



RELATÓRIO ANUAL DA QUALIDADE DO AR NO ESTADO DO PARANÁ

2022



**INSTITUTO
ÁGUA E TERRA**



Governador do Estado do Paraná

Carlos Roberto Massa Júnior

**Secretário de Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo
(SEDEST)**

Valdemar Bernardo Jorge

Diretor-Presidente do Instituto Água e Terra (IAT)

Everton Luiz da Costa Souza

Diretora de Licenciamento e Outorga

José Volnei Bisognin

Gerente de Monitoramento e Fiscalização

Álvaro Cesar de Góes

Chefe da Divisão de Monitoramento

Christine da Fonseca Xavier

Equipe técnica de 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 Relatório Anual da Qualidade do Ar 2022 apresenta os resultados obtidos a partir dos dados gerados pela rede de monitoramento, localizadas no estado do Paraná, 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 2022	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	24
Tabela 9 - Resultados do monitoramento de PTS.....	32
Tabela 10 - Resultados do monitoramento de MP10 em 2022.....	34
Tabela 11 - Resultados do monitoramento de MP2,5	39
Tabela 12 - Resultados do monitoramento de SO ₂	43
Tabela 13 - Resultados do monitoramento de CO em 2022.....	48
Tabela 14 - Resultados do monitoramento de O ₃ em 2022	53
Tabela 15 - Resultados do monitoramento de NO ₂ em 2022	59
Tabela 16 – Número de violações ao Padrão Final por parâmetros observados em 2022	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar de Curitiba e Araucária	20
Figura 2 - Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar de Curitiba e Araucária	21

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da frota de veículos em Curitiba nos últimos dezesseis anos	25
Gráfico 2 – Direção do vento média na estação CIC (Curitiba) em 2022.	27
Gráfico 3 – Direção do vento média na estação RPR (Araucária) em 2022.	28
Gráfico 4 – Direção do vento média na estação CSN (Araucária) em 2022.	28
Gráfico 5 – Precipitação acumulada e dias de chuva na estação CSN em 2022.	30
Gráfico 6 – Temperaturas médias mensais e máximas médias diárias na estação RPR em 2022.....	30
Gráfico 7 – Comportamento do poluente PTS na estação SIX no ano de 2022.....	32
Gráfico 8 – Concentrações médias anuais de PTS no Paraná.....	33
Gráfico 9 – Médias diárias máximas do poluente MP10 no Estado do Paraná no ano de 2022.....	35
Gráfico 10 - Médias anuais do poluente MP10 no Estado do Paraná no ano de 2022	36
Gráfico 11 – Médias diárias do poluente MP10 na estação CIC em 2022.....	36
Gráfico 12 - Médias diárias do poluente MP10 na estação CIC em 2022.....	37
Gráfico 13 – Concentrações médias anuais de MP10 em Curitiba e RM (2004-2022)	38
Gráfico 14 – Concentrações médias anuais de MP10 no Paraná (2019-2022)	39
Gráfico 15 - Médias diárias máximas do poluente MP2,5 no Estado do Paraná no ano de 2022.....	40
Gráfico 16 - Médias anuais do poluente MP2,5 no Estado do Paraná no ano de 2022	41
Gráfico 17 - Médias diárias do poluente MP2,5 na estação CIC em 2022.....	41
Gráfico 18 - Médias diárias do poluente MP2,5 na estação RPR em 2022	42
Gráfico 19 - Médias diárias máximas do poluente SO ₂ no Estado do Paraná no ano de 2022	44
Gráfico 20 - Médias anuais do poluente SO ₂ no Estado do Paraná no ano de 2022 ...	45
Gráfico 21 - Médias diárias do poluente SO ₂ na estação CSN em 2022	45
Gráfico 22 - Médias diárias do poluente SO ₂ na estação RPR em 2022	46
Gráfico 23 – Concentrações médias anuais de SO ₂ em Curitiba e RM (2004-2022) ...	47
Gráfico 24 – Concentrações médias anuais de SO ₂ no Paraná (2019-2022)	48

Gráfico 25 - Médias diárias máximas do poluente CO no Estado do Paraná no ano de 2022	49
Gráfico 26 - Médias diárias do poluente CO na estação SIX em 2022.....	50
Gráfico 27 - Médias diárias do poluente CO na estação CIC em 2022	51
Gráfico 28 - Médias diárias do poluente CO na estação RPR em 2022	51
Gráfico 29 – Concentrações médias anuais de CO em Curitiba e RM (2004-2020)....	52
Gráfico 30 – Concentrações médias anuais de CO no Paraná (2019-2022)	52
Gráfico 31 - Médias diárias máximas do poluente O ₃ no Estado do Paraná no ano de 2022	54
Gráfico 32 - Médias diárias do poluente O ₃ na estação RPR em 2022.....	55
Gráfico 33 - Médias diárias do poluente O ₃ na estação CSN em 2022.....	55
Gráfico 34 - Médias diárias do poluente O ₃ na estação CIC em 2022	56
Gráfico 35 – Concentrações médias anuais de O ₃ em Curitiba e RM (2004-2022)	57
Gráfico 36 – Concentrações médias anuais de O ₃ no Paraná (2019-2022)	58
Gráfico 37 - Médias horárias máximas do poluente NO ₂ no Estado do Paraná no ano de 2022.....	60
Gráfico 38 - Médias anuais do poluente NO ₂ no Estado do Paraná no ano de 2022... 61	
Gráfico 39 - Médias diárias do poluente NO ₂ na estação CSN em 2022.....	61
Gráfico 40 - Médias diárias do poluente NO ₂ na estação CIC em 2022	62
Gráfico 41 - Médias diárias do poluente NO ₂ na estação RPR em 2022.....	62
Gráfico 42 – Concentrações médias anuais de NO ₂ em Curitiba e RM (2004-2022)... 63	
Gráfico 43 – Concentrações médias anuais de NO ₂ em Curitiba e RM (2004-2022)... 64	
Gráfico 44 - Porcentagem do número de violações do PF por poluente no Paraná em 2022	65
Gráfico 45 - Porcentagem do número de violações do PF por cidade no Paraná em 2022	66

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
CSN-PR 423	Estação manual CSN-PR 423
CO	Monóxido de carbono
COL	Estação manual 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
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
mm	milímetros
MP _{2,5}	Material particulado com diâmetro de 2,5 micrômetros
MP ₁₀	Material particulado com diâmetro de 10 micrômetros
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 Pardini
PGA	Estação automática Ponta Grossa
PGUA	Estação automática Paranaguá

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 2022.....	31
4.2.1. Partículas totais em suspensão (PTS).....	31
4.2.2. Partículas inaláveis (MP10).....	33
4.2.3. Partículas inaláveis finas (MP2,5).....	39
4.2.4. Dióxido de enxofre (SO ₂).....	42
4.2.5. Monóxido de carbono (CO).....	48
4.2.6. Ozônio (O ₃).....	53
4.2.7. Dióxido de nitrogênio (NO ₂).....	58
4.3. Registro de violações ao Padrão Intermediário PI-1.....	64
4.4. Registro de violações ao Padrão Final PF.....	64
5. CONCLUSÃO.....	67
6. REFERÊNCIAS.....	70
APÊNDICE 1 – Variação da média diária dos poluentes nas estações SIX, RPR e PGA	72
APÊNDICE 2 – Coordenadas geográficas e UTM das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar do Estado do Paraná em 2022.....	75

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 2022, sete estações automáticas de monitoramento produziram dados significativos referentes a qualidade do ar, sendo duas em Curitiba, duas em Araucária, uma em Ponta Grossa, uma em Paranaguá e uma em São Mateus do Sul. A Rede Estadual de Qualidade do Ar também conta com estações distribuídas pelas cidades de Londrina, Maringá e Cascavel, porém, no período avaliado, essas estações não apresentaram uma quantidade de dados significativos, seja por conta de paradas para manutenção ou por troca de equipamentos. Historicamente, a rede contou com mais estações na cidade de Curitiba (Bairros Centro e Vila Hauer), Araucária (Bairros Centro e Fazenda Velha), Foz do Iguaçu e Colombo, mas estas não contribuíram durante o período em questão, por estarem desativadas.

