



RELATÓRIO ANUAL DA QUALIDADE DO AR NO ESTADO DO PARANÁ

2020



**INSTITUTO
ÁGUA E TERRA**



Governador do Estado do Paraná

Carlos Roberto Massa Júnior

Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo – SEDEST

Valdemar Bernardo Jorge

Presidência do Instituto Água e Terra - IAT

Everton Luiz da Costa Souza

Diretoria de Licenciamento e Outorga

Ivonete Coelho da Silva Chaves

Gerência de Monitoramento e Fiscalização

Álvaro Cesar de Góes

Divisão de Monitoramento

Christine da Fonseca Xavier

Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas

João Carlos de Oliveira

Eduardo Neves da Silva

Ailton Marchiori Izidoro Junior

Carolina Kinverly Novais de Oliveira

Jéssica Anhaí Rabery

Gabriel Bolzan

APRESENTAÇÃO

O Presente Relatório compila os dados gerados pelas estações da qualidade do ar localizadas no estado do Paraná, em operação no ano de 2020, em atendimento a Resolução CONAMA Nº 491/2018.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera.....	12
Tabela 2 – Padrões nacionais de qualidade do ar	14
Tabela 3 – Concentrações para níveis de Atenção, Alerta e Emergência para cada poluente.....	15
Tabela 4 – Classificação da qualidade do ar utilizando o Índice de Qualidade do Ar - IQA	16
Tabela 5 – Estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar ativas em 2020	19
Tabela 6 – Métodos de medição para cada parâmetro monitorado.....	22
Tabela 7 – Critério de representatividade dos dados gerados	22
Tabela 8 – Monitoramento da qualidade do ar nas áreas industrial, centro e bairro no Estado do Paraná em 2020	24
Tabela 9 – Resultados do monitoramento de PTS em 2020	31
Tabela 10 – Resultados do monitoramento de MP10 em 2020.....	35
Tabela 11 – Resultados do monitoramento de SO ₂ de 2020	40
Tabela 12 – Resultados do monitoramento de CO em 2020.....	44
Tabela 13 – Resultados do monitoramento de O ₃ em 2020	48
Tabela 14 – Resultados do monitoramento de NO ₂ em 2020	53
Tabela 15 – Número de violações ao Padrão Final por parâmetros observados em 2020	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar de Curitiba e Região Metropolitana em 2020	20
Figura 2 – Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar do Estadi do Paraná em 2020.....	21
Figura 3 – Direção do vento média na estação ASS (Curitiba) em 2020.....	27
Figura 4 – Direção do vento média na estação RPR (Araucária) em 2020.	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da frota de veículos em Curitiba, São José dos Pinhais e Colombo entre 2006 e 2020.....	26
Gráfico 2 – Precipitação acumulada e dias de chuva na estação CSN em 2020.	29
Gráfico 3 – Temperaturas médias mensais e máximas médias diárias obtidas nas estações RPR e CIC.....	30
Gráfico 4 – Médias diárias máximas do poluente PTS no Estado do Paraná no ano de 2020	32
Gráfico 5 – Médias anuais do poluente PTS no Estado do Paraná no ano de 2020. ..	33
Gráfico 6 – Comportamento do poluente PTS na estação RPR no ano de 2020	33
Gráfico 7 – Comportamento do poluente PTS na estação RPR no ano de 2020	34
Gráfico 8 – Concentrações médias anuais de PTS em Curitiba e RM (2004-2020)	34
Gráfico 9 – Médias diárias máximas do poluente MP10 no Estado do Paraná no ano de 2020	36
Gráfico 10 – Médias anuais do poluente MP10 no Estado do Paraná no ano de 202037	
Gráfico 11 – Médias diárias do poluente MP10 na estação PGA em 2020.	38
Gráfico 12 – Médias diárias do poluente MP10 na estação RPR em 2020	38
Gráfico 13 – Concentrações médias anuais de MP10 em Curitiba e RM (2004-2020)	39
Gráfico 14 – Médias diárias máximas do poluente SO ₂ no Estado do Paraná no ano de 2020	41
Gráfico 15 – Médias anuais do poluente SO ₂ no Estado do Paraná no ano de 2020 ..	42
Gráfico 16 – Médias diárias do poluente SO ₂ na estação CSN em 2020	42

Gráfico 17 – Concentrações médias anuais de SO ₂ em Curitiba e RM (2004-2020) ...	43
Gráfico 18 – Médias diárias máximas do poluente CO no Estado do Paraná no ano de 2020	45
Gráfico 19 – Médias anuais do poluente CO no Estado do Paraná no ano de 2020 ...	46
Gráfico 20 – Médias diárias do poluente CO na estação PGA em 2020	46
Gráfico 21 – Médias diárias do poluente CO na estação CIC em 2020.....	47
Gráfico 22 – Concentrações médias anuais de CO em Curitiba e RM (2004-2020)....	47
Gráfico 23 – Médias diárias máximas do poluente O ₃ no Estado do Paraná no ano de 2020	50
Gráfico 24 – Médias anuais do poluente O ₃ no Estado do Paraná no ano de 2020.....	51
Gráfico 25 – Médias diárias do poluente O ₃ na estação CSN em 2020	51
Gráfico 26 – Concentrações médias anuais de O ₃ em Curitiba e RM (2004-2020)	52
Gráfico 27 – Médias horárias máximas do poluente NO ₂ no Estado do Paraná no ano de 2020.....	54
Gráfico 28 – Médias anuais do poluente NO ₂ no Estado do Paraná no ano de 2022..	55
Gráfico 29 – Médias diárias do poluente NO ₂ na estação CSN em 2020	55
Gráfico 30 – Médias diárias do poluente NO ₂ na estação RPR em 2022	56
Gráfico 31 – Concentrações médias anuais de NO ₂ em Curitiba e RM (2004-2020)...	57
Gráfico 32 – Porcentagem do número de violações do PF por poluente no Paraná em 2020	59
Gráfico 33 – Porcentagem do número de violações do PF por cidade no Paraná em 2020	60

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ASS	Estação automática Centro Social São Francisco de Assis
BOQ	Estação automática Boqueirão
CETESB	Companhia da Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CH ₄	Metano
CIC	Estação automática da Cidade Industrial de Curitiba
CSN	Estação automática da Companhia Siderúrgica Nacional
CO	Monóxido de carbono
COL	Estação automática de Colombo
COMEC	Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CVEL	Estação automática Cascavel
DETRAN-PR	Departamento de Trânsito do Paraná
DV	Direção do vento
FOZ	Estação automática de Foz do Iguaçu
HCT	Hidrocarbonetos totais
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
IAT	Instituto Água e Terra
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de qualidade do ar
kPa	Quilo pascal, unidade de pressão atmosférica
LACTEC	Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento
LON	Estação automática de Londrina
mm	milímetros
MP2,5	Material particulado com diâmetro de 2,5 micrômetros
MP10	Material particulado com diâmetro de 10 micrômetros
MRGA	Estação automática de Maringá
N°	Número
NH ₃	Amônia
NO	Monóxido de nitrogênio
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
NO _x	Óxidos de nitrogênio, entende-se como soma de NO + NO ₂
O ₃	Ozônio
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Pressão

PARP	Estação automática praça Ouvidor Pardinho
PGA	Estação automática Ponta Grossa
ppm	partes por milhão
PTS	Partículas totais em suspensão
RADG	Radição global
REPAR	Refinaria Presidente Getúlio Vargas
RMC ou RM	Região metropolitana de Curitiba
RPR	Estação automática da refinaria Presidente Getúlio Vargas
SC	Estação manual Santa Casa
SEM	Estação manual Seminário
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SIX	Estação automática São Mateus do Sul
SO ₂	Dióxido de enxofre
SO ₃	Trióxido de enxofre ou óxido sulfúrico
SS	Estação manual São Sebastião
STC	Estação automática Santa Cândida
TEMP	Temperatura
UEG	Estação automática doada pela Usina Elétrica a Gás de Araucária
UMID	Umidade
UTM	Sistema de coordenadas cartesianas bidimensional Universal Transversa de Mercator
VV	Velocidade do vento
µg	Micro-grama, um milionésimo de um grama
µg/m ³	Micro-grama por metro cúbico, concentração gravimétrica do poluente no ar
° C	Unidade de temperatura graus Celsius

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. QUALIDADE DO AR	11
2.1. Principais poluentes atmosféricos.....	11
2.2. Padrões de qualidade do ar	13
2.3. Índice de qualidade do ar	15
2.4. Efeitos da poluição atmosférica.....	16
3. REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR.....	18
3.1. Tipos de rede.....	18
3.1.1. Rede manual	18
3.1.2. Rede automática.....	18
3.2. Metodologia de monitoramento	21
3.3. Metodologia de tratamento dos dados	22
3.4. Abrangência do monitoramento	23
4. QUALIDADE DO AR DO ESTADO DO PARANÁ.....	25
4.1. Aspectos gerais de Curitiba e região metropolitana	25
4.1.1. Frota Veicular	25
4.1.2. Condições meteorológicas.....	26
4.2. Resultados da qualidade do ar no estado do Paraná em 2020	31
4.2.1. Partículas totais em suspensão (PTS).....	31
4.2.2. Partículas inaláveis (MP10)	35
4.2.3. Dióxido de enxofre (SO ₂).....	40
4.2.4. Monóxido de carbono (CO).....	43
4.2.5. Ozônio (O ₃).....	48
4.2.6. Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	52
4.3. Registro de violações ao Padrão Intermediário PI-1.....	57
4.4. Registro de violações ao Padrão Final PF	58
5. CONCLUSÃO.....	61
6. REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICE 1 – Variação da média diária dos poluentes nas estações SIX, RPR e PGA.....	67
APÊNDICE 3 – Coordenadas geográficas e UTM das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar do Estado do Paraná em 2022	71

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Resolução CONAMA Nº 491/2018, que dispõe sobre o monitoramento da qualidade do ar, é responsabilidade dos estados o estabelecimento de Programas Estaduais de Controle da Poluição do Ar. Assim, o objetivo principal deste relatório é apresentar o diagnóstico da qualidade do ar no Estado do Paraná a partir dos dados obtidos pela rede de monitoramento da qualidade do ar.

Desde a década de 80, o Instituto Água e Terra - IAT mantém a rede de monitoramento da qualidade do ar para avaliar os níveis da poluição atmosférica em diferentes localidades no Estado do Paraná. Em 1998, foi iniciado o monitoramento automático que, além de permitir o monitoramento de um número maior de poluentes, permitiu também, o acompanhamento em tempo real dos resultados obtidos.

Em 2020, dez estações automáticas de monitoramento produziram dados significativos referentes a qualidade do ar, sendo uma em Curitiba, uma em Colombo, duas em Araucária, uma em Ponta Grossa, uma em São Mateus do Sul, uma em Maringá, uma em Londrina, uma em Cascavel e uma em Foz do Iguaçu.

2. QUALIDADE DO AR

2.1. Principais poluentes atmosféricos

Conforme define a Resolução CONAMA Nº 491/18, são poluentes atmosféricos “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 à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

Quando o poluente atmosférico é emitido diretamente pela fonte de emissão, ele é denominado poluente primário, como é o caso do monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de enxofre (SO₂). Geralmente, concentrações altas de poluentes primários são registradas nas proximidades das fontes emissoras.

Outro tipo de poluente é formado na atmosfera através da reação química entre poluentes e/ou constituintes naturais na atmosfera, ou seja, não é emitido diretamente por uma fonte. Neste caso, chama-se de poluente secundário. É o caso do ozônio (O₃), da maior parte do dióxido de nitrogênio (NO₂) e de certas partículas muito finas. No caso de poluentes secundários, não podemos prever facilmente onde serão registradas altas concentrações. Em geral, problemas com poluentes secundários abrangem uma área maior do que no caso de poluentes primários.

Cabe ressaltar que, mesmo mantidas as emissões, a qualidade do ar pode sofrer alterações em função das condições meteorológicas que determinam a dispersão dos poluentes. Em função disso, durante os meses de inverno observa-se uma elevação da concentração de monóxido de carbono, material particulado e dióxido de enxofre em função das condições meteorológicas serem desfavoráveis à dispersão dos poluentes. Já nos meses de primavera e verão, observa-se o aumento da concentração de poluentes secundários, como o ozônio, os quais dependem de fatores como intensidade de luz solar para serem formados.

A Tabela 1 contempla um resumo geral dos principais poluentes indicadores da qualidade do ar, assim como suas características, principais origens e efeitos ao meio ambiente.

Tabela 1 – Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera

Poluente	Características	Fontes principais	Efeitos gerais
Partículas inaláveis finas (MP2,5)	Partículas de material sólido ou líquido suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem etc., que podem permanecer no ar e percorrer longas distâncias. Faixa de tamanho < 2,5 micra.	Processos de combustão (industrial, veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Penetram profundamente no aparelho respiratório atingindo os alvéolos, alterando as funções respiratórias. Provocam redução de visibilidade.
Partículas inaláveis (MP10)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), poeira ressuspensa, aerossol secundário (formado na atmosfera).	Irritação e alteração da função respiratória e cardiovascular. Danos à vegetação e redução de visibilidade.
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. Faixa de tamanho < 50 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo e da água.
Dióxido de enxofre (SO₂)	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, produção de polpa e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de nitrogênio (NO₂)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à 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. Afeta a saúde provocando irritação no sistema respiratório.
Monóxido de carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta de combustíveis, principalmente em veículos automotores.	Combina com a hemoglobina do sangue dificultando o transporte do oxigênio.
Ozônio (O₃)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e	Danos à vegetação. É agressivo ao sistema respiratório.

		compostos orgânicos voláteis.	
--	--	-------------------------------	--

Fontes: CETESB, 2021; CETESB, 2022.

2.2. Padrões de qualidade do ar

A Resolução CONAMA Nº 491/18, revoga as Resoluções CONAMA Nº 03/1990 e CONAMA Nº5/1989, definindo os padrões de qualidade do ar como “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”.

A existência de padrões de qualidade do ar é muito importante, pois eles definem até que nível a presença de certa substância no ar que respiramos é legalmente tolerável. Segundo a Organização Mundial da Saúde (2006), os padrões de qualidade do ar são estabelecidos levando em consideração os riscos à saúde, a viabilidade técnica, considerações econômicas além de fatores políticos e sociais, os quais dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. Além disso, deve-se considerar as circunstâncias locais antes de se adotar valores propostos como padrões nacionais.

A Resolução CONAMA Nº 491/18, estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar para nove parâmetros: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, material particulado (MP10), material particulado (MP2,5), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e Chumbo (Pb).

Os parâmetros Partículas Totais em Suspensão (PTS) e o material particulado em suspensão na forma de fumaça (FMC), são parâmetros auxiliares, a serem utilizados em situações específicas, a critério do órgão ambiental competente.

O parâmetro Chumbo no material particulado, é um parâmetro a ser monitorado em áreas específicas, em função da tipologia das fontes de emissões e a critério do órgão ambiental.

Segundo a Resolução CONAMA Nº 491/18, os padrões de qualidade do ar são determinados como padrão de qualidade do ar intermediário – PI, e padrão de qualidade do ar final - PF. Tendo o padrão intermediário de qualidade do ar definido em 3 etapas, PI-1, PI-2, PI-3.

Os padrões nacionais de qualidade do ar, estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 491/18 estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Padrões nacionais de qualidade do ar

Poluente	Tempo de amostragem	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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹	PF (ppm)
Material Particulado (MP10)	24 horas	120	100	75	50	
	Anual ¹	40	35	30	20	
Material Particulado (MP2,5)	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	
Ozônio (O ₃)	8 horas ³	140	130	120	100	
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	
	Anual ¹	40	35	30	20	
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas ³					9
Partículas totais em suspensão (PTS)	24 horas				240	
	Anual ⁴				80	
Chumbo (Pb) ⁵	Anual ¹				0,5	

Nota:

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

Fonte: BRASIL, 2018.

A Resolução CONAMA Nº 491/18 estabelece também a definição de episódio crítico de poluição do ar, que seria uma situação de altas concentrações de poluentes na atmosfera em um curto período de tempo, resultante de condições atmosféricas desfavoráveis. A Tabela 3 contém os níveis de Atenção, Alerta e Emergência, sendo estes declarados quando excedido uma ou mais de suas condições.

Tabela 3 – Concentrações para níveis de Atenção, Alerta e Emergência para cada poluente

Nível	Poluentes e concentrações					
	SO ₂ (µg/m ³) ¹	Material Particulado		CO (ppm) ²	O ₃ (µg/m ³) ²	NO ₂ (µg/m ³) ¹
		MP10 (µg/m ³) ¹	MP2,5 (µg/m ³) ¹			
Atenção	800	250	125	15	200	1.130
Alerta	1.600	420	210	30	400	2.260
Emergência	2.100	500	250	40	600	3.000

Nota: ¹ Média de 24h, ² Média de 8h, ³ Média de 1h.

Fonte: BRASIL, 2018.

2.3. Índice de qualidade do ar

Para facilitar a divulgação da informação sobre a qualidade do ar e, ao mesmo tempo, padronizar todas as substâncias em uma única escala, utilizamos o índice de qualidade do ar (IQA). O índice é uma ferramenta matemática obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar (Tabela 2) e os níveis de atenção, alerta e emergência (Tabela 3). Para cada concentração medida, a função atribui um valor para o índice, que é um número adimensional. Por definição, ao nível do padrão primário é atribuído um índice de 100, o de atenção equivale a um índice de 200, o nível de alerta a 300 e o nível de emergência a 400. Por exemplo: se analisarmos uma média horária de ozônio de 160 µg/m³, isto seria exatamente o limite do padrão primário e, portanto, corresponderia a um índice de 100. Caso o resultado fosse a metade, apenas 80 µg/m³, o índice correspondente seria 50. Este índice também é utilizado para classificar a qualidade do ar em seis categorias, de boa até crítica conforme classificação da Tabela 4. Para efeito de divulgação, é utilizado o índice mais elevado dentre os poluentes medidos em cada estação. Portanto, a qualidade do ar em cada estação é determinada pelo pior caso dentre os poluentes monitorados no período avaliado.

Tabela 4 – Classificação da qualidade do ar utilizando o Índice de Qualidade do Ar - IQA

Qualidade	Índice	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1h	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	Significado
Boa	0 – 40	0 – 50	0 – 100	0 – 9	0 - 200	0 - 20	0 - 25	0 – 240	Praticamente não há risco à saúde.
Regular	> 40 – 96	> 50 - 120	> 100 - 140	> 9 - 11	> 200 - 260	> 20 - 125	> 25 - 60	> 240 - 285	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	> 96 – 144	> 120 – 180	> 140 - 160	> 11 - 13	> 260 - 340	> 125 - 400	> 60 - 90	> 285 - 330	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.
Ruim	> 144 - 200	> 180 - 250	> 160 - 200	> 13 - 15	> 340 - 1130	> 400 - 800	> 90 - 125	> 330 - 375	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 problemas cardiovasculares).
Péssima	> 200	> 250	> 200	> 15	> 1130	> 800	> 125	> 375	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: BRASIL, 2020.

2.4. Efeitos da poluição atmosférica

O intenso desenvolvimento econômico das últimas décadas tem agravado as questões socioambientais vivenciadas pela humanidade. Entre estas questões, ganha destaque a poluição atmosférica que, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (2018), estima-se que é responsável pela morte de aproximadamente sete milhões de pessoas no mundo a cada ano, além de causar danos irreversíveis para a saúde humana, tais como: redução de crescimento em crianças, infecções respiratórias e agravamento da asma, doenças neurodegenerativas e cardiovasculares, possuindo também propriedades cancerígenas.

Os efeitos da poluição atmosférica são numerosos e diversos, estendendo-se dos toxicológicos aos econômicos. Nos seres humanos, os poluentes atmosféricos normalmente entram no organismo através das vias respiratórias, podendo causar danos aos pulmões e a todo o sistema respiratório. De acordo com a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (Organização para a Cooperação e

Desenvolvimento - OECD) estima-se que até 2050, se nenhuma medida de combate à poluição for tomada, a principal causa de morte, com exceção de doenças crônicas não evitáveis, estará relacionada a complicações cardiorrespiratórias devidas à má qualidade do ar, principalmente a poluentes como o material particulado e o ozônio troposférico, superando as mortes por malária, consumo de água insalubre e falta de saneamento básico (OECD, 2012).

