



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA – IGUFU
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

SÉRGIO HENRIQUE OLIVEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONDIÇÕES DE TEMPO ATMOSFÉRICO E A
CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES NO AR EM INTERLAGOS, REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

Uberlândia/MG

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
CURSO DE GEOGRAFIA

SÉRGIO HENRIQUE OLIVEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONDIÇÕES DE TEMPO ATMOSFÉRICO E A
CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES NO AR EM INTERLAGOS, REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Mendes

Uberlândia/MG

2021

SÉRGIO HENRIQUE OLIVEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE CONDIÇÕES DE TEMPO ATMOSFÉRICO E A
CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES NO AR EM INTERLAGOS, REGIÃO
METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como exigência para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Mendes

BANCA EXAMINADORA

Dr. Paulo Cezar Mendes - UFU (Orientador)

Dr. Rildo Aparecido Costa - UFU

Dr. Rafael de Ávila Almeida - UFCAT

Uberlândia, MG

2021

*Dedico este trabalho a todos que colaboram
diretamente comigo sem os quais eu não teria
concluído este projeto.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos Professores do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, aos diversos colegas do curso e membros do Instituto de Geografia.

Agradeço a minha esposa Cristina Marques Tasse, por estar ao meu lado em todos esses anos.

Agradeço ao Professor e amigo Paulo Cesar Mendes, por sua dedicação, incentivo e paciência em me orientar durante todo o curso de Geografia.

Agradeço a nossa fantástica, querida e profissional, Secretária (Auxiliar Administrativa) Mizmar Couto de Andrade, pelo excelente trabalho nos ajudando sempre.

Agradeço a Banca Examinadora por dispor de seu importante tempo para contribuir para a conclusão deste trabalho.

Agradeço aos amigos do serviço (CTA), ao amigo Renner Moura, a Letícia Vinhal, que puderam contribuir para a construção deste trabalho.

Ao pessoal da USP e CETESB e INMET, que me ajudaram muito com o envio de dados!

Agradeço a DEUS.

*“Mesmo que já tenhas feito uma longa caminhada,
há sempre um novo caminho a fazer”.*

Santo Agostinho

RESUMO

A poluição do ar é considerada um dos principais elementos que prejudica a saúde e qualidade de vida das pessoas, sobretudo aquelas que habitam as grandes cidades. Dentre as fontes de poluição produzidas, podemos citar as dos veículos automotores, das indústrias e as queimadas, que liberam para atmosfera, além de materiais particulados, grandes volumes de gases tóxicos. O aumento do número de pessoas doentes nos faz um alerta para a inalação destes poluentes, que podem agravar doenças já existentes, deixar pessoas saudáveis doentes e levar a morte de muitas pessoas. Neste contexto, esse estudo objetivou realizar uma análise comparativa entre a concentração de poluente no ar e a variação dos elementos climáticos de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação no bairro Interlagos, São Paulo (SP), 2020. Para isto, foi elaborada uma pesquisa, revisão, bibliográfica sobre a temática, coleta e análise comparativa entre dados de temperatura, precipitação e umidade no de 2020 com os dados de MP2,5, MP10, NO², SO² e CO. Os dados foram adquiridos através de pesquisa junto ao INMET e CETESB. As análises dos dados indicam que a qualidade do ar em Interlagos no período analisado foi considerada satisfatória, apenas o CO e o MP2,5 apresentaram parâmetros acima do recomendado pela OMS, sendo os valores mais elevados registrados durante os meses de estiagem.

Palavras-chave: Poluição do Ar, Clima, São Paulo.

ABSTRACT

Air pollution is considered one of the main elements that affect people's health and quality of life, especially those who live in large cities. Among the sources of pollution produced, we can mention those from automotive vehicles, industries and fires, which release into the atmosphere, in addition to particulate materials, large volumes of toxic gases. The increase in the number of sick people alerts us to the inhaling of these pollutants, which can aggravate existing diseases, make healthy people sick and lead to the death of many people. In this context, this study aimed to carry out a comparative analysis between the pollutant concentration in the air and the variation of climatic elements of temperature, relative humidity and precipitation in the Interlagos neighborhood, São Paulo (SP), 2020. For this, it was elaborated a research, review, bibliography on the subject, collection and comparative analysis between temperature, precipitation and humidity data in 2020 with PM2.5, PM10, NO₂, SO₂ and CO data. The data were acquired through a survey with INMET and CETESB Data analyzes indicate that the air quality in Interlagos during the analyzed period was considered satisfactory, only CO and PM2.5 presented parameters above those recommended by the WHO, with values highest recorded during the dry months.

Keywords: Air Pollution, Climate, São Paulo.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGV - Amostrador de Grande Volume

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CFC - Clorofluorcarbono

CO – Gás Carbônico / Monóxido de Carbono

CO² - Dióxido de Carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONPRESP - Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo

COV's – Compostos Orgânicos Voláteis

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

EUA - Estados Unidos da América

H²O - Água

H²SO₄ – Ácido Sulfúrico

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEB - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IQA - Índice de Qualidade do Ar

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

MP - Material Particulado

MP10 - Material Particulado com diâmetro menor que 10 micrômetros

MP2,5 - Material Particulado com diâmetro menor que 2,5 micrômetros

NM - Nanômetro (01 bilionésimo de 01 metro)

NO – Óxido Nitroso

NO² - Dióxido de Nitrogênio

NO_x – Óxidos de Nitrogênio

O² - Oxigênio

O³ - Ozônio

OECD – Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico

OMS – Organização Mundial de Saúde

PIB – Produto Interno Bruto

PCVC – Poluentes Climáticos de Vida Curta

PF – Padrões Finais

PH – ph – Potencial Hidrogênico

PI – Padrões Intermediários

PRONAR - Programa de controle da Qualidade do Ar

PTS - Partículas Totais em Suspensão

SNC - Sistema Nervoso Central

SO² - Dióxido de Enxofre

UVB – Ultravioleta B (Radiação)

UGRHI - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - São Paulo (SP): localização do bairro Interlagos, 2021	27
Figura 2 - São Paulo (SP): Estação Meteorológica e do SESC/Interlagos, 2018	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Brasil: significado de cada índice adotado como IQA.....	20
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - São Paulo (SP): temperaturas máximas registradas em Interlagos, 2020.....	30
Gráfico 2 - São Paulo (SP): alturas pluviométricas registradas em Interlagos, 2020.....	31
Gráfico 3 - São Paulo (SP): umidade relativa do ar registradas em Interlagos, 2020	31
Gráfico 4 - São Paulo (SP): variação dos poluentes do ar registrados em Interlagos, 2020	32
Gráfico 5 - Interlagos (SP): relação entre concentração de MP _{2,5} e precipitação, temperatura e umidade, 2020	33
Gráfico 6 - Interlagos (SP): relação entre concentração de MP ₁₀ e precipitação, temperatura e umidade, 2020.....	34
Gráfico 7 - Interlagos (SP): relação entre concentração de NO ₂ e precipitação, temperatura e umidade, 2020	35
Gráfico 8 - Interlagos (SP): relação entre concentração de SO ₂ e precipitação, temperatura e umidade, 2020	37
Gráfico 9 - Interlagos (SP): relação entre concentração de CO e precipitação, temperatura e umidade, 2020	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - São Paulo (SP): critérios para episódios agudos de poluição do ar, 2013.....18

Tabela 2 – Brasil: índice de qualidade do ar, IQA, 2020.....19

Tabela 3 - São Paulo (SP): poluentes do ar registrados em Interlagos, 202032

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	14
2 - OBJETIVOS	16
2.1. Geral	16
2.2. Específicos	16
3 - QUALIDADE DO AR.....	16
4 - SAÚDE HUMANA.....	21
5 - MATERIAIS E MÉTODO	25
5.1 Área de estudo.....	26
5.2 - Método.....	28
6 - RESULTADO E DISCUSSÃO	29
6.1 - Temperatura	29
6.2 - Índice pluviométrico	30
6.3 – Umidade relativa do ar.....	31
6.4 - Poluentes Atmosféricos Interlagos - 2020.....	32
6.5- MP2,5.....	33
6.6 - MP10.....	34
6.7 - NO².....	35
6.8 - SO²	36
6.9 - CO.....	37
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39

1 – INTRODUÇÃO

A qualidade do ar tem sido tema de grandes discussões, estudos e pesquisas em diversas partes do mundo, principalmente por estar relacionada a mudanças climáticas e a saúde da humanidade. Nas cidades, um dos maiores vilões da saúde é a poluição do ar, gerada, em grande parte, pela imensa frota de veículos em alguns casos, com qualidade discutível (carros velhos, com alto consumo de combustíveis, sem a devida manutenção). Esse quadro cria uma verdadeira dicotomia para quem habita esses espaços. Se por um lado nas grandes cidades representa oportunidades de desenvolvimento social, cultural e econômico, por outro, ela pode transformar pessoas saudáveis em doentes crônicos rapidamente.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), todos os anos, cerca de 6,2 milhões de pessoas no mundo perdem suas vidas por causa da poluição do ar. Segundo a mesma, 8% dos casos fatais de câncer de pulmão estão relacionados à poluição do ar.

O efeito cumulativo da inalação contínua de gases tóxicos gerados pela queima incompleta de combustíveis pode causar vários outros problemas de saúde, que vão desde o aparecimento de dores de cabeça, irritação na garganta, nariz e olhos; dificuldades de respiração; tosse; doenças respiratórias (mais comuns), até problemas cardíacos, aumento da pressão arterial, diminuição da produção de lágrima, maior coagulação sanguínea, depressão, esquizofrenia e problemas reprodutivos, estresse e ansiedade, diminuição da capacidade pulmonar; aumento de chance de ataques cardíacos; desenvolvimento de diversos tipos de câncer; danos ao sistema imunológico; danos ao sistema reprodutivo. (SALDIVA, 1995).

Estimativas preocupantes da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico - OECD (2016) mostram que a poluição do ar externo poderá causar 6 a 9 milhões de mortes prematuras por ano até 2060. É um importante fator de risco que afeta populações urbanas e rurais em todo o mundo.

