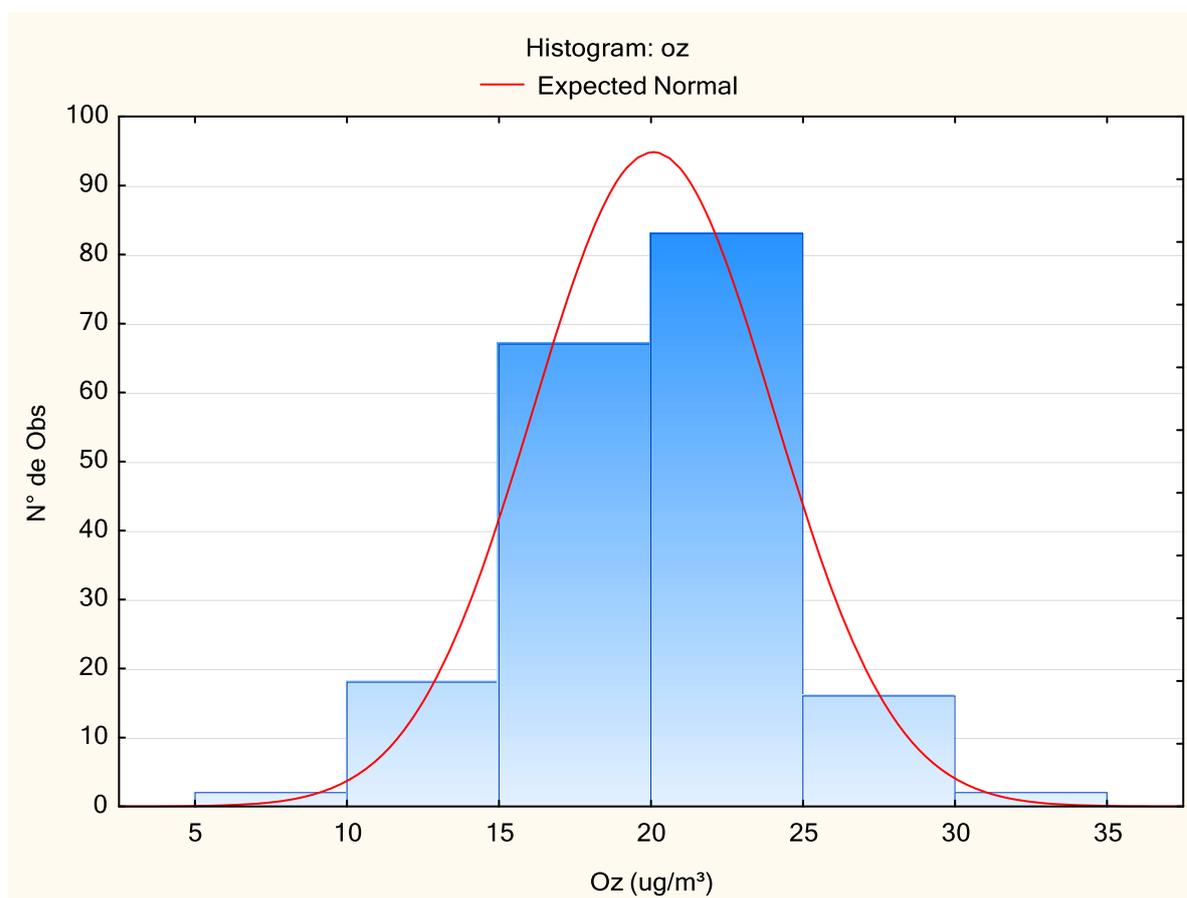


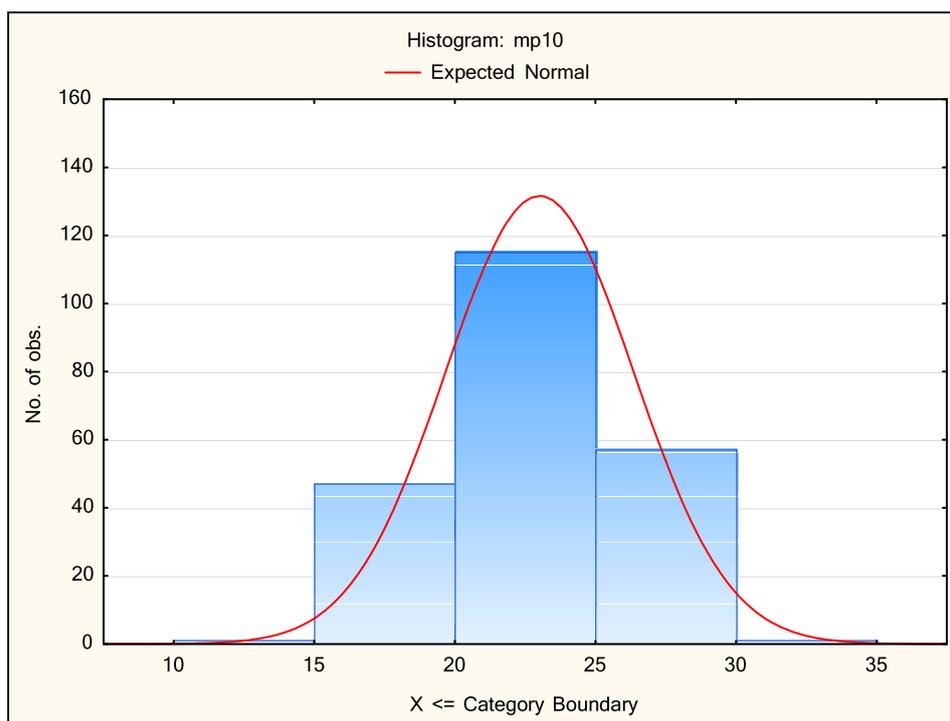
Tabela 10 - Estatística descritiva para Material Particulado (dados a partir de médias diárias de 24 horas)

MP 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)										
N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância	
221	23,02	23,77	5086,49	13,37	34,25	3,35	0,23	14,55	11,22	

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Tabela de Distribuição de frequências

Categoria Oz (ug/m³)	Frequência	F. acumulada	F %	F % acumulada
10 < x ≤ 15	1,00	1,00	0,45	0,45
15 < x ≤ 20	47,00	48,00	21,27	21,72
20 < x ≤ 25	115,00	163,00	52,04	73,76
25 < x ≤ 30	57,00	220,00	25,79	99,55
30 < x ≤ 35	1,00	221,00	0,45	100,00
10 < x ≤ 15	1,00	1,00	0,45	0,45

Histograma**ESTATISTICA OZONIO**

Meses avaliados 09/2019 a 05/2020

Dados bruto e médias diárias (8h): Márcio

Análise estatística: Lucas Guidoni

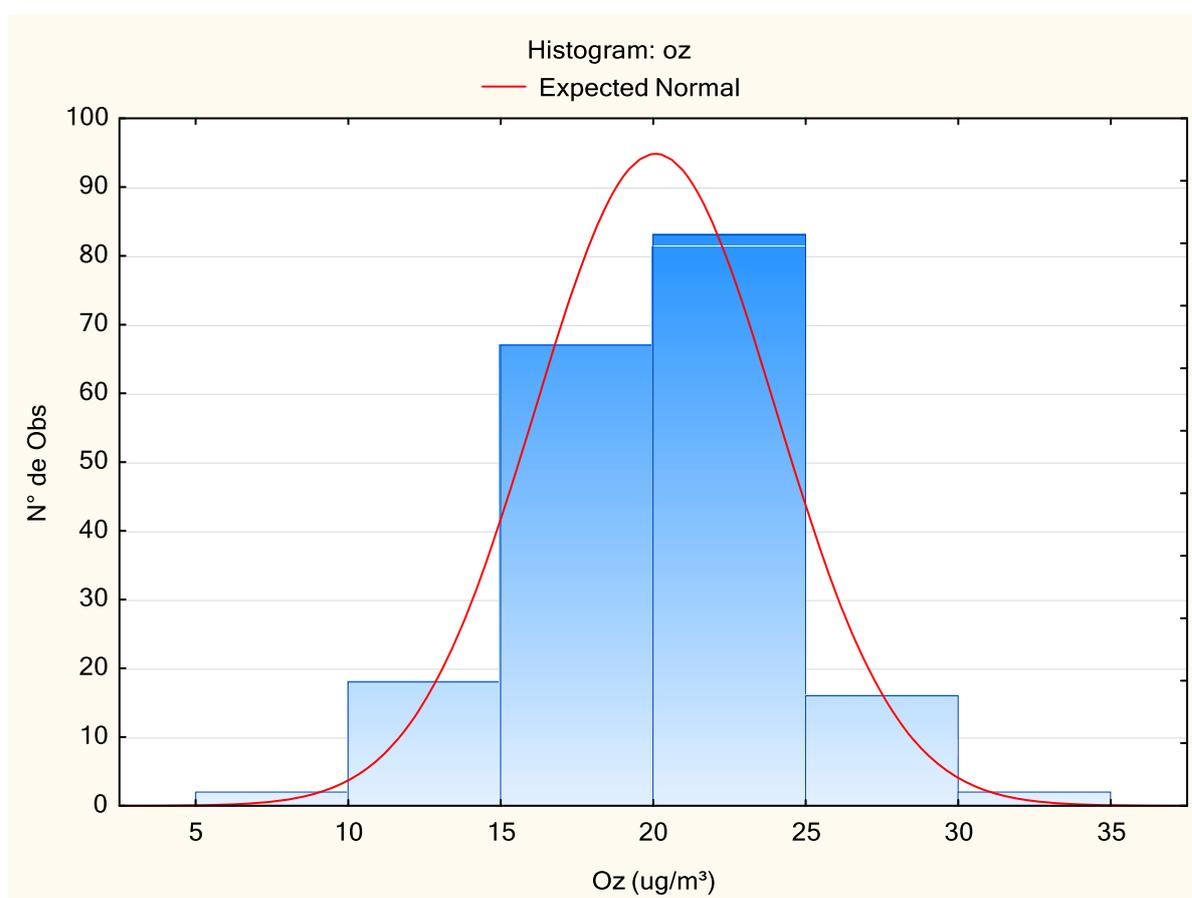
Tabela - Estatística descritiva (dados a partir de médias diárias de 08 horas)

	Ozônio (ug/m³)									
	N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
GERAL	188	20,07243	20,12640	3773,616	8,50524	31,84364	3,953657	0,288350	19,69696	15,63140

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Tabela de Distribuição de frequências

Categoria Oz (ug/m³)	Frequência	F. acumulada	F %	F % acumulada
5 < x ≤ 10	2	2	1,06383	1,06383
10 < x ≤ 15	18	20	9,574468	10,638298
15 < x ≤ 20	67	87	35,638298	46,276596
20 < x ≤ 25	83	170	44,148936	90,425532
25 < x ≤ 30	16	186	8,510638	98,93617
35 < x ≤ 35	2	188	1,06383	100

Histograma**Tabela da análise descritiva categorizada por mês.**

Mês/Ano	N	Média	Mediana	Soma	Mín	Máx	DP	EP	CV	Variância
set/19	2	24,62	24,62	49,23	24,25	24,98	0,51	0,36	2,08	0,26
out/19	19	19,22	20,02	365,25	11,19	25,16	4,11	0,94	21,38	16,90
nov/19	29	21,67	21,55	628,45	14,94	27,01	2,75	0,51	12,68	7,55
dez/19	12	20,75	19,96	249,03	17,59	25,86	2,64	0,76	12,71	6,96
jan/20	31	19,85	20,02	615,46	16,91	24,61	2,23	0,40	11,21	4,96
fev/20	29	19,48	18,50	564,81	16,21	23,92	2,45	0,46	12,60	6,02
mar/20	31	23,29	23,02	722,14	16,65	31,84	3,62	0,65	15,53	13,09
abr/20	30	17,53	17,21	525,93	11,11	29,55	4,13	0,75	23,56	17,07
mai/20	5	10,66	10,13	53,31	8,51	14,52	2,28	1,02	21,43	5,22

Geral	188	20,07	20,13	3773,62	8,51	31,84	3,95	0,29	19,70	15,63
-------	-----	-------	-------	---------	------	-------	------	------	-------	-------

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Comparação entre meses através de ANOVA, seguido de teste de tukey com 95% de confiança. (excluído dados com menos de 10 observações - set/2019 e maio/2020).

Tabela com valores de P na comparação do teste de Tukey mês a mês.

	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20
out/19		0,132108	0,856639	0,994064	0,999971	0,000293	0,550498
nov/19	0,132108		0,981669	0,301533	0,125816	0,442964	0,000040
dez/19	0,856639	0,981669		0,982667	0,909947	0,231194	0,051950
jan/20	0,994064	0,301533	0,982667		0,999342	0,000510	0,071242
fev/20	0,999971	0,125816	0,909947	0,999342		0,000107	0,232182
mar/20	0,000293	0,442964	0,231194	0,000510	0,000107		0,000026
abr/20	0,550498	0,000040	0,051950	0,071242	0,232182	0,000026	

P < 0,05 indica diferença significativa entre os meses.

Tabela resumo resultado teste de Tukey

Mês	Média	Grupos homogêneos			
abr/20	17,53104	****			C
out/19	19,22367	****	****		BC
fev/20	19,47629	****	****		BC
jan/20	19,85353	****	****		BC
dez/19	20,75284	****	****	****	ABC
nov/19	21,67068		****	****	AB
mar/20	23,29478			****	A

**** iguais na mesma coluna indicam que os meses são semelhantes entre si.

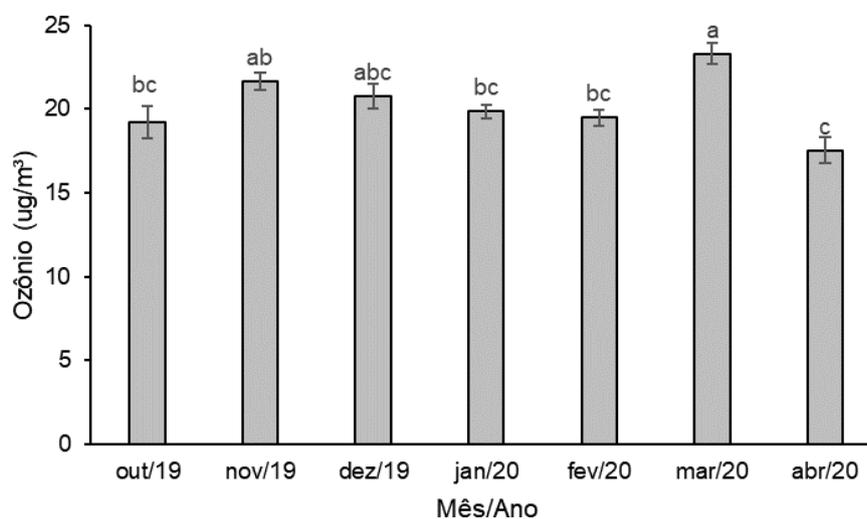


Figura – Média mensal dos registros diários (8h) de ozônio no estudo. ^{a,b,c} Média (Erro padrão) com diferentes subscritos são indicam diferença entre os meses com p < 0,05.