Os ecossistemas também vêm sendo prejudicados pelo aumento de poluentes na atmosfera. A chuva ácida, um dos fenômenos que surgem a partir da poluição do ar, pode, por exemplo, causar grandes danos à flora e a fauna, tornando o solo improdutivo e contaminando a água dos rios. Construções e monumentos históricos também sofrem com a existência desse fenômeno, pois os materiais são corroídos e danificados, sendo necessário efetuar processos de restauração de tempos em tempos para que permaneçam em sua forma original, evitando que a cultura e a história se percam.

Por estas razões, o monitoramento da qualidade do ar e a redução das emissões são fundamentais para manter o meio ambiente preservado e a população saudável, tornando a qualidade de vida do Paranaense muito melhor.

3. REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

3.1. Tipos de rede

Redes manuais e automáticas se diferem quanto ao funcionamento e obtenção de dados. Em uma rede manual de monitoramento da qualidade do ar, amostras são coletadas em campo e trazidas para análise em laboratório, a depender do poluente medido. O método e a frequência de amostragem são dependentes do parâmetro a ser medido (CETESB, 2023). O resultado, portanto, só é obtido após dita análise. Já redes automáticas diferem-se quanto a avanço tecnológico, uma vez que os dados são coletados ininterruptamente pelo equipamento que, ligado a uma central de computadores, registra as concentrações dos poluentes na atmosfera (CETESB, 2023). A análise dos dados brutos, portanto, deverá contemplar os períodos de referência previstos pela legislação ambiental.

3.1.1. Rede manual

A rede manual começou a operar no ano de 1985 com cinco estações que analisavam os poluentes PTS, Fumaça, SO₂ e NH₃ (médias diárias): Santa Casa (SC), Colombo (COL), Seminário (SEM), São Sebastião (SS) e Assis (ASS). As estações Assis e Seminário foram desativadas em abril de 2013 por estarem localizadas em regiões onde há estações automáticas em operação. A estação São Sebastião (SS) foi desativada em fevereiro de 2013 e realocada como CSN-PR423 no mesmo período, porém esta foi desativada em 2015. Também em 2015, as estações Santa Casa (SC) e Colombo (COL) foram desativadas.

3.1.2. Rede automática

A rede automática de monitoramento da qualidade do ar teve início no ano de 1998, com a instalação de duas estações automáticas em Curitiba. Hoje a rede abrange demais regiões do estado.

A Tabela 5 apresenta a configuração das estações automáticas da qualidade do ar ativas no ano de 2020.

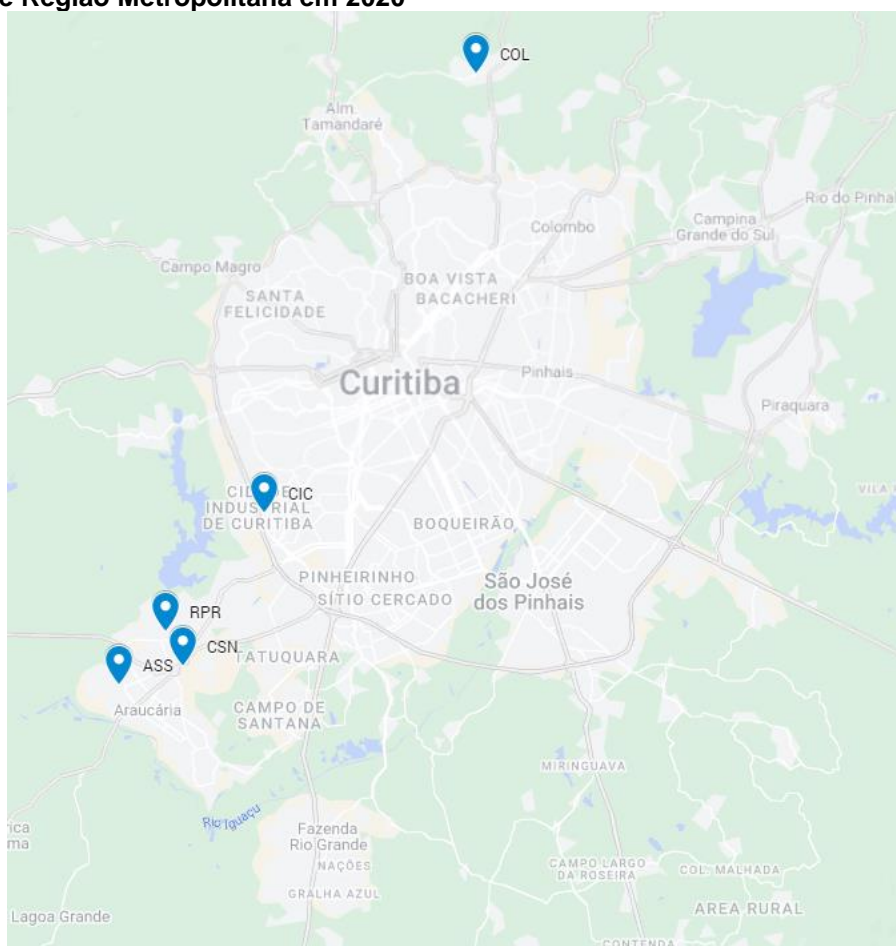
Tabela 5 – Estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar ativas em 2020

Estação	Vocacional	Localização	Parâmetros											
			SO ₂	O ₃	NO ₂	CO	PTS	PM ₁₀	UMID	T	VV	DV	P	
ASS	Bairro	Rua Nossa Senhora dos Remédios, Centro Social São Francisco de Assis.	X	X							X	X	X	X
CIC	Bairro	Rua Senador Accioly Filho, Nº 3400, Cidade Industrial de Curitiba, Curitiba.			X	X					X	X	X	X
CSN	Industrial	Rodovia do Xisto, BR-476, Nº 5005, Chapada, Araucária.	X	X	X			X		X		X	X	X
RPR	Industrial	Rua das Andorinhas, Nº 151, Capela Velha, Araucária.	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
PGA	Centro	Parque Ambiental, Centro, Ponta Grossa		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SIX	Industrial e Centro	Rua Manoel da Cunha Bittencout, 128	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
LON	Centro	R. Brasil, 1115, Centro, Londrina		X	X				X	X	X	X	X	X
MRGA	Centro	Estádio Willi Davis, Centro, Maringá		X	X	X	X			X	X	X	X	X
CVEL	Centro	Rua Pernambuco, 1843, Centro, Cascavel		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
FOZ	Centro	Av. Jorge Schimelfenger, nº 890, Foz do Iguaçu		X				X	X	X	X	X	X	
COL	Centro	Rua José Cavassin, nº 115, Centro, Colombo	X			X	X	X						

Fonte: Os autores, 2022.

No mapa representado na Figura 1, estão destacadas as localidades das estações automáticas dos municípios de Curitiba, Araucária e Colombo, em funcionamento no ano de 2020.

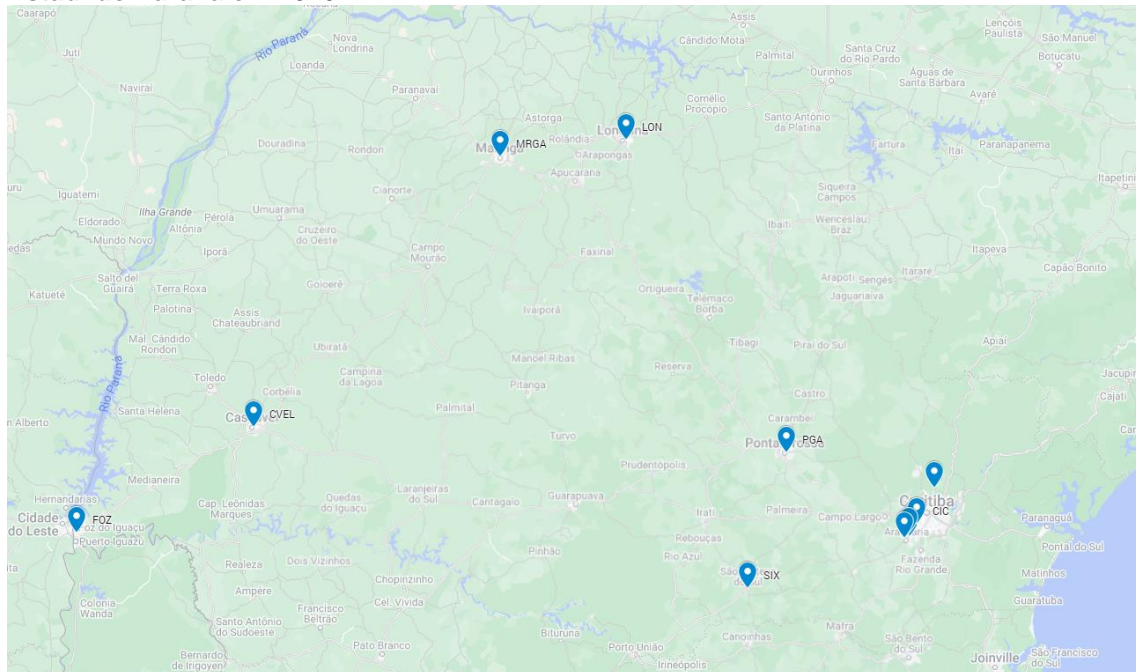
Figura 1 – Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar de Curitiba e Região Metropolitana em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

A Figura 2 indica as demais estações distribuídas pelo estado. No Apêndice 2, estão listadas as coordenadas geográficas e UTM das estações de monitoramento da qualidade do ar que compõem a rede de monitoramento do Estado do Paraná em 2020.

Figura 2 – Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar do Estado do Paraná em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

3.2. Metodologia de monitoramento

O objetivo do controle da poluição atmosférica é baseado em três princípios: a proteção e a prevenção contra os comprovados impactos adversos e a motivação ética, que é o prazer de viver em um ambiente limpo e saudável. O instrumento central deste controle é o monitoramento da qualidade do ar, o qual é realizado através de estações de monitoramento automáticas. Cada estação automática possui equipamentos que analisam parâmetros químicos e parâmetros meteorológicos instantaneamente.

As estações automáticas operam com analisadores contínuos, capazes de realizar amostragens a cada 3 segundos. O banco de dados é formado por médias de 5 minutos, obtidas a partir dos dados de 3 segundos, com exceção dos analisadores de PTS e PI, os quais coletam o ar por um período de 50 minutos contínuos e analisam a amostra durante 10 minutos, armazenando o resultado no banco de dados como a média horária. Esse banco de dados é armazenado por um sistema computadorizado na estação e transmitido para uma central onde os dados são tratados e validados de acordo com critérios definidos. Como o monitoramento é todo automatizado, só é necessário visitar as estações automáticas para a realização de calibrações, manutenções preventivas e corretivas nos equipamentos e limpeza da estação.

Os princípios de medição utilizados para medição dos diversos parâmetros amostrados pelas estações automáticas estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Métodos de medição para cada parâmetro monitorado

Parâmetro	Método
Partículas inaláveis	Radiação Beta
Partículas totais em suspensão	Radiação Beta
Dióxido de enxofre	Fluorescência de pulso
Óxidos de nitrogênio	Quimiluminescência
Monóxido de carbono	Infravermelho não dispersivo
Ozônio	Ultravioleta

Fonte: Os autores, 2022.

3.3. Metodologia de tratamento dos dados

Na operação de uma rede de estações de monitoramento, sempre acontecem lacunas na obtenção de dados, podendo ser devido à calibração, manutenção dos analisadores ou simplesmente por falta de energia. Isto não significa um problema para o cálculo das médias horárias, diárias ou anuais, se os valores válidos não ficarem abaixo de um limite estabelecido de representatividade.

Os critérios de representatividade dos dados utilizados pelo IAT e considerados no processamento dos dados estão descritos na Tabela 7, baseando-se no Guia Técnico do Ministério do Meio Ambiente.

Tabela 7 – Critério de representatividade dos dados gerados

Intervalo de tempo	Critério de representatividade
Média horária	3/4 das medidas válidas na hora.
Média de oito horas	6 médias horárias válidas.
Média diária	2/3 das médias horárias válidas no dia.
Média mensal	2/3 das médias diárias válidas no mês.
Quadrimestral	1/2 das médias diárias válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.
Média anual	Todas as três médias quadrimestrais válidas

Fonte: BRASIL, 2020.

Assim, sempre que uma média horária não atinge o critério de representatividade, cria-se uma lacuna na planilha destas médias. Dizer que a

disponibilidade para a média horária foi, por exemplo, de 80% significa que do total de 8.760 horas do ano, 80% ou 7.008 valores são válidos.

Da mesma forma, se para um dia não se obteve pelo menos 16 médias horárias válidas, cria-se uma lacuna na planilha das médias diárias. Dizer que a disponibilidade para 24 horas foi, por exemplo, de 80% significa que das 365 médias diárias do ano, 80% ou 292 estão válidas.

A informação sobre a disponibilidade do equipamento é de extrema importância, especialmente quando se comparam resultados de um ano com outro. Isso porque a probabilidade de monitorar uma violação fica cada vez menor, na medida em que a indisponibilidade de dados aumenta. Portanto, um número menor de violações pode também ser ocasionado pela menor disponibilidade de informações e não significa necessariamente que a qualidade do ar melhorou nesta proporção.

3.4. Abrangência do monitoramento

Baseando-se na Diretiva Europeia 1999/30/CE, verificamos que Curitiba e região metropolitana, por comportarem uma população entre 2,75 e 3,75 milhões, devem contar com três a sete pontos de monitoramento da qualidade do ar em função do grau de comprometimento da bacia aérea.

Quanto à localização das estações para a proteção da saúde humana, as estações devem estar localizadas em áreas de modo a:

- Fornecerem dados em áreas, dentro das zonas e aglomerações, nas quais é provável que a população esteja direta ou indiretamente exposta aos níveis mais elevados durante um período significativo em relação ao período de amostragem dos valores limites;
- Fornecerem dados sobre os níveis em outras áreas, dentro das zonas e aglomerações, que sejam representativas da exposição da população em geral.

Em outras palavras, pode-se dizer que as estações de monitoramento devem fornecer dados de três tipos de áreas de impacto:

- Industrial: onde se esperam violações em áreas dominadas por emissões industriais, fontes fixas.
- Centro: onde se esperam violações em áreas dominadas por emissões do tráfego, fontes móveis.
- Bairro: onde mora a maior parte da população e conseqüentemente passam uma boa parte da sua vida.

Atribuindo este sistema de classificação de localização para todos os poluentes analisados pelas estações de monitoramento chega-se a conclusão apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Monitoramento da qualidade do ar nas áreas industrial, centro e bairro no Estado do Paraná em 2020

Poluente	Nº de monitores nas estações de monitoramento	Nº de Monitores nas Áreas			
		Industrial	Industrial e centro	Centro	Bairro
PTS	8	2	1	5	0
Fumaça	0	0	0	0	0
PM ₁₀	6	1	0	5	0
SO ₂	5	2	1	1	1
CO	7	1	1	4	1
O ₃	9	2	1	5	1
NO, NO ₂ e NO _x	7	2	1	3	1

Fonte: Os autores, 2022.

No ano de 2020, a rede de monitoramento da qualidade do ar do Estado do Paraná contou com dez estações ativas, sendo que quatro delas estão localizadas em Curitiba e Região Metropolitana. Embora o número de estações se encontre suficiente em relação à Diretiva Europeia, é importante que sejam complementadas para a medição da maior parte dos parâmetros indicados na Legislação, com uma abrangência estadual cada vez maior.

4. QUALIDADE DO AR DO ESTADO DO PARANÁ

Os resultados obtidos no monitoramento da qualidade do ar no ano de 2020 são relatados em forma de médias de curto prazo (horária ou diária) e de longo prazo (anual) conforme a exigência legal (Resolução CONAMA Nº 491/18 e Resolução SEMA Nº 016/14).

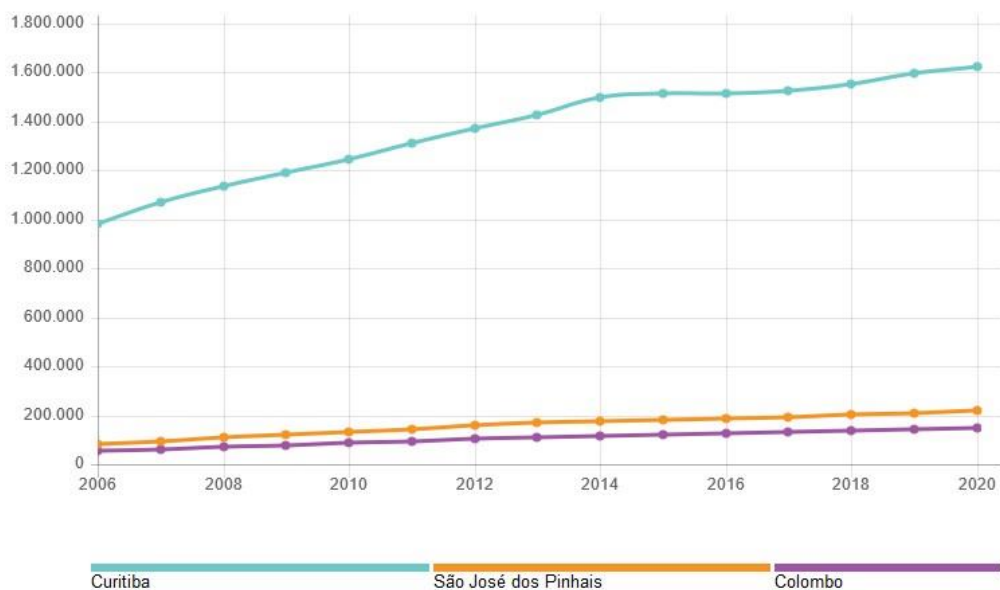
Os gráficos da variação das médias aritméticas diárias dos poluentes monitorados nas 10 estações automáticas estão relacionados no Apêndice 1. Estes gráficos evidenciam a dependência das concentrações dos poluentes oriundos de processos regulares como, por exemplo, o tráfego de automóveis ou a radiação solar.

4.1. Aspectos gerais de Curitiba e região metropolitana

Criada em 1973, a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) é constituída por 29 municípios (AMEP, 2023). De acordo com o IBGE, em 2020, a projeção apontou uma população de 3.693.891 habitantes, concentrando 32% da população do Estado do Paraná em uma área de 16.581,21 km² (AMEP, 2023). Ainda segundo o Instituto, em 2020, a projeção para a capital do Estado foi de uma população de cerca de 1.948.626 habitantes em uma área de 435 km² (IBGE, 2020).

4.1.1. Frota Veicular

De acordo com o IBGE (2020), a frota de veículos no Paraná contou com 8.077.413 veículos em 2020, o que significou um aumento de quase 3% em relação ao ano de 2019. Só na capital do estado, a pesquisa apontou 1.622.891 veículos (aumento de 1,7% em relação ao ano de 2019). No Gráfico 1, observa-se a evolução da frota veicular, de 2006 até 2020, nas cidades de Curitiba, São José dos Pinhais e Colombo (municípios mais populosos da RMC). A quantidade de veículos na capital corresponde a 20% da quantidade total em circulação no estado do Paraná.

Gráfico 1 – Evolução da frota de veículos em Curitiba, São José dos Pinhais e Colombo entre 2006 e 2020.

Fonte: IBGE, 2020.