O ar poluído também pode ser invisível, quanto menor a partícula, mais fundo nos pulmões ela pode penetrar, levando junto os compostos químicos dos quais é composta, por isso, o MP_{2,5} é bem mais perigoso devido ao seu tamanho minúsculo. Estima-se que para cada 10µg/m³ de incremento de Material Particulado - MP₁₀ há um aumento do risco de morte de 0,5%. Esses efeitos adversos dos poluentes manifestam-se com maior intensidade em crianças, idosos, indivíduos portadores de doenças respiratórias e cardiovasculares crônicas e, especialmente, nos segmentos da população mais desfavorecidos do ponto de vista socioeconômico (WHO, 2006).

Para as crianças, a situação é ainda mais alarmante. Antes mesmo de nascer, já sofre as consequências da poluição atmosférica, comprovadas por estudos que demonstram retardo do

crescimento intrauterino, menor peso ao nascer, 17% maior mortalidade intrauterina e maior mortalidade neonatal (PEREIRA et al., 1998; LIN et al., 2004; MEDEIROS et al., 2005).

A cidade de São Paulo possui um lugar especial nesse contexto. Na década de 1990, as primeiras estimativas de efeito da poluição do ar em São Paulo, realizadas pelo pesquisador Paulo Saldiva, mostraram que a mortalidade de idosos está diretamente associada com a variação do MP10 (Material Particulado com diâmetro menor que 10 micrômetros). (SALDIVA, 1995).

Estudos realizados por Gouveia et al. (2003) apontou que no município de São Paulo foi encontrado que aumentos de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ nos níveis dos poluentes atmosféricos estão associados a aumentos nas internações infantis por doenças respiratórias da ordem de 7% para o MP10 e SO_2 , e de 1,7% para CO. Hospitalizações por pneumonia nessa faixa etária também se encontraram associadas a estes poluentes, porém com menor magnitude. Em idosos, associações com internações por doenças respiratórias também foram encontradas: cerca de 2% de aumento nas internações associadas com aumentos no MP10, 10% para o SO_2 , 3% para o CO.

Outro fator a ser considerado na relação clima e saúde na cidade de São Paulo é a influência das condições de tempo atmosférico na concentração de poluentes. Em dia com baixa umidade do ar e alta concentração de poluentes, é comum ocorrerem complicações respiratórias devido ao ressecamento das mucosas, provocando sangramento pelo nariz, ressecamento da pele e irritação dos olhos. Além do aumento da poeira em suspensão, outro poluente que aumenta em dias secos, com ar parado é ozônio. Este é um poluente que surge em dias ensolarados, sem nuvens. O excesso de ozônio no ar causa dor de cabeça e irritação nos olhos, entre outros transtornos.

Em 2020, nos 06 primeiros meses, houve o predomínio da neutralidade para o fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS), nos meses de maio e junho, as águas do oceano Pacífico Equatorial começaram a se resfriar, indicando a presença do fenômeno La Niña, que se estabeleceu na região até o final do ano. De maio a setembro é, geralmente, o período mais desfavorável para a dispersão de poluentes primários no estado de São Paulo, mas em 2020, ficaram abaixo da média dos últimos dez anos; o total de chuva ficou abaixo do nível normal climatológico neste mesmo período, também houve períodos de dias muito quentes e com baixos percentuais de umidade relativa do ar, principalmente, durante o mês de setembro e na primeira quinzena de outubro.

O ano de 2020 foi bem atípico, com muitos contrastes meteorológicos, foram observados recordes de médias mensais das máximas temperaturas em setembro e de recordes de temperaturas máximas absolutas em outubro. Teve também o mês de fevereiro mais chuvoso e um mês de março mais seco já registrado na capital paulista.

Dadas essas premissas, estudos que procuram entender a relação entre a concentração de poluentes e as condições de tempo atmosférico, podem contribuir para edificação de políticas públicas voltadas para tomada de ações que considerem no planejamento urbano, os impactos da poluição do ar na saúde da população.

2 – OBJETIVOS

2.1. Geral

Realizar uma análise comparativa entre a concentração de poluente no ar e a variação dos elementos climáticos de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação no bairro Interlagos, São Paulo (SP), 2020.

2.2. Específicos

Coletar e analisar dados secundários dos poluentes atmosféricos MP25, MP10, O₃, NO₂, SO₂ e CO no período de 2020;

Correlacionar os dados de Temperatura, Umidade e Precipitação com a concentração de poluentes.

3 - QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar de uma área ou região é determinada através de avaliações de poluentes atmosféricos, que são comparados com os padrões de concentrações de poluentes estabelecidos na Legislação Ambiental.

De acordo com a Resolução N° 491, de 19 de Novembro de 2018, entende-se como qualidade do ar e seus elementos como:

I - poluente atmosférico: qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde,

inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade;

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

III - padrões de qualidade do ar intermediários - PI: padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas;

IV - padrão de qualidade do ar final - PF: valores guias definidos pela Organização Mundial da Saúde - OMS em 2005;

V - episódio crítico de poluição do ar: situação caracterizada pela presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos;

VI - Plano de Controle de Emissões Atmosféricas: documento contendo abrangência, identificação de fontes de emissões atmosféricas, diretrizes e ações, com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação, visando ao controle da poluição do ar no território estadual ou distrital, observando as estratégias estabelecidas no Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR;

VII - Material Particulado MP10: partículas de material sólido ou líquido suspenso no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 10 micrômetros;

VIII - Material Particulado MP2,5: partículas de material sólido ou líquido suspenso no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 2,5 micrômetros;

IX - Partículas Totais em Suspensão - PTS: partículas de material sólido ou líquido suspenso no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fuligem, entre outros, com diâmetro aerodinâmico equivalente de corte de 50 micrômetros;

X - Índice de Qualidade do Ar - IQA: valor utilizado para fins de comunicação e informação à população que relaciona as concentrações dos poluentes monitorados aos possíveis efeitos adversos à saúde.

As concentrações de poluentes atmosféricos que, quando ultrapassados, podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e fauna, ao meio ambiente em geral e aos materiais fabricados.

Os padrões são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada. Os padrões de qualidade do ar no Brasil foram estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 3/1990, sendo divididos em padrões primários e secundários.

Os padrões primários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão prejudicar a saúde da população. Pode ser entendida como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, uma meta de curto e médio prazo.

Os padrões secundários de qualidade do ar podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo. São as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e a flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Como prevê a própria Resolução CONAMA nº 3/1990, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido em classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê ainda que enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os padrões aplicáveis deverão ser os primários.

Os parâmetros regulamentados pela legislação ambiental são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio.

A Legislação Estadual (Decreto Estadual nº 59.113, de 23/04/2013) estabelece também critérios para episódios críticos de poluição do ar, que estão apresentados na Tabela 1. A declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência, além dos níveis de concentração excedidos, requer a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Tabela 1 - São Paulo (SP): critérios para episódios agudos de poluição do ar, 2013.

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas inaláveis finas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	125	210	250
partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 8h	200	400	600

Fonte: CETESB, 2021.

O monitoramento, sistemático, das concentrações de poluentes presentes na atmosfera (qualidade do ar) é fundamental para garantir que os índices de poluentes não atrapalhem a qualidade de vida existente em todos os lugares.

O processo de divulgação da qualidade do ar é feito através de uma ferramenta matemática desenvolvida denominada “Índice de Qualidade do Ar - IQA”. Esse índice é utilizado desde 1981 e, para sua criação, foi utilizada como base uma longa experiência desenvolvida no Canadá e EUA.

No Brasil, o índice já é adotado por alguns estados como referência para a qualidade do ar. Através do IQA, podemos ter a noção da quantidade de poluente medido e relacioná-lo a um índice, que qualifica o parâmetro (Tabela 2 e Quadro 1).

Tabela 2 – Brasil: índice de qualidade do ar, IQA, 2020.

QUALIDADE	ÍNDICE	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO (ppm)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50	0 - 80	0 - 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 - 80
Regular	51 - 100	81 - 240	51 - 150	81 - 160	4,6 - 9	101 - 320	81 - 365
Inadequada	101 - 199	241 - 375	151 - 250	161 - 200	9,1 - 15	321 - 1130	366 - 800
Má	200 - 299	375 - 625	251 - 420	201 - 800	15,1 - 30	1131 - 2260	801 - 1600
Péssima	> 299	> 625	> 420	>800	>30	>2260	>1600

Fonte: CETESB, 2020

Quadro 1 – Brasil: significado de cada índice adotado como IQA, 2020.

QUALIDADE	ÍNDICE	SIGNIFICADO
Boa	0 - 50	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51 - 100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	101 - 199	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200 - 299	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
Péssima	> 299	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB, 2020.

Sobre os materiais particulados (MP), eles são considerados uma classe de poluentes constituída de fumaças, poeiras e qualquer tipo de material líquido e/ou sólido que, devido ao tamanho minúsculo, mantém-se suspenso na atmosfera. São produzidos por veículos e, também, fazem parte às fumaças expelidas pelas chaminés das indústrias, as poeiras que se depositam nas ruas e é transportada pelos ventos.

Segundo Vesilind e Morgan (2011), pesquisas mostram que quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito sobre a saúde, ou seja, quanto mais fina a partícula, mais profunda ela penetra no aparelho respiratório, partículas ultrafinas especialmente entre (<100 µm de diâmetro médio) e partículas nanométricas (<50 µm de diâmetro pequeno). O tamanho das partículas está diretamente ligado ao seu potencial para causar problemas de saúde, sendo classificadas de acordo com o seu tamanho: Partículas Totais em Suspensão - PTS – partículas com diâmetro equivalente inferior a 100µm; MP10 - partículas com diâmetro equivalente inferior a 10µm (CETESB, 2013). Também falaremos do MP2,5 ainda menor e mais problemático para todos nós.