221	23,02	23,77	5086,49	13,37	34,25	3,35	0,23	14,55	11,22
-----	-------	-------	---------	-------	-------	------	------	-------	-------

DP = desvio padrão, EP = Erro padrão, CV = Coef. De variação

Tabela de Distribuição de frequências

Categoria Oz (ug/m ³)	Frequência	F. acumulada	F %	F % acumulada
10 < x ≤ 15	1,00	1,00	0,45	0,45
15 < x ≤ 20	47,00	48,00	21,27	21,72
20 < x ≤ 25	115,00	163,00	52,04	73,76
25 < x ≤ 30	57,00	220,00	25,79	99,55
30 < x ≤ 35	1,00	221,00	0,45	100,00
10 < x ≤ 15	1,00	1,00	0,45	0,45

Histograma

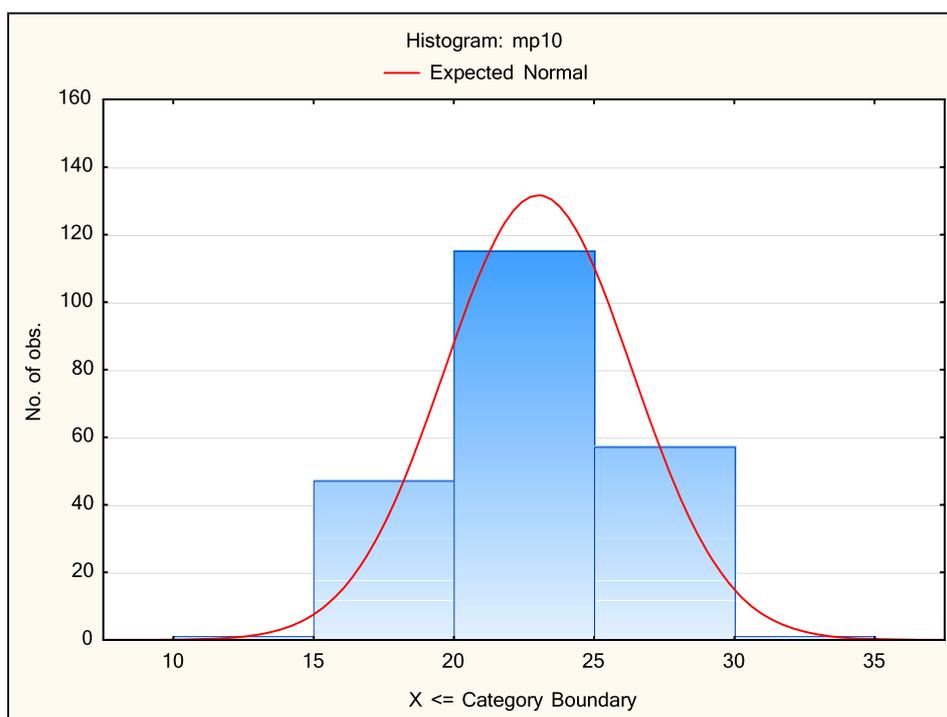


Tabela dados diários BAM MP novo (média, desvio padrão, erro padrão) resumo resultado teste de Tukey (letras)

mes	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
	22,731	25,440	22,093	21,219	22,630	21,710	23,323	23,966	24,668
out		0,080662	0,999788	0,770974	1,000000	0,971304	0,999336	0,914194	0,841242
nov	0,080662		0,047645	0,000016	0,018094	0,000166	0,186689	0,666223	0,999328
dez	0,999788	0,047645		0,996240	0,999901	0,999992	0,966156	0,707533	0,636340
jan	0,770974	0,000016	0,996240		0,716868	0,999514	0,175049	0,015882	0,085471
fev	1,000000	0,018094	0,999901	0,716868		0,968304	0,995257	0,774808	0,741917
mar	0,971304	0,000166	0,999992	0,999514	0,968304		0,533516	0,103803	0,232569
abr	0,999336	0,186689	0,966156	0,175049	0,995257	0,533516		0,996814	0,969501
mai	0,914194	0,666223	0,707533	0,015882	0,774808	0,103803	0,996814		0,999646
jun	0,841242	0,999328	0,636340	0,085471	0,741917	0,232569	0,969501	0,999646	

Mês	media	erro padrao	grupos homogenos			indice estat.
Jan	21,21857	0,49	****			c
Mar	21,71006	0,52	****	****		bc
Dez	22,09300	0,93	****	****		bc
Fev	22,63034	0,73	****	****		bc
Out	22,73114	0,54	****	****	****	abc
Abr	23,32302	0,61	****	****	****	abc
Mai	23,96625	0,65		****	****	ab
Jun	24,66832	1,21	****	****	****	abc
Nov	25,43981	0,39			****	a

Asteriscos iguais na mesma coluna mostram os que não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$)

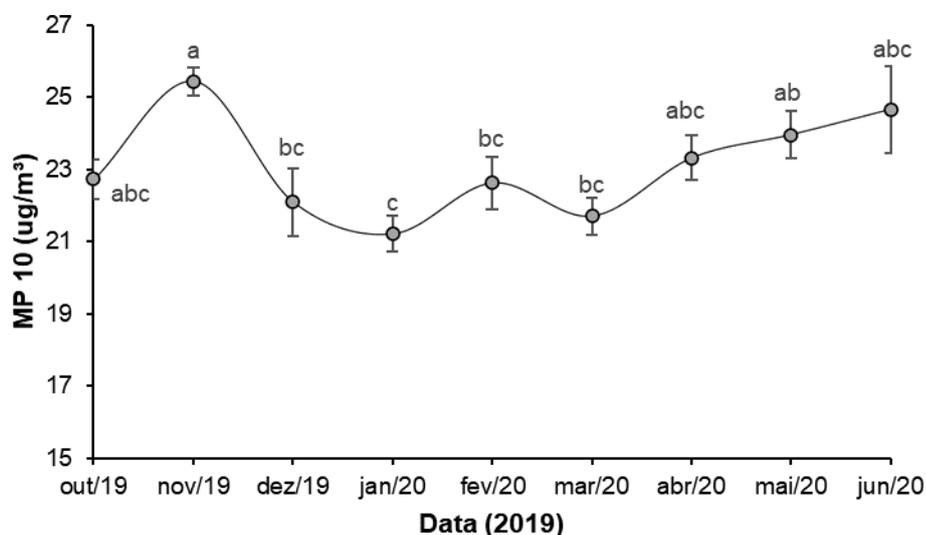


Figura – Média mensal dos registros diários (24h) de MP 10 no estudo. ^{a,b,c} Média (Erro padrão) com diferentes subscritos indicam diferença entre os meses com $p < 0,05$.