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,	Combina com a hemoglobina do

		principalmente em veículos automotores.	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 compostos orgânicos voláteis.	Danos à vegetação. É agressivo ao sistema respiratório.

Fontes: CETESB, 2021; CETESB, 2023.

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, sendo 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	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂	PM2,5	PTS	Significado
		(µg/m ³) 24h	(µg/m ³) 8h	(ppm) 8h	(µg/m ³) 1h	(µg/m ³) 24h	(µg/m ³) 24h	(µg/m ³) 24h	
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. Em 2022, a rede de qualidade do ar do Paraná passou a integrar a rede nacional de qualidade do ar, através do programa MonitorAr do Ministério

do Meio Ambiente, sendo o Paraná um dos poucos estados a monitorar em tempo real, com capacidade de envio automático ao centro supervisor de dados da plataforma.

A Tabela 5 apresenta a configuração das estações automáticas da qualidade do ar ativas no ano de 2022.

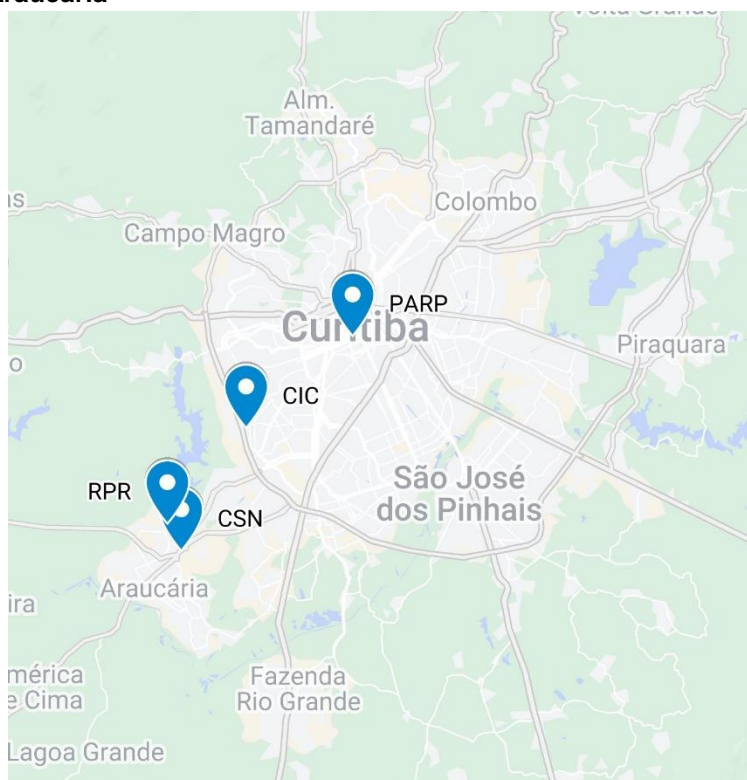
Tabela 5 – Estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar ativas em 2022

Estação	Vocacional	Localização	Parâmetros												
			SO ₂	O ₃	NO ₂	CO	PTS	PM ₁₀	PM _{2,5}	UMID	T	VV	DV	P	
CIC	Bairro	Rua Senador Accioly Filho, Nº 3400, Cidade Industrial de Curitiba, Curitiba.	X	X	X	X			X	X		X	X	X	X
CSN	Industrial	Rodovia do Xisto, BR-476, Nº 5005, Chapada, Araucária.	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
SIX	Industrial e Centro	Rua Manoel da Cunha Bittencout, 128	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X
PARP	Centro	Rua Getúlio Vargas esquina com Rua Nunes Machado, Centro, Curitiba.	X	X	X	X			X	X					
PGUA	Industrial	R. Ayrton Senna Da Silva, 1813, Dom Pedro II	X	X		X									
CVEL	Centro	Rua Pernambuco, 1843, Centro, Cascavel		X	X				X		X	X	X	X	X

Fonte: Os autores, 2023.

No mapa representado na Figura 1, estão destacadas as localidades das estações automáticas dos municípios de Curitiba e Araucária, em funcionamento no ano de 2022.

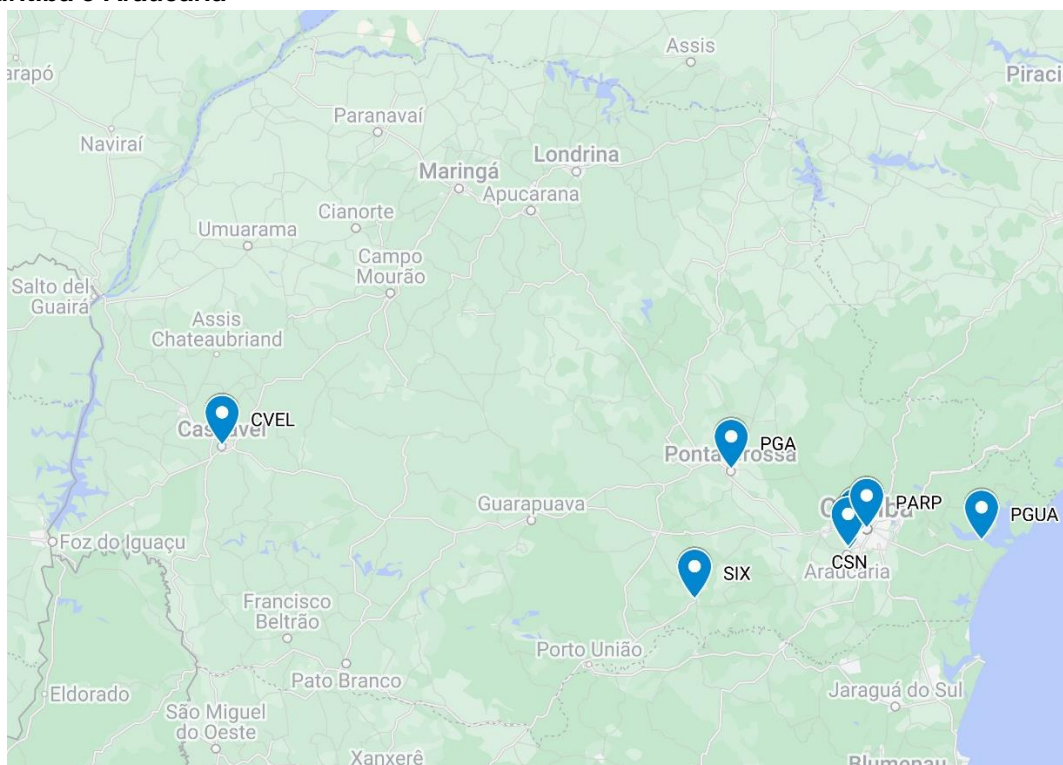
Figura 1 – Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar de Curitiba e Araucária



Fonte: Os autores, 2023.

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 2022.

Figura 2 - Localização das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar de Curitiba e Araucária



Fonte: Os autores, 2023.

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, 2023.

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

Poluente	Nº de monitores nas estações de monitoramento (Final de 2022)	Nº de Monitores nas Áreas			
		Industrial	Industrial e centro	Centro	Bairro
PTS	2	1	1	0	0
Fumaça	0	0	0	0	0
PM ₁₀	5	1	1	2	1
PM _{2,5}	3	1	0	1	1
SO ₂	6	2	1	1	2
CO	6	1	1	2	2
O ₃	8	2	1	3	2
NO, NO ₂ e NO _x	7	2	1	3	1

Fonte: Os autores, 2023.