Os Compostos de Enxofre (para combustíveis com este elemento) são expelidos através do tubo de escape, principalmente como Dióxido de Enxofre - SO². Em condições atmosféricas, o SO² é oxidado a Anidrido Sulfúrico - SO³, que leva à formação de ácido sulfúrico (H²SO₄) que é um dos principais contribuintes para a chuva ácida.

O monóxido de carbono (CO) é emitido diariamente em centenas de milhões de toneladas à atmosfera, sendo oriundos de processos naturais e antropogênicos. É resultante, neste caso, de combustões incompletas em veículos automotores, devido à baixa temperatura

de combustão, ou a falta de oxigênio, ou o tempo de reação insuficiente, ou devido à falta de manutenção do motor. Um gás venenoso, incolor e inodoro que desloca o oxigênio do sangue apresentando grande toxicidade ao ser humano. Por isso, a poluição por monóxido de carbono é encontrada, em altos níveis de concentração, em áreas de intensa circulação de veículos nos centros urbanos (PCPV, 2005).

O Ozônio (O_3) embora tenha origem natural nas camadas superiores da atmosfera, onde exerce uma importante função ecológica, absorvendo as radiações ultravioletas do sol, pode ser nocivo nas camadas inferiores da atmosfera (BRAGA, 2005). É um gás altamente reativo, inodoro e incolor, é o principal componente da névoa fotoquímica. É produzido quando os hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio reagem na atmosfera, ativados pela radiação solar.

Os Hidrocarbonetos emitidos pelos motores de combustão interna são uma mistura de vários compostos como, por exemplo: olefinas, parafinas, acetilenos e aromáticos. A combustão incompleta de combustíveis hidrocarbonetos leva à emissão de hidrocarbonetos não queimados e parcialmente oxidados.

Os Óxidos de Nitrogênio (NO_x) ácido nitroso, ácido nítrico e óxidos de azoto são gerados na combustão por temperatura ou pela oxidação de nitrogênio atmosférico ou o nitrogênio contido no combustível. Durante o processo de combustão são formados o NO ; o NO_2 , que é mais tóxico se comparado com o NO , é formado pela oxidação relativamente lenta de NO na atmosfera ou em outros processos. O NO_2 (Dióxido de Nitrogênio) é altamente tóxico, com odor forte e irritante, tem cor marrom alaranjada, reage com hidrocarbonetos sob luz solar para formar o ozônio e nevoeiro fotoquímico; ele pode contribuir para o aumento doenças respiratórias e é um contribuinte para a formação da chuva ácida e contribui para a destruição da camada de ozônio.

4 - SAÚDE HUMANA

Sobre os impactos na saúde humana, o Dióxido de Enxofre (SO_2) é um gás incolor na temperatura ambiente, tóxico e sufocante, e atinge as porções mais profundas do aparelho respiratório, produz irritação e agrava as doenças respiratórias contribuindo ainda para seu desenvolvimento. Os principais sintomas aparentes ao ser exposto a esse gás é tosse, irritação nos olhos, náuseas, vômitos e dificuldades na respiração. Por se tratar de um gás com alta solubilidade em água, o SO_2 , interage com as gotículas de água presentes na atmosfera, formando o ácido sulfuroso (H_2SO_3), conforme a reação a seguir:



O gás sulfuroso, por sua vez, é oxidado, produzindo o ácido sulfúrico (H_2SO_4), um dos ácidos responsáveis pela chuva ácida. Essa chuva, devido ao pH reduzido, afeta diretamente as plantas, reduzindo a taxa de fotossíntese e atrapalhando seu crescimento, também aumenta a acidez do solo, rios e lagos, prejudicando a vida aquática, em alguns casos, a chuva ácida também corrói a estrutura de monumentos e edificações.

Além do dano ambiental, que gera impacto diretamente aos seres humanos, o dióxido de enxofre é um gás tóxico que causa irritações no sistema respiratório, na pele e pode levar ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

Eutrofização (processo através do qual um corpo de água recebe altos níveis de nutrientes, como fosfatos e nitratos). Os poluentes acabam sendo depositado nos rios, lagos, ribeirões devido à precipitação, com isso ocorre à mudança dos nutrientes presentes nesse sistema. Algumas algas podem ser estimuladas na presença dessas substâncias (como o nitrogênio), o que causa seu desenvolvimento e uma conseqüente diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água, levando à morte de peixes.

O Material Particulado (MP) é composto por uma mistura de diversas partículas muito pequenas, é uma mistura de partículas de diversos materiais, sendo todas cerca de cinco vezes mais finas que um fio de cabelo ou mesmo menores que gotículas de substâncias líquidas. Essas partículas podem ser de compostos químicos orgânicos, ácidos, como sulfatos e nitratos, metais, e até poeira.

Um dos tipos mais comuns de Material Particulado (MP) é o carbono negro, também chamado de fuligem. Suas origens são a queima incompleta de diesel e os incêndios. Esse tipo de poluente é o segundo maior contribuinte com o aquecimento global, ficando atrás apenas do CO_2 . Também é responsável pelo aumento na densidade das nuvens, dificultando a entrada da luz solar na atmosfera, criando um processo conhecido como forçamento radiativo. Isso causaria impactos ambientais como a diminuição da frequência de precipitações e a chuva ácida.

O Material Particulado (MP) está associado a doenças como a morte prematura de cardíacos, problemas do coração como ataques cardíacos e arritmia cardíaca. Há ainda relatos de desenvolvimento de asma em crianças e outros problemas relacionados ao sistema respiratório, como irritação das vias aéreas, tosse e dificuldade de respiração. E ainda está

associada à geração de corrosão e sujeira nas superfícies de prédios, calçadas e outras estruturas.

O ozônio está presente na estratosfera, é formado por reações fotoquímicas, ou seja, a radiação solar em comprimentos de onda ultravioleta e infravermelho dissociam as moléculas de oxigênio, formando o oxigênio atômico (O), que reage com O² formando então o ozônio (O³). O Ozônio é também um oxidante extremamente forte, perde apenas para o flúor, e reage mais rápido que o O². Ele absorve toda radiação ultravioleta B (UV-B) e uma parte de outros tipos de radiação ultravioleta, protegendo os seres vivos do planeta.

A destruição da camada de ozônio, processo fora do ciclo normal de formação-destruição do ozônio, ou seja, gases como os clorofluorcarbonos (CFC) aceleram a destruição do ozônio facilitando a entrada dos raios ultravioletas na superfície da Terra. O ozônio da troposfera é produzido pelo homem como resultado da fumaça gerada por motores de combustão e usinas geradoras de energia.

O que torna o ozônio um poluente altamente tóxico é a presença de outros poluentes que provocam o desequilíbrio dos processos de consumo e formação do ozônio. Esses poluentes são: os Compostos Orgânicos Voláteis (COV's), exceto o metano, o monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO e NO²). A partir deles, forma-se o smog fotoquímico (smoke - fumaça, fog - neblina), um tipo de poluição que é desencadeada pela luz solar e que gera ozônio como produto.

Devido a esse desequilíbrio, a concentração de ozônio na troposfera aumenta, tornando-o tóxico para os seres vivos. O crescimento das plantas é afetado, diminuindo a produtividade agrícola, principalmente de culturas de feijão, soja, trigo e algodão, provocando assim impactos econômicos consideráveis no presente e no futuro. Para os seres humanos e outros animais, o ozônio pode provocar irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuir a capacidade pulmonar, intensificar problemas cardiovasculares, além de aumento da mortalidade infantil por causas respiratórias em dias e locais com altos níveis de poluição segundo pesquisa realizada pelo Prof. Dr. Paulo Saldiva (2009).

Os hidrocarbonetos são compostos químicos constituídos primariamente por átomos de hidrogênio e carbono, por meio de ligações covalentes. Podemos encontrá-los ligados a átomos de nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre na composição, formando grupos especiais. São exemplos: o metano, ou gás natural; o propano e o butano; o octano, ou gasolina; o etanol, ou álcool etílico; a propanona, ou acetona.

Os agentes voláteis estão associados a um maior risco de aspiração com absorção pulmonar e depressão do Sistema Nervoso Central (SNC) associada. A identificação do

hidrocarboneto ou classe específica pode ajudar a antecipar a toxicidade potencial específica e ajudar no tratamento.

A toxicidade grave e as mortes associadas à exposição a hidrocarbonetos costumam ser decorrentes de ingestões em vez de inalação. Os sintomas e os sinais de lesão pulmonar se desenvolvem em até 50% das crianças que ingerem hidrocarbonetos, e a aspiração de hidrocarbonetos pode produzir síndrome do desconforto respiratório agudo.

As substâncias voláteis, geralmente solventes de hidrocarbonetos em produtos domésticos ou comerciais, podem ser inaladas por seus efeitos eufóricos. Os abusadores são tipicamente adolescentes e adultos mais jovens. Além de causar óbitos, o abuso de agentes voláteis está associado a crimes como homicídios, agressões sexuais e abuso infantil.

O sistema respiratório remove as partículas no ar inalado, retendo-as nos pulmões; os hidrocarbonetos policíclicos, que possuem propriedades carcinogênicas, as partículas finas podem aumentar os efeitos fisiológicos de gases irritantes, ou se catalisar e transformar quimicamente estes gases, criando espécies mais nocivas.

O nitrogênio é um elemento muito importante para a existência da vida na Terra, o N^2 atmosférico é assimilado por bactérias para criar diversas formas diferentes e assim ser absorvido pelas plantas e animais.

Os óxidos de nitrogênio no meio ambiente causam a redução da permeabilidade das membranas celulares, que impede as trocas gasosas das folhas e prejudica a realização da fotossíntese. O ozônio e os NO_x são solúveis em gordura e, por isso, provocam no ser humano edemas pulmonares, penetrando nos alvéolos e podendo causar morte por asfixia.

Em especial o Dióxido de Nitrogênio (NO^2 - também chamado de gás hilariante por provocar certa euforia quando aspirado, já teve uso medicinal, sendo utilizado como anestesia fraca). O efeito de euforia provocado pelo gás, somado à sua baixa toxicidade levaram-no a ser utilizado como droga entorpecente, o que causou a morte de usuários por hipóxia (falta de oxigênio nos tecidos orgânicos).