Apêndice

- OZÔNIO CPPMET
- OUTUBRO 2019

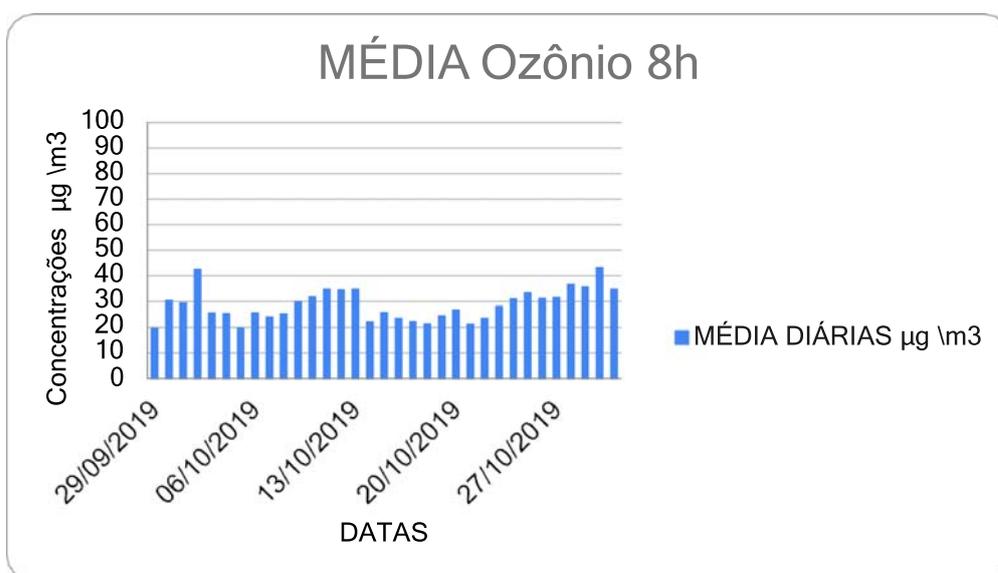


Figura 27 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Outubro 2019

Fonte: Márcio Krüger

NOVEMBRO 2019

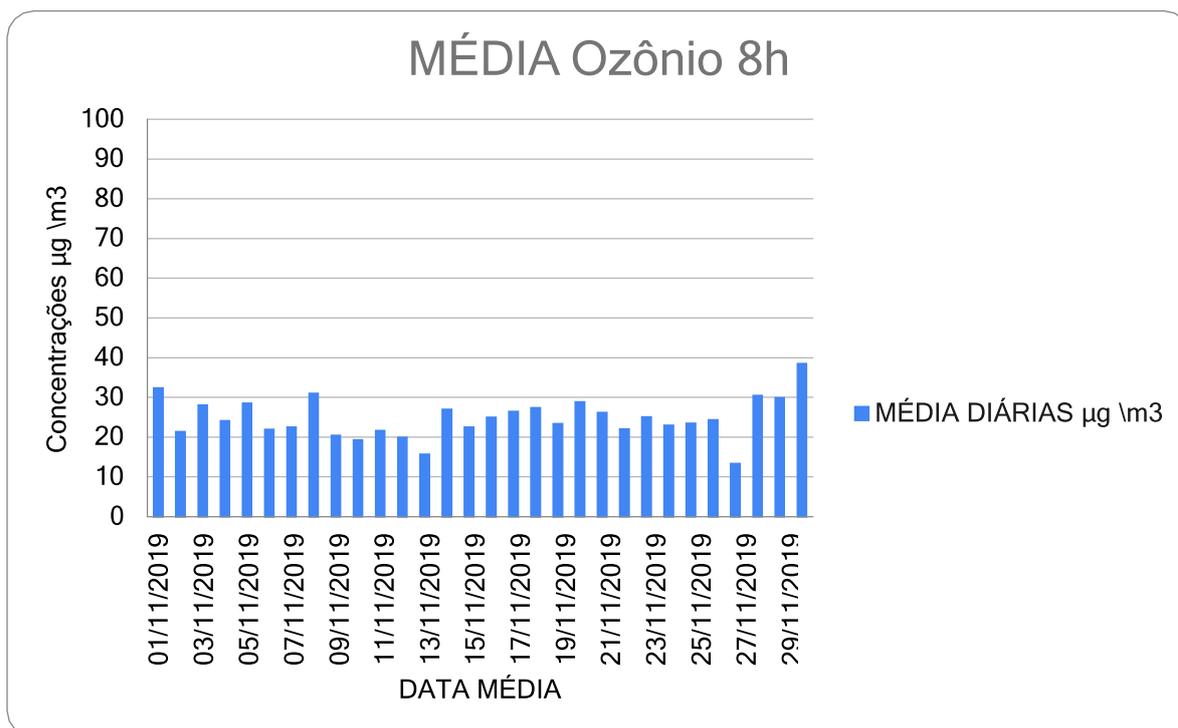


Figura 28 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Novembro 2019

Fonte: Márcio Krüger

DEZEMBRO 2019

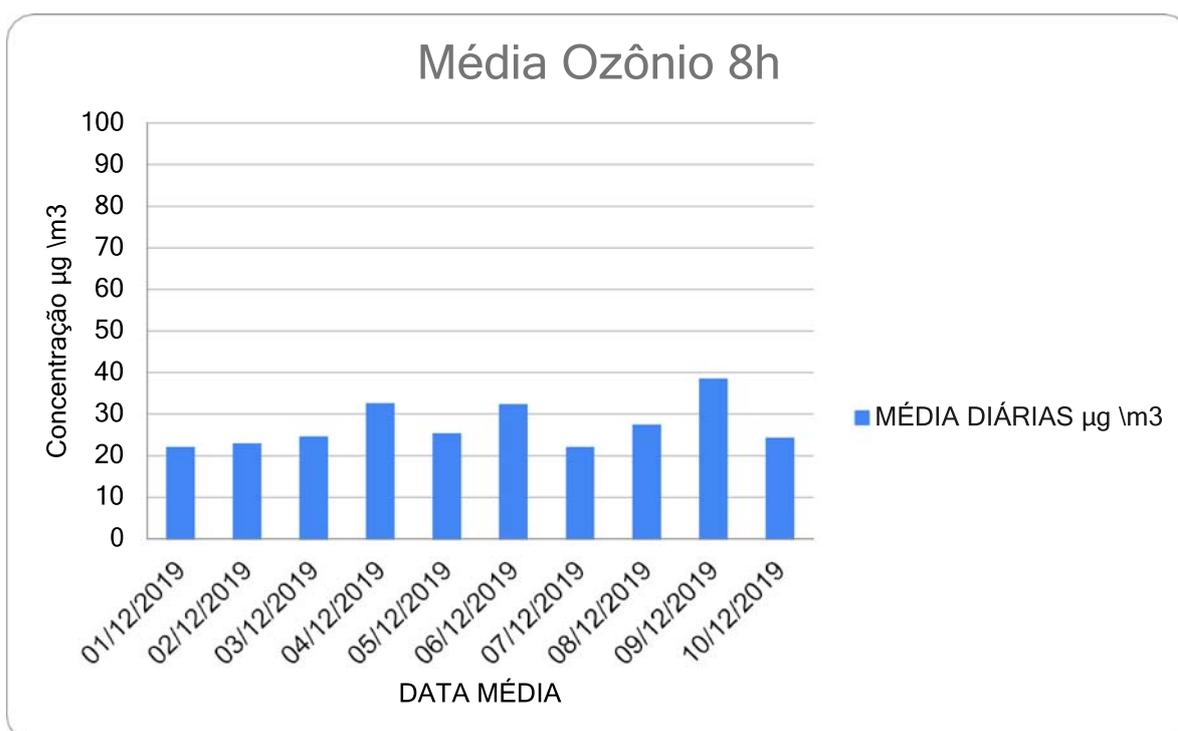


Figura 29 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Dezembro 2019

Fonte: Márcio Krüger

ANO: 2020

JANEIRO 2020

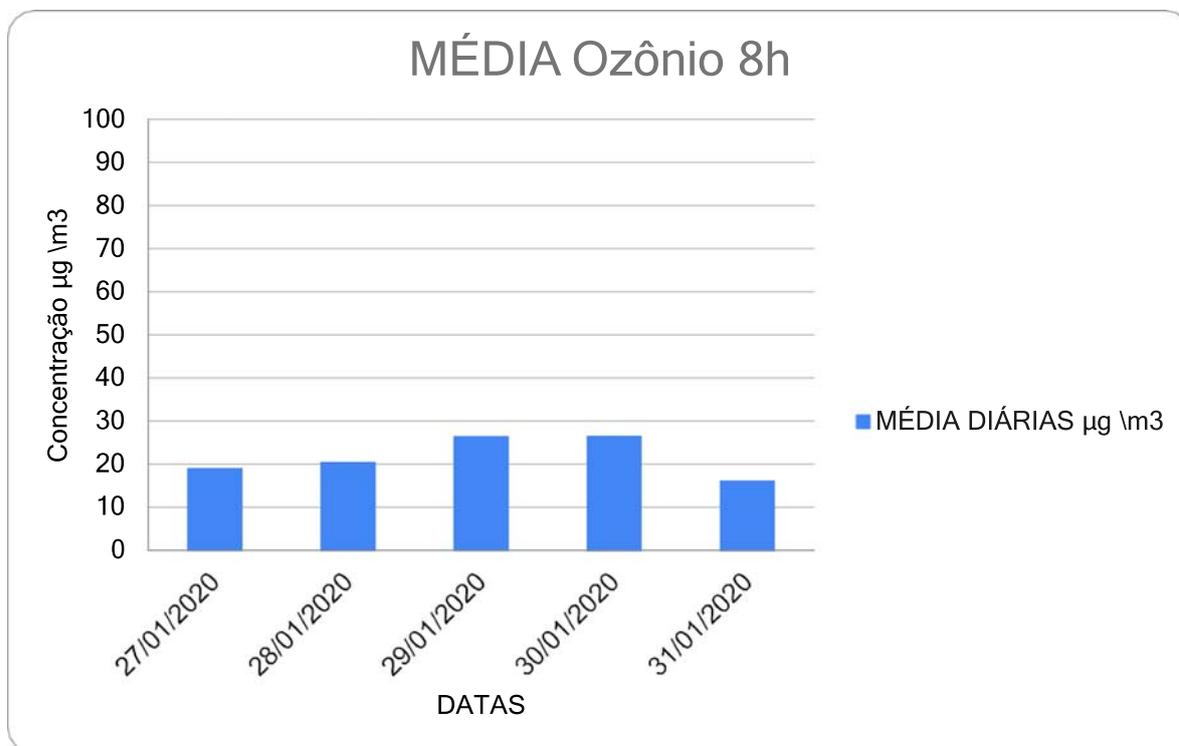


Figura 30 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Janeiro 2020

Fonte: Márcio Krüger

FEVEREIRO 2020

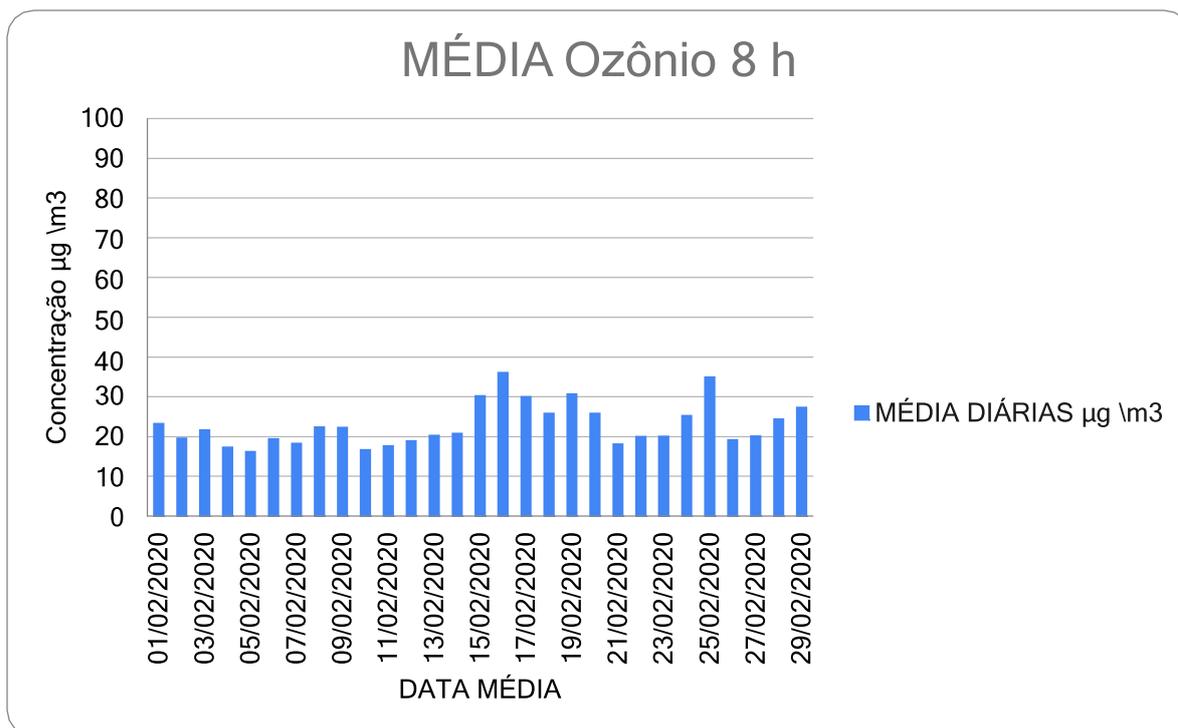


Figura 31 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Fevereiro 2020

Fonte: Márcio Krüger

MARÇO 2020

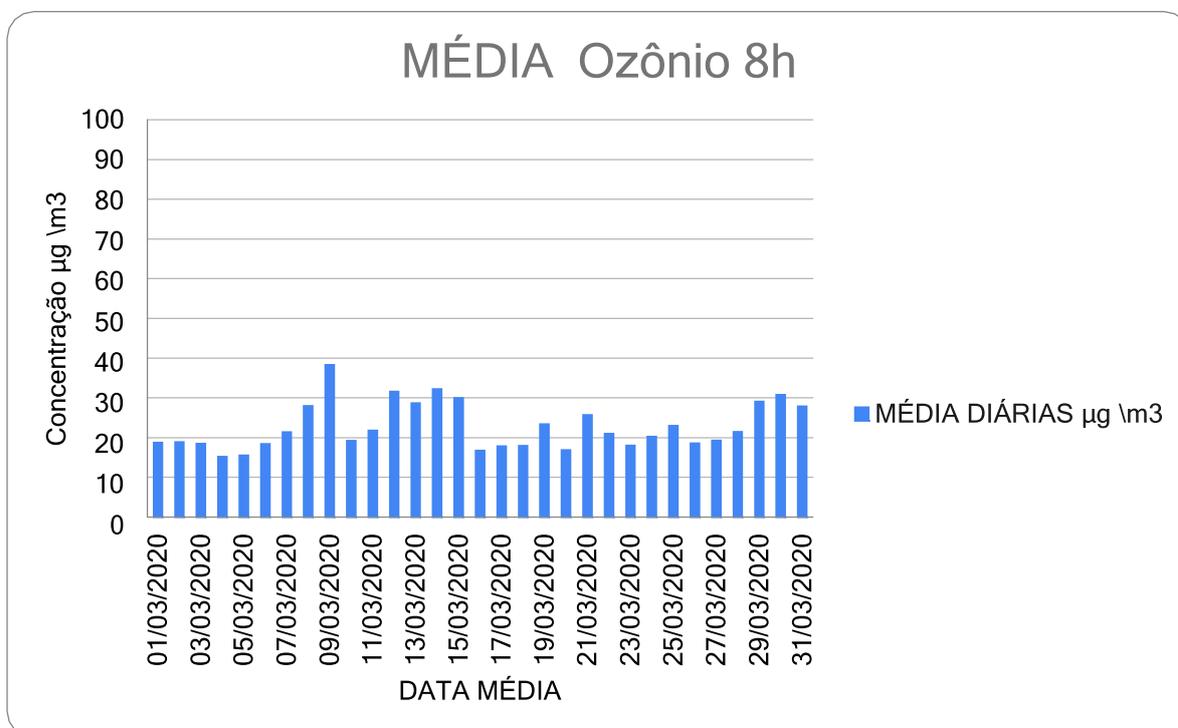


Figura 32 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Março 2020

Fonte: Márcio Krüger

ABRIL 2020