4.1.2. Condições meteorológicas

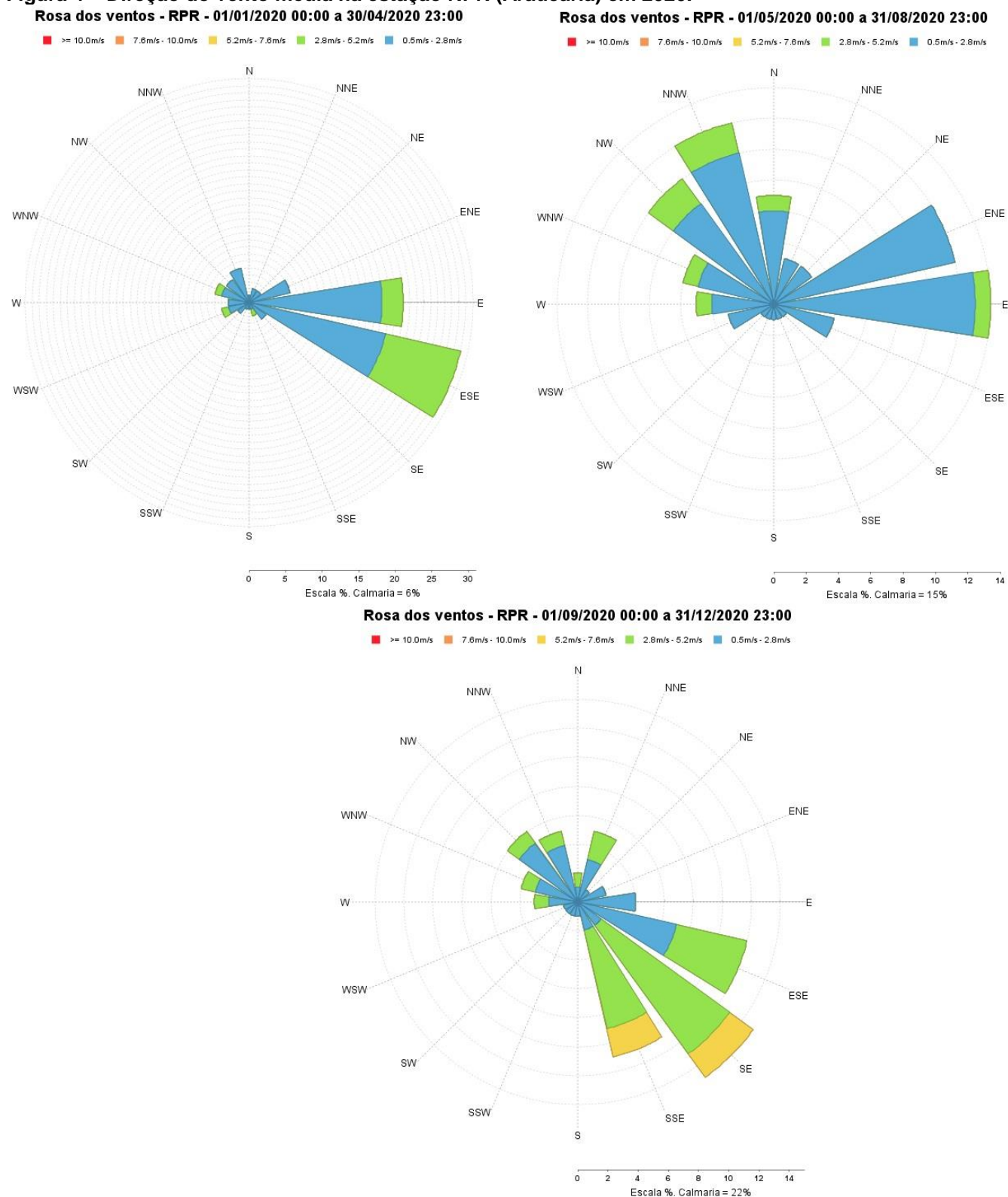
A região metropolitana de Curitiba está localizada no primeiro planalto do Estado do Paraná, com um clima subtropical e úmido. Os invernos são brandos com geadas ocasionais e temperaturas mínimas de aproximadamente 3 °C. No verão são registradas temperaturas de até 35 °C. A umidade relativa do ar varia entre 75 e 85 % (média mensal). As precipitações ocorrem durante o ano inteiro, com maior intensidade nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro) e menor no inverno (junho, julho, agosto). Na média são registradas chuvas de 150 mm/mês no verão e 80 mm/mês no inverno. As Figuras Figura 3 e Figura 4 indicam os registros de direção do vento das estações ASS e RPR, respectivamente, divididos em períodos de quatro meses para cada estação.

Figura 3 – Direção do vento média na estação ASS (Curitiba) em 2020.



Fonte: Os autores, 2022.

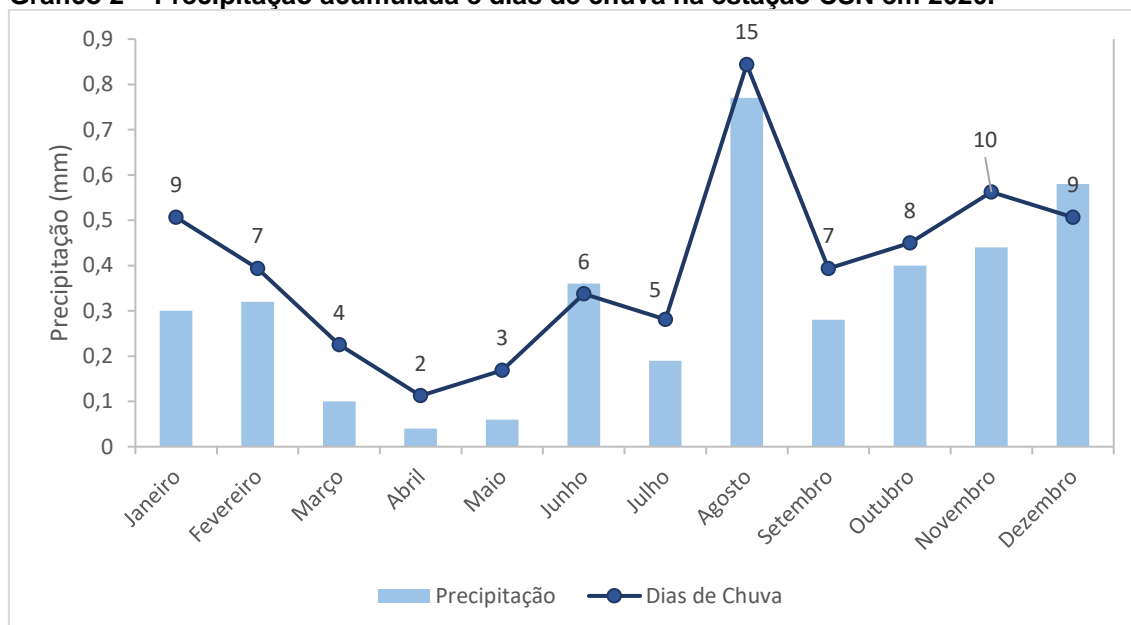
Figura 4 – Direção do vento média na estação RPR (Araucária) em 2020.



Fonte: Os autores, 2022.

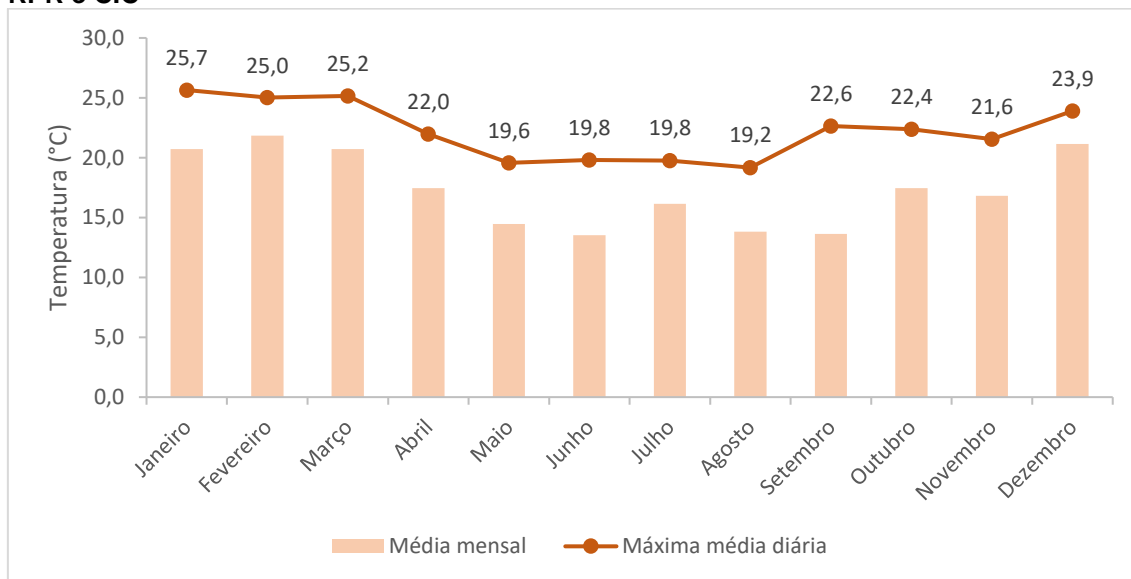
Em relação à precipitação, o Gráfico 2 apresenta a quantidade de dias de chuva e o total acumulado, em mm, registrada na estação CSN para cada mês do ano.

Gráfico 2 – Precipitação acumulada e dias de chuva na estação CSN em 2020.



Fonte: Os autores, 2022.

O Gráfico 3 apresenta as temperaturas médias mensais e as máximas médias diárias de cada mês, a partir dos dados registrados ao longo do ano pelas estações RPR e CIC (médias entre as duas estações).

Gráfico 3 – Temperaturas médias mensais e máximas médias diárias obtidas nas estações RPR e CIC

Fonte: Os autores, 2022.

Percebe-se, a partir dos gráficos, um comportamento típico anual de temperatura e precipitação para clima da RMC. Com dados meteorológicos completos, é possível ter um panorama geral das condições atmosféricas vigentes no período de 2020, de forma a se ter mais argumentos para avaliar a qualidade do ar no período.

A velocidade do vento e a estabilidade atmosférica são os parâmetros mais importantes para avaliar as condições de dispersão dos poluentes. Ambas os parâmetros indicam movimentação atmosférica: os ventos indicam a movimentação de massas de ar de zonas de alta pressão para zonas de baixa pressão, enquanto a estabilidade atmosférica afeta o movimento vertical do ar, causado pela convecção e turbulência do mesmo. Temperatura e Pressão são, portanto, fatores importantes na dispersão de poluentes, pois são variáveis na formação de ventos e na estabilidade atmosférica. Além disso, fatores como radiação solar e precipitação pluviométrica também são fatores que interferem na concentração de poluentes em uma determinada área (BRASIL, 2020).

Boas condições de dispersão significam que os poluentes estão sendo dispersos pelos mecanismos de transporte, evitando assim uma acumulação dos mesmos próximos às fontes de emissão. Se as condições estão desfavoráveis à dispersão, observamos essa acumulação, que resulta em altas concentrações dos poluentes, que muitas vezes ultrapassam os padrões estabelecidos. Esses fatores são importantes na interpretação de resultados de monitoramento, uma vez que uma concentração menor de um dado poluente na atmosfera não significa necessariamente uma menor emissão

de tal poluente. Mesmo mantidas as emissões, a qualidade do ar pode mudar em razão das condições meteorológicas que determinam uma maior ou menor diluição dos poluentes: um exemplo disso é o comportamento de poluentes como monóxido de carbono e dióxido de enxofre, que apresentam maior acúmulo durante o inverno, quando as condições climáticas não estão favoráveis à sua dispersão (BRASIL, 2020).

4.2. Resultados da qualidade do ar no estado do Paraná em 2020

4.2.1. Partículas totais em suspensão (PTS)

Em 2020, o poluente PTS foi monitorado nos seguintes municípios: Araucária (nas estações CSN e RPR), São Mateus do Sul (estação SIX), Ponta Grossa (estação PGA), Maringá (MRGA), Cascavel (CVEL) e Colombo (COL). Na Tabela 9, são informados os dados obtidos para as estações de Ponta Grossa (PGA) e São Mateus do Sul (SIX).

Tabela 9 – Resultados do monitoramento de PTS em 2020

Estação	Disp. anual	Média diária máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data da média máxima	Média anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
CSN*	70,14%	33,35	04/04/2020	15,37	256	0	0	0
RPR	89,04%	102,56	27/09/2020	33,38	325	0	0	0
SIX*	12,1%	52,39	14/04/2020	25,25	44	0	0	0
PGA	67,9%	100,84	13/09/2020	37,26	248	0	0	0
MRGA*	9,86%	35,54	15/02/2020	19,67	36	0	0	0
CVEL*	25,75%	53,50	11/07/2020	27,21	94	0	0	0

COL*	13,70%	14,50	29/05/2020	6,45	50	0	0	0
FOZ*	12,33%	58,83	16/03/2020	29,39	45	0	0	0

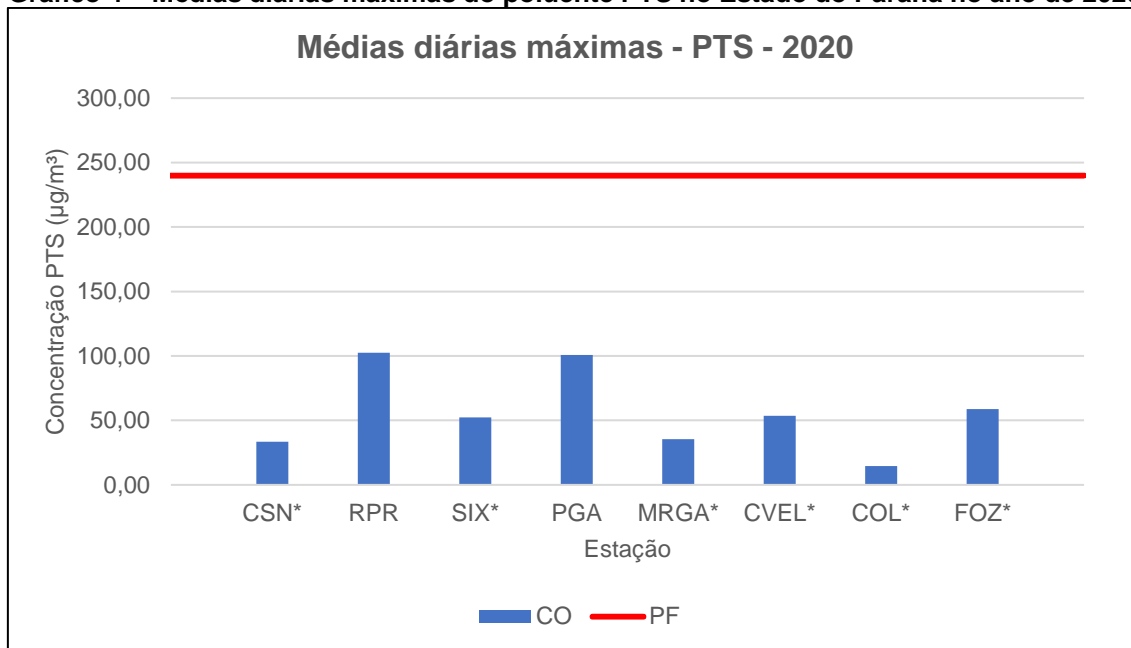
*Não atende ao critério de representatividade.

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2020, apenas as estações RPR e PGA atenderam ao critério de representatividade anual para o parâmetro PTS. Não foram registradas violações ao Padrão Final, estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 491/2018, de 240 µg/m³ para uma média de 24h. Todos os dias foram classificados com qualidade do ar **Boa**.

No Gráfico 4, estão representadas as médias diárias máximas para cada estação onde o parâmetro PTS foi monitorado em 2020.

Gráfico 4 – Médias diárias máximas do poluente PTS no Estado do Paraná no ano de 2020

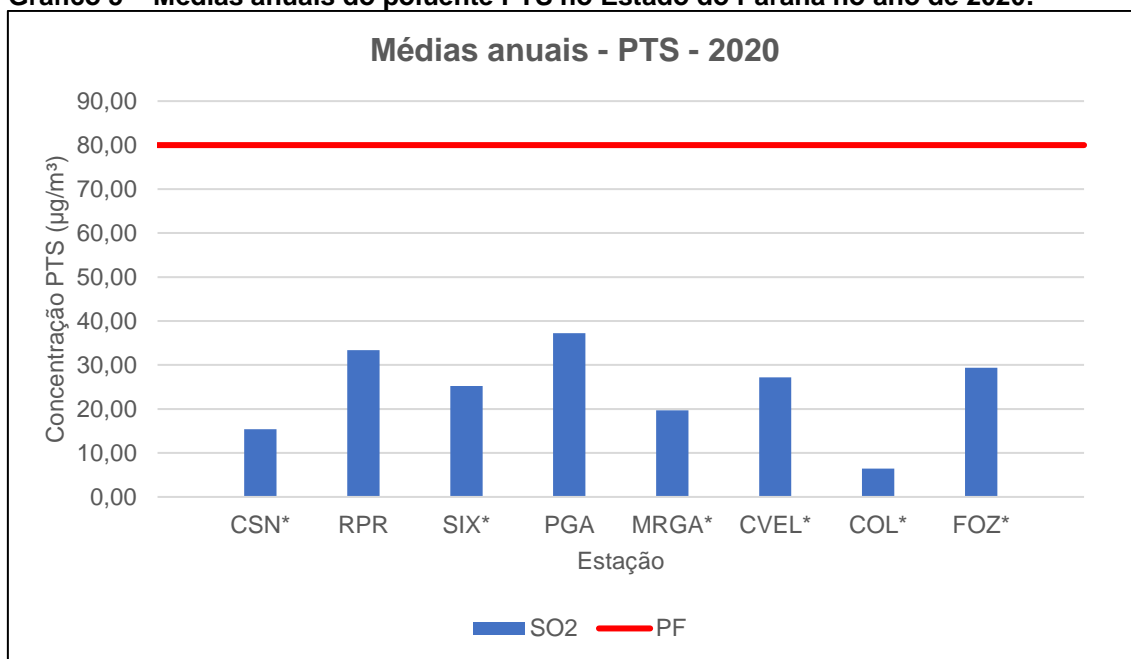


*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

O Gráfico 5 apresenta as médias anuais de PTS para cada estação, em 2020.

Gráfico 5 – Médias anuais do poluente PTS no Estado do Paraná no ano de 2020.

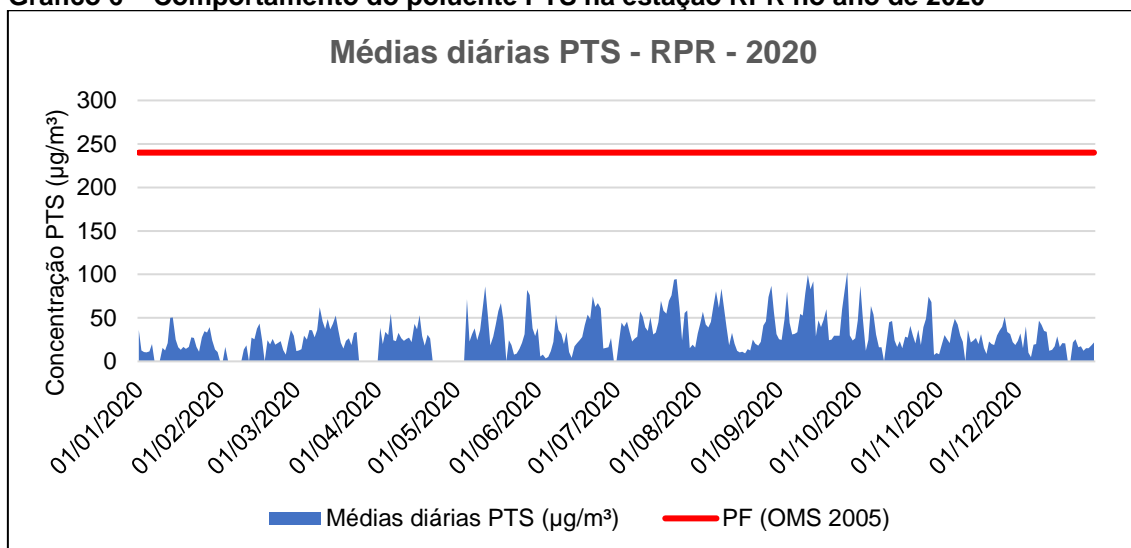


*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

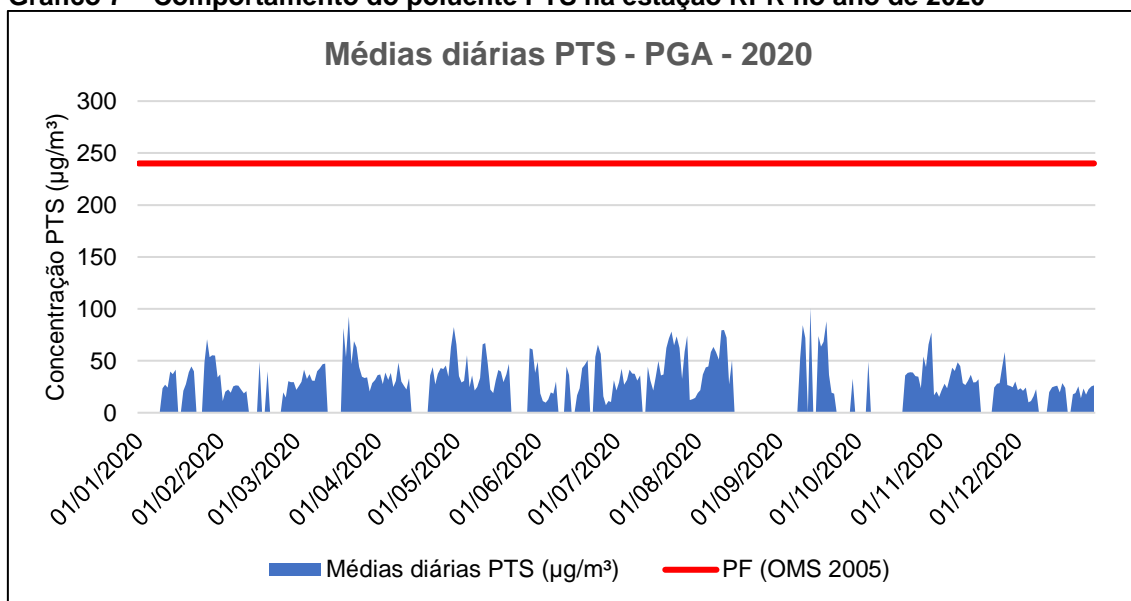
Observa-se que todos os resultados atenderam ao Padrão Final, estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 491/2018, de 80 μg/m³ para a média anual. As duas estações com médias anuais representativas, localizadas em Araucária e Ponta Grossa, apresentaram resultados similares. O Gráfico 6 e o Gráfico 7 apresentam a relação entre as médias diárias e os dias do ano para cada estação.