No ano de 2022, a rede de monitoramento da qualidade do ar do Estado do Paraná contou com oito estações ativas, sendo que quatro delas estão localizadas no município de Curitiba e Região Metropolitana. Embora o número de estações se encontre suficiente em relação à Diretiva Europeia (1999), 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 2022 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 estações automáticas com maior disponibilidade 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.

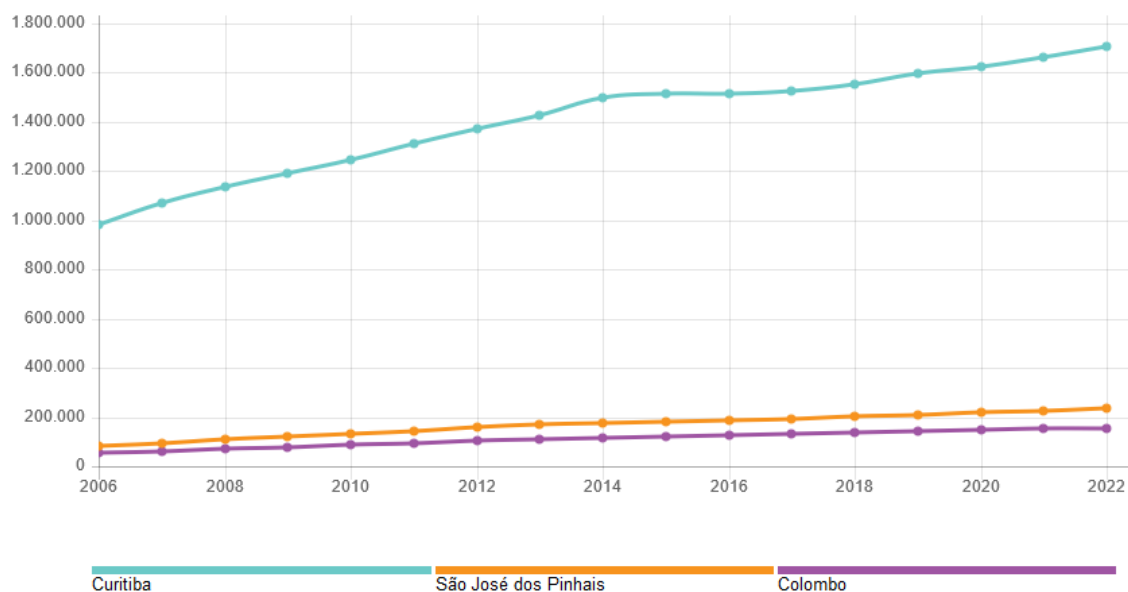
4.1. Aspectos gerais de Curitiba e região metropolitana

Criada em 1973, a região metropolitana de Curitiba (RMC) é constituída por 29 municípios e é a oitava região metropolitana mais populosa do Brasil, com 3.742.171 habitantes, concentrando 31,6% da população do Estado do Paraná em uma área de 16.581,21 km² (AMEP, 2023). De acordo com o Censo Demográfico de 2022, a capital do Estado, Curitiba, tem uma população de 1.773.733 habitantes e densidade demográfica de 4.078,56 hab/km² (IBGE, 2022). Além de Curitiba, existem outros oito municípios na RMC com uma população acima de 100.000 habitantes: São José dos Pinhais, Colombo, Fazenda Rio Grande, Araucária, Campo Largo, Piraquara, Pinhais e Almirante Tamandaré (PARANÁ, 2023).

4.1.1. Frota Veicular

De acordo com o IBGE (2022), a frota de veículos no Paraná conta com 8.575.905 veículos, o que significa um aumento de 2,83 % em relação ao ano de 2021. Só na capital do estado, a pesquisa aponta 1.704.286 veículos (aumento de 2,33% em relação ao ano de 2021). No Gráfico 1, observa-se a evolução da frota veicular, de 2006 até 2022, 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 nos últimos dezesseis anos

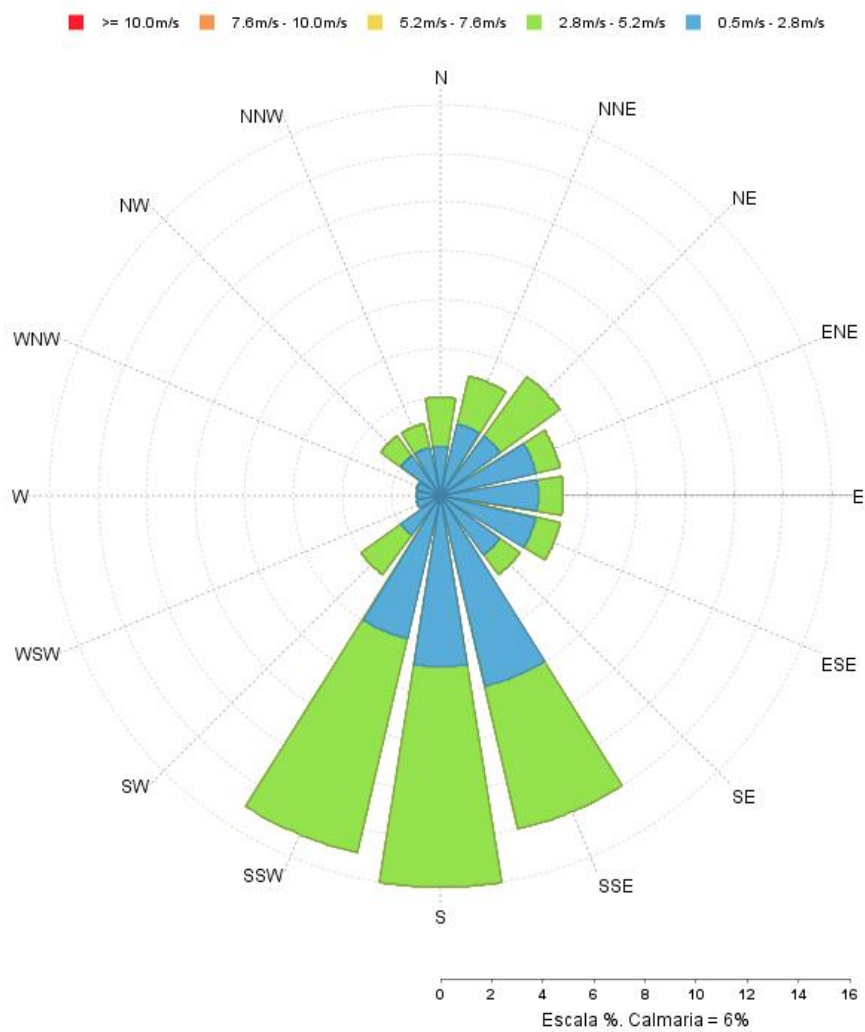


Fonte: IBGE, 2022.