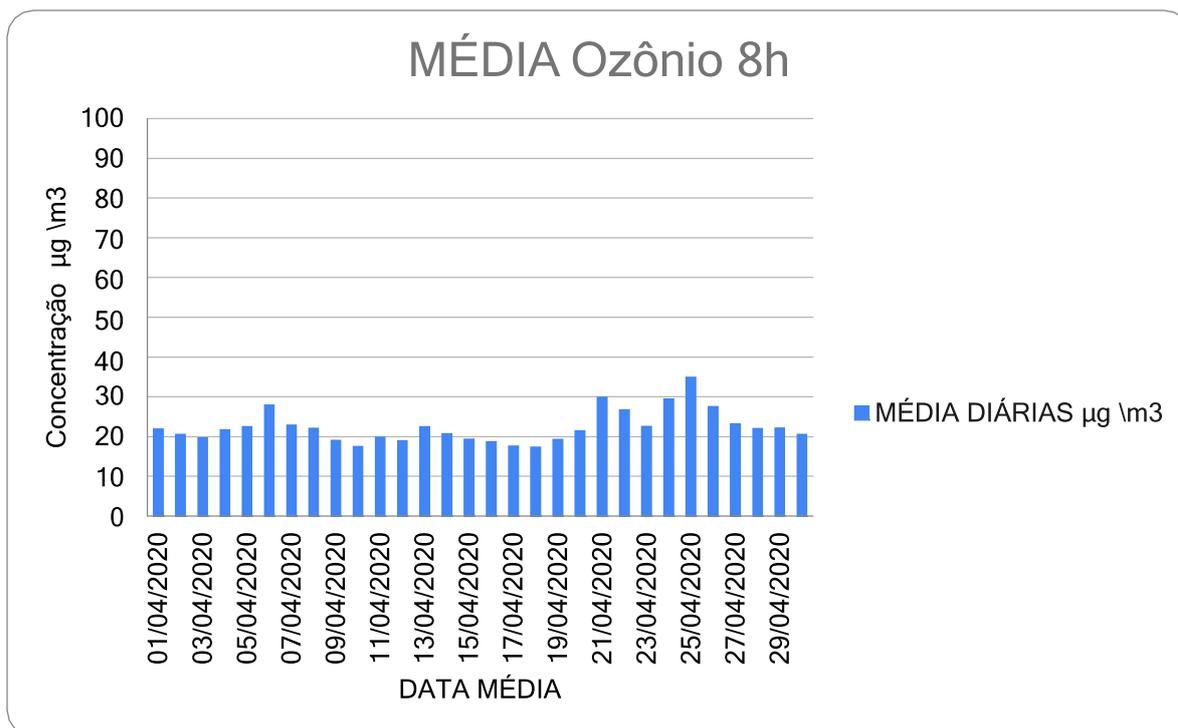


Figura 33 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Abril 2020

Fonte: Márcio Krüger

MAIO 2020

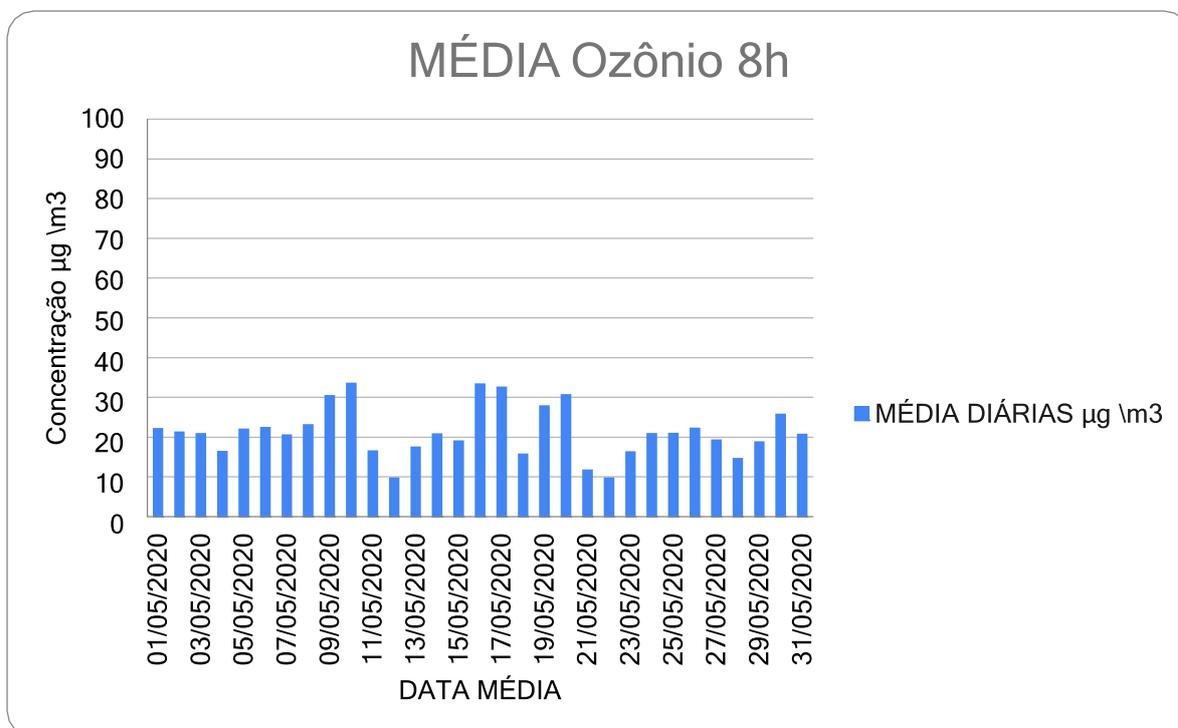


Figura 34 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Maio 2020

Fonte: Márcio Krüger

JUNHO 2020

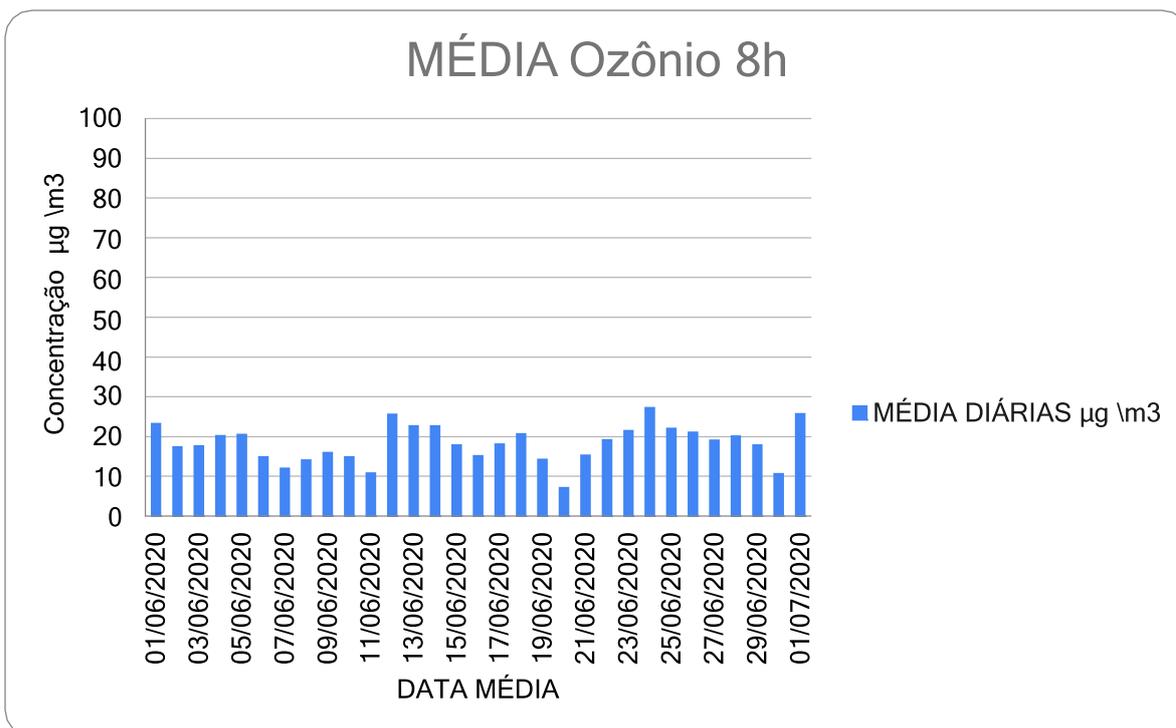


Figura 35 - Gráfico da Concentração de Ozônio, CPPMET Junho 2020

Fonte: Márcio Krüger

➤ OZÔNIO BC IFSUL CAMPUS PELOTAS

Outubro 2019

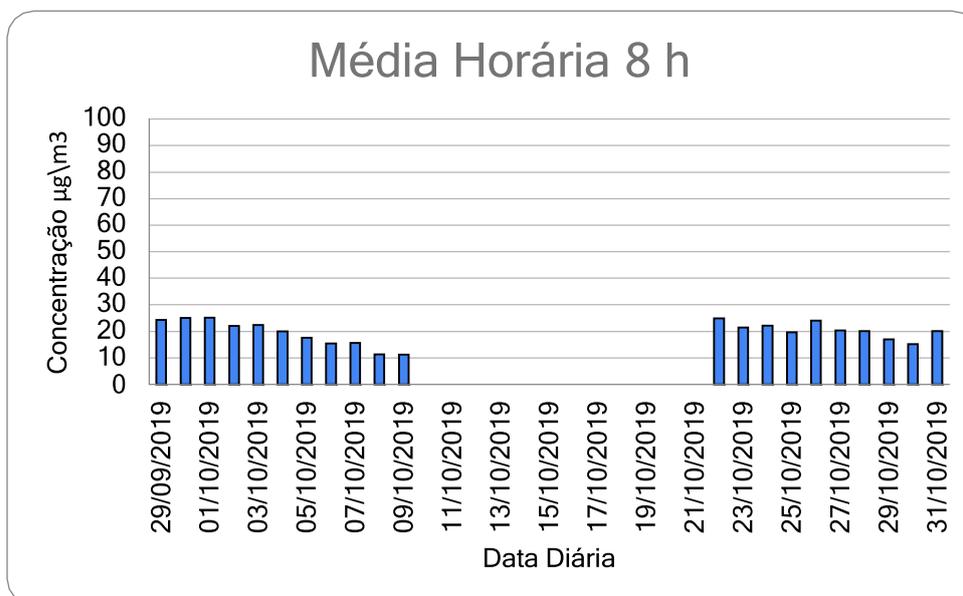


Figura 36 - Gráfico da Concentração de Ozônio BC IFSUL Outubro 2019

Fonte: Márcio Krüger

Novembro 2019

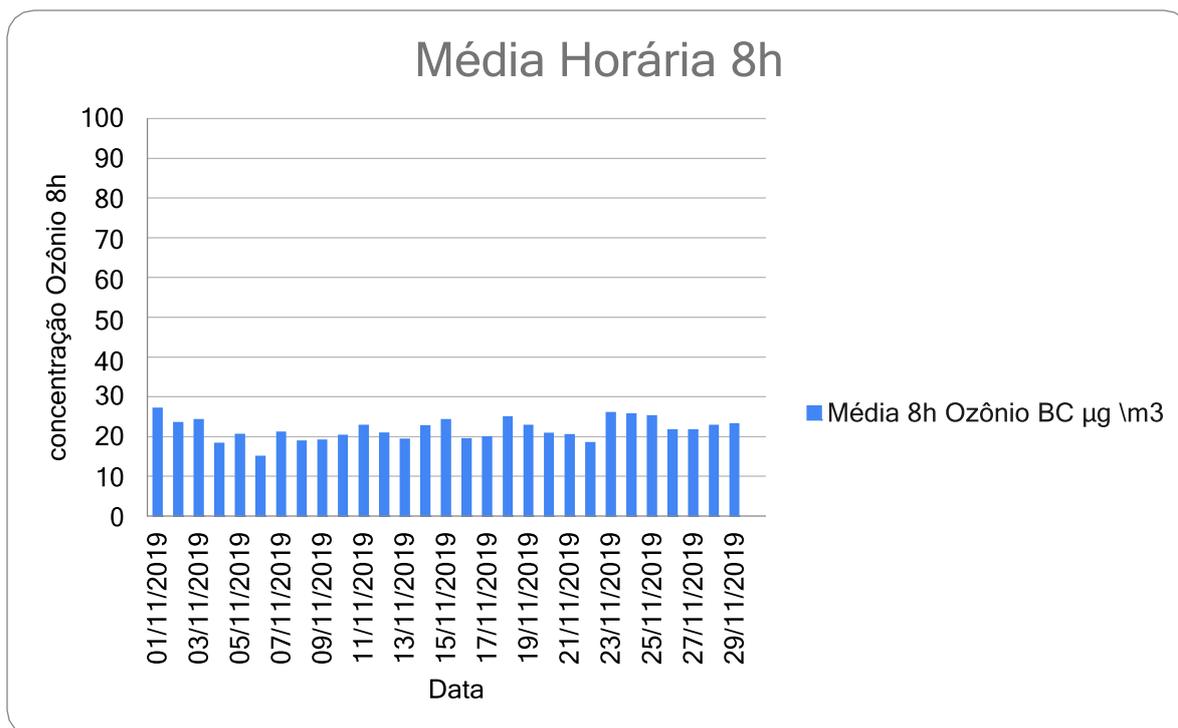


Figura 37 - Gráfico da Concentração de Ozônio BC IFSUL Novembro 2019

Fonte: Márcio Krüger

Dezembro 2019

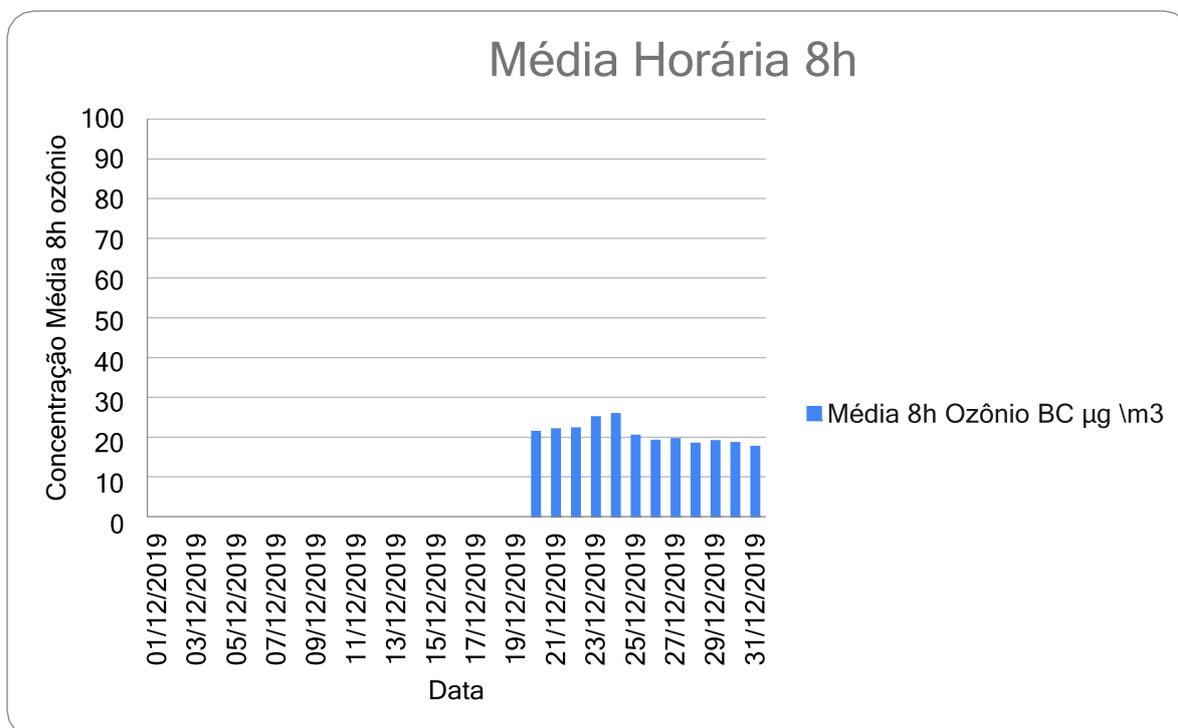


Figura 38- Gráfico da Concentração de Ozônio BC IFSUL Dezembro 2019

Fonte: Márcio Krüger

ANO:2020

JANEIRO 2020

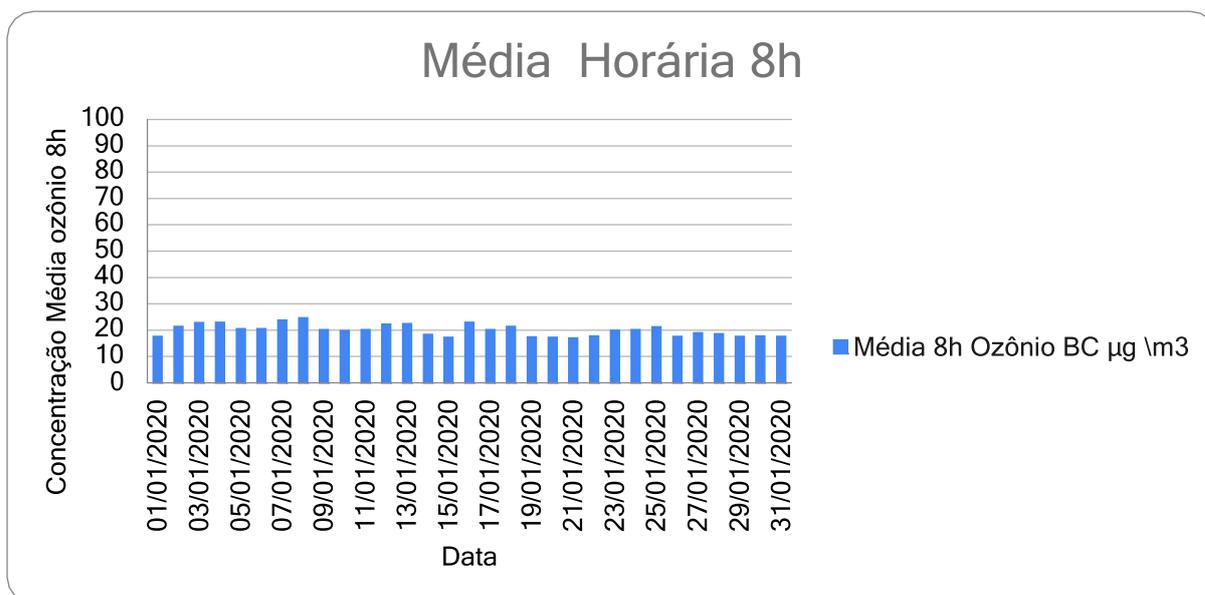