O Dióxido de Nitrogênio (NO^2) tem baixa solubilidade, e é capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório, podendo dar origem às nitrosaminas, algumas capazes de provocar o câncer, é também um poderoso irritante, podendo conduzir a sintomas que lembram a enfisema pulmonar.

Esses óxidos são gases altamente reativos, formados durante a combustão pela ação microbiológica ou por raios. Na atmosfera, o NO_x reage com compostos orgânicos voláteis e monóxido de carbono, produzindo ozônio troposférico. É também oxidado em ácido nítrico, que contribui para a chuva ácida. É um gás extremamente tóxico e irritante. A pessoa que

entra em contato com ele sente ardências nos olhos, nariz e mucosas no geral, pois ele reage com a pele exposta ao ar, provocando lesões celulares. Os mais atingidos são os revestimentos celulares das vias respiratórias, indo desde o nariz até os alvéolos pulmonares. Em casos de intoxicação grave, pode ainda causar hemorragias, insuficiência respiratória e até a morte.

O Monóxido de Carbono é um gás à temperatura ambiente, de aparência incolor, sem cheiro e sem sabor. É caracterizado como um asfixiante químico, pois impede a utilização biológica do Oxigênio e, por isso, é extremamente tóxico; é um gás de difícil detecção pelos sentidos humanos, é parcialmente solúvel em água, sendo melhor solubilizado em clorofórmio, ácido acético, etanol e outros solventes orgânicos, é um gás inflamável e tóxico até em baixas concentrações.

O Monóxido de Carbono está relacionado com a capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue. Quando uma molécula de hemoglobina recebe uma molécula de monóxido de carbono forma-se a carboxihemoglobina, que diminui a capacidade do sangue de transportar oxigênio e pode causar diminuição na capacidade de estimar intervalos de tempo e podem diminuir os reflexos e a acuidade visual da pessoa exposta.

Os efeitos da inalação dependem da concentração em que se encontra o gás e do tempo de exposição, com baixas concentrações pode causar dor de cabeça, tonturas e náuseas, já em alta concentração pode causar desmaios, fortes dores de cabeça, diminuição da frequência cardíaca, respiração lenta, convulsões e morte.

Os Compostos Orgânicos Voláteis – COV's são constituídos por no mínimo um átomo de carbono, um de hidrogênio e se caracterizam por possuírem alta pressão de vapor, o que faz com que se transformem em gás ao entrar em contato com a atmosfera.

A exposição ao formaldeído, por exemplo, presente em desinfetantes antissépticos, pode provocar vertigens, náuseas, redução da força física, irritação nos olhos, nariz e garganta, e ainda provocar náuseas, vertigens e redução da força física, fadiga, e falta de memória. Durante longos períodos de exposição, os compostos orgânicos voláteis podem causar danos ao fígado e ao sistema nervoso central.

5 - MATERIAIS E MÉTODO

Este estudo foi realizado através de revisões literárias, captação de dados, avaliação e comparação entre dados de elementos climáticos e os poluentes atmosféricos do bairro Interlagos, da cidade de São Paulo-SP. Este local foi selecionado por dois fatores principais. O primeiro, além de ser um local conhecido pelo pesquisador, ele faz parte do turismo e esporte

nacional, sediando o Autódromo José Carlos Pace, conhecido como Autódromo Interlagos e também o Aeroporto de Congonhas. O segundo fator, refere à existência e disponibilidade de acesso aos dados para realizar as análises necessárias para essa pesquisa.

5.1 Área de estudo

A cidade de São Paulo-SP, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possuía uma população estimada para o ano de 2020 de 12.325.232 habitantes, gerando uma densidade demográfica é de 7.398,26 hab./Km².

São Paulo é a cidade mais populosa do Brasil, maior centro financeiro, comercial e corporativo da América do Sul. Trata-se da cidade brasileira mais globalizada no contexto mundial. Seu IDH- Índice de Desenvolvimento Humano é de 0,805. Seu PIB – Produto Interno Bruto do Brasil foi de R\$ 687.035.889,61 em 2016, o que equivale a cerca de 11% do PIB brasileiro.

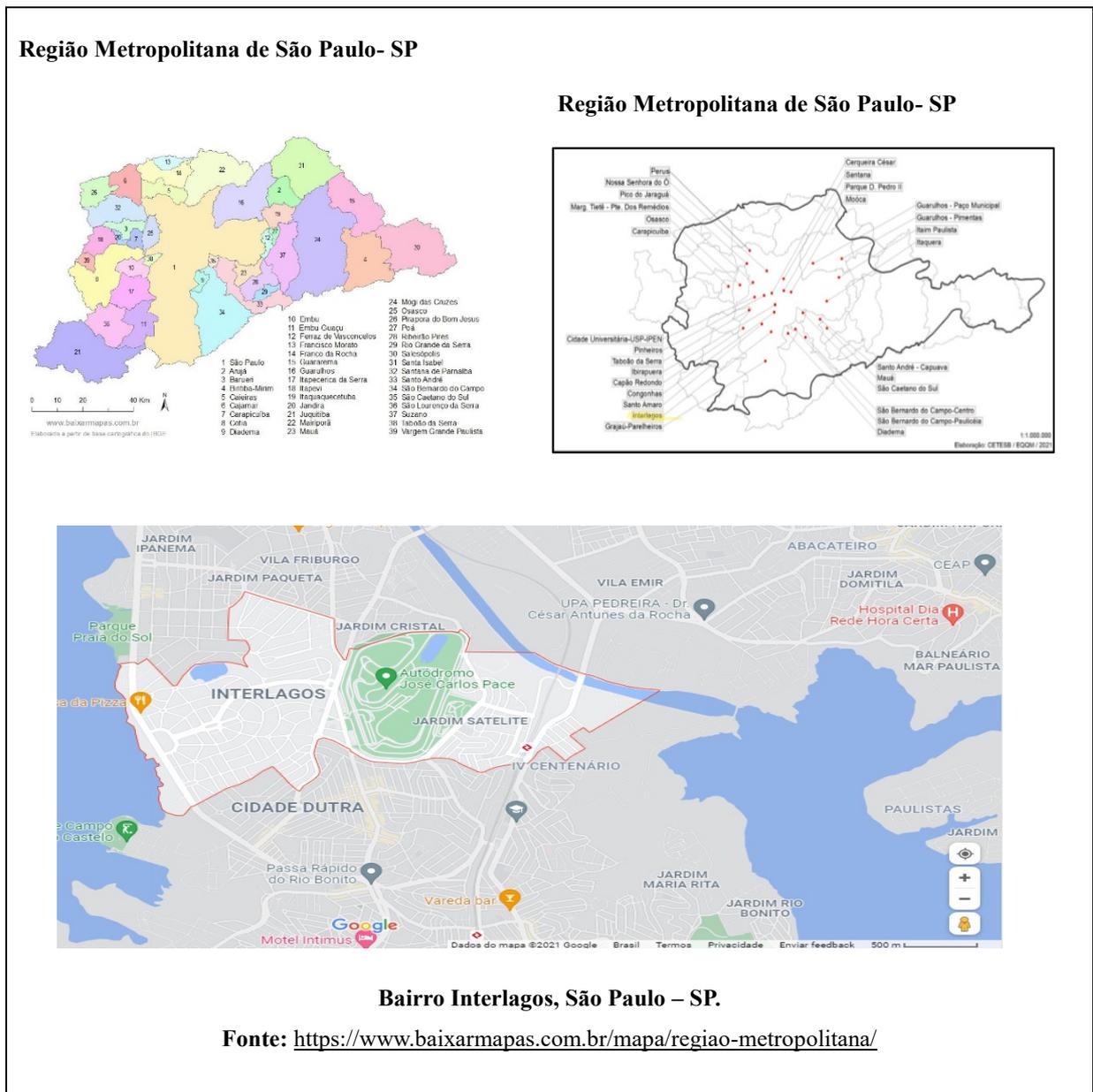
Em termos físicos, São Paulo possui uma área de 1.523,3km² e está a altitude média de 745 metros acima do nível do mar, sua Latitude é 23° 32' 56" Sul e sua Longitude é 46° 38' 20" Oeste. O relevo é caracterizado por planície litorânea estreita, limitada pela Serra do Mar, planaltos e depressões no restante do território. O ponto mais elevado é a pedra da Mina, na serra da Mantiqueira, com 2.797 metros acima do nível do mar; seu bioma ou ecossistema regional denominado Mata Atlântica.

O clima de São Paulo é considerado Subtropical Úmido - Cfa (de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger), com as quatro estações do ano relativamente definidas. A temperatura média é 19,5°C, enquanto a pluviosidade gira em torno 1356 mm ao ano. Em relação a umidade relativa, a mesma atinge seus índices máximos durante os meses de verão, chegando a ficarem dias consecutivos com umidade superior a 90%, durante as incursões dos sistemas frontais, responsáveis por grande parte das precipitações na cidade. NÓS meses de inverno, se destaca, em São Paulo o predomínio de massas de ar secas, responsáveis por reduzir os índices de umidade relativa a níveis críticos, próximo aos 20%.

A cidade de São Paulo possui vários pontos de coletas de dados, e cada um apresenta diferentes níveis de poluição de acordo com sua localização, atividade local, quantidade de pessoas, número de indústrias e comércios. Dentre pontos de monitoramento atmosférico instalados na cidade de São Paulo, foram escolhido para análise neste estudo, os dados coletados no bairro Interlagos.

Interlagos significa: entre lagos, sendo eles responsáveis pelo abastecimento de 30% da água destinada a população de São Paulo. Outro fator que merece destaque é que o bairro é Patrimônio Tombado pelo CONPRESP (Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo) (Figura 1).

Figura 1 – São Paulo (SP): localização do bairro Interlagos, 2021.



O bairro de Interlagos está localizado no distrito da Cidade Dutra no extremo da zona sul da cidade brasileira de São Paulo, surgiu em 1920. Nesse período, o engenheiro britânico

Louis Romero Sanson, planejava criar um resort entre as represas de Guarapiranga e Billings visando às classes econômicas mais elevadas de São Paulo.