4.1.2. Condições meteorológicas

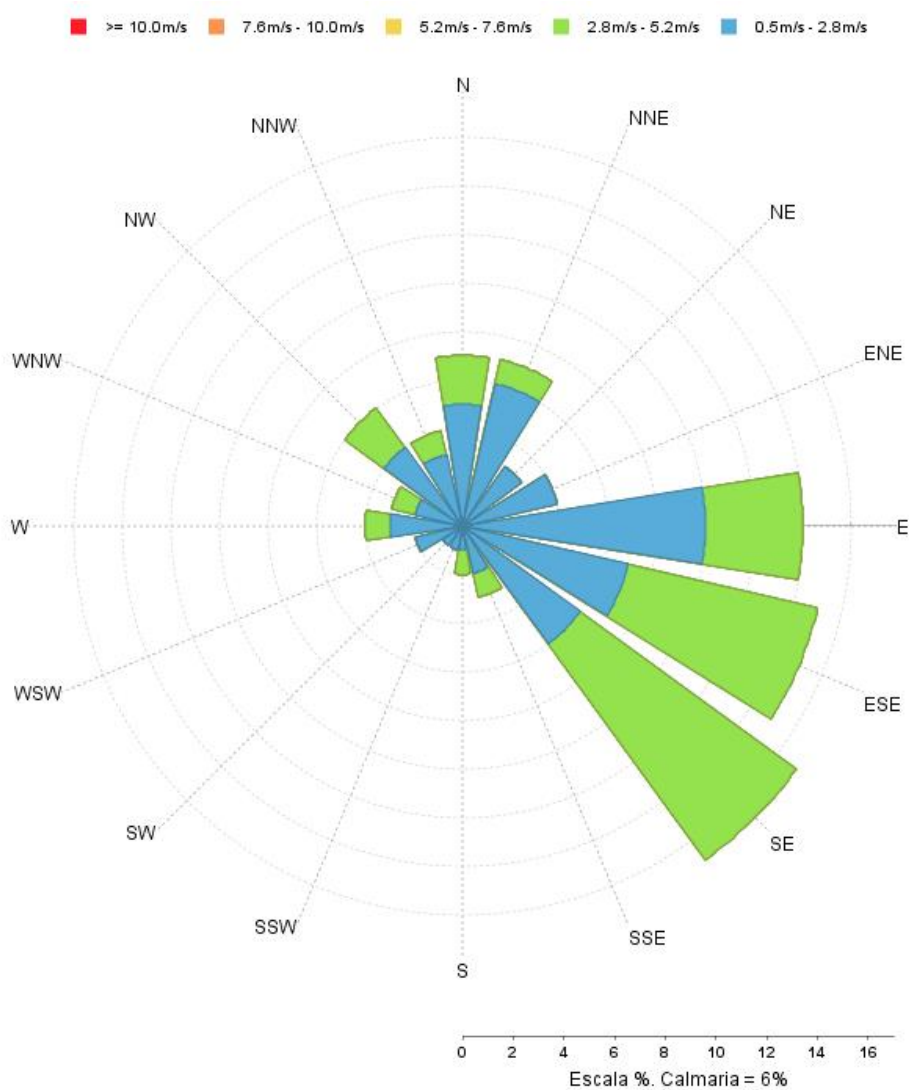
A região metropolitana de Curitiba está localizada no primeiro planalto do Estado do Paraná, com um clima subtropical e úmido. Os invernos são brandos com geadas ocasionais e temperaturas mínimas de aproximadamente 3 °C. No verão são registradas temperaturas de até 35 °C. A umidade relativa do ar varia 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. Os ventos vêm geralmente do Sul e do Leste, como demonstrado no Gráfico 2, Gráfico 3 e Gráfico 4, que indicam os registros de direção do vento das estações CIC, RPR e CSN, respectivamente.

Gráfico 2 – Direção do vento média na estação CIC (Curitiba) em 2022.



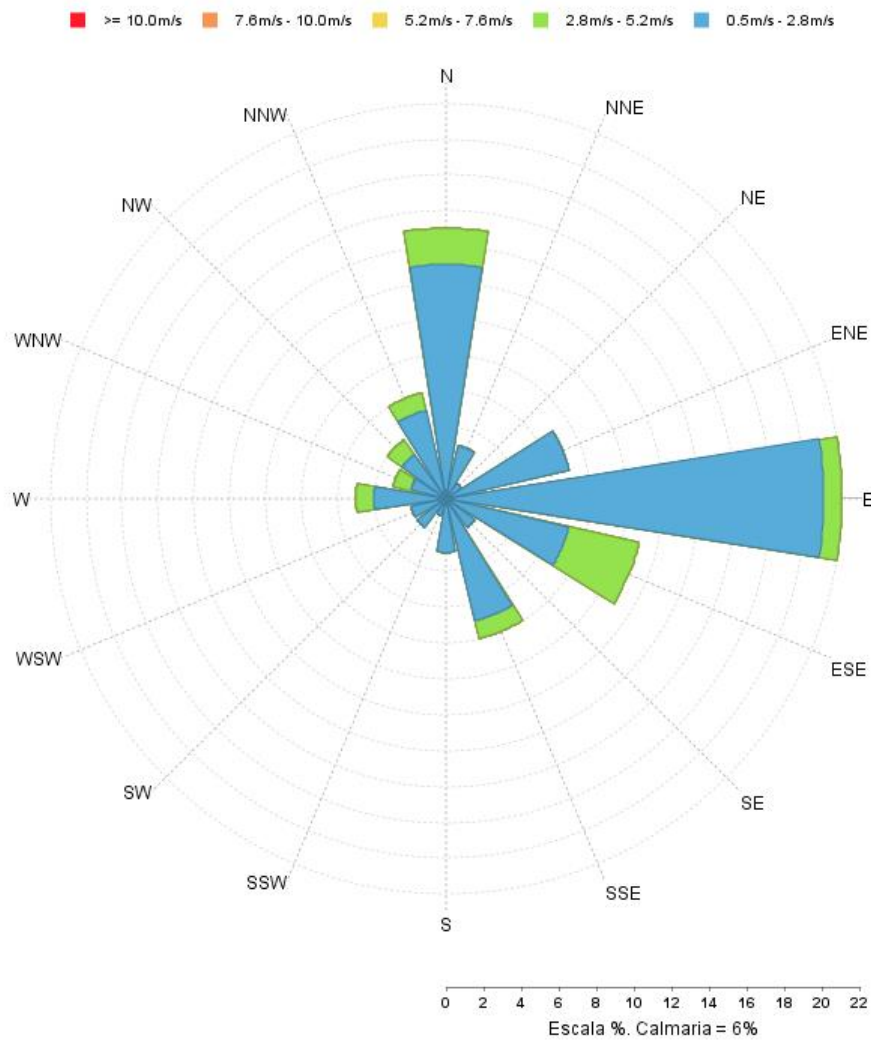
Fonte: Os autores, 2023.

Gráfico 3 – Direção do vento média na estação RPR (Araucária) em 2022.



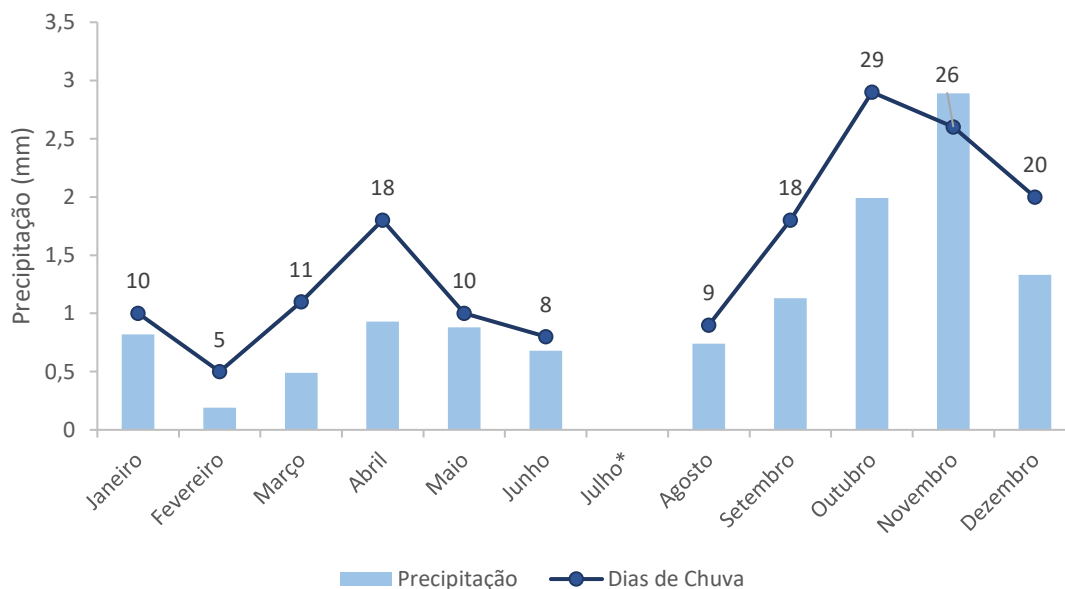
Fonte: Os autores, 2023.