Figura 39 - Gráfico da Concentração de Ozônio BC IFSUL Janeiro 2020

Fonte: Márcio Krüger

FEVEREIRO 2020

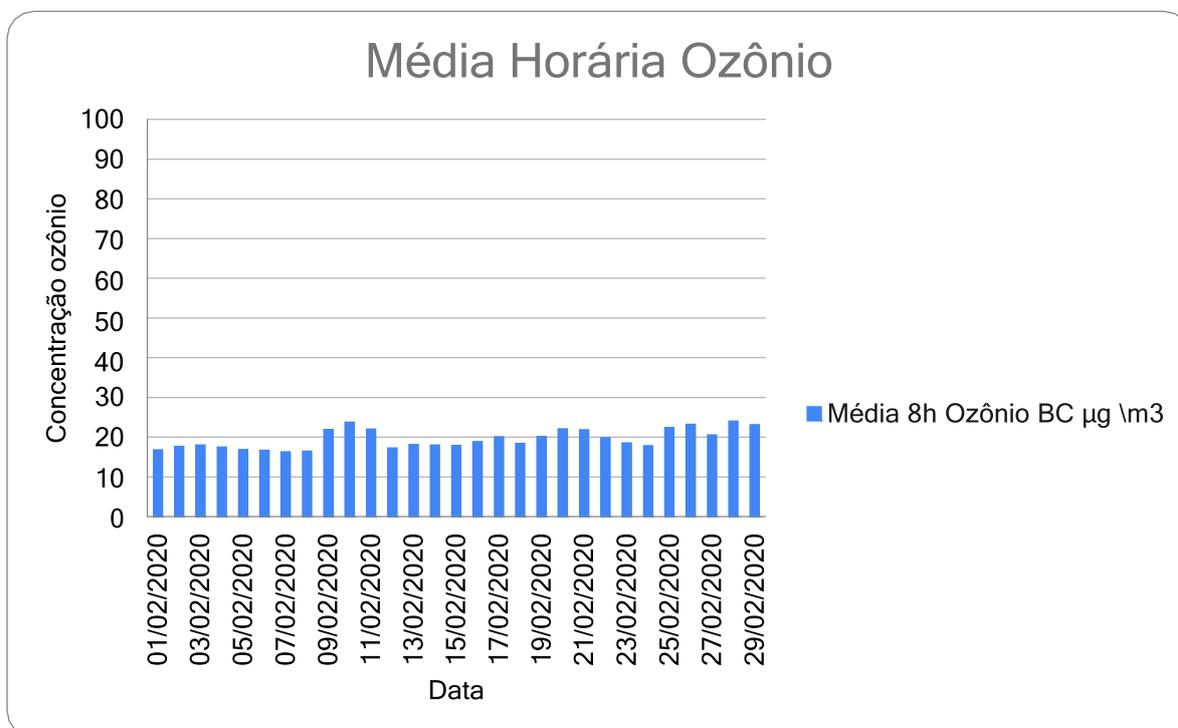


Figura 40 - Gráfico da Concentração de Ozônio BC IFSUL Fevereiro 2020

Fonte: Márcio Krüger

MARÇO 2020

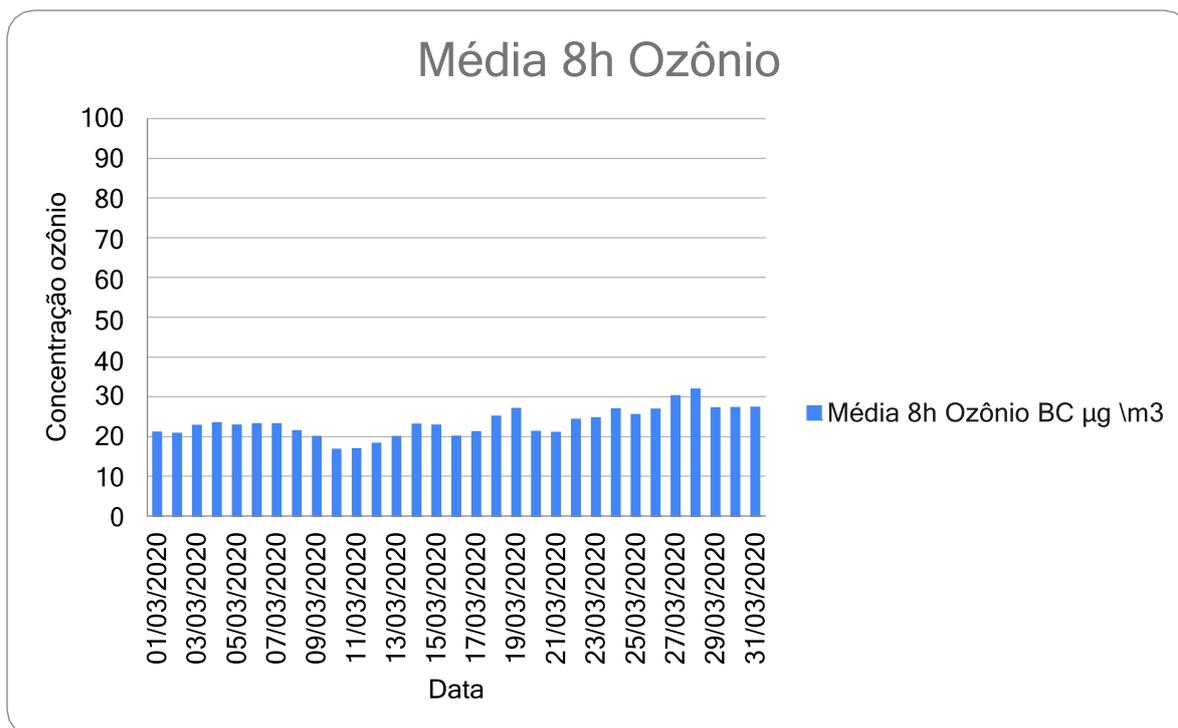


Figura 41 - Gráfico da Concentração de Ozônio BC IFSUL Março 2020

Fonte: Márcio Krüger

ABRIL 2020

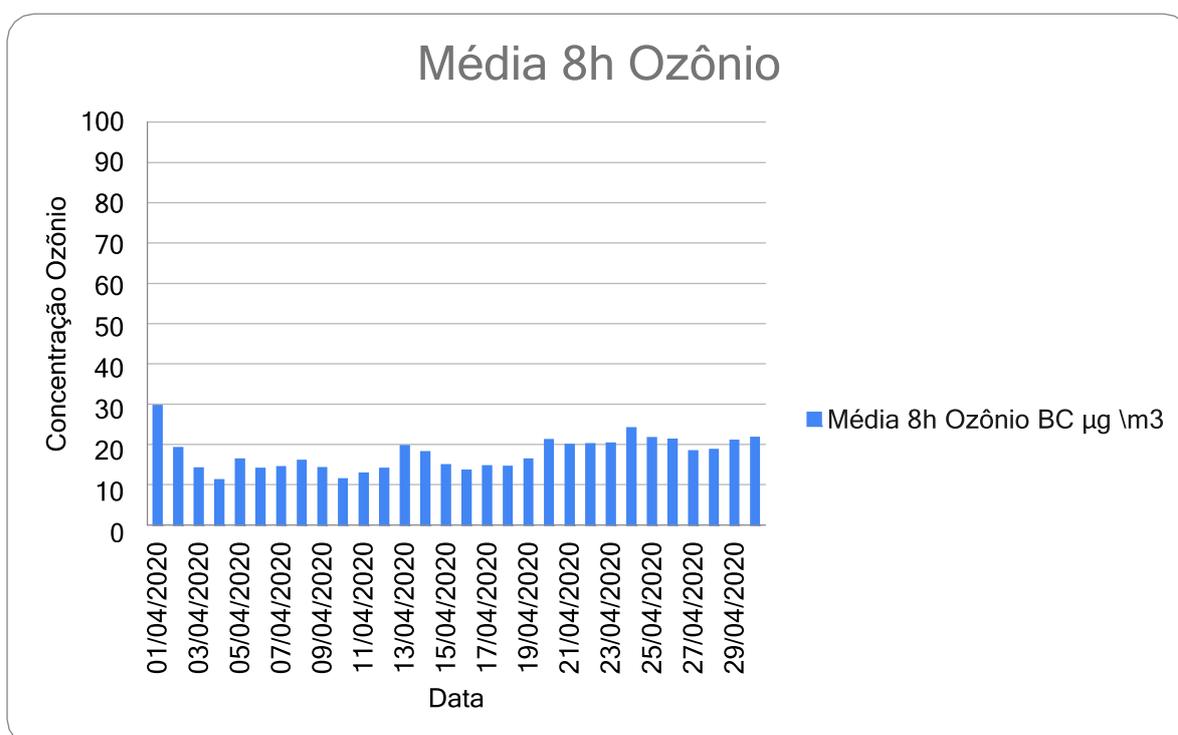


Figura 42 - Gráfico da Concentração de Ozônio BC IFSUL Abril 2020

Fonte: Márcio Krüger

MAIO 2020

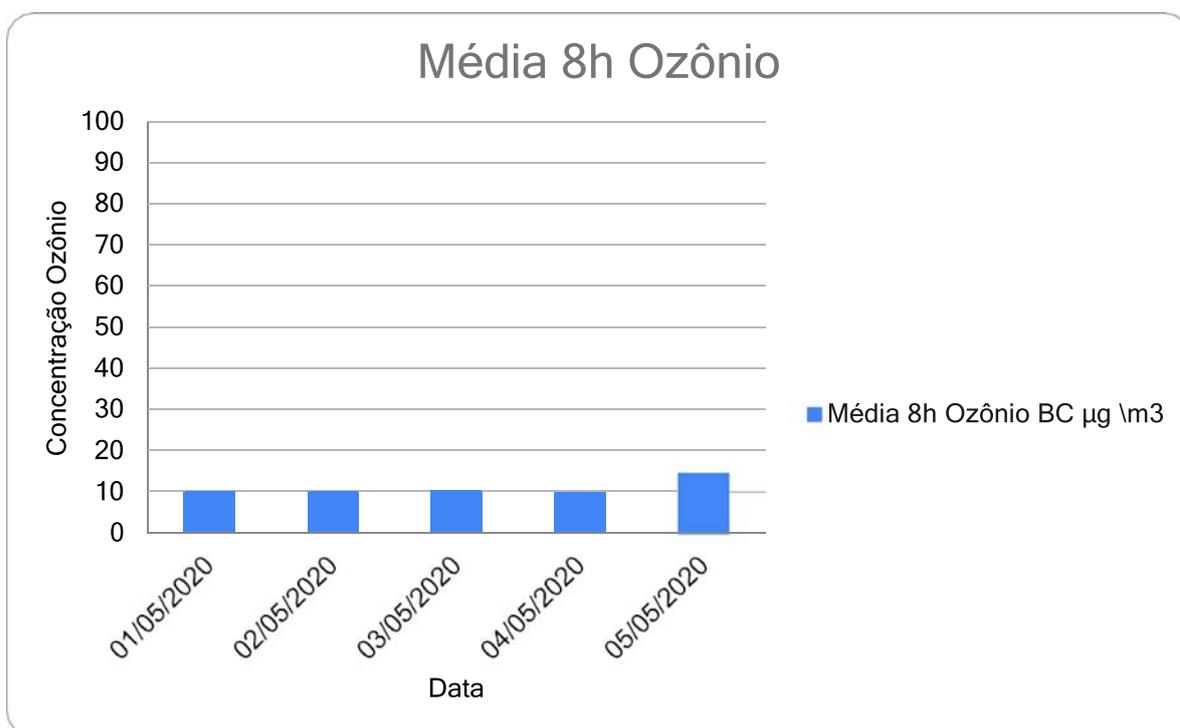


Figura 43 - Gráfico da Concentração de Ozônio BC IFSUL Maio 2020

Fonte: Márcio Krüger

ANO:2019

OUTUBRO 2019

CONAMA 491\18

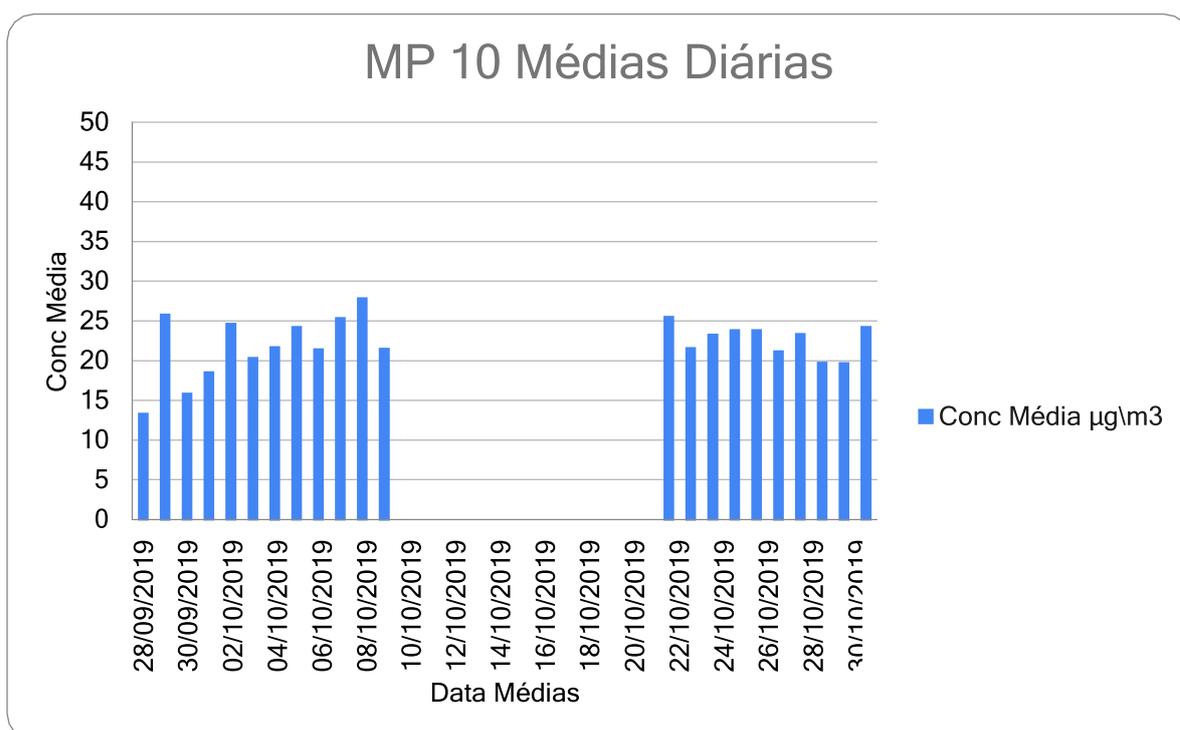


Figura 45 - Gráfico Material Particulado 10 - Conama 491\18- Outubro 2019

Fonte: Márcio Krüger 2020

OMS

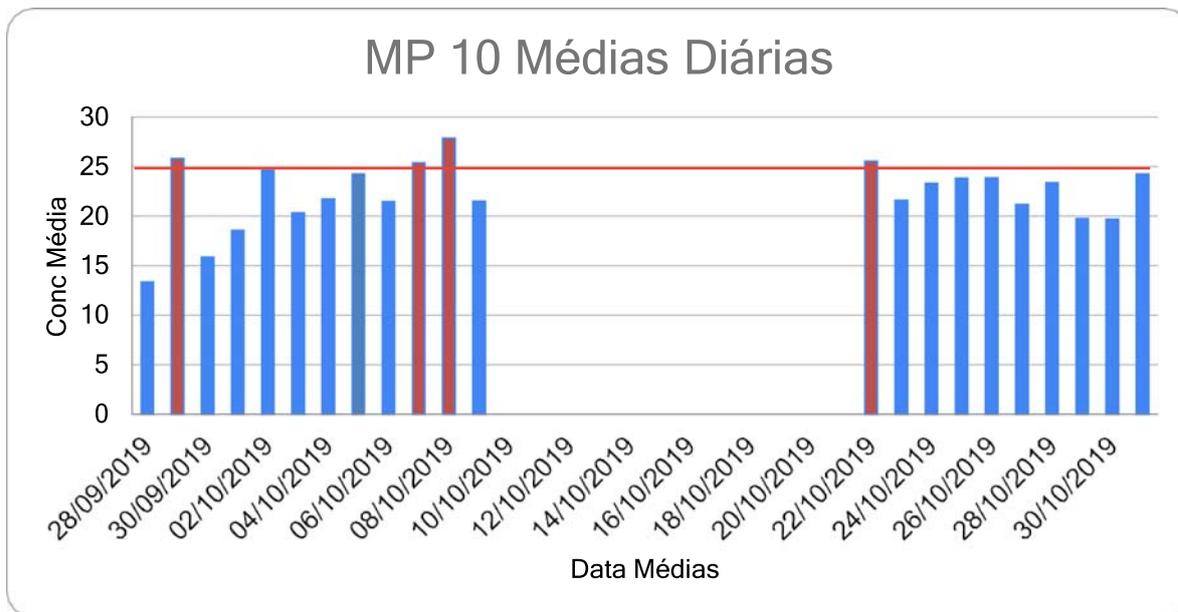


Figura 46 - Gráfico Material Particulado 10 - OMS - Outubro 2019

Fonte: Márcio Krüger 2020

NOV 2019