Anos mais tarde, em 1936, a construção do autódromo trouxe valorização imobiliária para a região. As corridas de automóveis começaram a fazer sucesso no país e naquele ano a capital paulista recebia a sua primeira prova internacional nas ruas da cidade. Em 1972 que o Autódromo José Carlos Pace recebeu seu primeiro Grande Prêmio de Fórmula-1. Atualmente, o bairro é extremamente valorizado, principalmente por sua infraestrutura, como padarias, restaurantes, bares, bancos, supermercados, academias e ampla área para diversão, com parques, praças e shoppings.

5.2 - Método

Sobre os dados utilizados neste estudo, os dados meteorológicos são oriundos do INMET – Instituto de Meteorologia é um órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Para esse estudo foram coletados dados diários de temperatura, umidade relativa e precipitação de janeiro de 2020 a dezembro de 2020. Após a coleta, eles foram organizados em planilha do Excel e analisados em conjunto com os dados dos poluentes do ar selecionados análise por meio da correção de Pearson.

Os dados dos poluentes do ar foram disponibilizados pela CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. A CETESB possui estações medidoras na Região Metropolitana de São Paulo e no interior e litoral do Estado, também conta com estações móveis. A Rede Automática, em 2020 era composta, por 61 estações fixas e duas estações móveis que monitoraram em 36 municípios, pertencentes a 12 UGRHIs - Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Os municípios da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), pertencentes à UGRHI 6, contaram com 28 estações fixas e uma estação móvel, enquanto as outras 11 UGRHIs contaram com 33 estações fixas e uma estação móvel.

Esta rede, ligada a uma central de computadores através do sistema de telemetria, registra ininterruptamente as concentrações dos poluentes na atmosfera. Estes dados são processados com base nas médias estabelecidas por padrões legais e são disponibilizados de hora em hora na internet. Diariamente às 11:00hs é divulgado na internet o Boletim de Qualidade do Ar, onde é apresentado um resumo das condições da poluição atmosférica das 24 horas anteriores a uma previsão meteorológica das condições de dispersão dos poluentes para as 24 horas seguintes (Figura 2).

Figura 2 - São Paulo (SP): Estação Meteorológica do SESC/Interlagos, 2018.



Autor: RODOLFO, A. 2018.

Com base nessas informações é possível determinar as ações previstas na Legislação Ambiental, quando os padrões de qualidade do ar forem ultrapassados e apresentarem níveis que prejudiquem a saúde pública. Os critérios de representatividade temporal de dados utilizados pela CETESB e considerados para a elaboração deste relatório são: Média horária: 3/4 das medidas válidas na hora; Média diária: 2/3 das médias horárias válidas no dia; Média mensal: 2/3 das médias diárias válidas no mês; Média anual: 1/2 das médias diárias válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.

6 - RESULTADO E DISCUSSÃO

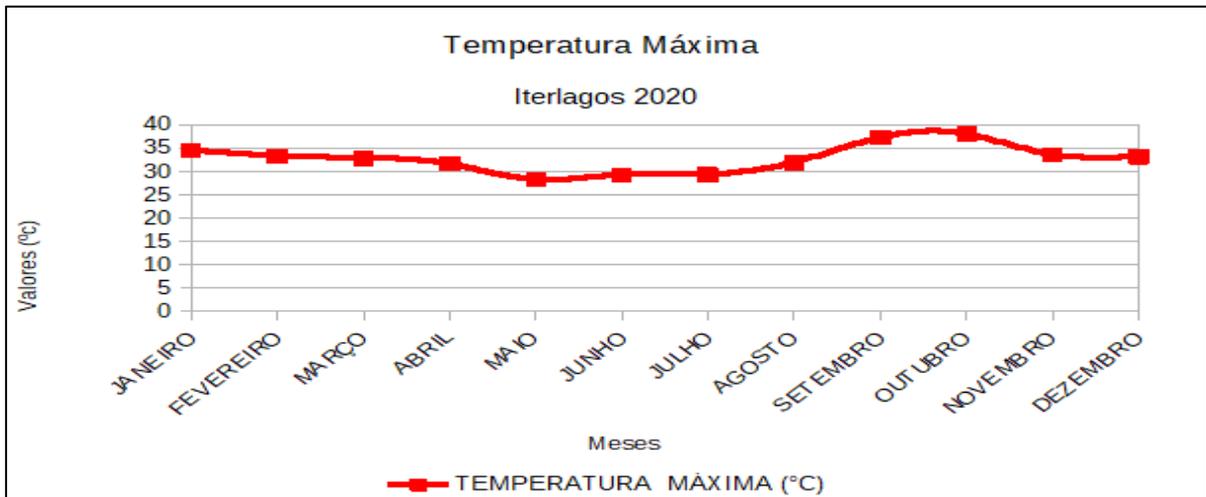
A análise adequada da qualidade do ar só é possível por meio do entendimento da interação entre os fatores climáticos (precipitação, umidade e temperatura) e os níveis de concentração de partículas.

6.1 – Temperatura

O período de maior temperatura máxima ocorreu nos meses de setembro e outubro com 37,2°C e 38°C respectivamente. E o com menor temperatura, que ocorre nos meses de maio, junho, julho. Neste período tivemos a temperatura média mínima em torno de 17,50°C e

a temperatura média ficaram em torno de 25,09°C e a temperatura média máxima foram de 32,72 °C. (Gráfico 1).

Gráfico 1 - São Paulo (SP): temperaturas máximas registradas em Interlagos, 2020

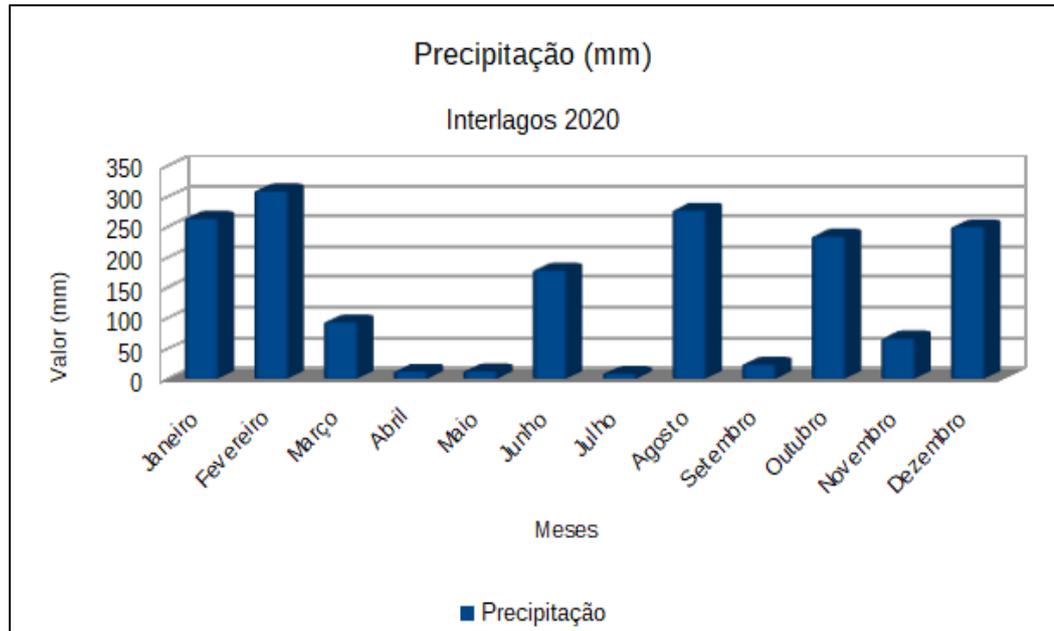


Fonte INMET, 2020.

6.2 - Índice pluviométrico

Sobre o índice pluviométrico de 2020 foi observado um período mais chuvoso, que ocorre nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro, junho agosto e outubro; e um período menos chuvoso, que ocorre nos meses de março, abril, maio, julho, setembro e novembro.

Gráfico 2 - São Paulo (SP): alturas pluviométricas registradas em Interlagos, 2020.

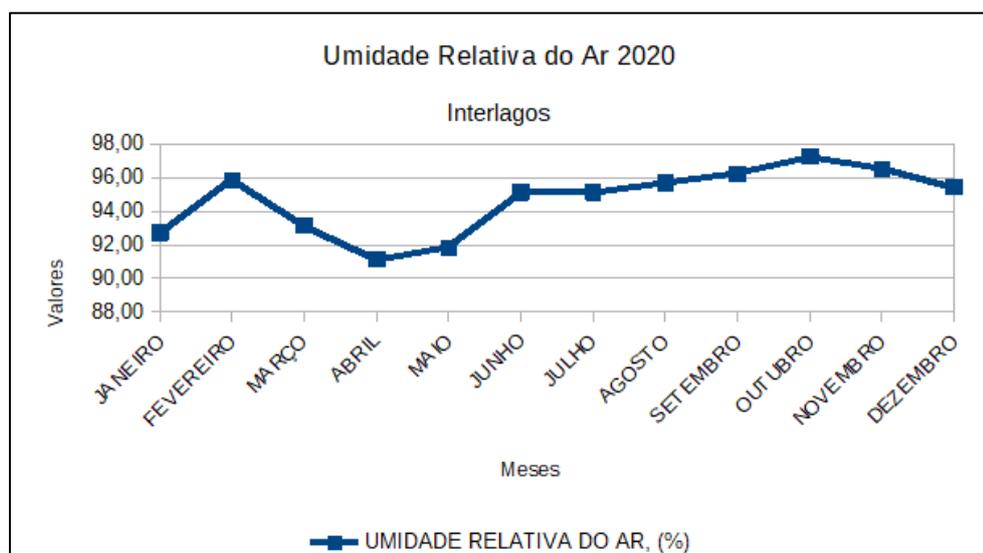


Fonte INMET, 2020.