Gráfico 4 – Direção do vento média na estação CSN (Araucária) em 2022.



Fonte: Os autores, 2023.

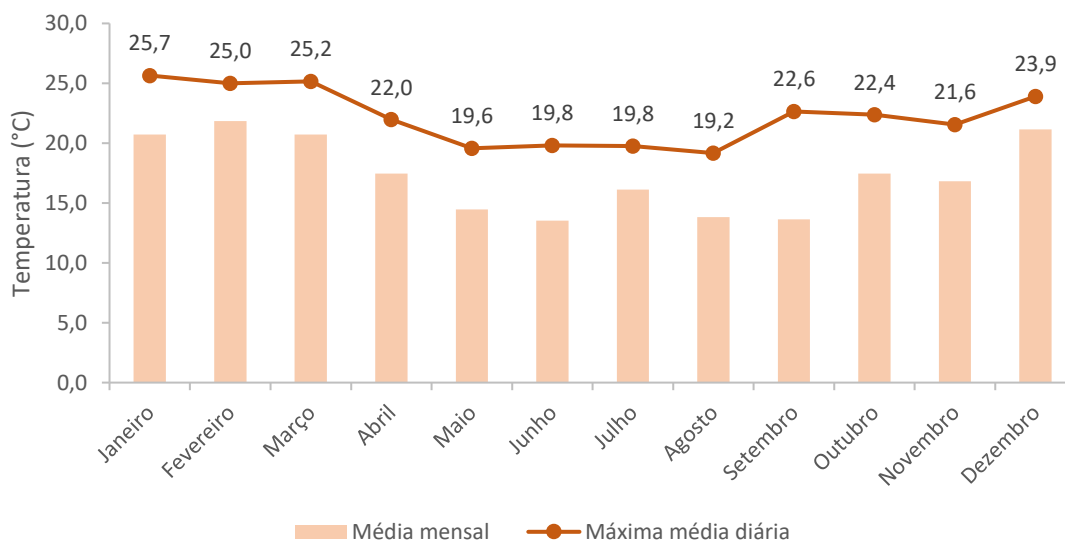
Em relação à precipitação, o Gráfico 5 apresenta a quantidade de dias de chuva e o total acumulado, em mm, registrada na estação CSN para cada mês do ano.

Gráfico 5 – Precipitação acumulada e dias de chuva na estação CSN em 2022.

*Para o mês de julho, não houve dados válidos suficientes.

Fonte: Os autores, 2023.

Já a temperatura ao longo do ano foi registrada pela estação RPR, cujos dados estão apresentados no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Temperaturas médias mensais e máximas médias diárias na estação RPR em 2022.

Fonte: Os autores, 2023.

Percebe-se, a partir dos gráficos, um comportamento típico anual de temperatura e precipitação para o clima da RMC. Com dados meteorológicos completos, é possível

ter um panorama geral das condições atmosféricas vigentes no período de 2022, 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 2022

4.2.1. Partículas totais em suspensão (PTS)

Em 2022, o poluente PTS não foi monitorado em Curitiba (nas estações automáticas PARP e CIC), pois foi substituído pelo parâmetro PM 2,5, seguindo recomendações da OMS e o atendimento ao CONAMA 491/18. O mesmo ocorreu em Araucária, na estação RPR. 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

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
SIX	80,0%	92,29	26/05/2022	27,60	292	0	0	0
PGA*	15,1%	73,30	27/10/2022	26,43	112	0	0	0

*Não atende ao critério de representatividade.

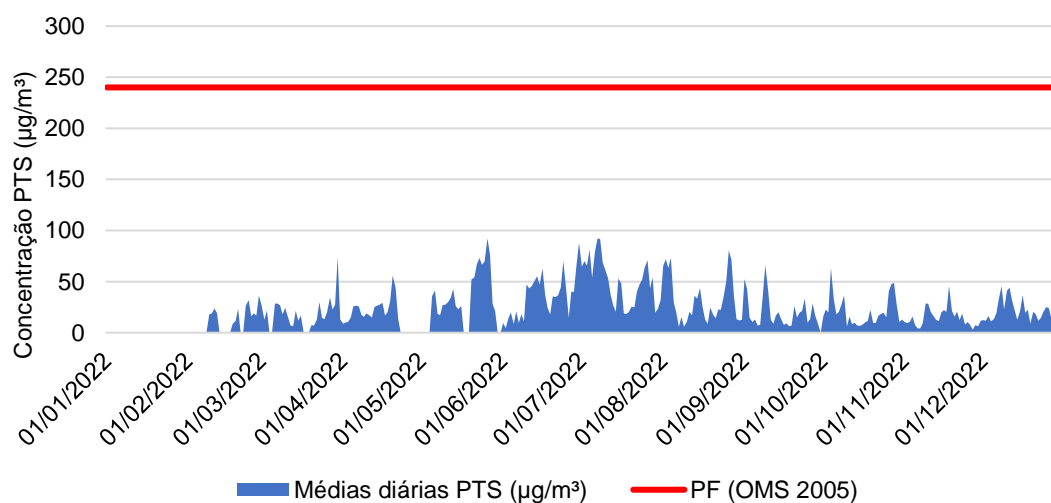
Fonte: Os autores, 2023.

Nas estações automáticas, não foram registradas violações ao padrão primário. Todos os dias foram classificados com qualidade do ar **boa**. Em 2022, a estação automática PGA não atendeu ao critério de representatividade anual para o poluente PTS. O parâmetro não foi monitorado na estação CSN, pois o equipamento estava em manutenção no ano de 2022.

A maior média geométrica anual registrada dentre todas as estações de monitoramento e que atende ao critério de representatividade anual foi de $27,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação automática SIX, localizada em São Mateus do Sul, ficando abaixo do limite da média anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

O Gráfico 7 apresenta a variação das médias diárias de PTS ao longo do ano, na estação SIX.

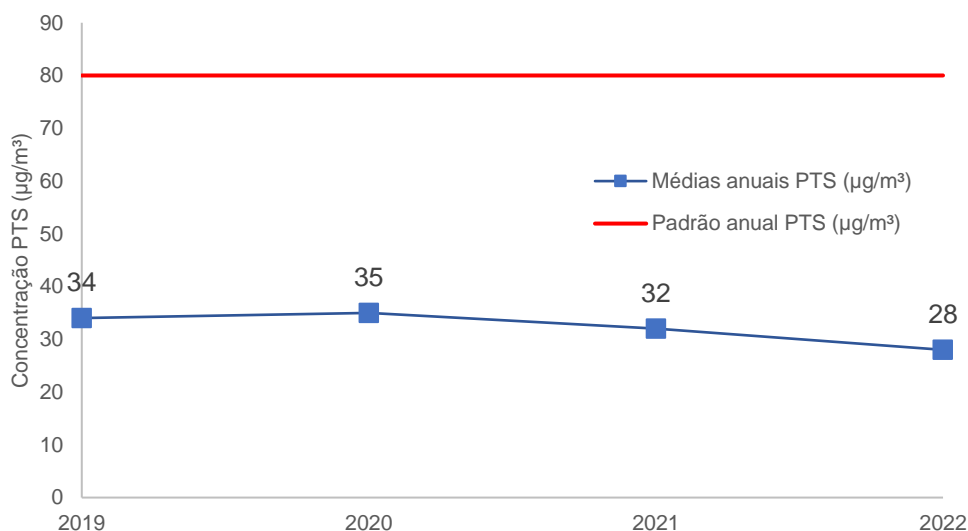
Gráfico 7 – Comportamento do poluente PTS na estação SIX no ano de 2022



Fonte: Os autores, 2023.