Gráfico 6 – Comportamento do poluente PTS na estação RPR no ano de 2020



Fonte: Os autores, 2022.

Gráfico 7 – Comportamento do poluente PTS na estação RPR no ano de 2020

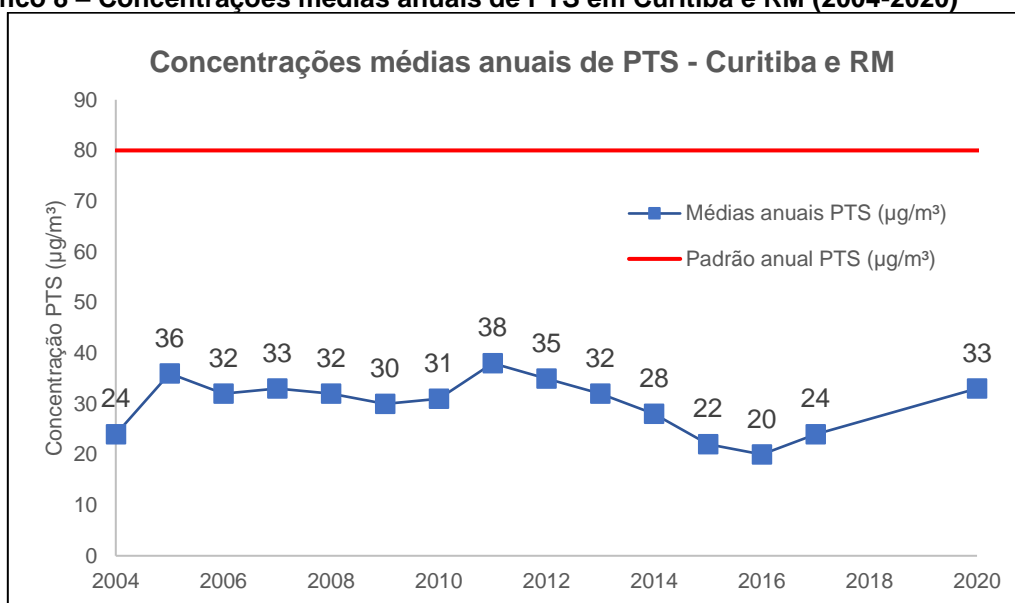


Fonte: Os autores, 2022.

Em ambos os casos, o quadrimestre com maior média de concentração de PTS é o de maio a agosto, de aproximadamente 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A estação PGA manteve as medições mais uniformes ao longo do ano, mudando pouco em cada estação, e obteve a maior média anual.

Em relação aos anos anteriores, é possível observar uma tendência de crescimento das concentrações médias anuais de PTS em Curitiba e Região Metropolitana, desde 2016, como mostra o Gráfico 8.

Gráfico 8 – Concentrações médias anuais de PTS em Curitiba e RM (2004-2020)



Fonte: Os autores, 2022.

O gráfico foi realizado a partir dos dados considerados representativos, ou seja, considera, de forma geral, as estações e parâmetros que atenderam aos critérios para validação. Por esse motivo, os anos de 2018 e 2019 não constam no esquema, pois nenhuma estação atingiu um número suficiente de medições de PTS. Em 2020, portanto, a média anual considerada foi aquela obtida na estação RPR.

Comparando o valor obtido no ano de 2017 com o resultado de 2020, observa-se um aumento de 37,5% na concentração média anual do poluente PTS na Região Metropolitana de Curitiba.

A rede de monitoramento da qualidade do ar foi ampliada para as demais regiões do estado do Paraná em 2019, ano cuja concentração média de PTS resultou em 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, considerando os dados representativos das estações localizadas em Ponta Grossa, Maringá e Cascavel. Em 2020, a média estadual foi obtida a partir de estações em Ponta Grossa e em Araucária (RPR), resultando em 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dessa forma, o aumento foi de cerca de 3% em relação ao ano anterior.

4.2.2. Partículas inaláveis (MP10)

As partículas inaláveis (MP10) foram monitoradas em seis estações, localizadas nos municípios de Colombo (estação COL), Araucária (estação RPR), Londrina (estação LON), Cascavel (estação CVEL), Foz do Iguaçu (FOZ) e Ponta Grossa (PGA). Os resultados das classificações das médias diárias, as médias diárias máximas e a média anual estão apresentados na Tabela 10 – Resultados do monitoramento de MP10.

Tabela 10 – Resultados do monitoramento de MP10 em 2020

Estação	Disp. anual	Média diária máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data da média máxima	Média anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
RPR	82,19%	74,16	12/09/2020	19,78	289	11	0	0
PGA	72,60%	75,45	14/09/2020	20,17	262	3	0	0

LON*	13,97%	37,63	09/11/2020	18,02	51	0	0	0
CVEL*	10,96%	27,88	28/01/2020	13,19	40	0	0	0
COL*	11,23%	93,47	19/06/2020	37,86	41	13	0	0
FOZ*	11,78%	43,59	24/04/2020	23,08	43	0	0	0

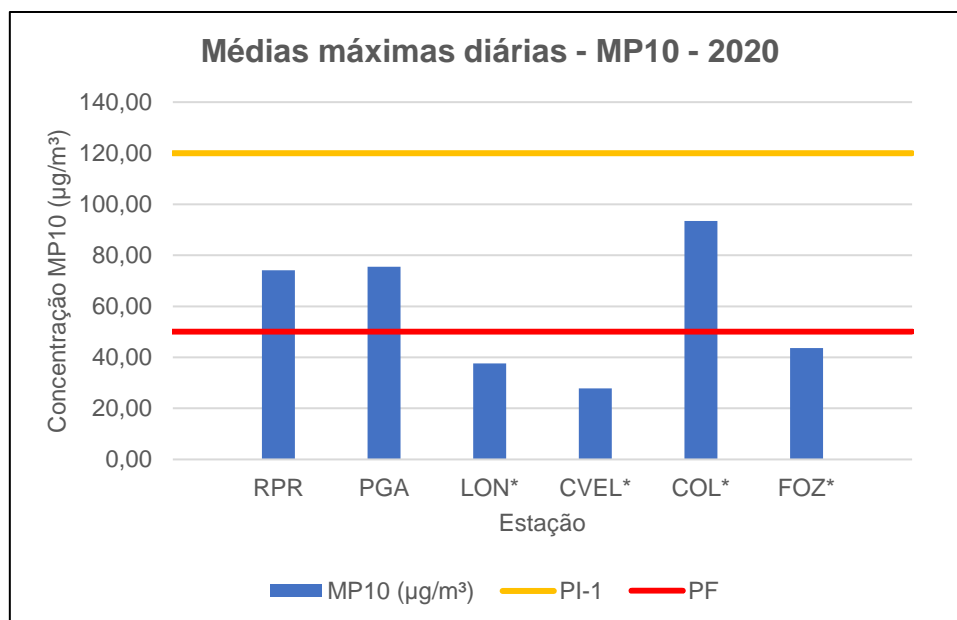
* Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

Em 2020, as estações automáticas LON, CVEL, COL e FOZ não atenderam ao critério de representatividade anual para o poluente MP10. Todas as médias diárias foram classificadas como Boa ou Regular.

No Gráfico 9, estão representadas as médias diárias máximas para cada estação onde o parâmetro MP10 foi monitorado no Estado do Paraná em 2020.

Gráfico 9 – Médias diárias máximas do poluente MP10 no Estado do Paraná no ano de 2020



*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

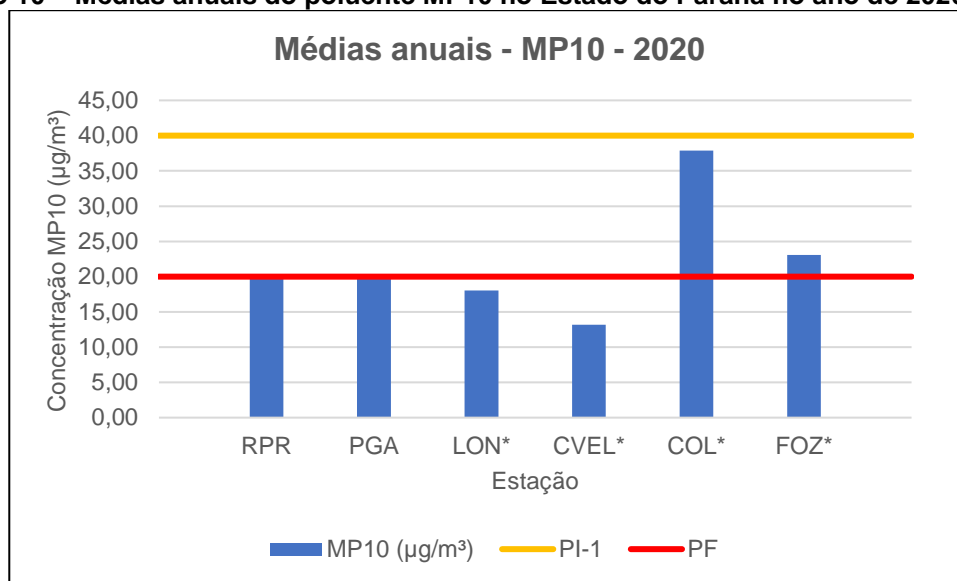
Fonte: Os autores, 2022.

Em 2020, nenhuma média diária ultrapassou o padrão intermediário PI-1 de 120 µg/m³. As estações RPR, PGA e COL obtiveram resultados máximos maiores do que o

Padrão Final, estabelecido pela OMS, de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A quantidade de resultados que ultrapassaram o PF pode ser observada na Tabela 10 – Resultados do monitoramento de MP10 em 2020 (classificação “Regular”).

O Gráfico 10 apresenta as médias anuais de MP10 para cada estação, em 2020. Vale ressaltar que apenas as estações RPR e PGA obtiveram um resultado representativo, ou seja, houve medições suficientes, considerando as diferentes estações do ano.

Gráfico 10 – Médias anuais do poluente MP10 no Estado do Paraná no ano de 2020

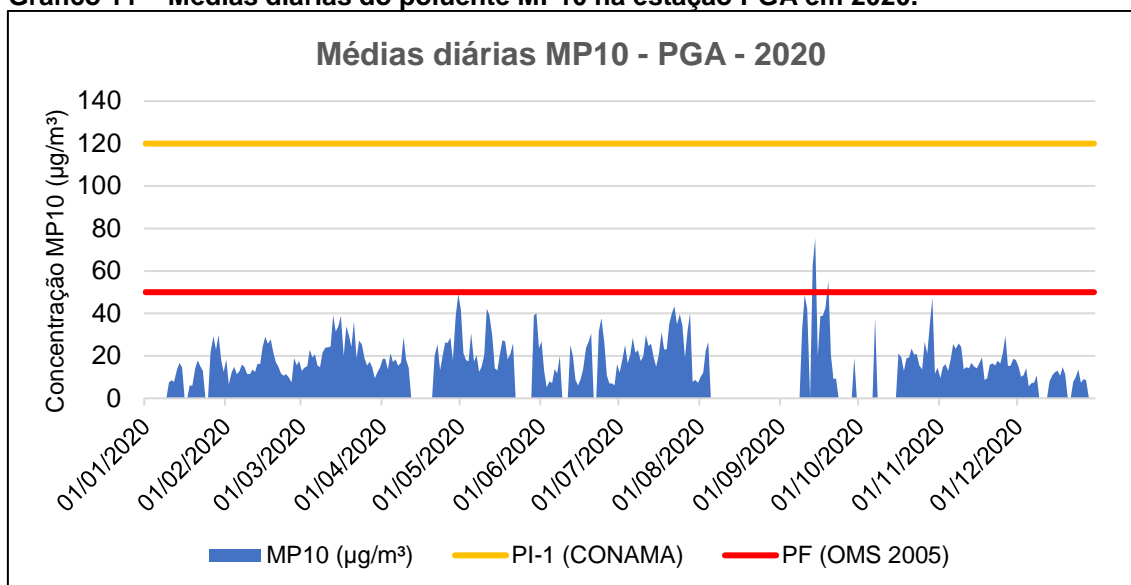


*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

Observa-se que todos os resultados atenderam ao Padrão Intermediário PI-1 referente à média anual, estabelecido pelo CONAMA N°491/2018 como $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o MP10. As estações COL e FOZ resultaram em médias anuais maiores que o Padrão Final de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, definido pela OMS, porém os dados não foram suficientes para considerar representatividade.

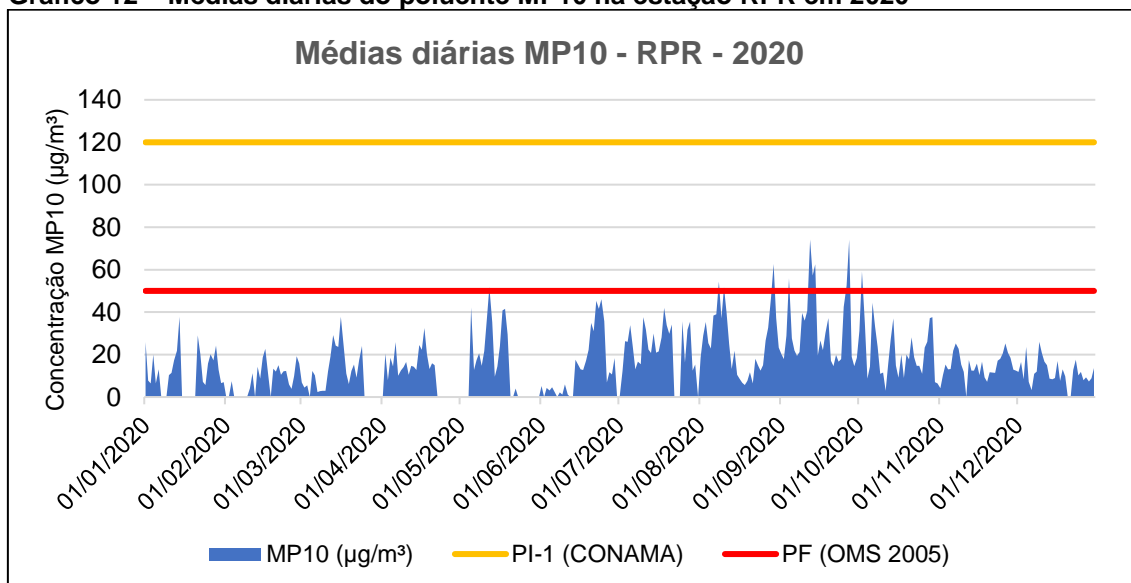
Entre as estações com média anual representativa, a estação PGA ultrapassou o PF, enquanto a estação RPR ficou ligeiramente abaixo desse valor. O Gráfico 11 apresenta o comportamento do MP10 ao longo do ano na estação PGA, por meio da relação entre as médias diárias ao longo do ano.

Gráfico 11 – Médias diárias do poluente MP10 na estação PGA em 2020.

Fonte: Os autores, 2022.

Sendo assim, podemos observar que, durante todo o período avaliado, a estação PGA apresentou classificação **Boa** ou **Regular**, sendo que a última representou cerca de 1% do total de medições válidas.

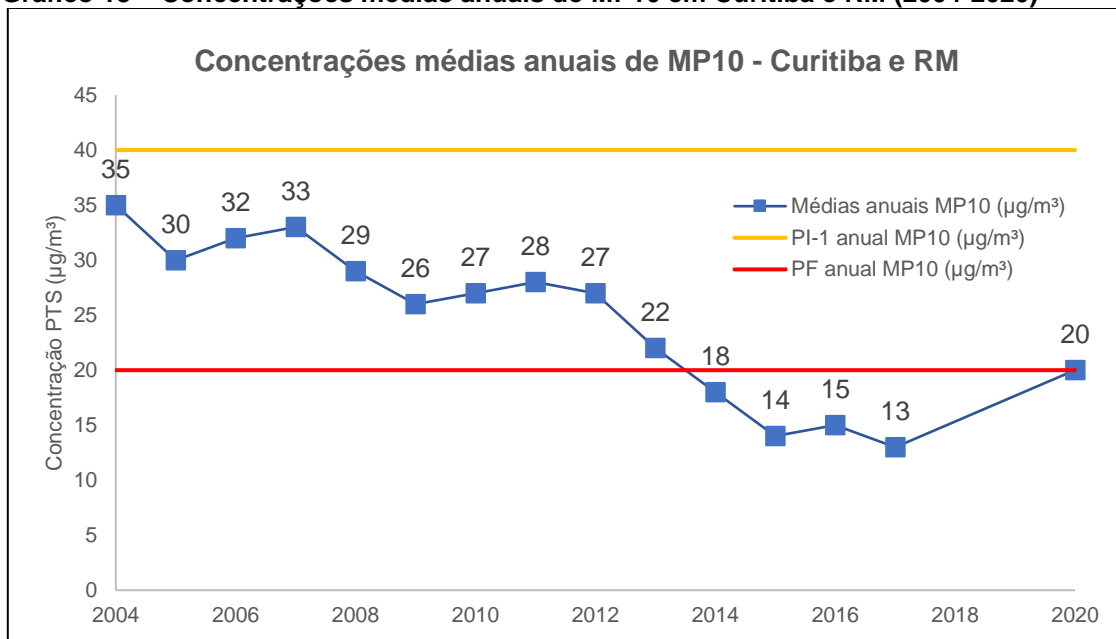
Em Araucária, a estação RPR também apresentou classificações avaliadas como **Boa** ou **Regular**, sendo que apenas 4% das médias diárias ultrapassaram o Padrão Final diário. O Gráfico 12 ilustra a relação entre as médias diárias de MP10, ao longo de 2020, nessa estação.

Gráfico 12 – Médias diárias do poluente MP10 na estação RPR em 2020

Fonte: Os autores, 2022.

Na Região Metropolitana de Curitiba, a concentração média anual de MP10, em 2020, apresentou o resultado mais elevado desde 2014, como é possível observar no Gráfico 13.

Gráfico 13 – Concentrações médias anuais de MP10 em Curitiba e RM (2004-2020)



Fonte: Os autores, 2022.

O gráfico foi realizado a partir dos dados considerados representativos, ou seja, considera, de forma geral, as estações e parâmetros que atenderam aos critérios para validação. Por esse motivo, os anos de 2018 e 2019 não constam no esquema, pois nenhuma estação atingiu um número suficiente de medições de MP10.

Observa-se um aumento de 54% na concentração média anual do poluente MP10, na Região Metropolitana de Curitiba, quando comparado ao valor obtido no ano de 2017.

A rede de monitoramento da qualidade do ar foi ampliada para as demais regiões do estado do Paraná em 2019, porém, nesse ano, nenhuma estação localizada no interior obteve uma média anual representativa para o poluente MP10. Para fins de comparação, consideramos o resultado obtido na estação de Cascavel, pois esteve disponível em mais de 50% do ano.

Assim, a concentração média anual de MP10 no Paraná se manteve praticamente a mesma entre 2019 e 2020, caindo ligeiramente de 21 µg/m³ para 20

$\mu\text{g}/\text{m}^3$. Em 2020, o cálculo foi realizado considerando as estações RPR (Araucária) e PGA (Ponta Grossa).