6.3 - Umidade relativa do ar

Neste período de estudo foi observado maior índice nos meses de fevereiro, março, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro. E o período com menor índice de umidade, ocorreu nos meses de janeiro, abril e maio. Quando a umidade relativa ar é mais alta (Gráfico 3), as partículas se aglomeram e sedimentam mais facilmente, e isto facilita sua remoção através da deposição.

Gráfico 3 - São Paulo (SP): umidade relativa do ar registradas em Interlagos, 2020.



Fonte INMET, 2020

6.4 - Poluentes Atmosféricos Interlagos – 2020

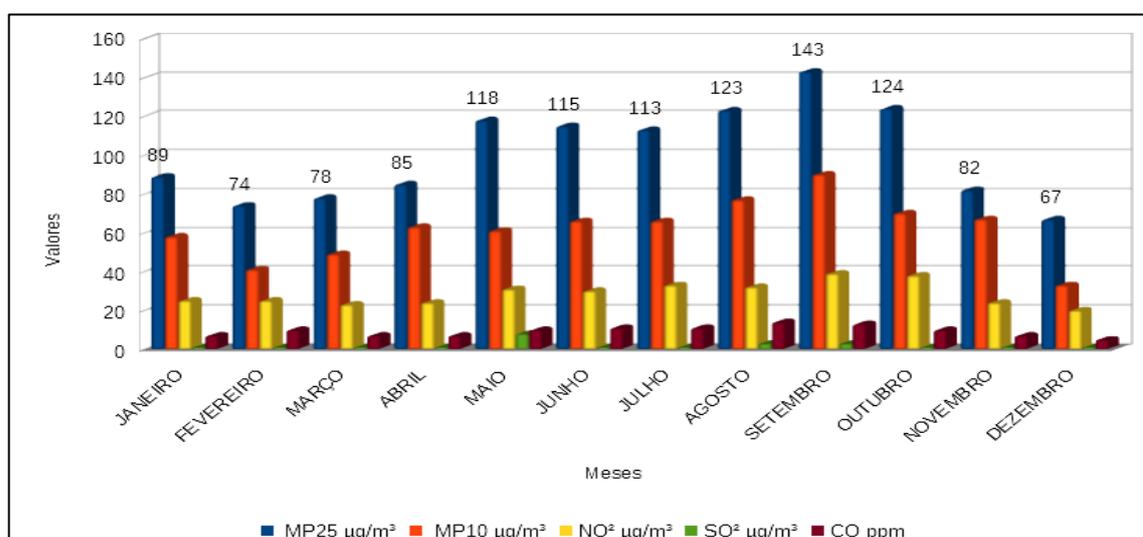
Foram coletados dados médios mensais de MP2,5 (Materiais particulados finos), MP10 (Materiais particulados grossos), NO² (Dióxido de nitrogênio), SO² (Dióxido de enxofre), CO (Monóxido de carbono) (Tabela 3).

Tabela 3 - São Paulo (SP): poluentes do ar registrados em Interlagos, 2020

MÊS	MP25 µg/m ³	MP10 µg/m ³	NO ² µg/m ³	SO ² µg/m ³	CO ppm
JANEIRO	89	58	25	1	7
FEVEREIRO	74	41	25	1	10
MARÇO	78	49	23	1	7
ABRIL	85	63	24	1	7
MAIO	118	61	31	8	10
JUNHO	115	66	30	1	11
JULHO	113	66	33	1	11
AGOSTO	123	77	32	3	14
SETEMBRO	143	90	39	3	13
OUTUBRO	124	70	38	1	10
NOVEMBRO	82	67	24	1	7
DEZEMBRO	67	33	20	1	5

Fonte: CETESB, 2020.

Gráfico 4 - São Paulo (SP): variação dos poluentes do ar registrados em Interlagos, 2020

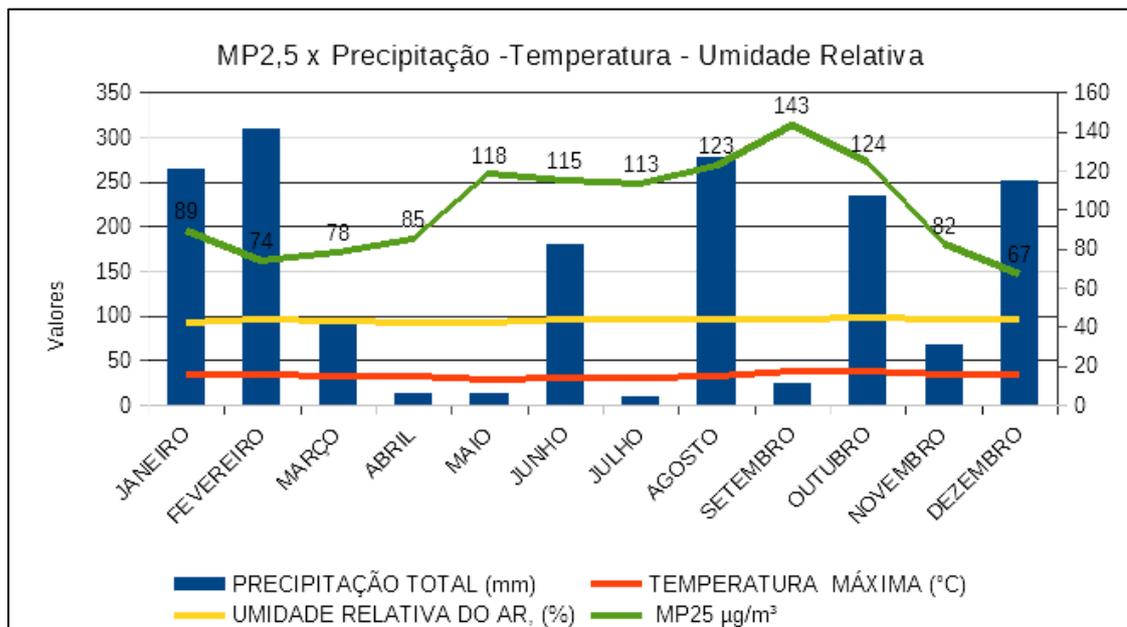


Fonte: CETESB, 2020.

6.5 - MP2,5

Podemos observar que de acordo com a Legislação Federal, tanto o padrão primário para concentração média de 24 horas de $240\mu\text{g}/\text{m}^3$, quanto o padrão secundário de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ não foram atingidos neste período. Entretanto se compararmos com o padrão para o estado de São Paulo, $60\mu\text{g}/\text{m}^3$, veremos que o índice de MP2,5 foi ultrapassado em todos os meses desse ano. Isso nos deixa em alerta por causa dos efeitos causados pelo poluente (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Interlagos (SP): relação entre concentração de MP2,5 e precipitação, temperatura e umidade, 2020



Fonte: OLIVEIRA, S. H, 2020.

Como dissemos anteriormente, o ano de 2020 foi atípico em relação ao clima, tivemos pouca chuva em meses que deveriam ser mais chuvosos e, também, o contrário aconteceu. Em março tivemos pouca chuva e o índice de poluente estava em $78\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nos meses de abril, maio, julho setembro e novembro percebemos que a quantidade de MP2,5 teve aumento expressivo, onde em setembro tivemos a maior destaque com $143\mu\text{g}/\text{m}^3$. Já em dezembro, janeiro e fevereiro as chuvas aumentaram e a concentração do poluente teve declínio.

No ano de 2020 nos meses de fevereiro, outubro, novembro e dezembro com umidade um pouco maior tivemos menos MP_{2,5} concentrados no ar. Em janeiro, março, abril, maio a umidade foi menor e tivemos aumentadas as quantidades de poluente no ar.

Em 2020 maio, junho, julho e agosto com temperaturas menores tivemos aumento na quantidade de poluente, em setembro a temperatura teve pequeno aumento e, também, houve aumento da quantidade de poluente. Nos meses mais quentes como janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro a quantidade de MP_{2,5} caiu.

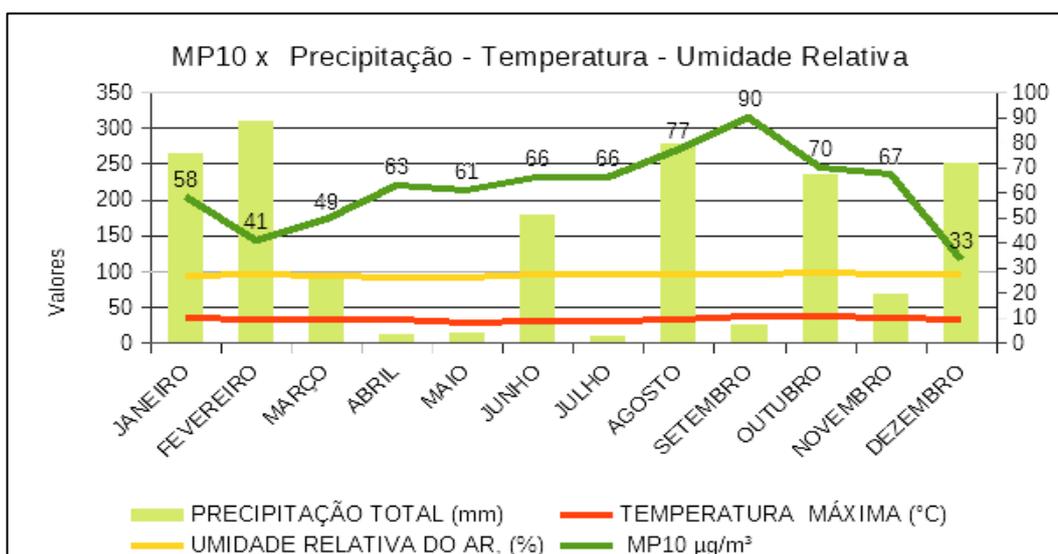
6.6 - MP₁₀

As concentrações mensais resultantes das amostragens das partículas de MP₁₀, da estação de monitoramento foram agrupadas em um gráfico, mostrando o perfil das concentrações médias de 24 horas do MP₁₀ no ano de 2020.

Neste período de 2020 observa-se que a concentração não ultrapassou o padrão referente à norma do CONAMA 03/90, sendo definido como padrão primário e secundário de 150 µg/m³, estando dentro dos padrões definidos pela norma Federal.