É possível comparar o resultado obtido na estação SIX, em 2022, com as concentrações médias anuais da série histórica, considerando a abrangência estadual, a partir do Gráfico 8.

Gráfico 8 – Concentrações médias anuais de PTS no Paraná



Fonte: Os autores, 2023.

Para o cálculo de cada concentração média anual, foram consideradas as estações que atenderam ao critério de representatividade para o poluente PTS ou, caso nenhuma estação tenha atendido, foram consideradas aquelas cuja disponibilidade anual foi maior do que 50% (os casos de 2019 e 2021), para efeito de comparação.

A concentração média anual de PTS, em 2022, sofreu uma queda de 12% em relação ao ano anterior. Em 2021, a estação considerada foi a RPR, localizada em Araucária.

4.2.2. Partículas inaláveis (MP10)

As partículas inaláveis (MP10) foram monitoradas em estações localizadas nos municípios de Curitiba (estações CIC e PARP), Araucária (estação RPR), São Mateus do Sul (estação SIX) e Ponta Grossa (PGA). O parâmetro não foi monitorado na estação CSN, pois o equipamento estava em manutenção no ano de 2022. Os resultados das classificações das médias diárias, as médias diárias máximas e a média anual estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados do monitoramento de MP10 em 2022

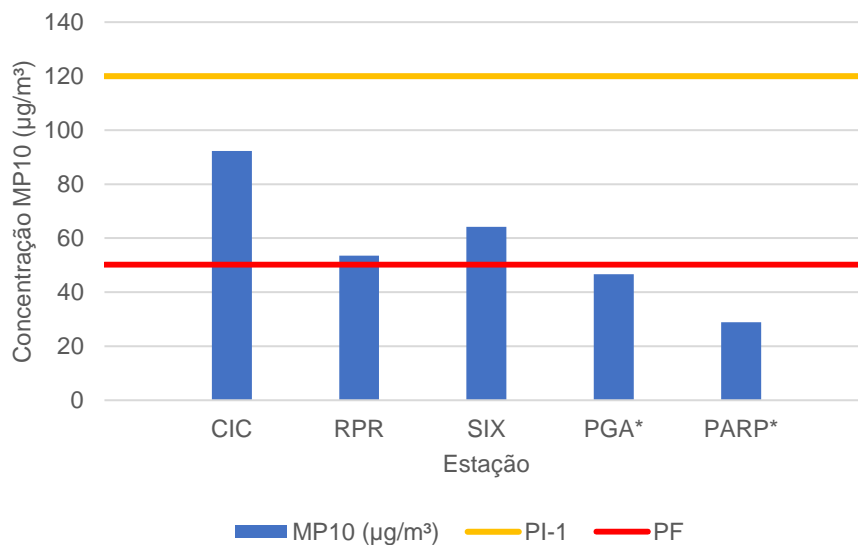
Estação	Disp. anual	Média diária máxima (µg/m³)	Data da média máxima	Média anual (µg/m³)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
CIC	79,7%	92,35	06/07/2022	27,07	260	31	0	0
RPR	87,9%	53,58	14/12/2022	13,92	319	2	0	0
SIX	81,1%	64,25	27/07/2022	18,51	283	13	0	0
PGA*	3,84%	46,71	02/09/2022	20,22	14	0	0	0
PARP*	9,32%	28,86	09/12/2022	11,14	36	0	0	0

* Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2022, as estações automáticas PARP e PGA não atenderam ao critério de representatividade anual para o poluente MP10. A estação PARP iniciou as medições automáticas no mês de novembro, portanto os resultados representam apenas os últimos dois meses do ano.

No Gráfico 9, estão representadas as médias diárias máximas para cada estação onde o parâmetro MP10 foi monitorado no Estado do Paraná em 2022.

Gráfico 9 – Médias diárias máximas do poluente MP10 no Estado do Paraná no ano de 2022

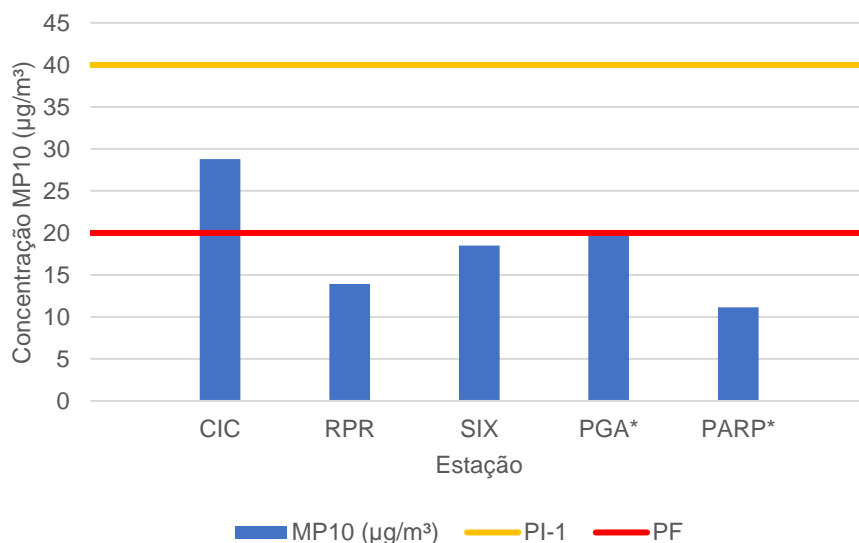
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2022, nenhuma média diária ultrapassou o padrão intermediário PI-1 de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. As estações CIC, RPR e SIX 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 (classificação “regular”).

O Gráfico 10 apresenta as médias anuais de MP10 para cada estação, em 2022. Vale ressaltar que apenas as estações CIC, RPR e SIX obtiveram um resultado representativo, ou seja, houve medições suficientes e que consideram as diferentes estações do ano.

Gráfico 10 - Médias anuais do poluente MP10 no Estado do Paraná no ano de 2022

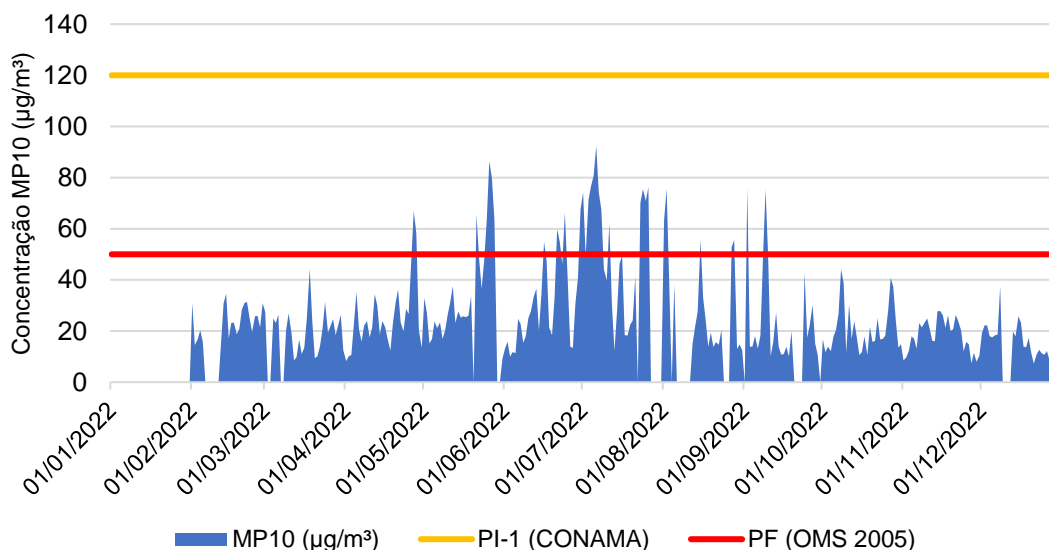


*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Observa-se que todos os resultados atenderam ao Padrão Intermediário PI-1 referente à média anual, estabelecido pelo CONAMA N°491/2018 como 40 µg/m³ para o MP10. Entre as estações com média anual representativa, a estação CIC ultrapassou o Padrão Final de 20 µg/m³, definido pela OMS. O Gráfico 11 apresenta o comportamento do MP10 ao longo do ano nessa estação, por meio da relação entre as médias diárias e os dias do ano.