4.2.3. Dióxido de enxofre (SO_2)

O dióxido de enxofre, SO_2 , foi monitorado em cinco estações de monitoramento no ano de 2020, sendo três em Araucária (RPR, CSN e ASS), uma em Colombo (COL) e uma em São Mateus do Sul (SIX). Os resultados referentes às classificações das médias diárias, médias anuais e médias diárias máximas estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados do monitoramento de SO_2 de 2020

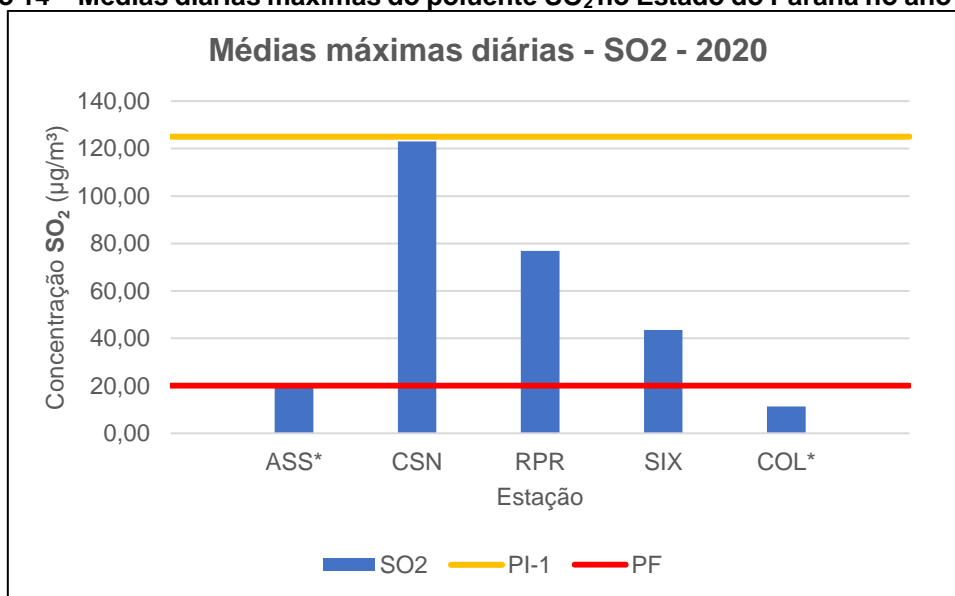
Estação	Disp. anual	Média diária máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data da média máxima	Média anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
ASS*	31,5%	20,23	08/05/2020	2,43	127	1	0	0
CSN	94,5%	122,97	22/01/2020	17,13	243	102	0	0
RPR	85,5%	76,83	29/05/2020	4,23	291	21	0	0
SIX	77,8%	43,55	17/05/2020	3,55	277	7	0	0
COL*	22,5%	11,24	10/09/2020	5,04	82	0	0	0

*Não atende ao critério de representatividade.

Fonte: Os autores, 2022.

Em 2020, a estação automática COL não atendeu ao critério de representatividade anual para o poluente SO_2 . As estações avaliadas apresentaram classificação **Boa** ou **Regular** para esse parâmetro.

As médias diárias máximas de SO_2 para cada estação estão dispostas no Gráfico 14, assim como os Padrões Intermediário (PI-1) e Final (PF).

Gráfico 14 – Médias diárias máximas do poluente SO₂ no Estado do Paraná no ano de 2020

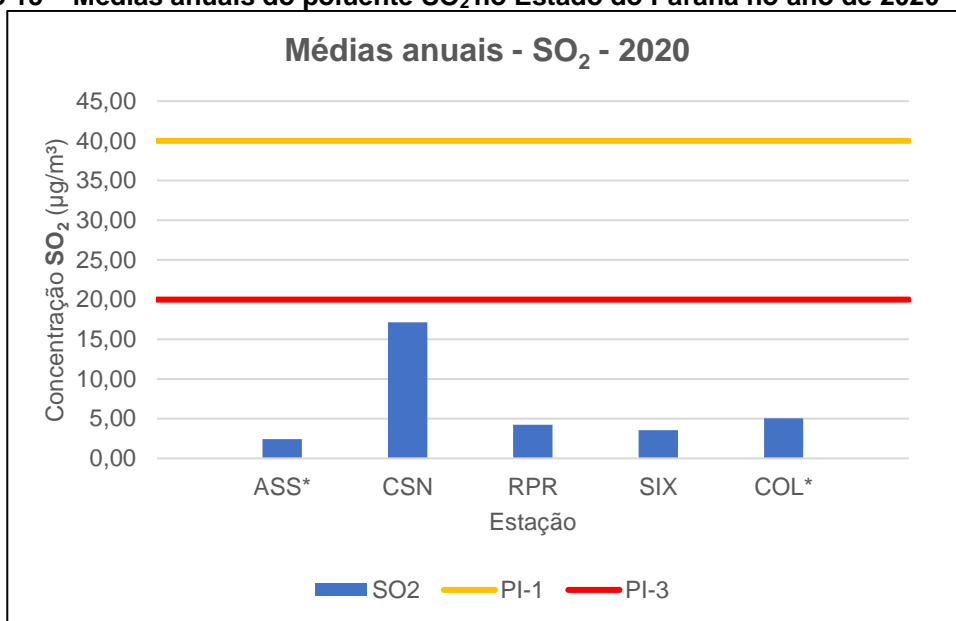
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

Em 2020, nenhuma média diária ultrapassou o padrão intermediário PI-1 de 125 µg/m³ para 24h. As estações CSN, RPR, SIX e ASS obtiveram resultados máximos maiores do que o Padrão Final, estabelecido pela OMS, de 20 µg/m³ para 24h. A quantidade de resultados que ultrapassaram o PF pode ser observada na Tabela 11 – Resultados do monitoramento de SO₂ (classificação “Regular”).

O Gráfico 15 apresenta as médias anuais de SO₂ para cada estação, em 2022. De acordo com o CONAMA Nº 491/2018, não há um Padrão Final para a média anual do dióxido de enxofre, portanto consta no gráfico o Padrão Intermediário PI-3 em seu lugar.

Gráfico 15 – Médias anuais do poluente SO₂ no Estado do Paraná no ano de 2020



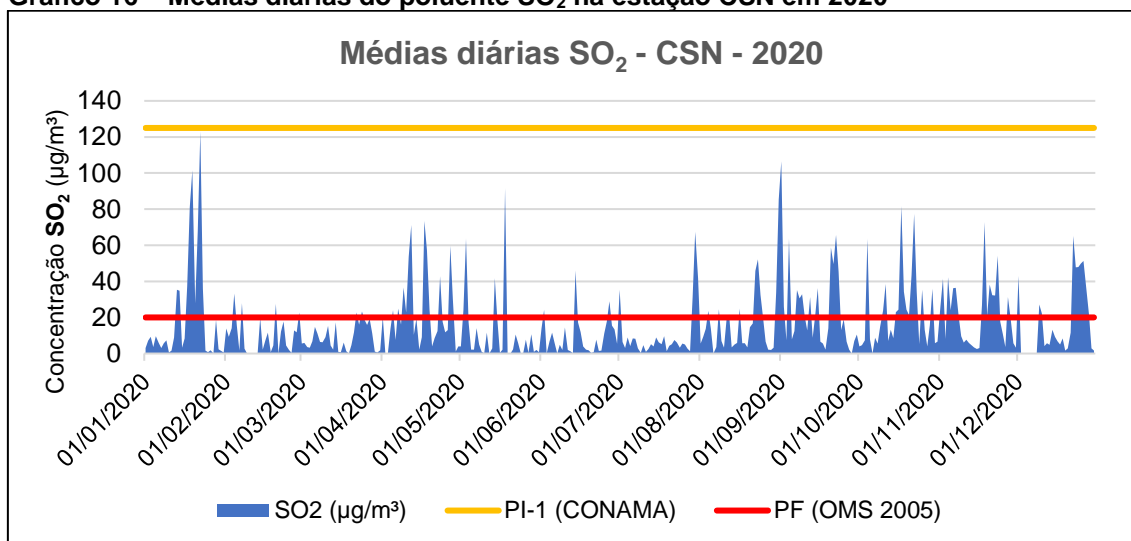
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

Todas as estações avaliadas atenderam ao PI-3 anual de 20 µg/m³. A maior média anual foi registrada na estação CSN, resultado considerado representativo, assim como aqueles obtidos nas estações RPR e SIX.

O Gráfico 16 apresenta as médias diárias obtidas para esse parâmetro, na estação CSN, em 2020. Cerca de 30% das médias foram classificadas como **Regular** e o restante como **Boa**.

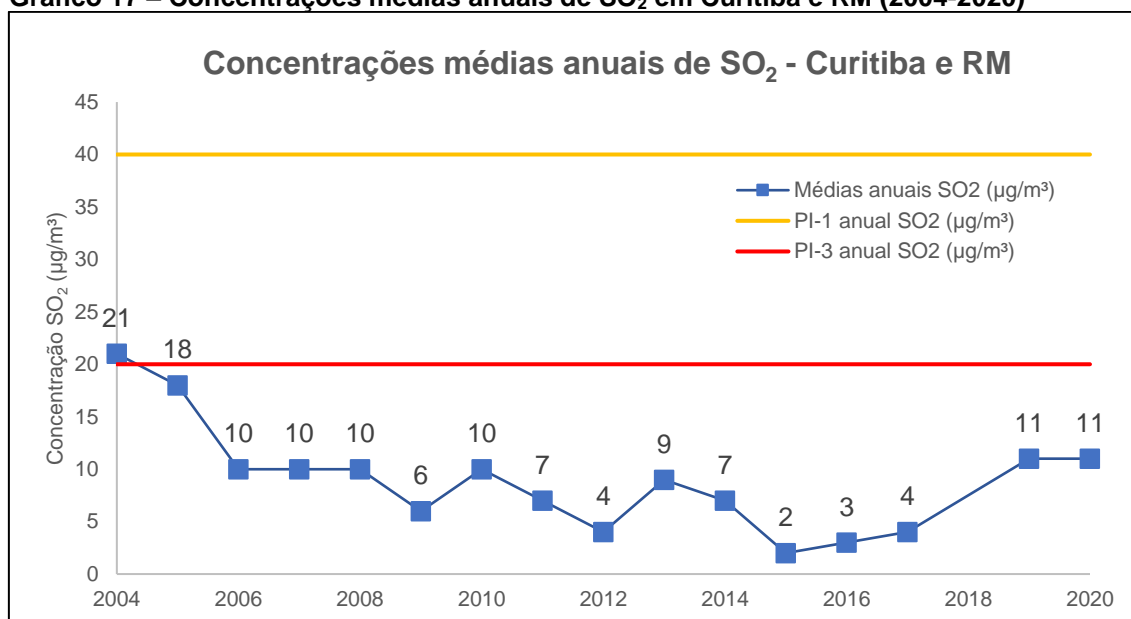
Gráfico 16 – Médias diárias do poluente SO₂ na estação CSN em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

No Gráfico 17, está representada a evolução das concentrações médias anuais para o dióxido de enxofre no período de 2004 a 2020, considerando as estações automáticas de Curitiba e Região Metropolitana. Para compor o gráfico, foram consideradas apenas as médias anuais que atenderam ao critério de representatividade. O ano de 2018 não consta no esquema, pois nenhum resultado atendeu tal critério.

Gráfico 17 – Concentrações médias anuais de SO₂ em Curitiba e RM (2004-2020)



Fonte: Os autores, 2022.

Assim, nota-se que a média anual do poluente foi a mesma para os anos de 2019 e 2020, porém aumentou em quase três vezes quando comparado ao resultado anterior, de 2017, atingindo o maior valor desde 2006.

Em relação à abrangência estadual, a concentração média anual de SO₂ também se manteve constante entre 2019 e 2020, sendo de 8 µg/m³. Como a expansão da rede de monitoramento começou apenas em 2019, ainda não há dados suficientes para apresentar uma série histórica considerando todo o estado do Paraná.

4.2.4. Monóxido de carbono (CO)

As concentrações de monóxido de carbono foram registradas em sete estações, sendo uma em Curitiba (estação CIC), uma em Araucária (estação RPR), uma em São

Mateus do Sul (estação SIX), uma em Ponta Grossa (estação PGA), uma em Maringá (MRGA), uma em Cascavel (CVEL) e uma em Colombo (COL). A Tabela 12 apresenta os resultados referentes às classificações das médias diárias, médias máximas obtidas no período de 8 horas e médias anuais. As médias diárias foram calculadas considerando a máxima média móvel obtida no dia (intervalo de 8h).

Tabela 12 – Resultados do monitoramento de CO em 2020

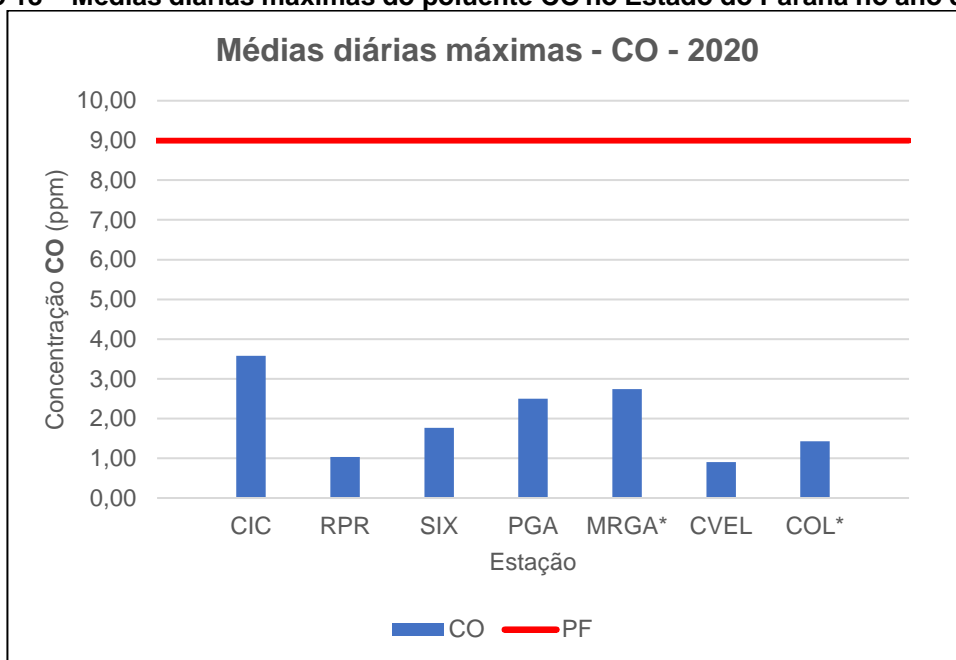
Estação	Disp. anual	Média máxima obtida ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Data da média máxima	Média anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
CIC	64,9%	3,58	28/08/2020	0,68	237	0	0	0
RPR	85,8%	1,04	10/05/2020	0,24	313	0	0	0
SIX	75,9%	1,77	09/12/2020	0,50	277	0	0	0
PGA	81,9%	2,50	05/10/2020	0,86	299	0	0	0
MRGA*	13,7%	2,74	21/02/2020	0,37	50	0	0	0
CVEL	81,9%	0,90	03/10/2022	0,27	299	0	0	0
COL*	25,8%	1,43	29/05/2020	0,38	94	0	0	0

*Não atende ao critério de representatividade.

Fonte: Os autores, 2022.

Caso fosse considerado um padrão para a média anual, em 2020, as estações automáticas MRGA e COL não atenderiam ao critério de representatividade anual para o poluente CO. Todavia, a Resolução CONAMA Nº 491/2018 não estabelece tal padrão. Todas as estações avaliadas apresentaram classificação **Boa** para esse parâmetro.

O Gráfico 18 reúne a média diária máxima de CO de cada estação, além do padrão de qualidade do ar final a ser considerado. De acordo com a Resolução, há apenas o Padrão Final, de 9 ppm, referente ao período de 8 horas.

Gráfico 18 – Médias diárias máximas do poluente CO no Estado do Paraná no ano de 2020

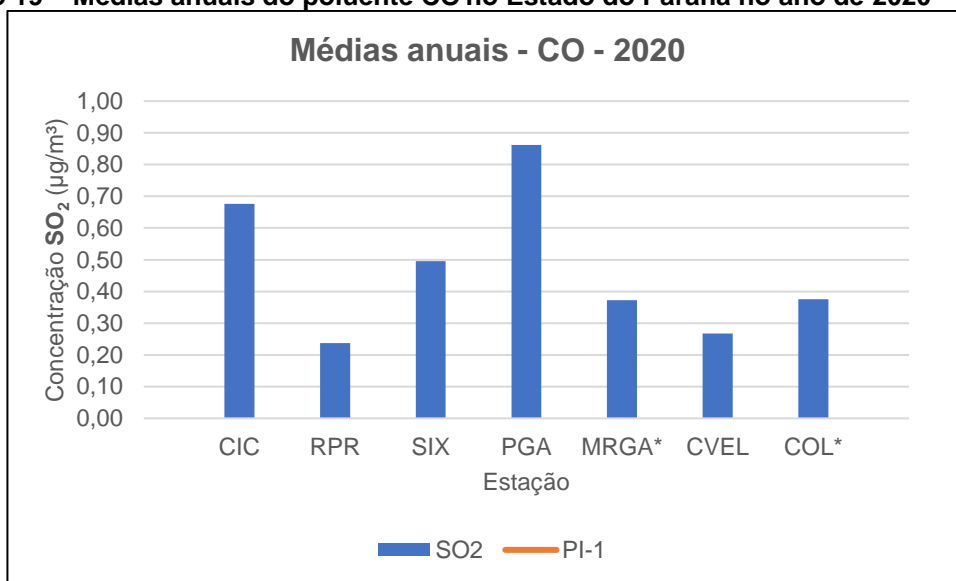
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

No ano avaliado, nenhuma estação obteve média diária de CO maior que o padrão de 9 ppm. O maior resultado ocorreu na estação CIC, em Curitiba.

Para fins de comparação, o Gráfico 19 apresenta as médias anuais de CO obtidas em cada estação.

Gráfico 19 – Médias anuais do poluente CO no Estado do Paraná no ano de 2020

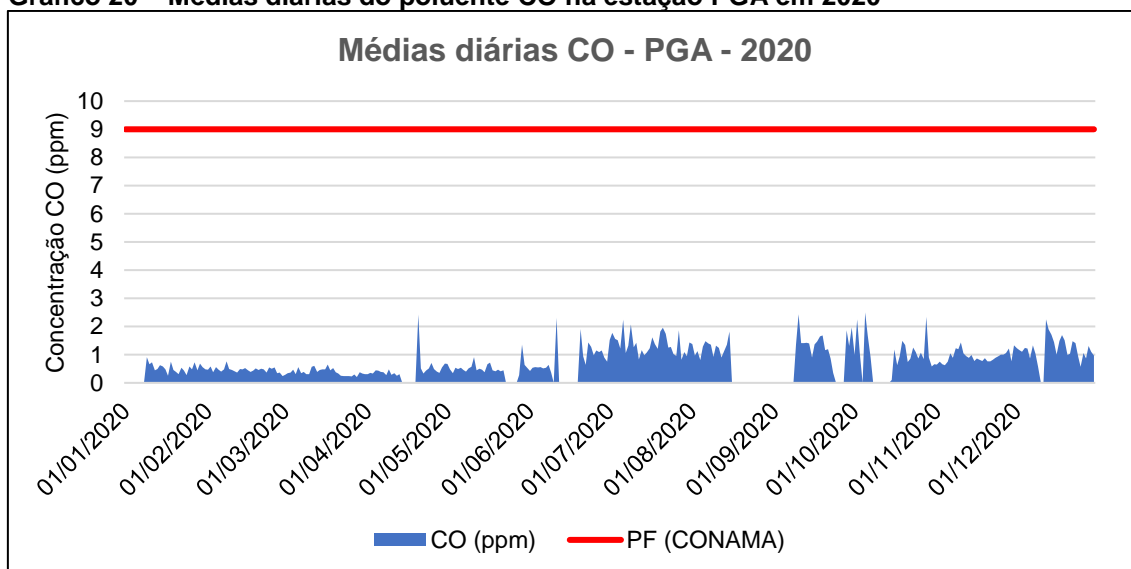


*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

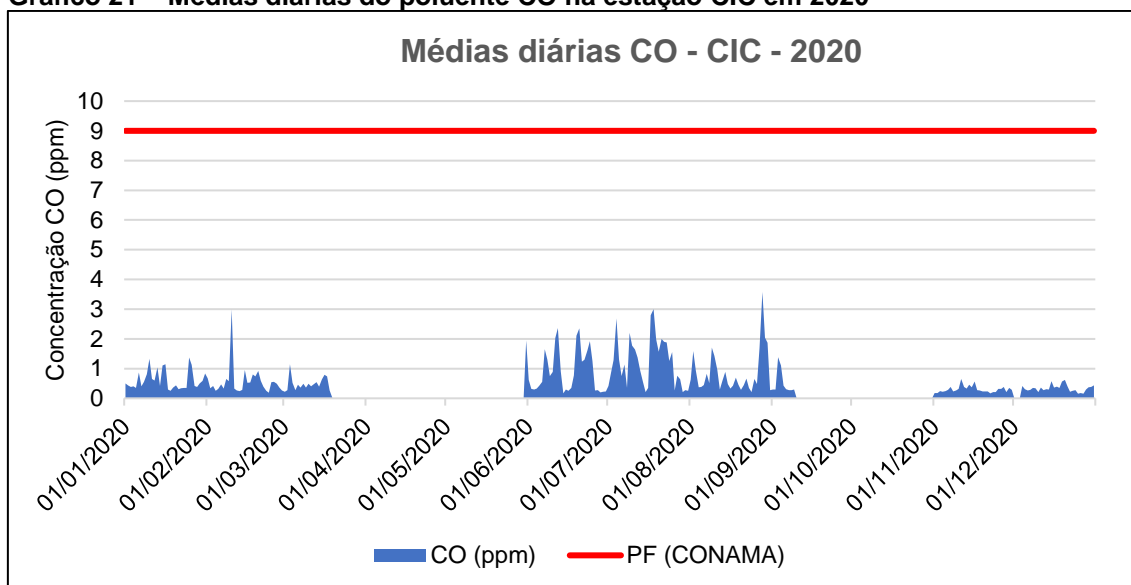
Considerando as cinco estações com resultado anual representativo (CIC, RPR, SIX, PGA e CVEL), em 2020, a média entre os valores foi de 0,51 ppm. A maior média anual ocorreu na estação PGA, em Ponta Grossa, seguida da estação CIC, em Curitiba. A relação entre as médias diárias (máxima média de 8h) ao longo do ano para essas duas estações estão apresentadas no Gráfico 20 e no Gráfico 21, respectivamente.