Já pelo padrão de qualidade do ar de São Paulo, que é referência em estudo de qualidade do ar, conforme Decreto Estadual nº 59113/13 (CETESB), a concentração dos padrões finais (PF) com metas intermediárias, de 120µg/m³, não foi atingido também, somente em setembro que tivemos um ligeiro aumento na concentração do poluente.

Gráfico 6 - Interlagos (SP): relação entre concentração de MP₁₀ e precipitação, temperatura e umidade, 2021.



Fonte: OLIVEIRA, S. H., 2020.

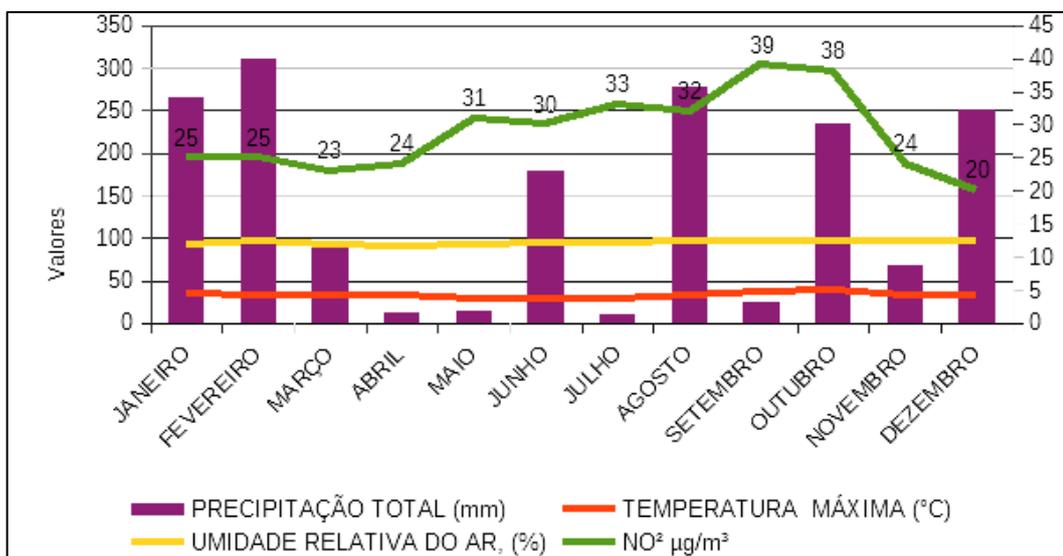
No ano de 2020 somente os meses de fevereiro, março e dezembro tivemos valores mais baixos na concentração deste poluente nos outros meses a concentração partiu de 58 até 90, nos meses com menos chuvas como abril, maio, julho, setembro e novembro os índices estiveram elevados.

A umidade de janeiro, março, abril e maio estavam mais baixa, a concentração de MP10 se manteve quase no mesmo nível. Nos meses com maior umidade como junho, julho, agosto e setembro o índice do poluente aumento consideravelmente. No ano de 2020 os meses mais frescos (frios) maio, junho, julho, a quantidade de MP10 ficou quase estacionada em torno de 60xxx. Em agosto e setembro com alta nas temperaturas, o índice de poluição aumentou consideravelmente.

6.7 - NO²

Pelos padrões de segurança, em relação ao NO², encontramos uma média bem aceitável e segura para a saúde humana. Os padrões primários (320 µg/m³) e o secundário (190 µg/m³) estão bem distantes dos índices encontrados nesta pesquisa. Mesmo para os padrões do estado de São Paulo com padrão primário em 260 µg/m³ e secundário em 60 µg/m³ os índices ficaram abaixo.

Gráfico 7 - Interlagos (SP): relação entre concentração de NO² e precipitação, temperatura e umidade, 2020



Autor: OLIVEIRA, S. H., 2020.

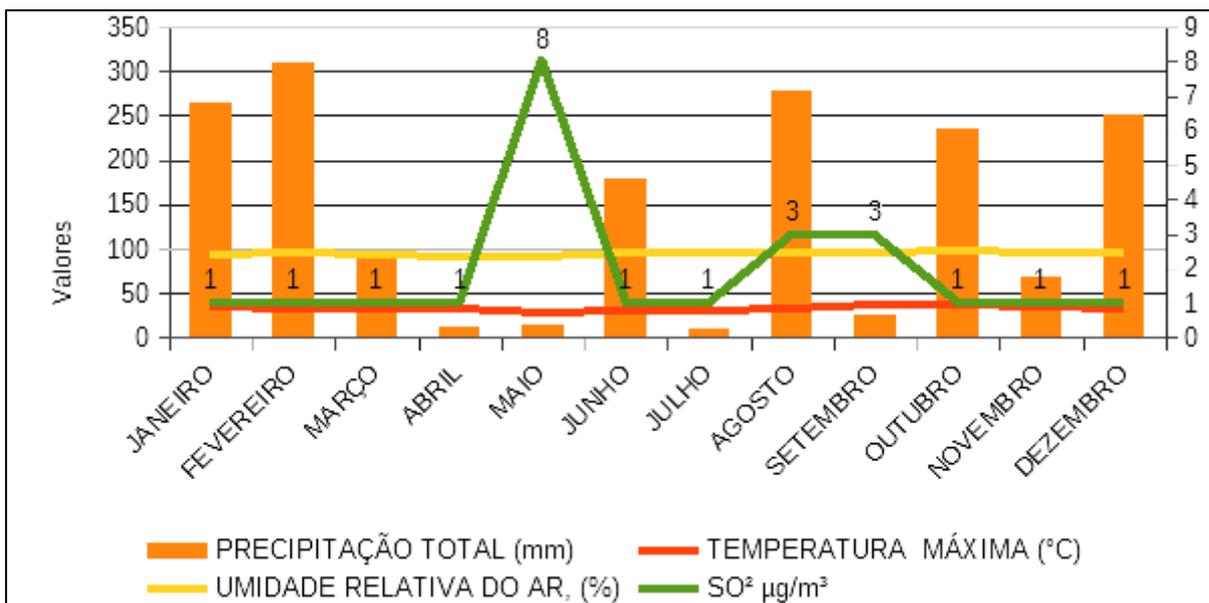
Nos meses de janeiro e fevereiro, com precipitação elevada, o nível de NO^2 se manteve constante. Em março teve uma pequena queda e a partir deste mês a concentração foi aumentando. Agosto com precipitação alta, a concentração do poluente também cresceu. Em 2020 nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril tivemos quase a mesma quantidade de poluente distribuído na atmosfera, somente em fevereiro que a umidade teve um ligeiro crescimento. A partir de maio, com o aumento da umidade, também houve aumento de NO^2 na atmosfera. Só caindo em novembro e dezembro com a umidade mais elevada. Em janeiro, fevereiro, março e abril encontramos praticamente o mesmo nível de NO^2 já que as temperaturas também ficaram bem parecidas. Em maio, junho e julho a temperatura diminuiu e tivemos o aumento da quantidade de poluente. Agosto, setembro e outubro a temperatura voltaram a subir, elevando também a concentração no NO^2 na atmosfera. Já em novembro e dezembro tivemos queda dos dois itens mencionados.

6.8 - SO^2

No período de 2020 observa-se que a concentração média de 24 horas de SO^2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ não ultrapassou o padrão diário referente à norma do CONAMA 03/90, sendo definido como padrão primário de 365/60 e secundário de 110 e $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, estando dentro dos padrões definidos pela norma Federal.

Fazendo uma comparação SO^2 com o índice de pluviosidade, umidade, temperatura no mesmo período podemos observar que os índices de SO^2 na atmosfera estavam bem abaixo das referências indicadas pelo CONAMA 03/90, sendo assim, pode-se considerar que os níveis estavam adequados para a qualidade de vida do ser humano. Comparando com a referência de São Paulo o poluente também ficou abaixo do índice esperado.

Gráfico 8 - Interlagos (SP): relação entre concentração de SO^2 e precipitação, temperatura e umidade, 2020



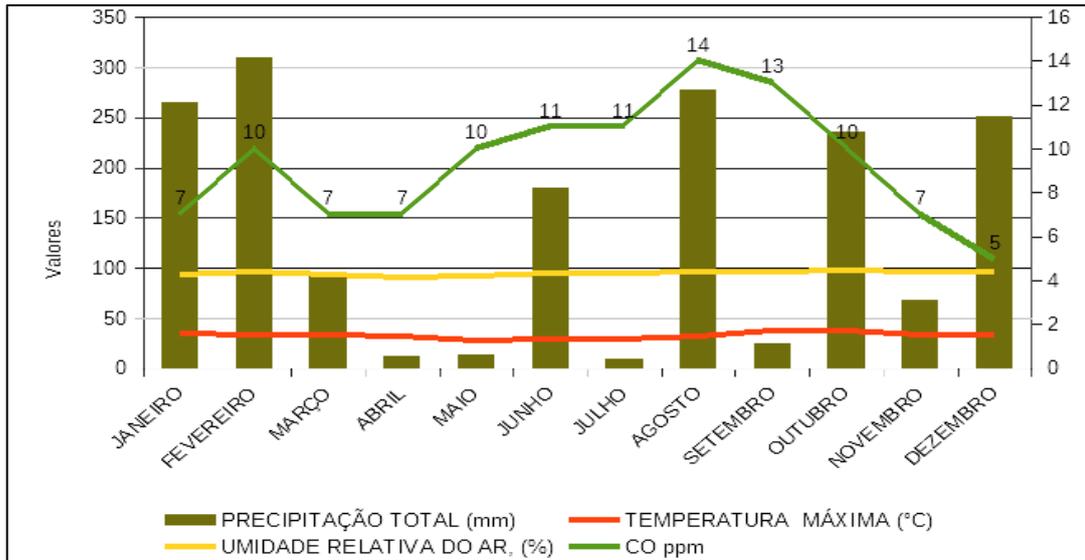
Autor: OLIVEIRA, S. H, 2020

Podemos observar que o nível de SO₂ teve pouca variação durante o ano de 2020. Em abril que teve pouca chuva fez com em maio a quantidade do poluente subisse expressivamente, já voltando ao nível normal em junho com a precipitação em elevação. Podemos observar que o nível de SO₂ teve pouca variação durante o ano de 2020. Em maio a quantidade do poluente subiu expressivamente, já voltando ao nível normal em junho com a umidade em elevação. A temperatura máxima teve pouca variação no ano de 2020 mesmo assim em relação ao SO₂ tivemos algumas variações, sendo que maio foi o mês com maior concentração e menor temperatura (28,2°C).