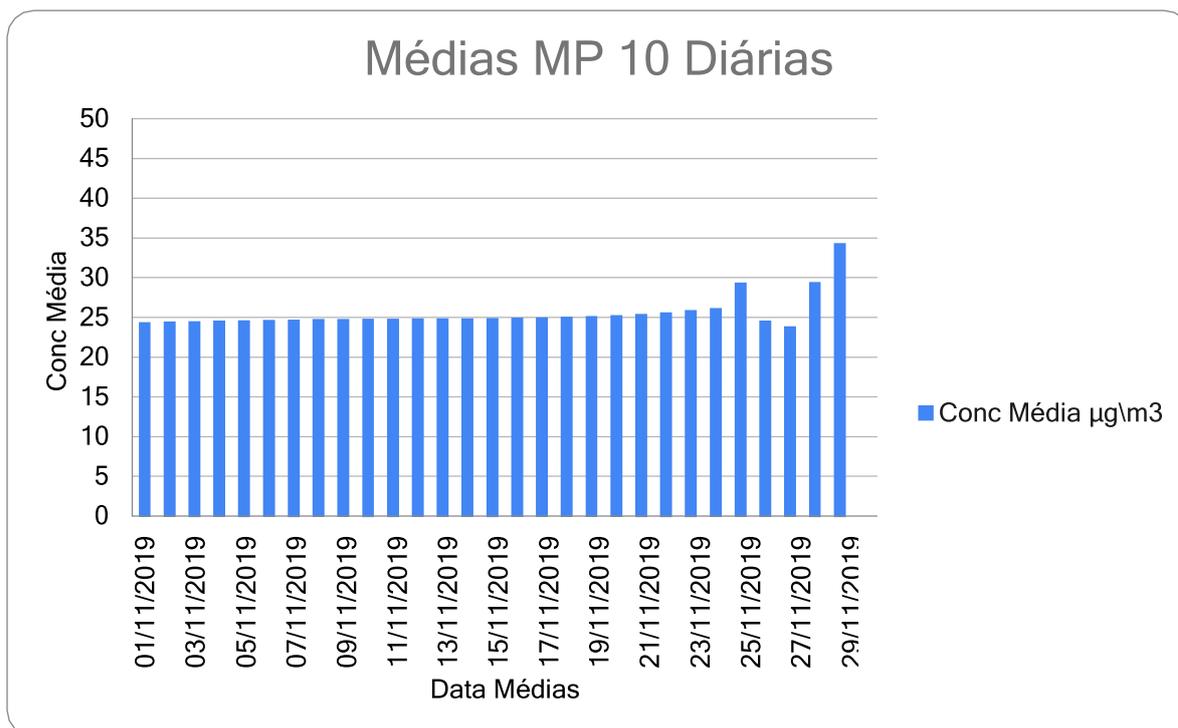


Figura 47 - Gráfico Material Particulado 10 - Conama 491\18- Novembro 2019

Fonte: Márcio Krüger 2020

OMS

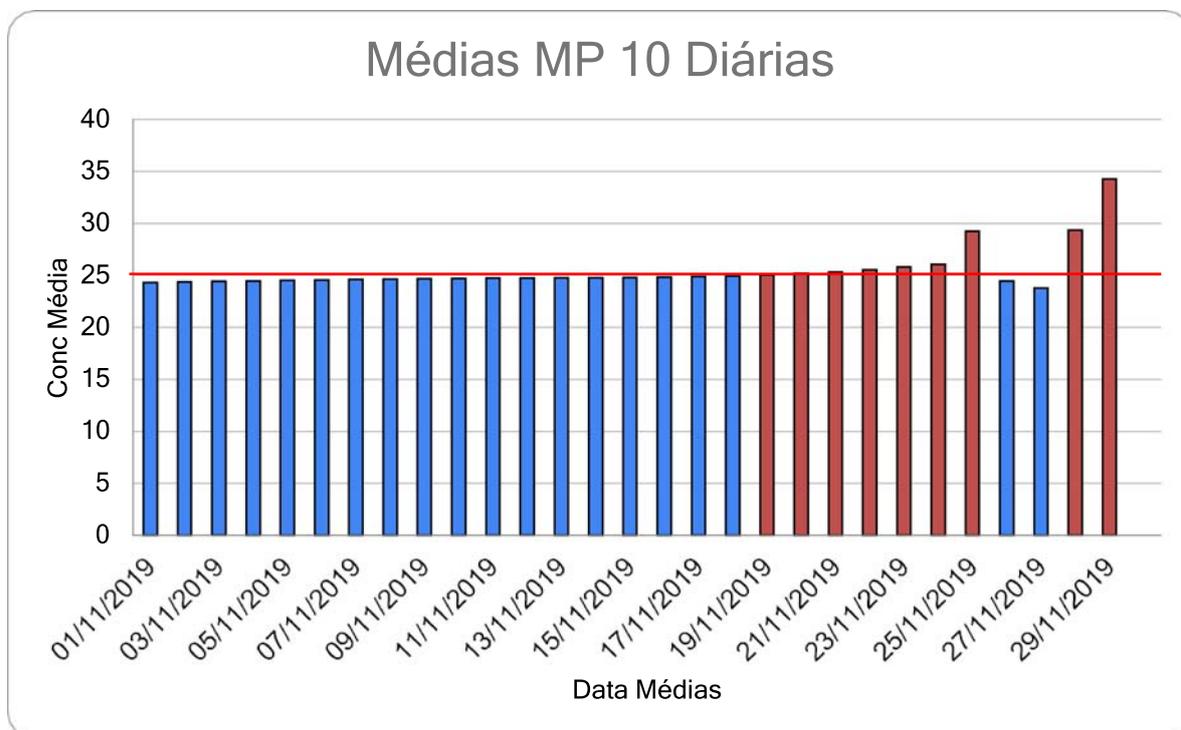


Figura 48 - Gráfico Material Particulado 10 -OMS - Outubro 2019

Fonte: Márcio Kruger 2020

DEZEMBRO 2019

CONAMA 491\18

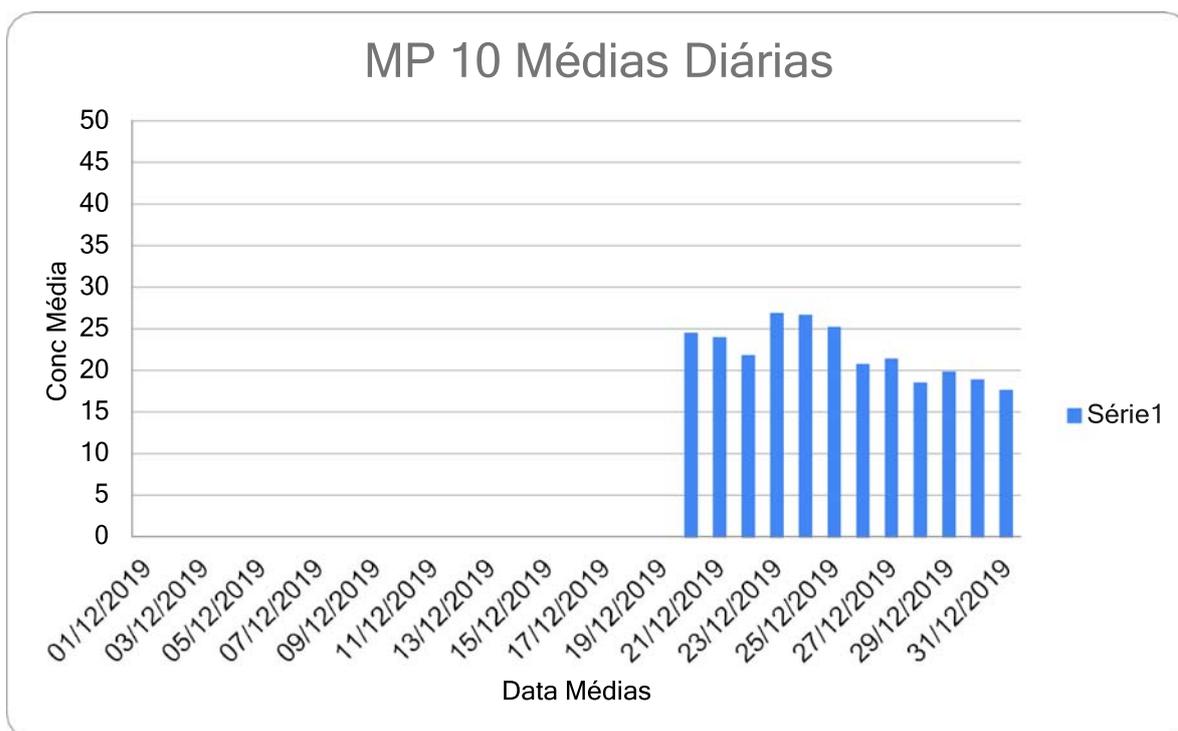


Figura 49 - Gráfico Material Particulado 10 -Conama 491\18- Dezembro 2019

Fonte: Márcio Kruger 2020

OMS

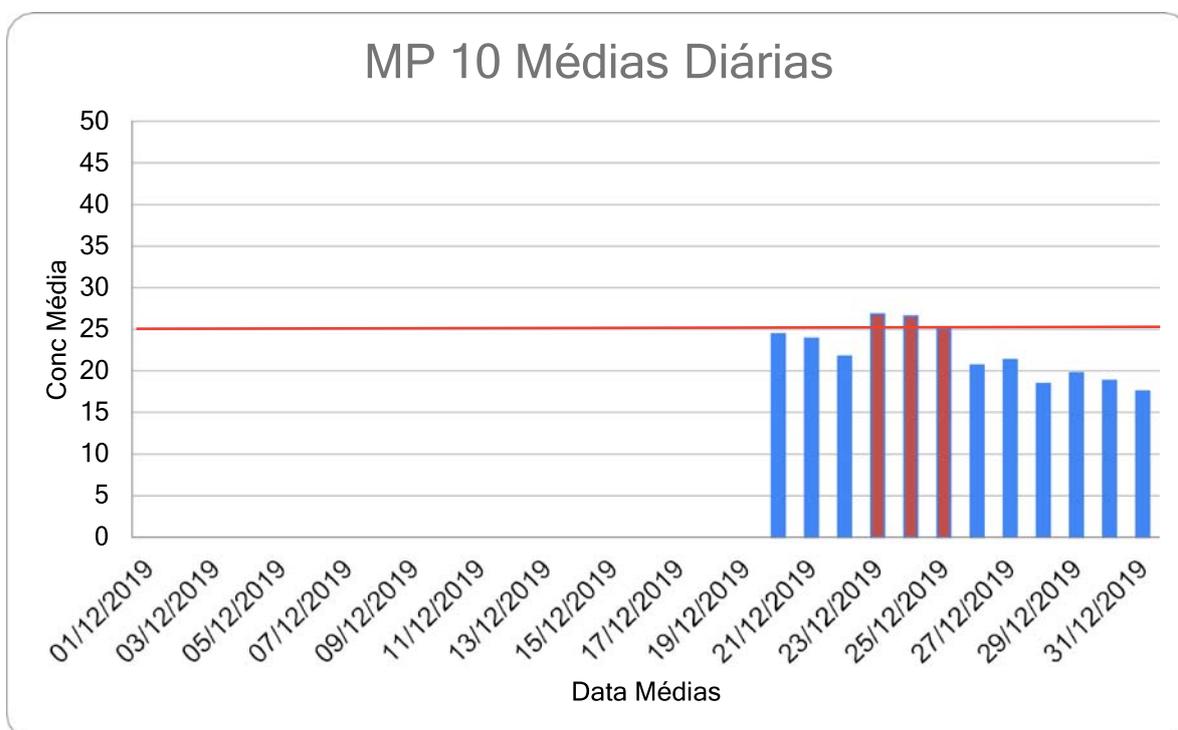


Figura 49 - Gráfico Material Particulado 10 -OMS - Dezembro 2019

Fonte: Márcio Kruger 2020

ANO: 2020

JANEIRO 2020

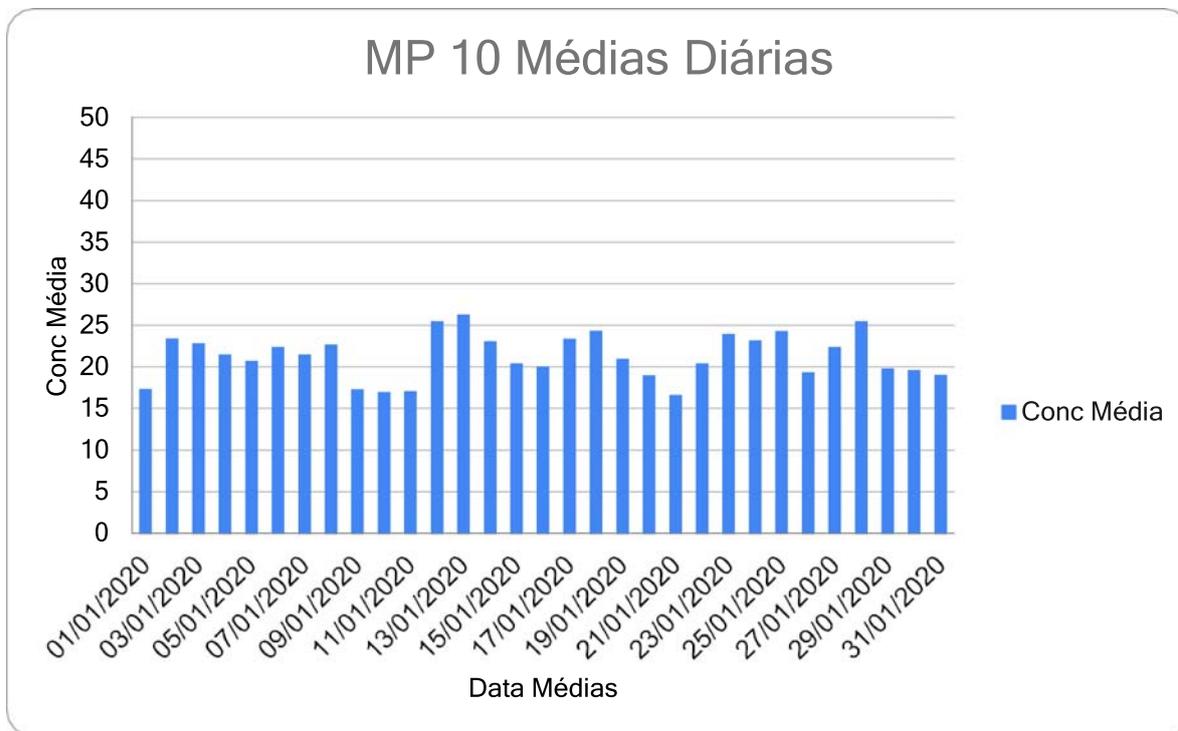


Figura 50 - Gráfico Material Particulado 10 -Conama 491\18- Janeiro 2020

Fonte: Márcio Kruger 2020

OMS

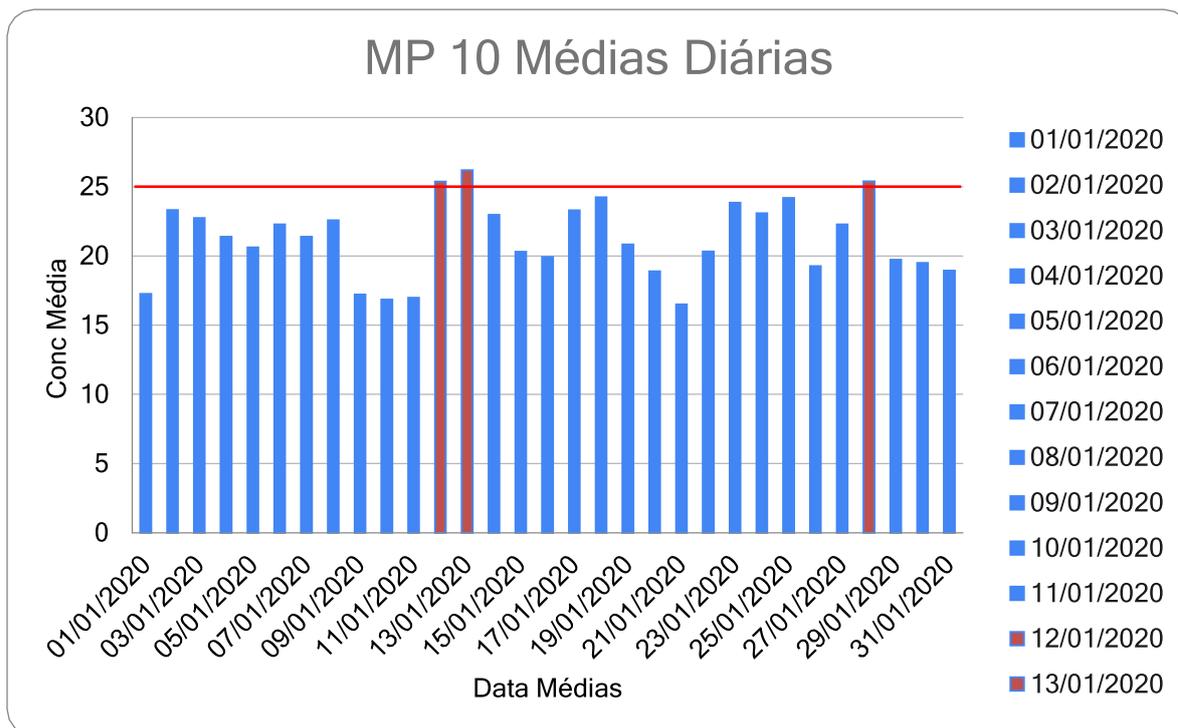


Figura 51 - Gráfico Material Particulado 10 - OMS- Janeiro 2020

Fonte: Márcio Kruger 2020

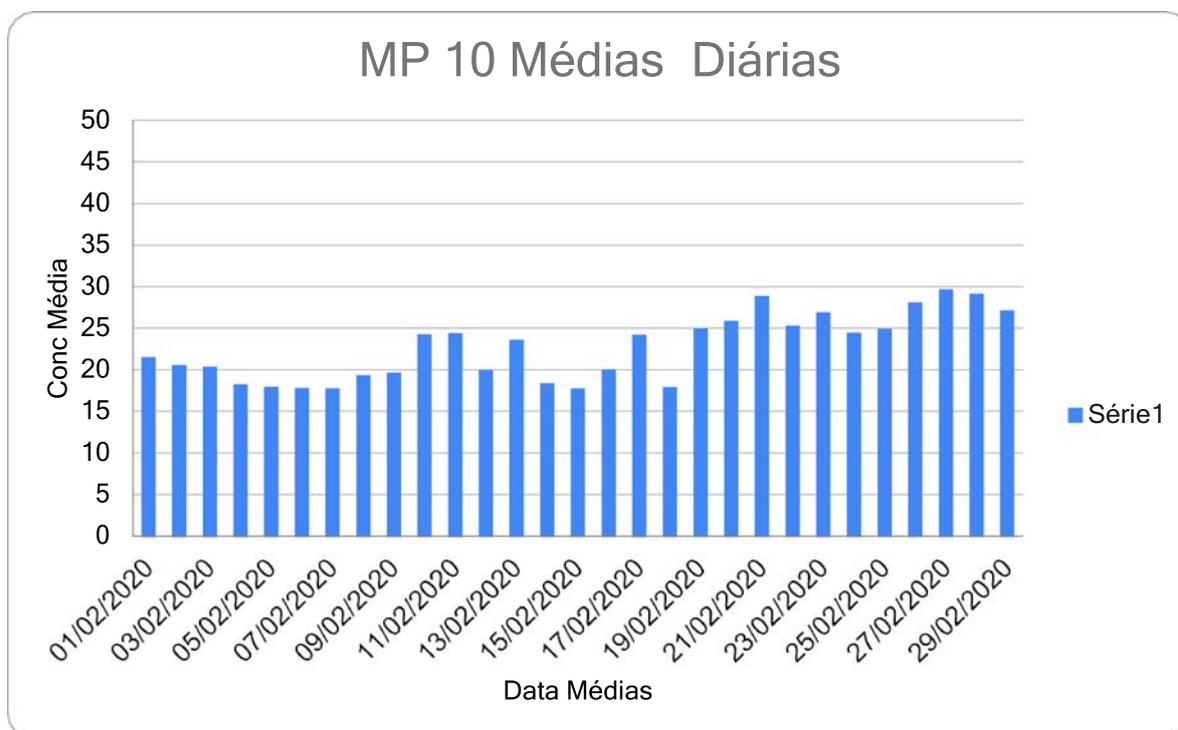


Figura 52 - Gráfico Material Particulado 10 -Conama 491\18 - Fevereiro 2020