Gráfico 11 – Médias diárias do poluente MP10 na estação CIC em 2022

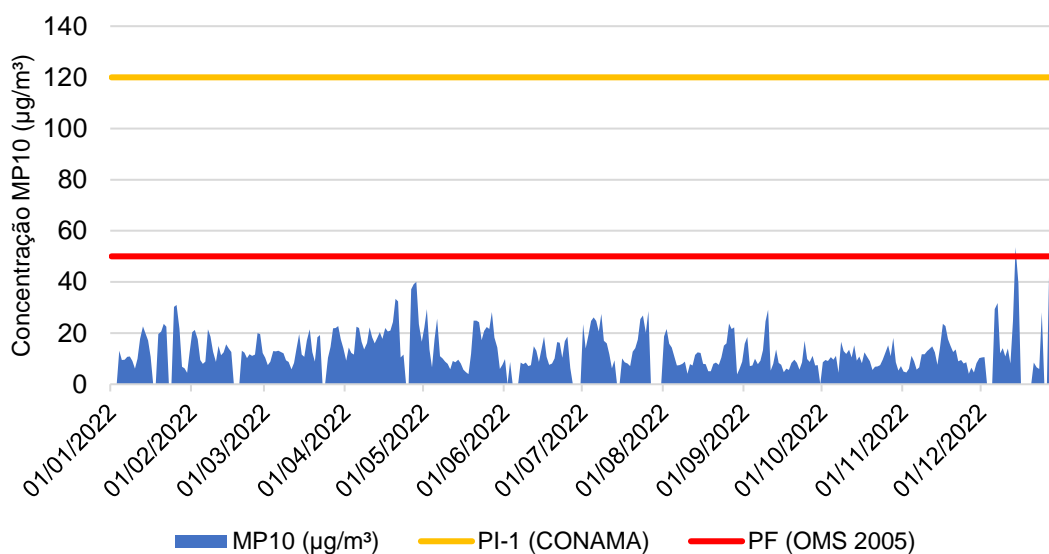


Fonte: Os autores, 2023.

Sendo assim, podemos observar que, durante todo o período avaliado, a estação CIC apresentou classificação **boa** ou **regular**, sendo que a última representou cerca de 11% do total de medições válidas.

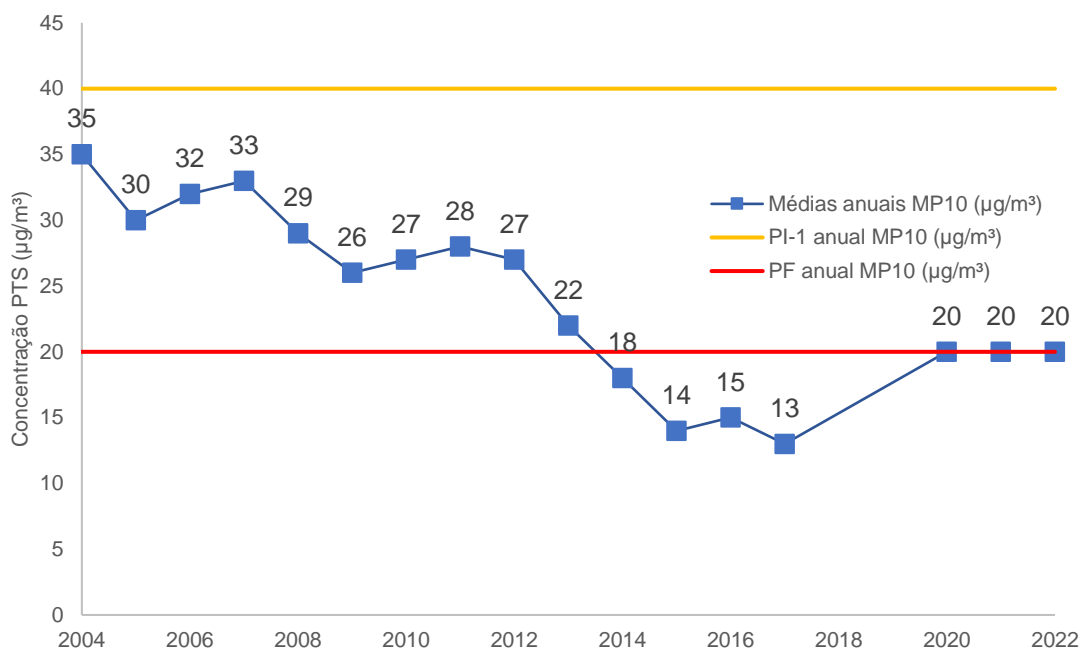
Em Araucária, a estação RPR também apresentou classificação **boa** ou **regular**, sendo que apenas duas médias diárias ultrapassaram o Padrão Final diário. O Gráfico 12 ilustra a relação entre as médias diárias de MP10, ao longo de 2022, nessa estação.

Gráfico 12 - Médias diárias do poluente MP10 na estação RPR em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

Em relação aos anos anteriores, o Gráfico 13 apresenta as concentrações médias anuais do poluente MP10, considerando as estações localizadas em Curitiba e Região Metropolitana, de 2004 a 2022.

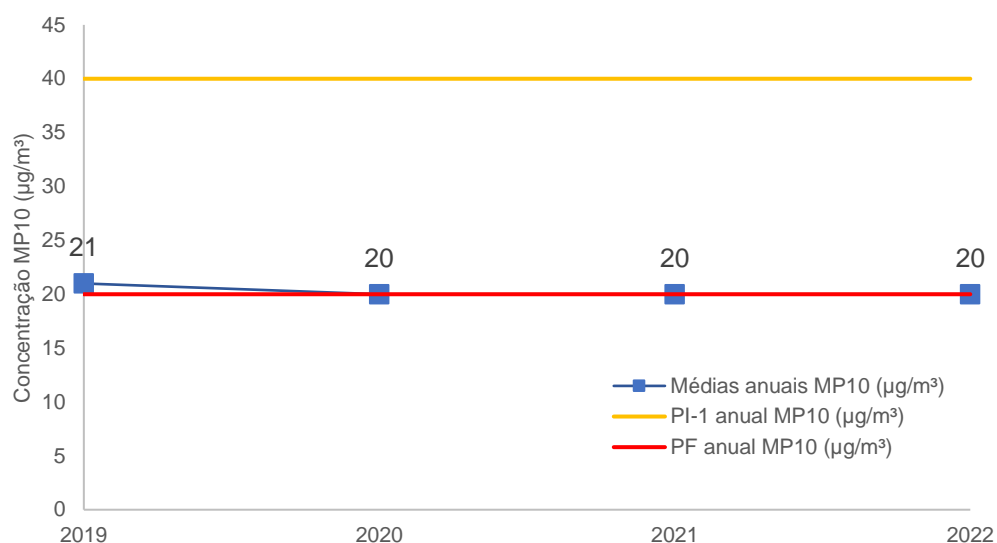
Gráfico 13 – Concentrações médias anuais de MP10 em Curitiba e RM (2004-2022)

Fonte: Os autores, 2023.