6.9 - CO

Pelos padrões referenciados pelo CONAMA 03/90 de 9ppm para os índices primários e secundários e também para a legislação de São Paulo de 9ppm, verificamos que a concentração do poluente passou do limite em vários meses do ano. Nos meses de maio, junho, julho e agosto, setembro e outubro tivemos os maiores índices de poluição.

Gráfico 9 - Interlagos (SP): relação entre concentração de CO e precipitação, temperatura e umidade, 2020.



Fonte: OLIVEIRA, S. R., 2020.

Em 2020 os meses maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro foram os meses com maior presença de CO na atmosfera, e nos meses de junho, agosto e outubro a precipitação também foi elevada. Já em março com queda da precipitação, abril com a menor taxa ainda menor fez com que em maio a concentração do CO começasse a aumentar. A concentração de CO em relação à umidade teve uma característica diferente. As duas variáveis tiveram aumento e diminuição praticamente na mesma proporção, ou seja, enquanto a umidade aumentava, a quantidade de CO também aumentava. Em abril e maio com menor umidade a concentração do poluente aumentou e nos meses de outubro, novembro e dezembro houve queda da concentração do poluente. Em 2020 encontramos meses com temperaturas mais altas e níveis de CO mais baixos, como por exemplo, janeiro. Também encontramos meses com temperatura mais baixa com elevação do nível de CO, como é o caso de junho e julho. Também encontramos queda de CO nos meses de outubro, novembro e dezembro com temperatura mais elevadas.

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em 2020, devido à influência climática, a dispersão dos poluentes não foi intensa; altas temperatura, chuvas irregulares; variações meteorológicas com muita chuva em fevereiro e março mais seco interferiam nesse processo. Destaca-se que nos meses de abril e maio, as precipitações em todo estado de São Paulo foram inferiores às médias climatológicas registradas até então.

Em comparação a Resolução CONAMA 003/90, observa-se: Todos os poluentes tiveram níveis abaixo do determinado nos padrões primários e secundários. Deixando-nos em uma condição confortável em relação à saúde humana.

Observa-se: o Padrão Primário ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) para MP2,5, atende ao limite definido na legislação federal. O Padrão Secundário para MP2,5 ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$), de maio a setembro os valores se aproximaram do valor permitido, mesmo assim apresentaram concordância com os limites definidos na legislação federal.

Em comparação ao IQA e OMS, a concentração do índice de qualidade do ar, de MP2,5, para o período 2020 é classificada como boa; lembrando que em setembro o índice secundário quase foi alcançado.

Seguindo os Padrões Primários ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e secundários ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em relação ao MP10 de acordo com a Resolução CONAMA 003/90 observamos que em todos os meses estudados, os índices ficaram abaixo da concentração exigida, nos dando a impressão de que neste requisito a situação está sobre controle. Trabalhando com o IQA e OMS observamos que a classificação permanece na qualidade boa.

Em relação ao NO_2 , pelos padrões da Resolução CONAMA 003/90 com Padrão Primário de $320 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e Padrão Secundário de $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$, podemos afirmar que os índices estão bem abaixo da linha de risco à saúde! Dentro do IQA o índice para o NO_2 é de qualidade boa, não sendo considerada prejudicial à saúde!

Em relação ao SO_3 , pelos padrões da Resolução CONAMA 003/90 com Padrão Primário de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e Padrão Secundário de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, podemos afirmar que os índices estão bem abaixo da linha de risco à saúde. Dentro do IQA o índice para o NO_2 é de qualidade considerada boa.

Seguindo os Padrões Primários (9ppm) e Secundários (9ppm), no tempo de amostragem de 8 horas, em relação ao CO de acordo com a Resolução CONAMA 003/90 observamos que no ano de 2020 teve 07 meses do ano com índices maiores que os recomendados para os padrões solicitados, podendo causar prejuízo à saúde.

De modo geral, podemos considerar a qualidade do ar no bairro Interlagos no período analisado como regular e satisfatória. Isso indica a necessidade de continuar monitorando a quantidade destes poluentes e trabalhando para que haja a redução dos mesmos a cada ano.

Neste contexto, a continuidade de estudos sobre esses poluentes é de suma relevância, pois se pode, a partir de então, contribuir para melhorias na política sobre o controle da poluição, criação de produtos menos agressivos à saúde e a natureza. Essas medidas, dentre outras, além de diminuir o atendimento nos postos de saúde com doenças relacionadas aos poluentes atmosféricos, tende a melhorar a qualidade de vida da população.

Sabemos o que precisa ser feito e como fazer para reduzir a poluição e assim melhorar a qualidade do ar. Os benefícios são claros, importantíssimos e superam os custos (alguns podem ser altos), o ar pode melhorar muito rápido caso ajamos imediatamente. Melhor prevenir que remediar, como dizem os sábios, limpar o ar é fundamental para todo o planeta.

Devemos trabalhar em conjunto com diversas áreas, investir em conhecimento, em monitoramento, em novas tecnologias, a política deve se voltar para o meio Ambiente e incluir a população nesta fórmula para melhorar a qualidade do ar significativamente. Vale lembrar que a redução dos níveis de poluição do ar não deve se basear, exclusivamente, em medidas tecnológicas para a redução das emissões dos veículos isoladamente, mas numa ação integrada dos diversos setores da sociedade, preservação da natureza, conscientização e educação do ser humano.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14 724. Normas Trabalho Acadêmico**. 14 julho 2021. Disponível em: <https://www.normasabnt.org/novas-regras-abnt-2021/>. Acesso em: 29 out. 2021.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023. Como elaborar referências bibliográficas**. Disponível em: <https://www.normasabnt.org/nbr-6023/>. Acesso em: 30 out. 2021.

ALVES, Rodolfo. **Estação Meteorológica SESC Interlagos**. São Paulo. SP. Brasil Abaixo de Zero. 18 mar. 2018. Disponível em: <https://www.abaixodezero.com/index.php?/topic/6653-esta%C3%A7%C3%A3o-meteorol%C3%B3gica-sesc-interlagos%C3%A3o-paulo-sp/#:~:text=A%20Esta%C3%A7%C3%A3o%20est%C3%A1%20dentro%20do,vis%C3%ADvel%20ao%20fundo%20nesta%20imagem>. Acesso em 10 maio de 2020.

ANDRÉ, Paulo Afonso de; VORMITTAG, Evangelina da M. P. A. de Araujo, SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. **Avaliação e Valoração dos Impactos da Poluição do Ar na Saúde da População Decorrente da Substituição da Matriz Energética do Transporte Público na Cidade de São Paulo**. SP, 2017. Instituto Saúde e Sustentabilidade. Disponível em: https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/05/GP_ISS_Relatorio_ImpactosOnibusSP-1.pdf. Acesso em: 31 out. 2021.

BARNEZ, Carolina. **A Necessidade de um Pacto Global sobre a Poluição da Ar**. Tempo.com – Meteored. 27 junho 2019. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/noticias/a-necessidade-de-um-pacto-global-sobre-a-poluicao-do-ar/>. Acesso em 30/10/21

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - Ibama. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília-DF, 2012a. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 06 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades Sustentáveis Qualidade do Ar Padrões de Qualidade do Ar, 2020**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2020.

CETESB. **Qualidade do ar no estado de São Paulo**. São Paulo, 2020. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em: 20 jul. 2021.

GOUVEIA, N.; MENDONÇA G. A. et al. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 2003, n. 12, v. 1, p. 29 – 40.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadosmeteorologicos/tabeladadosestações>, 2020. Acesso em: 10 maio 2021.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis - Ibama. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resoluções vigentes publicadas entre setembro**

de 1984 e janeiro de 2012. Brasília-DF, 2012a. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/>. Acesso em: 06 out. 2020.

MORALES, Ana Paula. A poluição do ar atinge as pessoas de forma desigual, alerta Paulo Saldiva. 25 julho 2019. **Sociedade Brasileira para Progresso da Ciência. Jornal da Ciência**. Disponível em: <http://portal.sbcnet.org.br/noticias/a-poluicao-do-ar-atinge-as-pessoas-de-forma-desigual-alerta-paulo-saldiva/>. Acesso em 31 out. 2021

REGET. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 1, abr. 2014, p. 66-78.

SILVA, Isaac Francisco da. **Determinação da Concentração de Material Particulado na Região Central de Uberlândia**. Orientador: Prof. Dr. Euclides Antônio Pereira Lima - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade de Uberaba, 2018.

UFJF. Trânsito Caótico e Poluição do Ar Matam Milhões por Ano nas Metrôpoles Mundiais. Disponível em: <http://www.ufjf.br>, 2013. Acesso em: 10 abr. 2018.

UFSM. Universidade Federal de Santa Maria. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117010537>.

UFU. Universidade Federal de Uberlândia. Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <https://lcrhufu.wixsite.com/lcrh/boletim-do-clima>, 2020. Acesso em: 04 nov. 2020.

USP. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www5.usp.br/2021>. Acesso em: 15 set. 2021.

WEATHER SPARK. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com>, 2021. Acesso em: 03 out. 2021.

WELLE, Deutsche. **Trânsito caótico e poluição do ar matam milhões por ano nas metrôpoles mundiais**. Universidade Federal de Juiz de Fora. MG. 19 set. 2013. Disponível em: <http://www.ufjf.br>, 2013. Acesso em: 10 abr. 2018.

ZABOTTO, Alessandro Reinaldo. **Estudos Sobre Impactos Ambientais: Uma abordagem contemporânea**. Denatran, 2017. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/610-frota-2017>