Fonte: Márcio Kruger 2020

OMS

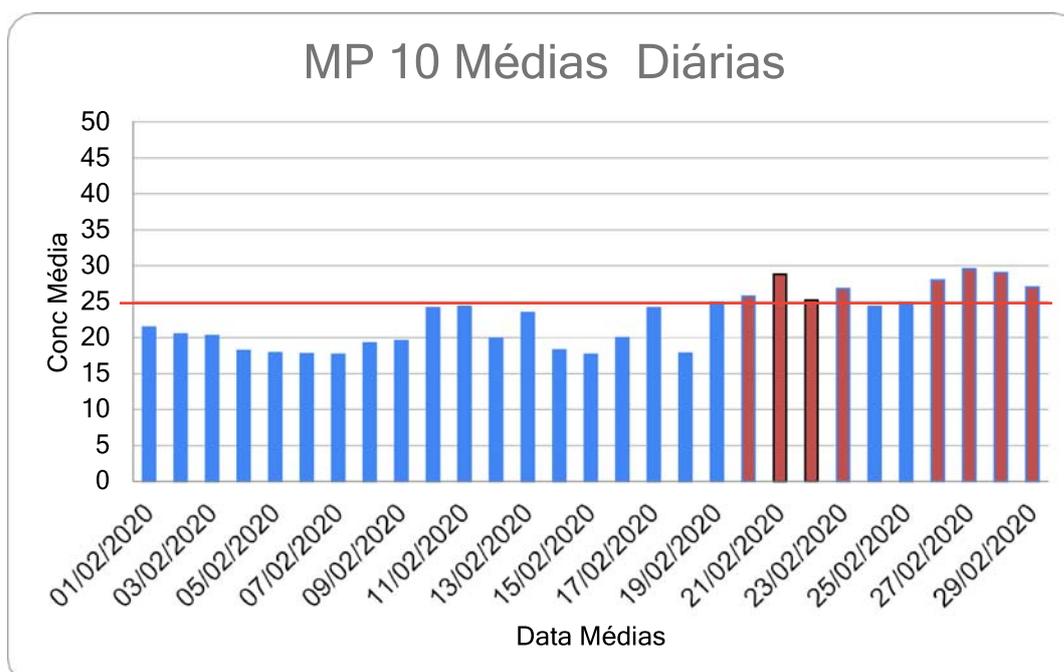


Figura 53 - Gráfico Material Particulado 10 -OMS - Fevereiro 2020

Fonte: Márcio Krüger 2020

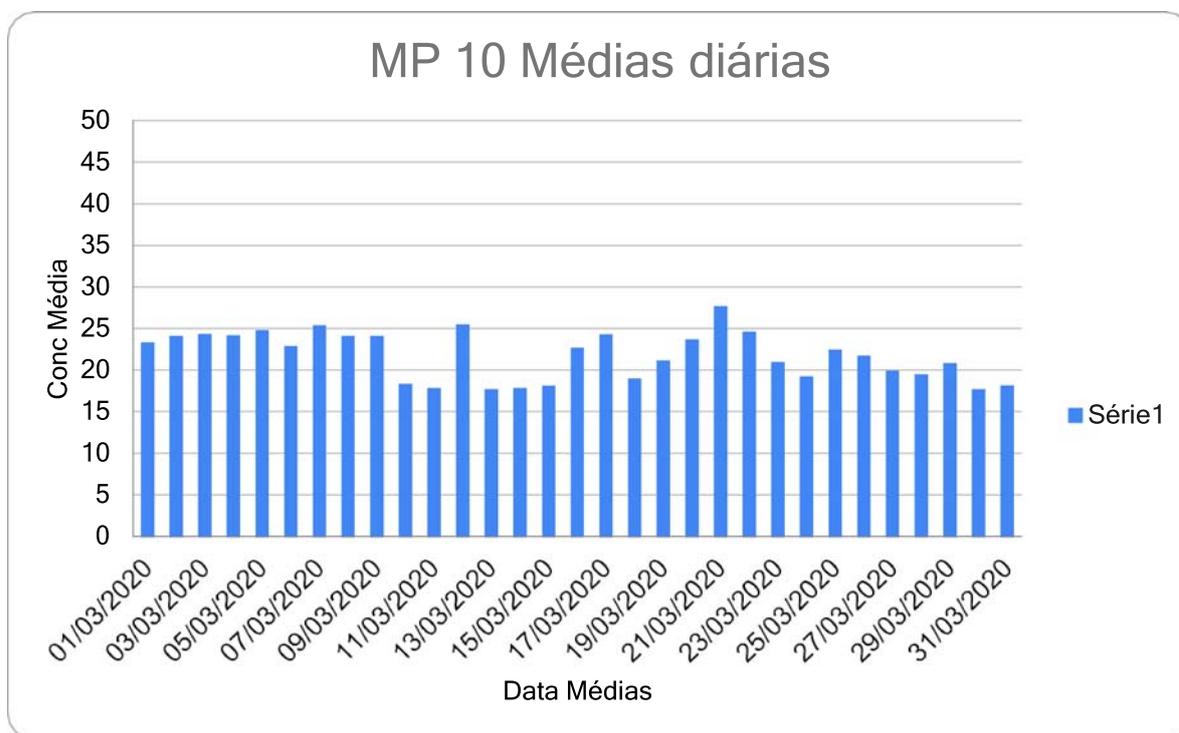


Figura 54 - Gráfico Material Particulado 10 -Conama 491\18- Março 2020

Fonte: Márcio Krüger 2020

OMS

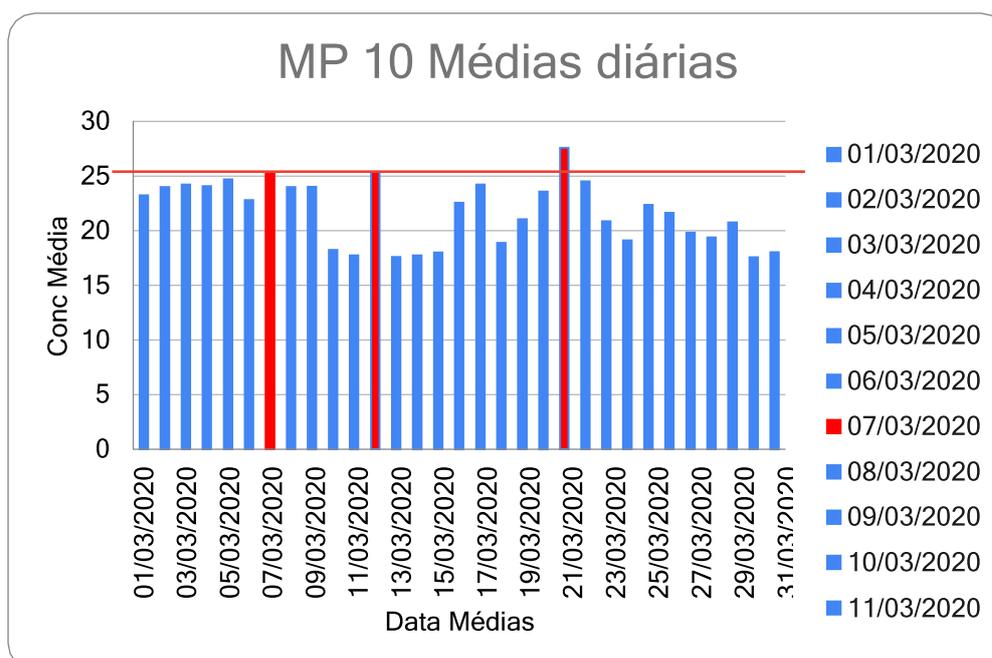


Figura 55 - Gráfico Material Particulado 10 -OMS- Março 2020

Fonte: Márcio Krüger 2020

Abril 2020

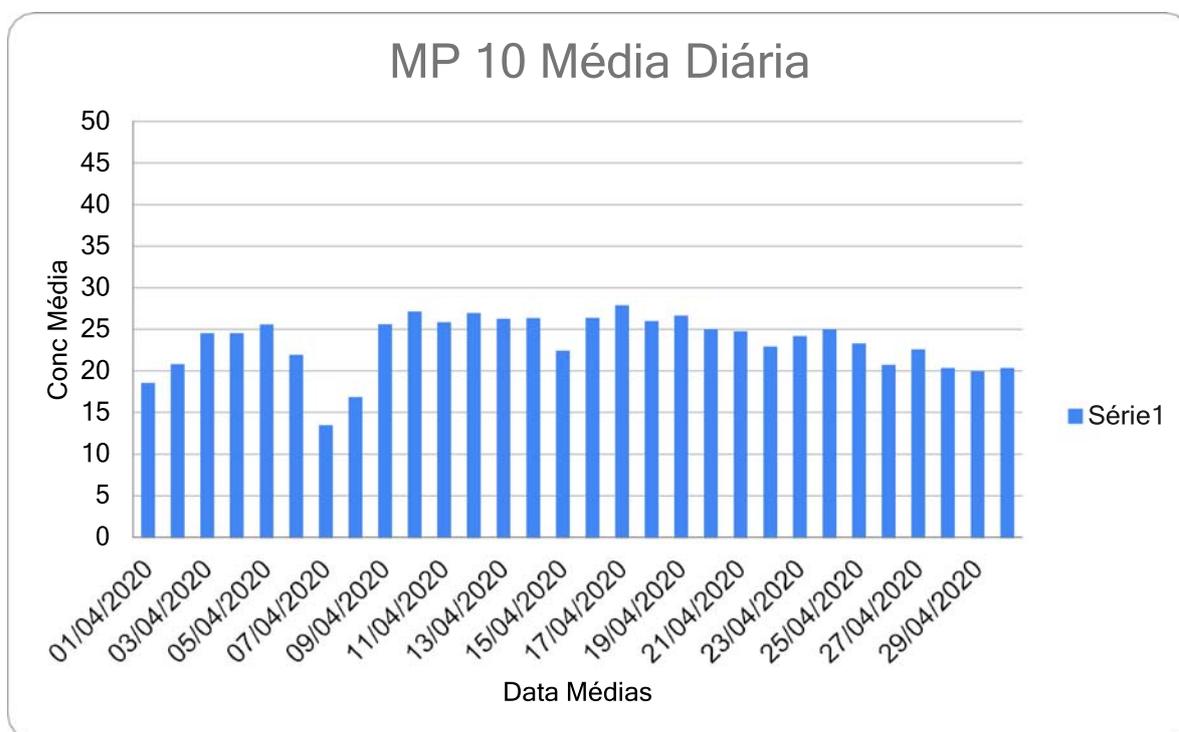


Figura 56 - Gráfico Material Particulado 10 -Conama 491\18- Abril 2020

Fonte: Márcio Kruger 2020

OMS

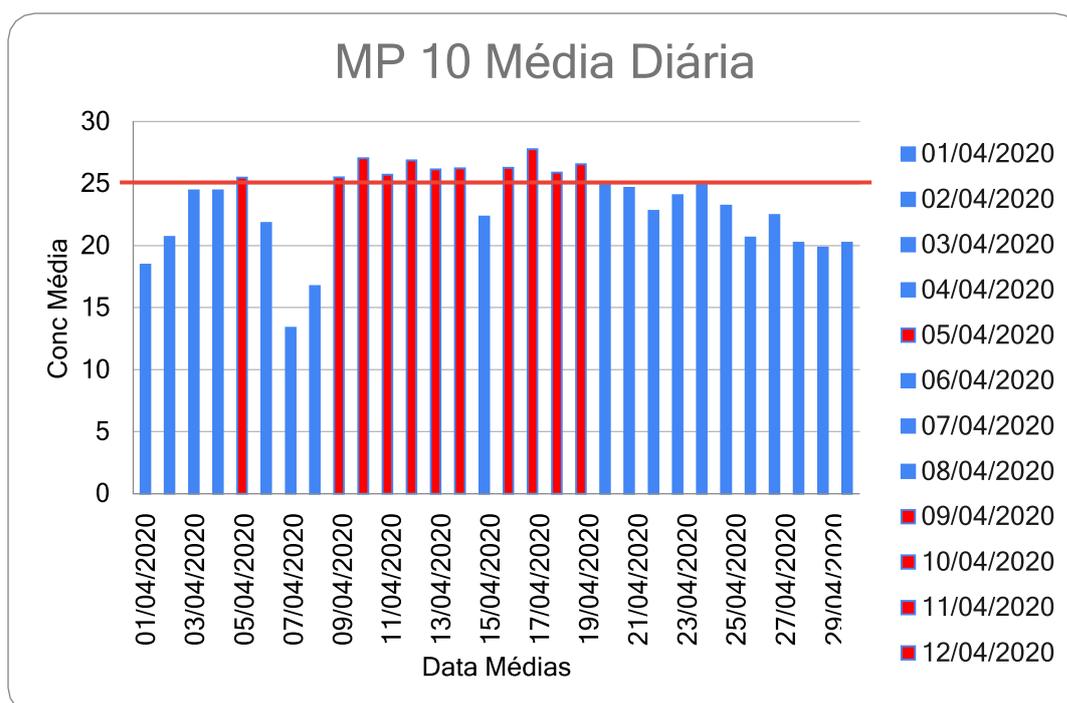


Figura 57 - Gráfico Material Particulado 10 -OMS- Abril 2020

Fonte: Márcio Krüger 2020

Maio 2020

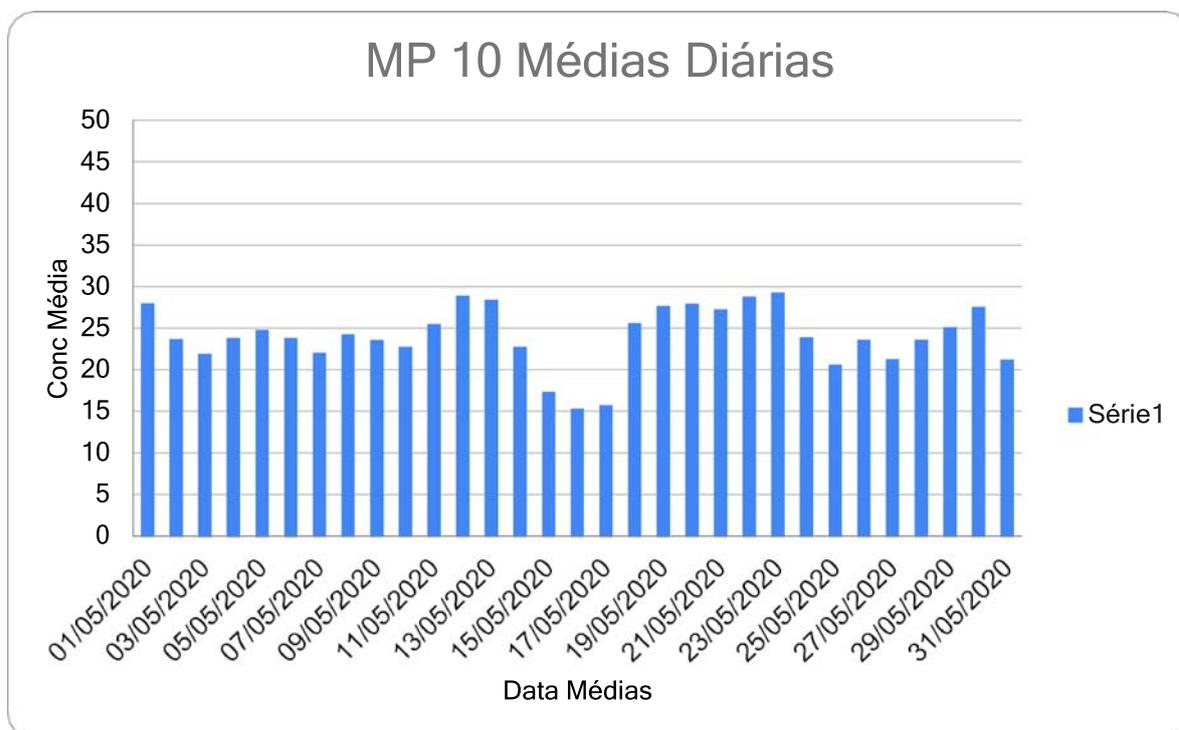


Figura 58 - Gráfico Material Particulado 10 -Conama 491\18- Maio 2020

Fonte: Márcio Krüger 2020

OMS

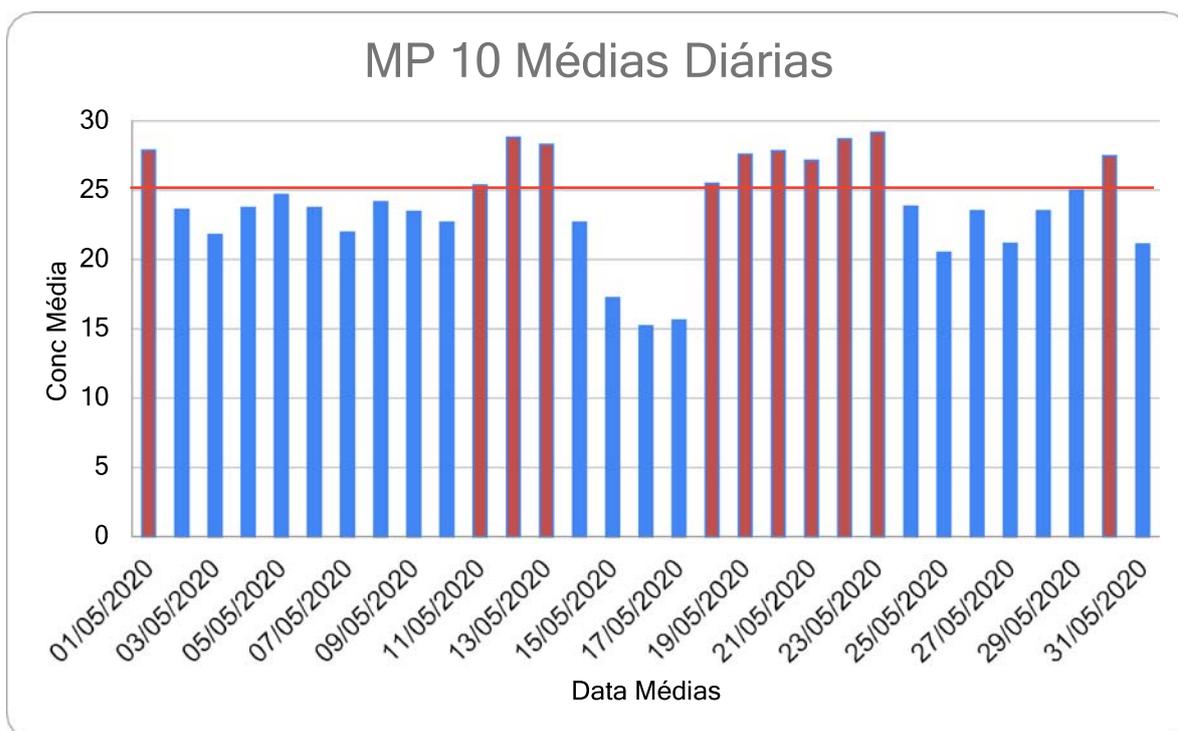


Figura 59 - Gráfico Material Particulado 10 - OMS - Maio 2020