Gráfico 20 – Médias diárias do poluente CO na estação PGA em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

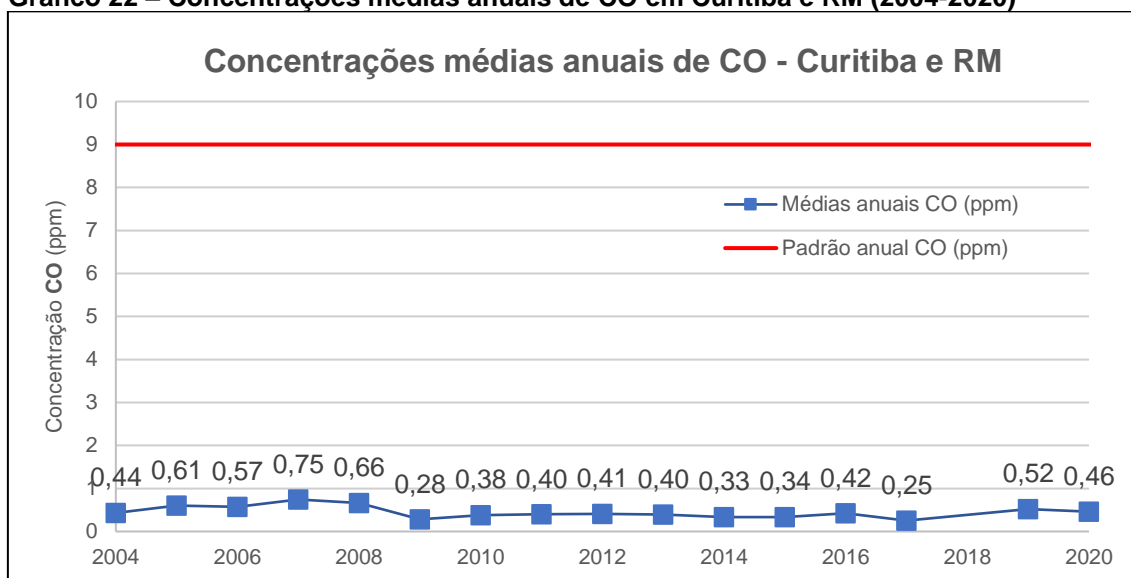
Gráfico 21 – Médias diárias do poluente CO na estação CIC em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

Em Curitiba e Região Metropolitana, a evolução das concentrações médias anuais para o dióxido de carbono, no período de 2004 a 2020, está representada no Gráfico 22. Nos cálculos, foram consideradas apenas as médias anuais que atenderam ao critério de representatividade. O ano de 2018 não consta no esquema, pois nenhum resultado atendeu tal critério.

Gráfico 22 – Concentrações médias anuais de CO em Curitiba e RM (2004-2020)



Fonte: Os autores, 2022.

Em 2020, observa-se uma ligeira queda da concentração média anual em relação ao ano de 2019. No geral, a concentração de CO ao longo dos anos tem pouca variação.

Em relação à abrangência estadual, em 2019, a concentração média anual de CO foi de 0,47 ppm, e em 2020, o resultado foi de 0,53 ppm. Apesar da variação ser pequena, percebe-se um aumento de quase 13% na média anual desse poluente no Paraná. Em 2019, as estações consideradas foram CIC, SIX, PGA, CVEL e MRGA; já em 2020, as estações CIC, SIX, RPR, PGA e CVEL obtiveram resultados válidos para o cálculo da média anual. Como a expansão da rede de monitoramento começou apenas em 2019, ainda não há dados suficientes para apresentar uma série histórica considerando todo o estado.

4.2.5. Ozônio (O₃)

Em 2020, as concentrações de ozônio foram registradas em oito estações, situadas nas cidades de Araucária (estações CSN, RPR e ASS), São Mateus do Sul (estação SIX), Ponta Grossa (estação PGA), Maringá (estação MRGA), Londrina (estação LON), Cascavel (estação CVEL) e Foz do Iguaçu (estação FOZ). Os resultados referentes às classificações das médias diárias, médias máximas obtidas no período de 8 horas e médias anuais constam na Tabela 13. As médias diárias foram calculadas considerando a máxima média móvel obtida no dia (intervalo de 8h).

Tabela 13 – Resultados do monitoramento de O₃ em 2020

Estação	Disp. anual	Média diária máxima (µg/m ³)	Data da média máxima	Média anual (µg/m ³)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
ASS*	52,3%	90,90	14/09/2020	51,44	189	0	0	0
CSN	97,3%	104,09	06/10/2020	41,06	354	1	0	0
RPR*	10,4%	37,30	26/01/2020	18,85	38	0	0	0

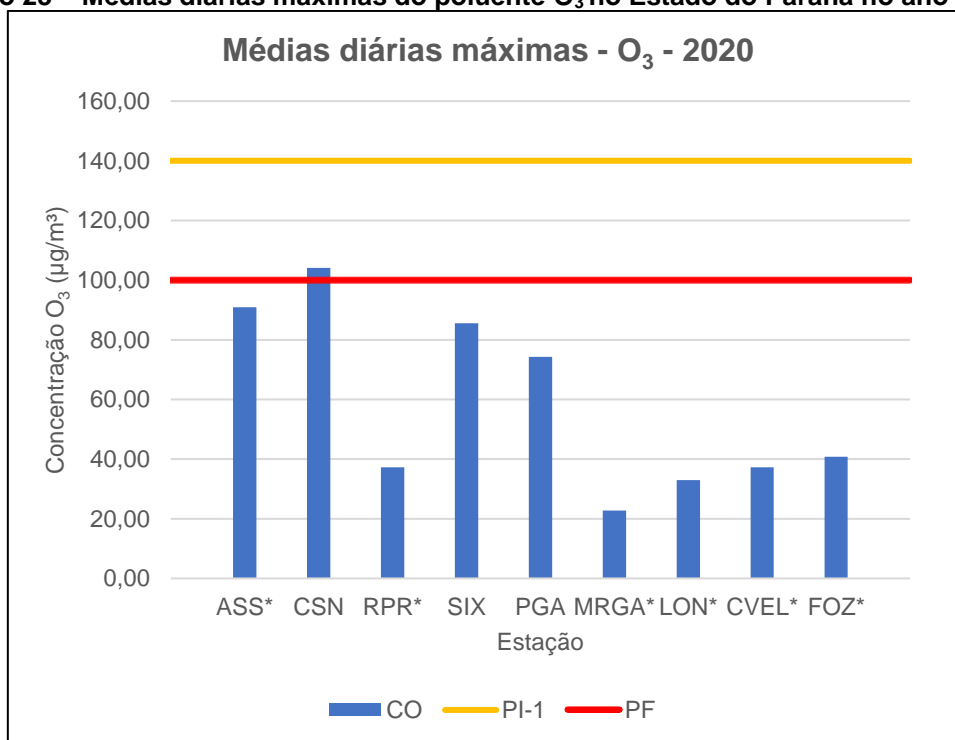
SIX	84,7%	85,53	02/10/2020	39,60	309	0	0	0
PGA	84,4%	74,30	14/09/2020	32,83	308	0	0	0
MRGA*	8,8%	22,75	22/02/2020	11,08	32	0	0	0
LON*	50,7%	32,93	08/10/2020	15,33	185	0	0	0
CVEL*	10,4%	37,30	26/01/2020	18,85	38	0	0	0
FOZ*	32,1%	40,76	08/03/2020	20,95	117	0	0	0

*Não atende ao critério de representatividade anual.

Fonte: Os autores, 2022.

As estações ASS, RPR, MRGA, LON, CVEL e FOZ não atenderam ao critério de representatividade anual para o poluente O₃, porém a Resolução CONAMA N° 491/2018 não estabelece padrão para esse período. As estações avaliadas apresentaram classificações **Boa** ou **Regular** para esse parâmetro.

As médias diárias máximas de O₃ para cada estação estão dispostas no Gráfico 23, assim como os padrões intermediário (PI-1) e final (PF).

Gráfico 23 – Médias diárias máximas do poluente O₃ no Estado do Paraná no ano de 2020

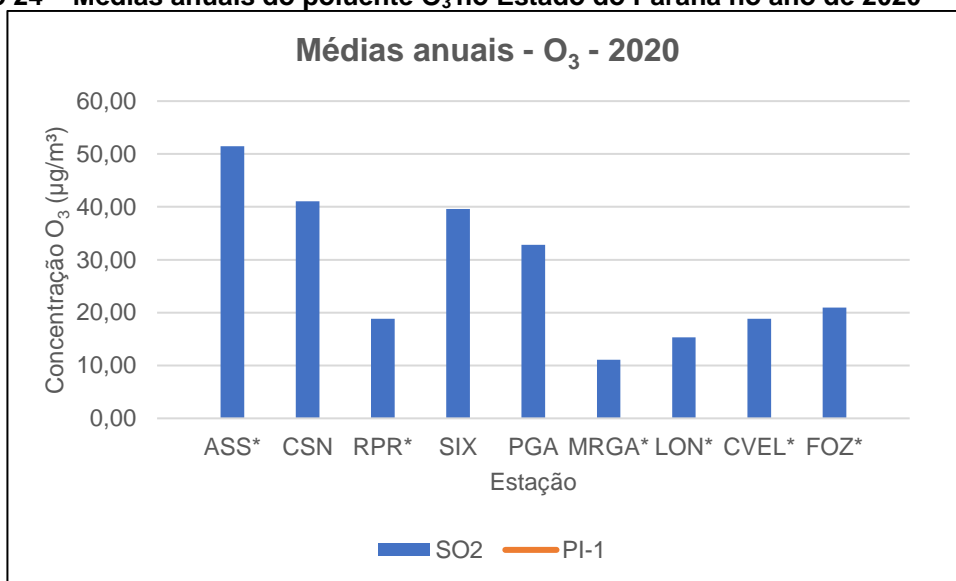
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

Em 2020, nenhuma média diária ultrapassou o padrão intermediário PI-1 de 140 µg/m³. A estação CIC obteve apenas um resultado maior do que o Padrão Final, estabelecido pela OMS, de 100 µg/m³. As demais estações não apresentaram resultados maiores que o PF.

A fim de comparar os resultados, o Gráfico 24 apresenta as médias anuais de O₃ obtidas em cada estação.

Gráfico 24 – Médias anuais do poluente O₃ no Estado do Paraná no ano de 2020

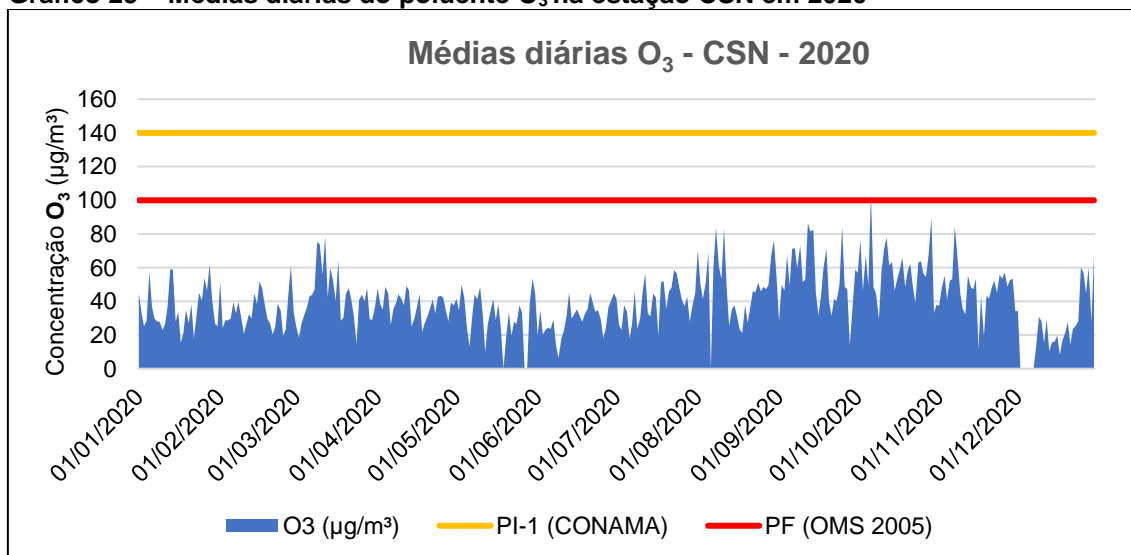


*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

Considerando as três estações com resultado anual representativo (CSN, SIX e PGA), a média total anual foi de 37,83 µg/m³, em 2020. A estação CSN, localizada em Araucária, obteve a maior média diária máxima e a maior média anual. A relação entre as médias diárias (máxima média de 8h) ao longo do ano para essa estação está apresentada no Gráfico 25.

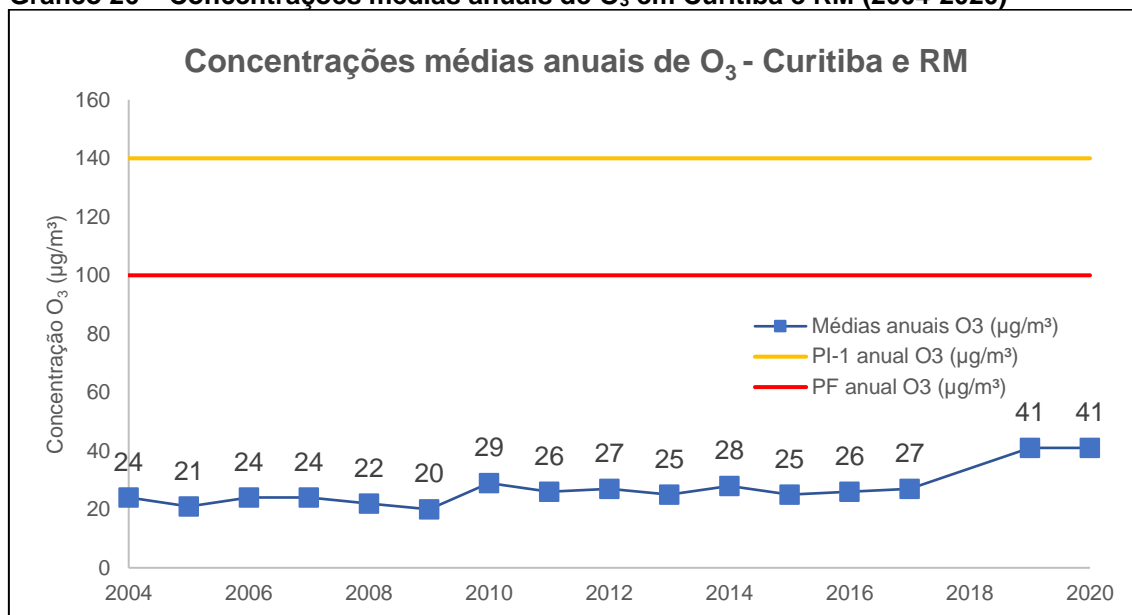
Gráfico 25 – Médias diárias do poluente O₃ na estação CSN em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

No Gráfico 26, está representada a evolução das concentrações médias anuais para o ozônio no período de 2004 a 2020, considerando as estações automáticas de Curitiba e Região Metropolitana. Para compor o gráfico, foram consideradas apenas as médias anuais que atenderam ao critério de representatividade. O ano de 2018 não consta no esquema, pois nenhum resultado atendeu tal critério.

Gráfico 26 – Concentrações médias anuais de O₃ em Curitiba e RM (2004-2020)



Fonte: Os autores, 2022.

Assim, nota-se que a concentração média anual desse poluente foi a mesma para os anos de 2019 e 2020, na região da capital, atingindo o maior valor da série histórica. Nesses anos, a única estação considerada foi a da CSN, localizada em Araucária.

Considerando todo o estado, a concentração média anual de O₃ se manteve praticamente constante entre 2019 e 2020, variando de 37 µg/m³ para 38 µg/m³. Como a expansão da rede de monitoramento começou apenas em 2019, ainda não há dados suficientes para apresentar uma série histórica estadual.

4.2.6. Dióxido de nitrogênio (NO₂)

As concentrações de NO₂ foram registradas em sete estações automáticas, localizadas em Curitiba, na estação CIC, em Araucária, nas estações CSN e RPR, em Ponta Grossa (estação PGA), em São Mateus do Sul (estação SIX), em Maringá

(estação MRGA) e em Londrina (estação LON). Na Tabela 14, são apresentadas as médias horárias máximas, as médias anuais registradas e a classificação das médias diárias (considerando a média horária máxima em 24h).

Tabela 14 – Resultados do monitoramento de NO₂ em 2020

Estação	Disp. anual	Média horária máxima (µg/m ³)	Horário da média máxima	Média anual (µg/m ³)	Nº de classificações das médias diárias**			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
CIC*	41,4%	202,84	10/08/2020 19:00	18,55	150	1	0	0
CSN	95,9%	218,08	23/07/2020 09:00	25,60	249	1	0	0
RPR	75,9%	211,42	08/08/2020 10:00	24,84	276	1	0	0
SIX	73,4%	119,04	22/07/2020 19:00	14,67	268	0	0	0
PGA*	43,6%	96,59	10/09/2020 19:00	14,54	159	0	0	0
MRGA*	14,5%	10,48	05/02/2020 21:00	3,99	53	0	0	0
LON*	49,9%	92,81	11/09/2020 20:00	16,07	182	0	0	0

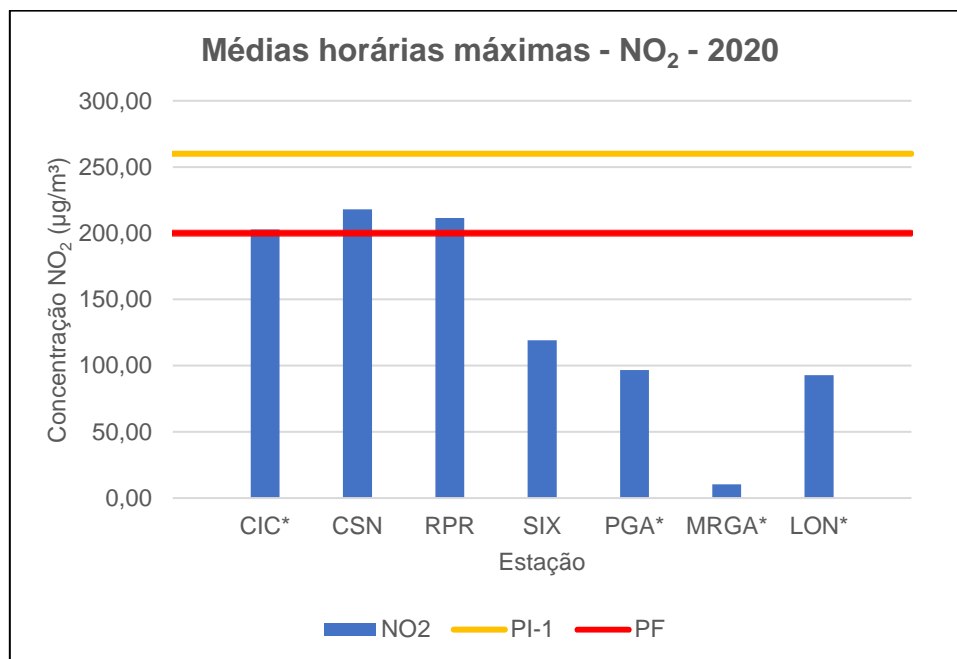
*Não atende ao critério de representatividade

**Considerando a média horária máxima em 24h

Fonte: Os autores, 2022.

As estações CIC, PGA, MRGA e LON não atenderam ao critério de representatividade anual para o poluente NO₂. As estações avaliadas apresentaram classificações diárias **Boa** ou **Regular** para esse parâmetro.

As médias horárias máximas de NO₂ para cada estação estão dispostas no Gráfico 27, assim como os padrões intermediário (PI-1) e final (PF).

Gráfico 27 – Médias horárias máximas do poluente NO₂ no Estado do Paraná no ano de 2020

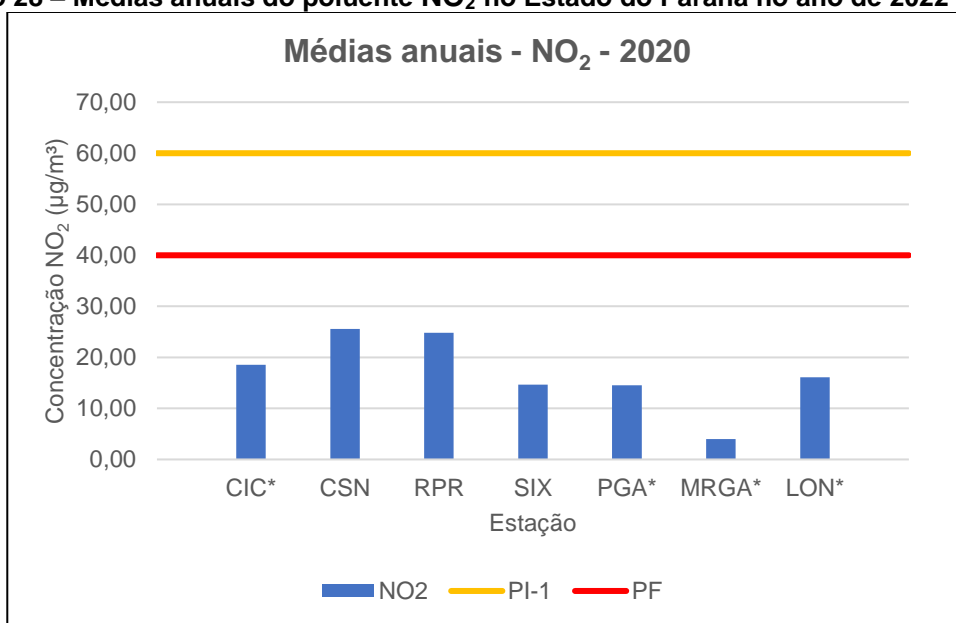
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

Em 2020, as médias horárias máximas obtidas nas estações CSN, RPR e CIC ultrapassaram o Padrão Final 1 de 200 μg/m³, sendo os únicos resultados acima desse limite (classificação **Regular**).

O Gráfico 28 apresenta as médias anuais de NO₂ para cada estação, em 2020, e os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N^o 491/2018.

Gráfico 28 – Médias anuais do poluente NO₂ no Estado do Paraná no ano de 2022



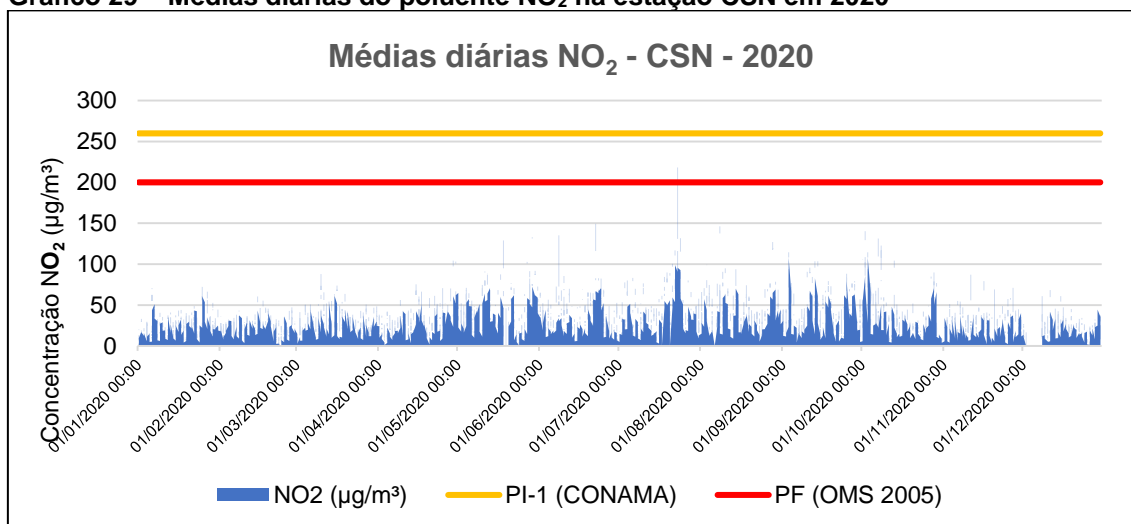
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2022.

Todas as estações avaliadas atenderam ao PI-1 de 60 µg/m³ e ao PF de 40 µg/m³. Entre os resultados anuais representativos, a maior média anual foi registrada na estação CSN, seguida da estação RPR e da estação SIX.

O Gráfico 29 apresenta o comportamento das médias horárias de NO₂, obtidas na estação CSN, ao longo do ano de 2020. Houve um único registro de violação ao PF.

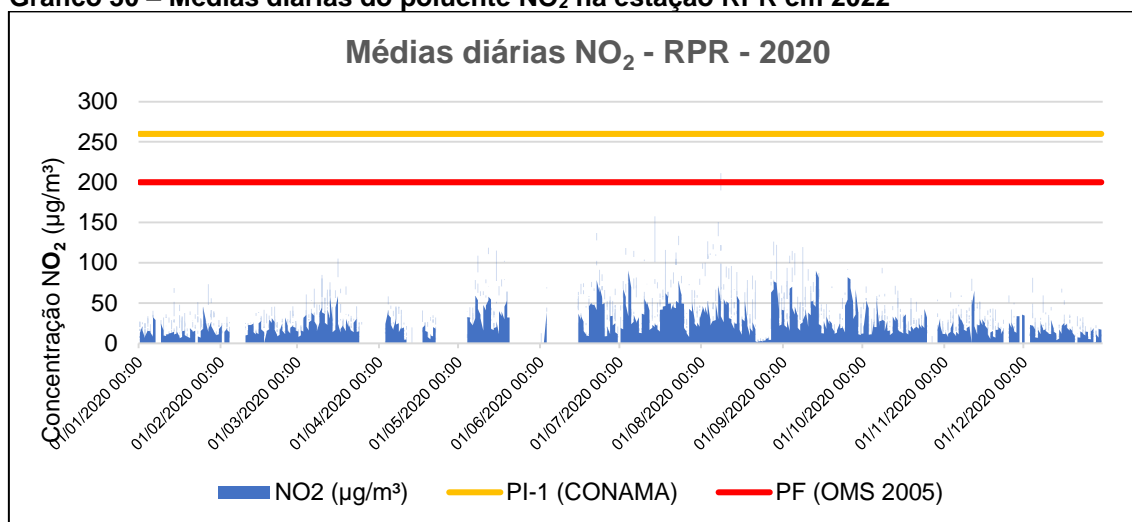
Gráfico 29 – Médias diárias do poluente NO₂ na estação CSN em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

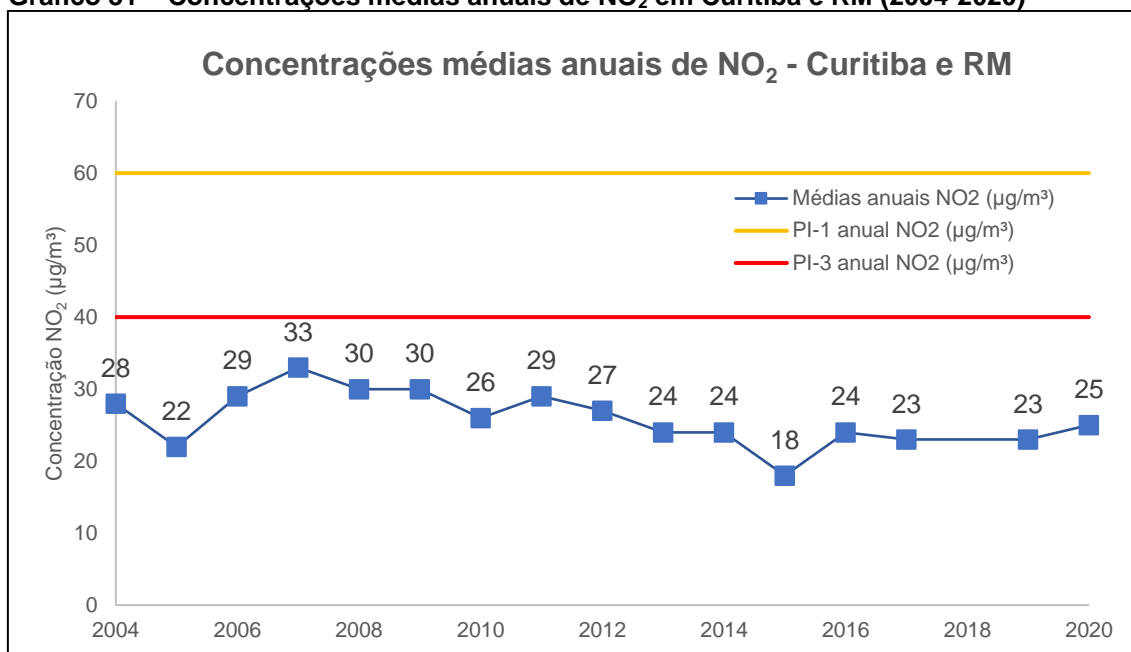
No Gráfico 30, estão apresentadas as médias horárias obtidas na estação RPR, localizada também em Araucária. Novamente, houve um único registro de violação ao PF.

Gráfico 30 – Médias diárias do poluente NO₂ na estação RPR em 2022



Fonte: Os autores, 2022.

Em Curitiba e Região Metropolitana, a evolução das concentrações médias anuais para o dióxido de nitrogênio, no período de 2004 a 2020, está representada no Gráfico 31. Nos cálculos, foram consideradas apenas as médias anuais que atenderam ao critério de representatividade. O ano de 2018 não consta no esquema, pois nenhum resultado atendeu tal critério.

Gráfico 31 – Concentrações médias anuais de NO₂ em Curitiba e RM (2004-2020)

Fonte: Os autores, 2022.

Em 2020, observa-se um pequeno aumento da concentração média anual em relação ao ano de 2019.

Em relação à abrangência estadual, em 2019, a concentração média anual de NO₂ foi de 12 µg/m³, e em 2020, o resultado foi de 22 µg/m³, sendo o aumento de 83%. Em 2019, as estações consideradas foram CSN, PGA, LON e MRGA; já em 2020, as estações CSN, RPR e SIX obtiveram resultados válidos para o cálculo da média anual (sendo as três estações com abrangência do tipo “Industrial”). Como a expansão da rede de monitoramento começou apenas em 2019, ainda não há dados suficientes para apresentar uma série histórica considerando todo o estado.

4.3. Registro de violações ao Padrão Intermediário PI-1

Em 2020, não foi registrada nenhuma ocorrência de violação ao Padrão Intermediário PI-1. Todas as estações apresentaram médias abaixo dos respectivos padrões de cada poluente.

4.4. Registro de violações ao Padrão Final PF

Na Tabela 15, podemos observar as violações ocorridas no ano de 2020, por município, estação, e por parâmetro monitorado. Tais dados servem como indicador de qualidade do ar, uma vez que mostram dias nos quais a qualidade do ar esteve fora da faixa “Boa”.

Tabela 15 – Número de violações ao Padrão Final por parâmetros observados em 2020

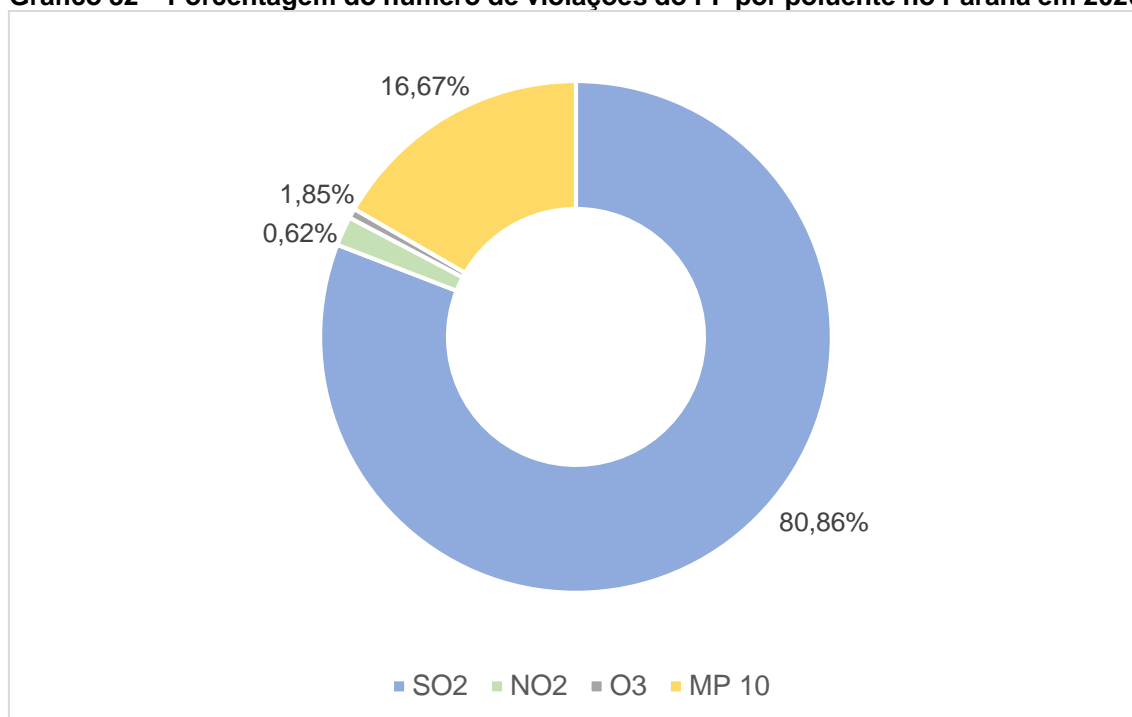
Cidade	Estação	CO	SO ₂	NO ₂ **	O ₃	MP 10	PTS
Curitiba	CIC	0	*	1	*	*	*
	ASS	0	1	0	0	0	0
Araucária	CSN	*	102	1	1	*	0
	RPR	0	21	1	0	11	0
São Mateus do Sul	SIX	0	7	0	0	*	0
Ponta Grossa	PGA	0	*	0	0	3	0
Maringá	MRGA	0	*	0	0	*	0
Londrina	LON	*	*	0	0	0	*
Cascavel	CVEL	0	*	*	0	0	0
Colombo	COLB	0	0	*	*	13	0
Foz do Iguaçu	FOZ	*	*	*	0	0	0

*Poluente não monitorado na estação em 2020

**Considerando cada média horária

Fonte: Os autores, 2022.

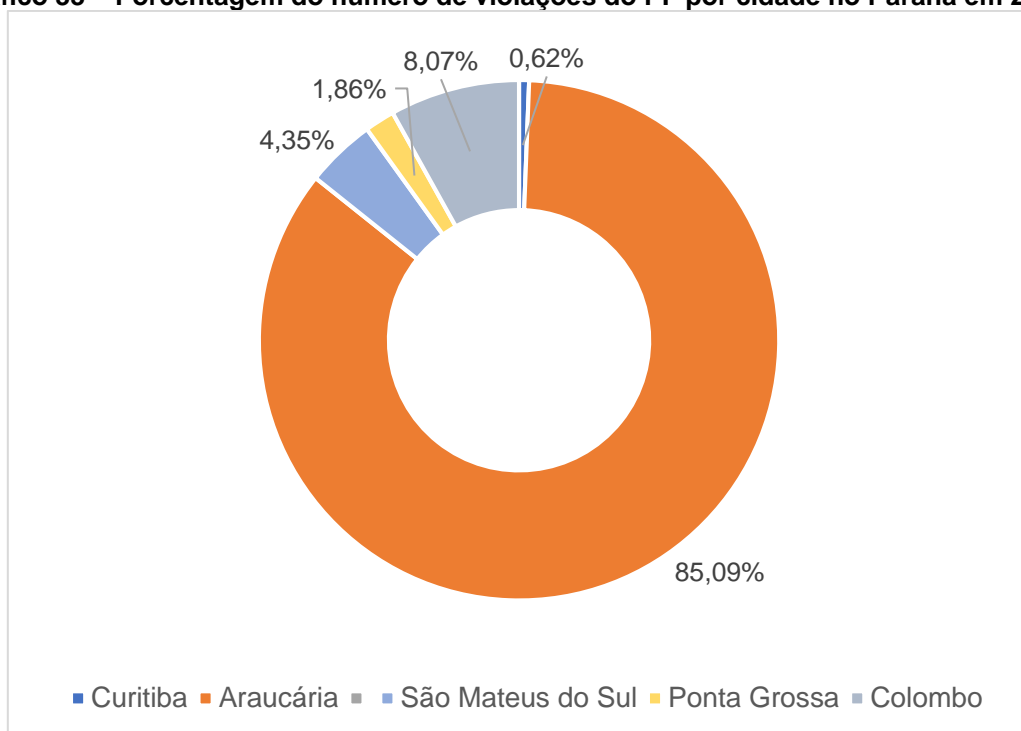
O Gráfico 32 apresenta a porcentagem de violações por parâmetro durante o período. Os poluentes com nenhuma violação não constam no gráfico (PTS e CO).

Gráfico 32 – Porcentagem do número de violações do PF por poluente no Paraná em 2020

Fonte: Os autores, 2022.

Observa-se que a maioria do número de violações corresponde ao poluente SO₂, seguido do MP 10. Juntos, esses dois parâmetros somam 97,53 % do número total de violações.

A partir do Gráfico 33, é possível analisar as cidades com mais ocorrências de violação ao Padrão Final, considerando todos os poluentes. Da mesma forma, as cidades com nenhuma violação não aparecem no esquema (Maringá, Londrina, Cascavel e Foz do Iguaçu).

Gráfico 33 – Porcentagem do número de violações do PF por cidade no Paraná em 2020

Fonte: Os autores, 2022.

O município de Araucária é responsável por 85% das ocorrências de violações aos Padrões Finais, impulsionadas principalmente pela quantidade de violações de SO₂ na estação CSN. No total, Curitiba e Região Metropolitana representam quase 94% das violações ao PF.

5. CONCLUSÃO

No ano de 2020, a rede de monitoramento de qualidade do ar do estado do Paraná contou com dez estações automáticas de monitoramento, sendo quatro delas instaladas em Curitiba e Região Metropolitana e seis no interior do estado. Embora o número de estações seja suficiente em relação à Diretiva Europeia, é importante que sejam complementadas para a medição da maior parte dos parâmetros indicados na Legislação, com abrangência estadual cada vez maior. Além disso, é importante operar as estações com uma maior frequência, ou seja, evitar erros e dados inválidos, de forma a se alcançar a disponibilidade esperada e representatividade dos dados obtidos.