Fonte: Márcio Krüger 2020

Junho 2020

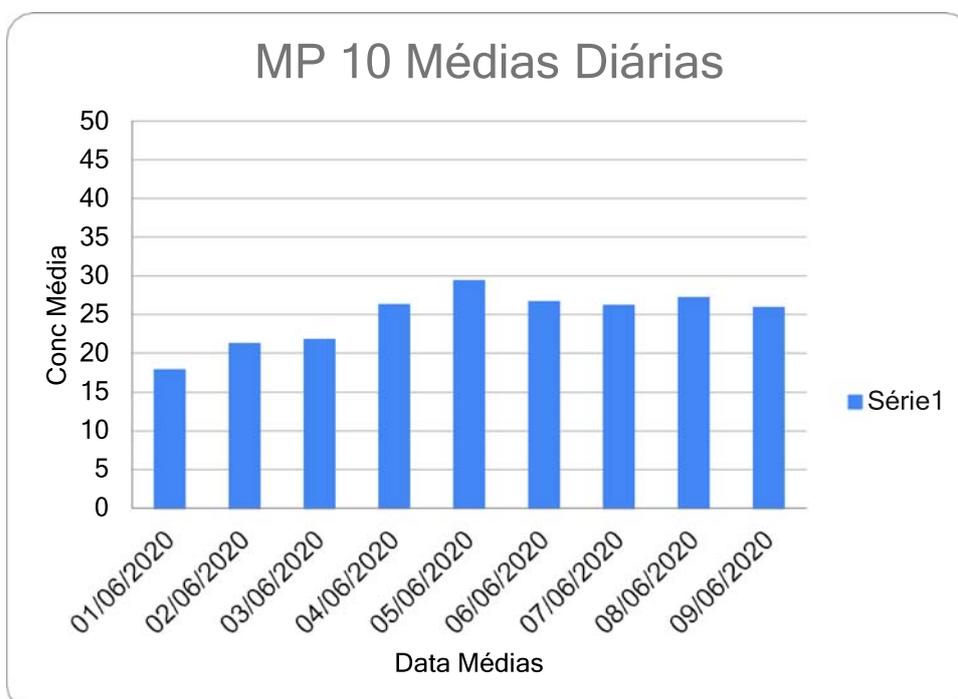


Figura 60 - Gráfico Material Particulado 10 -Conama 491\18- Junho 2020

Fonte: Márcio Kruger 2020

OMS

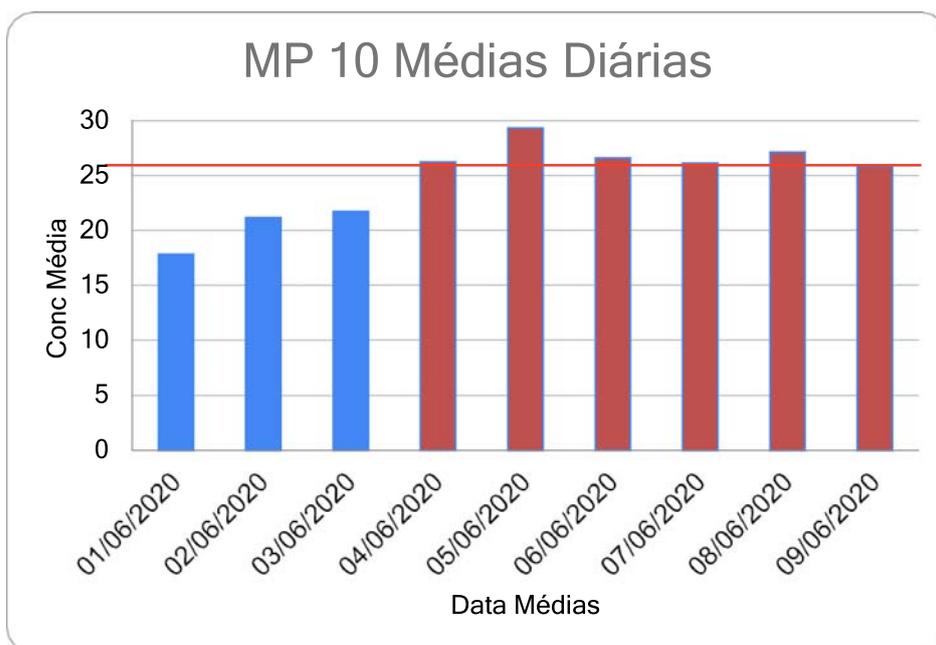


Figura 61 - Gráfico Material Particulado 10 - OMS - Junho 2020

Fonte: Márcio Krüger 2020

➤ Data Bam CPPMET

Outubro 2019

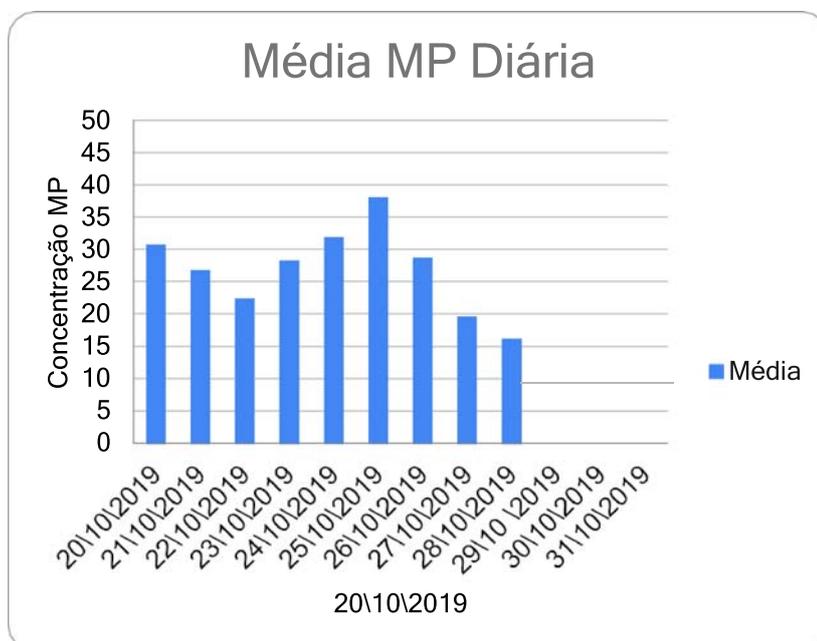


Figura 62 - Gráfico Material Particulado 10 Data Bam-Conama 491\18- Outubro 2019

Fonte: Márcio Krüger 2020

OMS

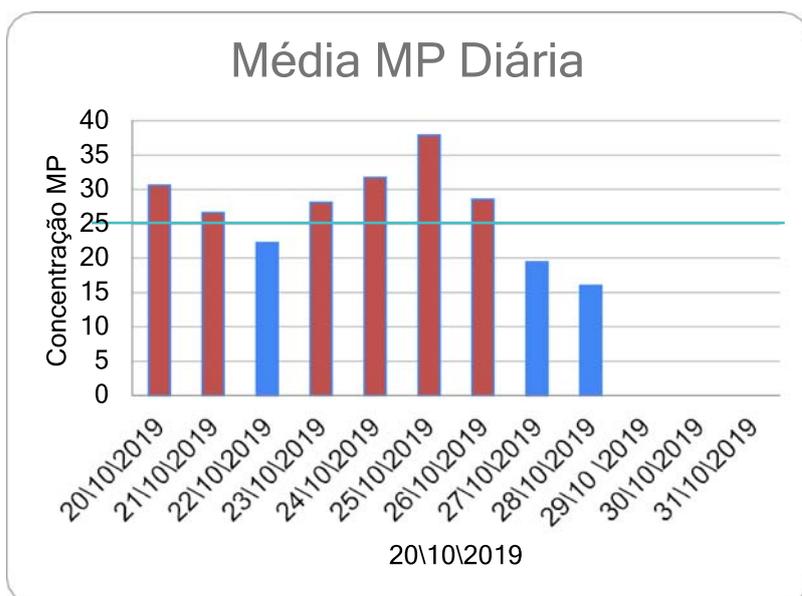


Figura 63 - Gráfico Material Particulado 10 Data Bam - OMS- Outubro 2019

Fonte: Márcio Krüger 2020

Novembro 2019

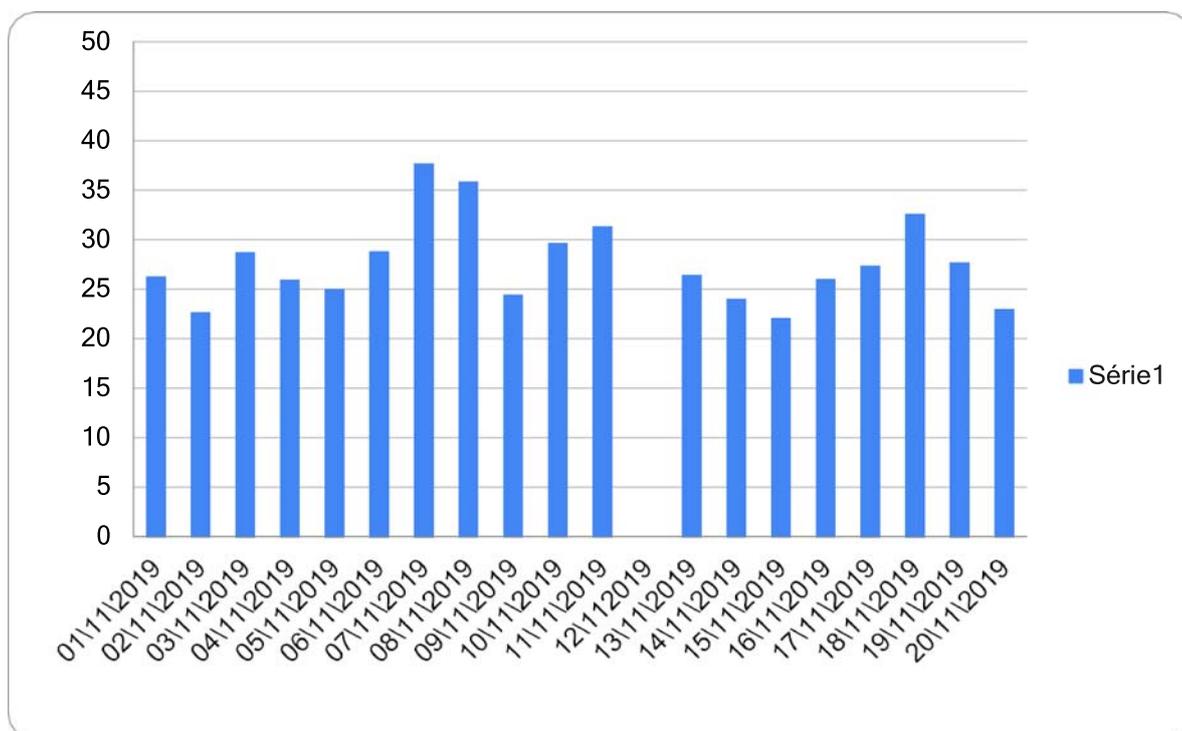


Figura 64 - Gráfico Material Particulado 10 Data Bam -Conama 491\18- Novembro 2019

Fonte: Márcio Krüger 2020

OMS

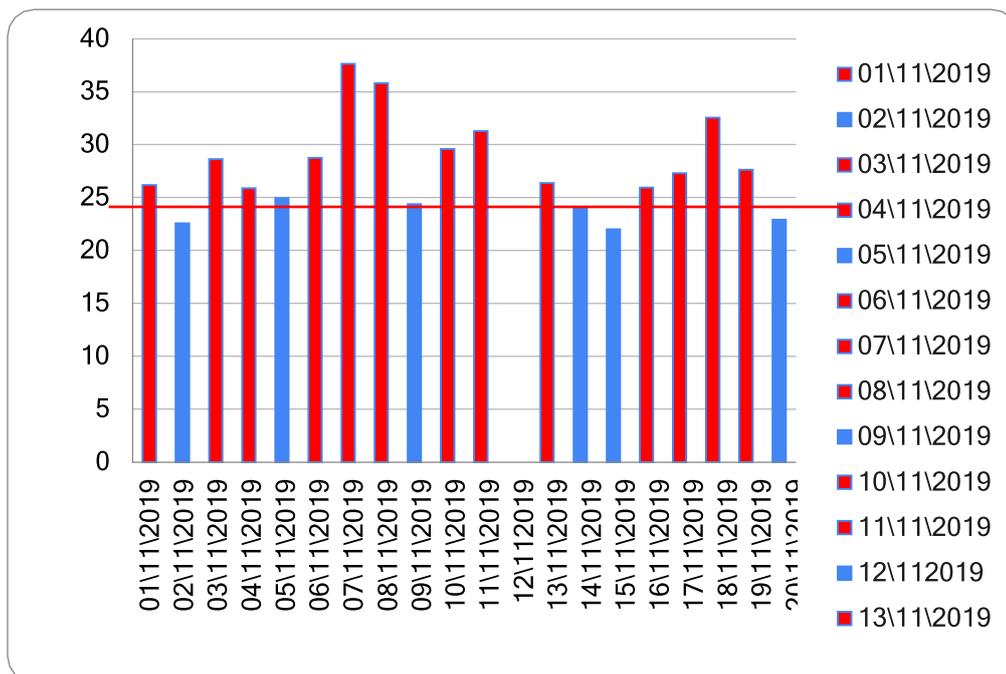


Figura 65 - Gráfico Material Particulado 10 Data Bam - OMS - Novembro 2019

Fonte: Márcio Krüger 2020