Como pôde ser observado, em geral, a qualidade do ar do Paraná apresentou todas as classificações diárias, para cada poluente, como “Boa” ou “Regular”.

O controle e a fiscalização são ferramentas importantes para a gestão ambiental no Estado e podem colaborar com uma qualidade do ar cada vez melhor para a população e meio ambiente.

- Curitiba

Em Curitiba, no ano de 2020, foram monitorados os parâmetros CO e NO₂ na estação automática localizada na Cidade Industrial (CIC). Em relação ao Padrão Intermediário PI-1 (Padrão Primário), estabelecido na resolução CONAMA Nº 491/18, não houve registro de violação para nenhum poluente. Em relação ao Padrão Final (PF), a estação apresentou uma violação ao parâmetro NO₂. Sendo assim, baseando-se no Índice de Qualidade do Ar, quase 100% das medições realizadas em Curitiba foram classificadas como **Boa** (considerando as classificações individuais de cada poluente).

- Araucária

Na cidade de Araucária, foram monitorados os parâmetros MP₁₀, PTS, SO₂, CO, O₃ e NO₂ em três estações automáticas (ASS, CSN e RPR). Não houve registro diário de violação ao Padrão Intermediário PI-1 para nenhum poluente. Em relação ao Padrão Final, as estações apresentaram violações quanto aos poluentes MP₁₀, O₃, SO₂ e NO₂. Em relação às médias anuais dos poluentes monitorados no período, todos atenderam ao Padrão Primário e ao Padrão Final. A estação CSN apresentou médias anuais representativas para os parâmetros SO₂, O₃ e NO₂, enquanto a estação RPR

apresentou representatividade para todos, com exceção do O₃. A estação ASS não obteve representatividade para nenhum dos poluentes.

Baseando-se no Índice de Qualidade do Ar, em Araucária, no ano de 2020, 94,6% das avaliações realizadas foram classificadas como **Boa** e 5,4% como **Regular** (considerando as classificações diárias individuais de cada poluente).

- **Colombo**

Em Colombo, na estação automática COL, os parâmetros CO, SO₂, MP₁₀ e PTS foram monitorados no ano de 2020. Nenhuma violação ao Padrão Primário foi registrada, porém 13 médias diárias do poluente MP₁₀ ultrapassaram o Padrão Final estabelecido. porém vale ressaltar que os dados não atenderam aos critérios de representatividade.

Dessa forma, 95,4% das medições realizadas nessa estação foram classificadas como **Boa** e 4,6% como **Regular**, segundo o Índice de Qualidade do Ar (considerando as classificações individuais de cada poluente).

- **Ponta Grossa**

Em Ponta Grossa, foram monitorados os parâmetros CO, PTS, MP₁₀, NO₂ e O₃ em uma estação automática. Em relação às médias diárias, nenhuma violação ao Padrão Primário foi registrada, porém ocorreram três violações ao Padrão Final (poluente MP₁₀). Em relação às médias anuais dos poluentes monitorados no período, apenas o parâmetro MP₁₀ gerou um resultado ligeiramente maior que o PF.

Baseando-se no Índice de Qualidade do Ar, 99,7% das medições realizadas foram classificadas como “Boa” e 0,3% como **Regular** (considerando as classificações diárias individuais de cada poluente).

- **São Mateus do Sul**

Em São Mateus do Sul, foram monitorados os parâmetros CO, PTS, SO₂, NO₂ e O₃ em uma estação automática (SIX). Nenhuma violação ao Padrão Primário (PI-1) foi registrada; já em relação ao Padrão Final, 7 violações foram registradas para o poluente SO₂. Quanto às médias anuais dos poluentes monitorados no período, ambos os

padrões foram respeitados, sendo que a estação apresentou representatividade ao longo do ano para os poluentes CO, SO₂, NO₂ e O₃.

Baseado no Índice de Qualidade do Ar, entre as medições realizadas, 99,4% foram classificadas como **Boa** e 0,6% como **Regular** (considerando as classificações individuais de cada poluente).

- **Maringá**

Os parâmetros CO, NO₂, O₃ e PTS foram monitorados em uma estação automática no município de Maringá. Em relação às médias diárias, nenhuma violação ao Padrão Primário (PI-1) ou ao Padrão Final foi registrada. Sobre as médias anuais, os dados não atenderam aos critérios de representatividade.

Dessa forma, 100% das medições realizadas foram classificadas como **Boa**, segundo o Índice de Qualidade do Ar (considerando as classificações individuais de cada poluente).

- **Cascavel**

Em Cascavel, os parâmetros CO, O₃, MP₁₀ e PTS foram monitorados no ano de 2020, em uma estação automática. Nenhuma violação ao Padrão Primário ou ao Padrão Final foi registrada. Em relação à representatividade anual, apenas os dados das medições de CO atenderam aos critérios.

De acordo com o Índice de Qualidade do Ar, 100% das medições realizadas nessa estação foram classificadas como **Boa** (considerando as classificações diárias por poluente).

- **Londrina**

Em Londrina, os parâmetros NO₂, O₃ e MP₁₀ foram monitorados no ano de 2020, em uma estação automática. Nenhuma violação ao Padrão Primário ou ao Padrão Final foi registrada, porém vale ressaltar que os dados não atenderam aos critérios de representatividade para nenhum poluente.

De acordo com o Índice de Qualidade do Ar, 100% das medições realizadas nessa estação foram classificadas como **Boa** (considerando as classificações diárias por poluente).

- Foz do Iguaçu

Os poluentes O₃, MP₁₀ e PTS foram monitorados em Foz do Iguaçu, no ano de 2020, em uma estação automática. Nenhuma violação ao Padrão Primário ou ao Padrão Final foi registrada, porém vale ressaltar que os dados não atenderam aos critérios de representatividade (a disponibilidade de dados foi muito baixa).

De acordo com o Índice de Qualidade do Ar, 100% das medições realizadas nessa estação foram classificadas como **Boa** (considerando as classificações diárias por poluente).

6. REFERÊNCIAS

Agência de Assuntos Metropolitanos do Paraná (AMEP). **Sobre a RM de Curitiba**. Disponível em: <https://www.amep.pr.gov.br/Pagina/Sobre-RM-de-Curitiba>. Acesso em: 09 ago. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 de novembro de 2018.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar**. Secretaria de Qualidade Ambiental. Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. Brasília, DF: MMA, 2020. 136 p. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/agenda-ambiental-urbana/qualidade-do-ar.html>. Acesso em: 3 ago 2023.

CASTELHANO, F. J. Ozônio Troposférico e Mudanças Climáticas: Evidências Introdutórias em Curitiba/PR. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 8, n. 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2018.v8.25988>. Acesso em: 07 ago. 2023.

CETESB. Redes de Monitoramento. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/redes-de-monitoramento/>. Acesso em: 09 ago. 2023.

CETESB. Ozônio troposférico. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/biomonitoramento/ozonio-troposferico/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

CETESB. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2020**. São Paulo, 2021. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/05/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf>. Acesso em: 3 ago 2023.

CETESB. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2022**. São Paulo, 2023. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2023/07/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>. Acesso em: 3 ago 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades (Curitiba-PR)**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama>. Acesso em: 7 ago. 2023.

LUXEMBURGO. Diretiva 1999/30/CE do Conselho, de 22 de abril de 1999. Dispõe sobre valores-limite para o dióxido de enxofre, dióxido de azoto e óxidos de azoto, partículas em suspensão e chumbo no ar ambiente. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, Luxemburgo, 29 de junho de 1999.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Air Quality Guidelines Global Update 2005**. Copenhagen, Dinamarca: 2006. 496 p. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-PHE-OEH-06.02>. Acesso em: 31 jul. 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Nove em cada dez pessoas em todo o mundo respiram ar poluído**. Genebra: 1 de maio de 2018. Disponível em <<https://www.paho.org/pt/noticias/1-5-2018-nove-em-cada-dez-pessoas-em-todo-mundo-respiram-ar-poluido>>. Acesso em: 01 set. 2022.

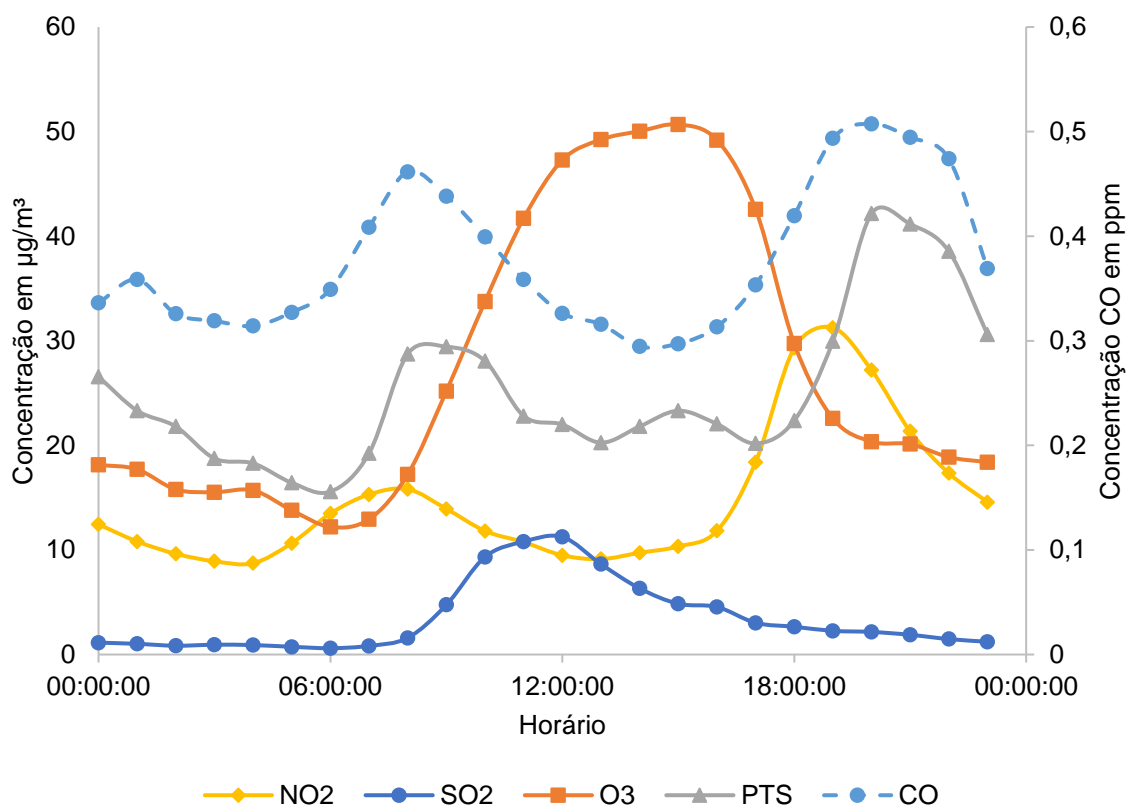
ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction**. OECD: 2012. Disponível em <<http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/oecdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction.htm>>. Acesso em: 01 set. 2023.

PARANÁ. Resolução SEMA Nº 016, de 26 de março de 2014. Define critérios para o Controle da Qualidade do Ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar da população e melhoria da qualidade de vida, com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do Estado de forma ambientalmente segura, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Paraná, PR, 15 de abril de 2014.

PARANÁ, Secretaria da Comunicação. **Em 12 anos, Região Metropolitana de Curitiba ganha 523 mil novos habitantes**. Agência Estadual de Notícias. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Em-12-anos-Regiao-Metropolitana-de-Curitiba-ganha-523-mil-novos-habitantes>. Acesso em: 7 ago. 2023.

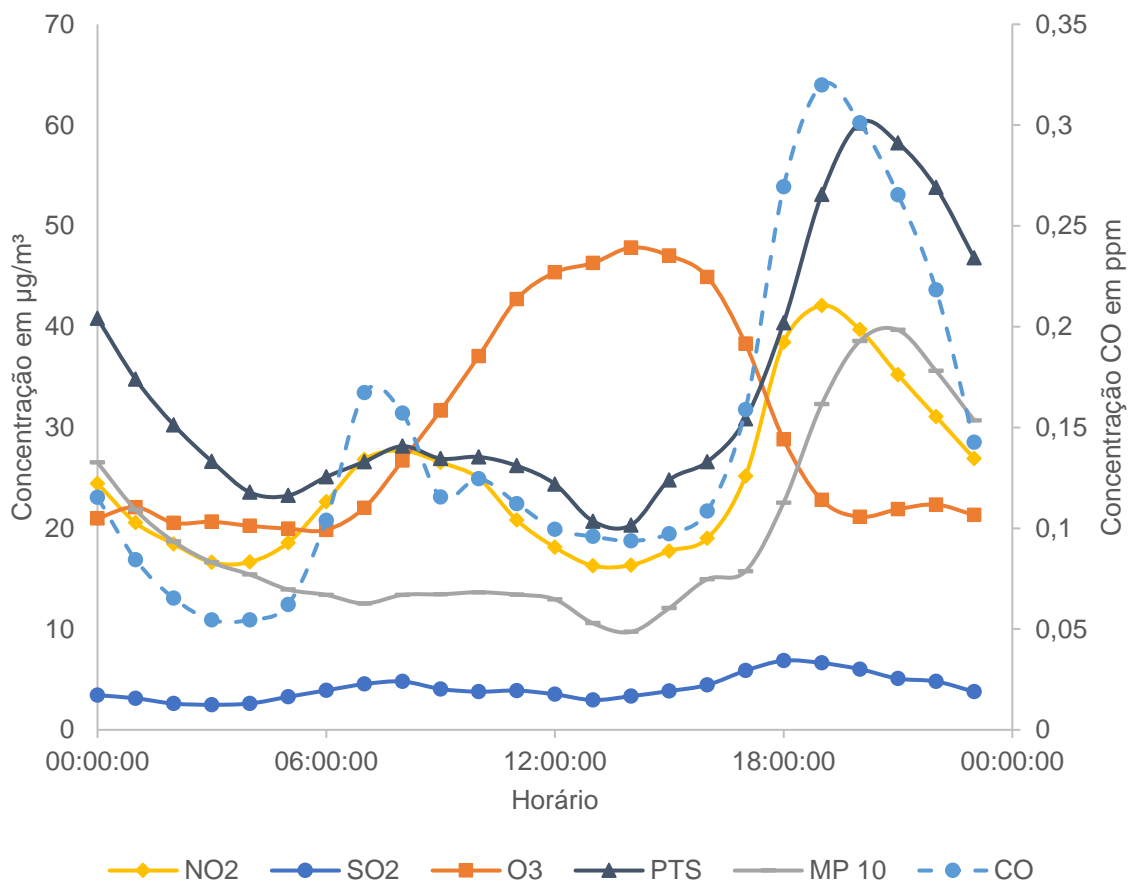
APÊNDICE 1 – Variação da média diária dos poluentes nas estações SIX, RPR e PGA

Figura 1 – Variação da média diária registrada na estação automática SIX em 2020



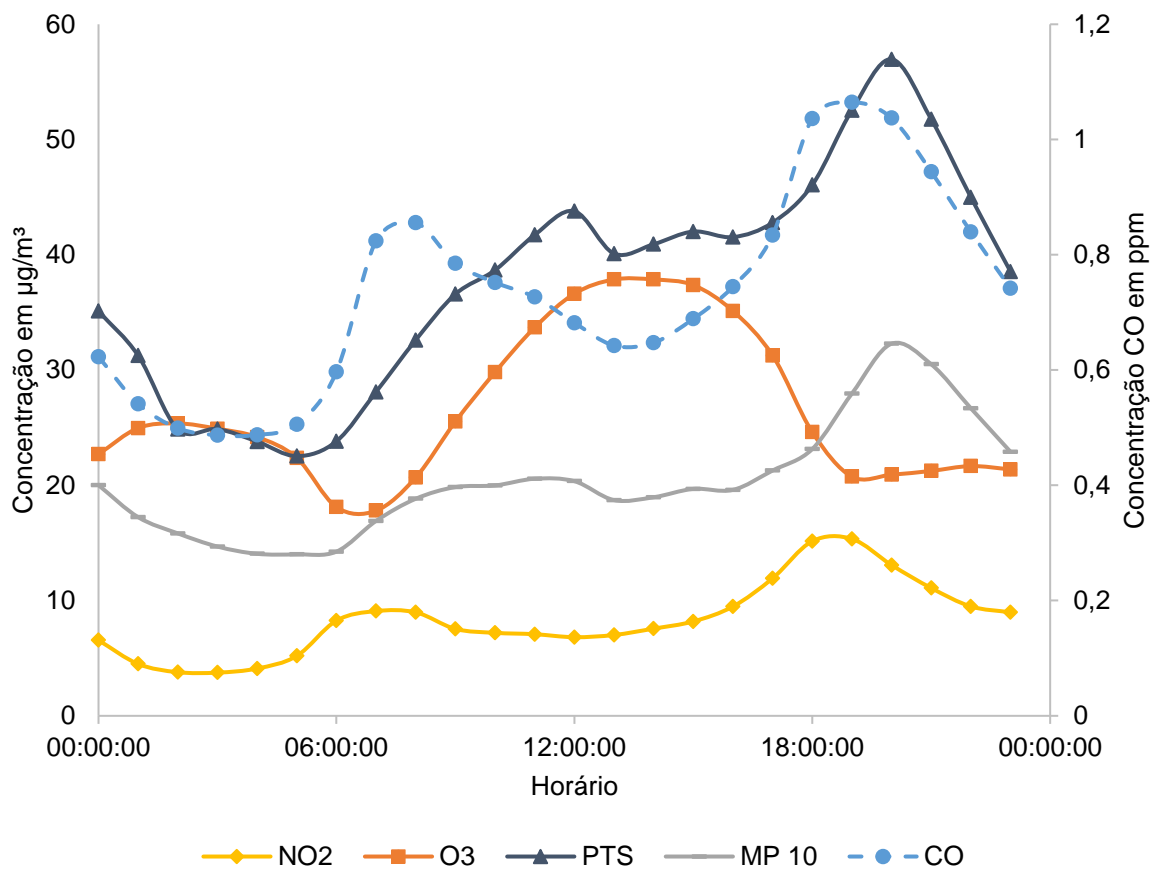
Fonte: Os autores, 2022.

Figura 2 - Variação da média diária registrada na estação automática RPR em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

Figura 3 – Variação da média diária registrada na estação automática PGA em 2020



Fonte: Os autores, 2022.

APÊNDICE 3 – Coordenadas geográficas e UTM das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar do Estado do Paraná em 2022

Tabela 1 – Coordenadas geográficas e UTM das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar do Estado do Paraná em 2022

Estação	Endereço	Coordenadas			
		Geográfica		UTM	
		Latitude (S)	Longitude (W)	E (m)	S (m)
ASS	Rua Nossa Senhora dos Remédios, Centro Social São Francisco de Assis	25°34'35,31"	49°24'20,08"	660146,90	7170255,49
CIC	Rua Senador Accioly Filho, Nº 3400, Cidade Industrial de Curitiba, Curitiba.	25°29'51,42"S	49°20'25,40"O	666804,88	7178909,22
COL	Rua José Cavassin, nº 115, Centro, Colombo	25°17'35.53"S	49°13'51.67"O	678136,00	7201414,00
CSN	Rodovia do Xisto, BR-476, Nº 5005, Chapada, Araucária.	25°34'09,35"S	49°22'57,25"O	662468,35	7171027,03
RPR	Rua das Andorinhas, Nº 151, Capela Velha, Araucária.	25°33'13,02"S	49°23'30,21"O	663752,67	7171293,52
PGA	Parque Ambiental, Centro, Ponta Grossa	25° 5'40.07"S	50° 9'13.41"O	585334,00	7224325,00
MRGA	Estádio Willi Davis, Centro, Maringá	23°24'51.33"S	51°56'16.71"O	404142	7410163
CVEL	Rua Pernambuco, 1843, Centro, Cascavel	24°57'11.17"S	53°28'39.99"O	249823,00	7237962,00
SIX	Rua Manoel da Cunha Bittencout, 128	25°51'32.34"S	50°24'29.56"O	559296,00	7139799,00
FOZ	Av. Jorge Schimelfenger, nº 890, Foz do Iguaçu	25°32'50.25"S	54°34'43.25"O	140301,00	7169643,00
LON	R. Brasil, 1115, Centro, Londrina	23°19'8.62"S	51° 9'12.95"O	484283	7421180