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 que a concentração média anual do poluente se mantém constante desde 2020. Em 2022, a média anual foi calculada com base nos resultados obtidos nas estações RPR e CIC.

Em relação ao estado do Paraná, a tendência é a mesma. A concentração de MP10 praticamente não varia desde 2019, como mostra o Gráfico 14. Para o resultado de 2022, foram consideradas as estações RPR, CIC e SIX.

Gráfico 14 – Concentrações médias anuais de MP10 no Paraná (2019-2022)

Fonte: Os autores, 2023.

4.2.3. Partículas inaláveis finas (MP2,5)

As partículas inaláveis finas (MP2,5) foram monitoradas nas cidades de Curitiba (estações CIC e PARP) e de Aracúria (estação RPR). Os resultados das classificações das médias diárias, as médias diárias máximas e a média anual estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados do monitoramento de MP2,5

Estação	Disp. anual	Média diária máxima (µg/m³)	Data da média máxima	Média anual (µg/m³)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
CIC	84,1%	55,51	26/05/2022	13,60	263	44	0	0
RPR	89,6%	38,54	26/07/2022	11,66	308	19	0	0
PARP*	9,3%	14,86	09/12/2022	6,63	37	0	0	0

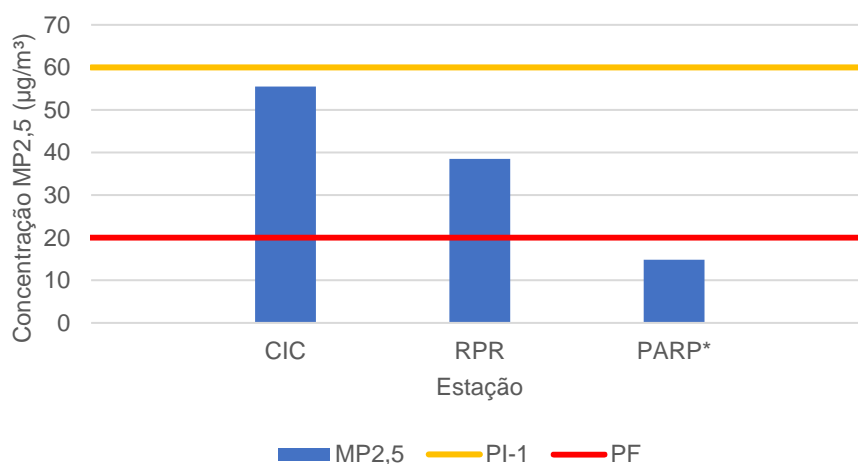
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2022, a estação automática PARP não atendeu ao critério de representatividade anual para o poluente MP_{2,5}. Todas as três estações apresentaram classificação **boa** ou **regular** para o parâmetro MP_{2,5}, em 2022.

No Gráfico 15, estão representadas as médias diárias máximas para cada estação onde o parâmetro MP₁₀ foi monitorado no Estado do Paraná em 2022.

Gráfico 15 - Médias diárias máximas do poluente MP_{2,5} no Estado do Paraná no ano de 2022



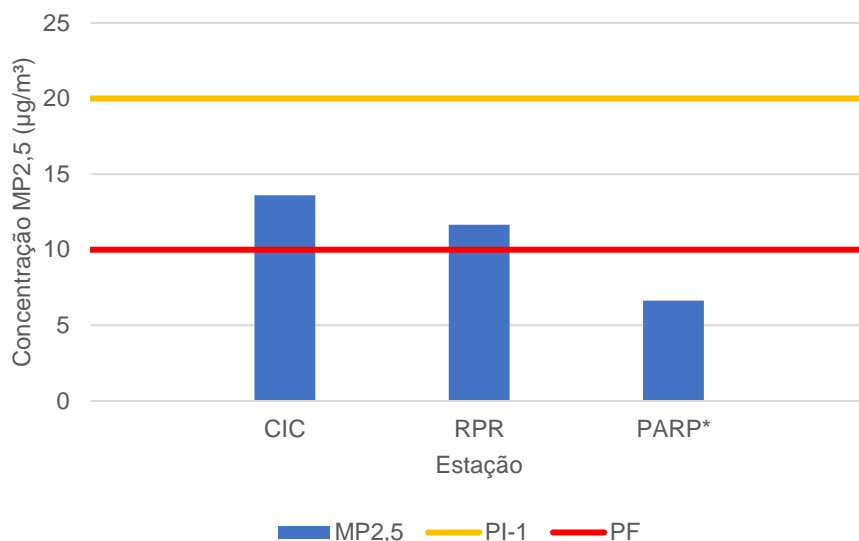
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2022, nenhuma média diária ultrapassou o padrão intermediário PI-1 de 60 µg/m³ para 24h. As estações CIC e RPR obtiveram resultados máximos maiores do que o Padrão Final, estabelecido pela OMS, de 20 µg/m³. A quantidade de resultados que ultrapassaram o PF pode ser observada na Tabela 11 (classificação “regular”).

O Gráfico 16 apresenta as médias anuais de MP_{2,5} para cada estação, em 2022. Vale ressaltar que apenas as estações CIC e RPR obtiveram um resultado representativo, ou seja, houve medições suficientes e que consideram as diferentes estações do ano.

Gráfico 16 - Médias anuais do poluente MP2,5 no Estado do Paraná no ano de 2022



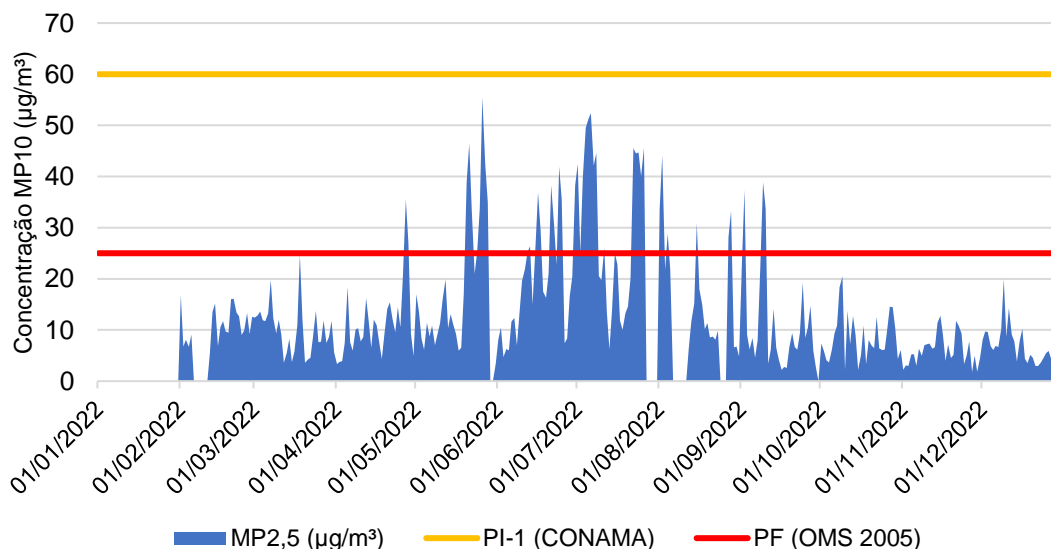
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Observa-se que todos os resultados atenderam ao Padrão Intermediário PI-1 referente à média anual, estabelecido pelo CONAMA N°491/2018 como 20 µg/m³ para o MP2,5. As duas estações com médias anuais representativas ultrapassaram o Padrão Final de 10 µg/m³, definido pela OMS.

O Gráfico 17 apresenta o comportamento do MP2,5 ao longo do ano na estação CIC, localizada em Curitiba, por meio da relação entre as médias diárias e os dias do ano.

Gráfico 17 - Médias diárias do poluente MP2,5 na estação CIC em 2022

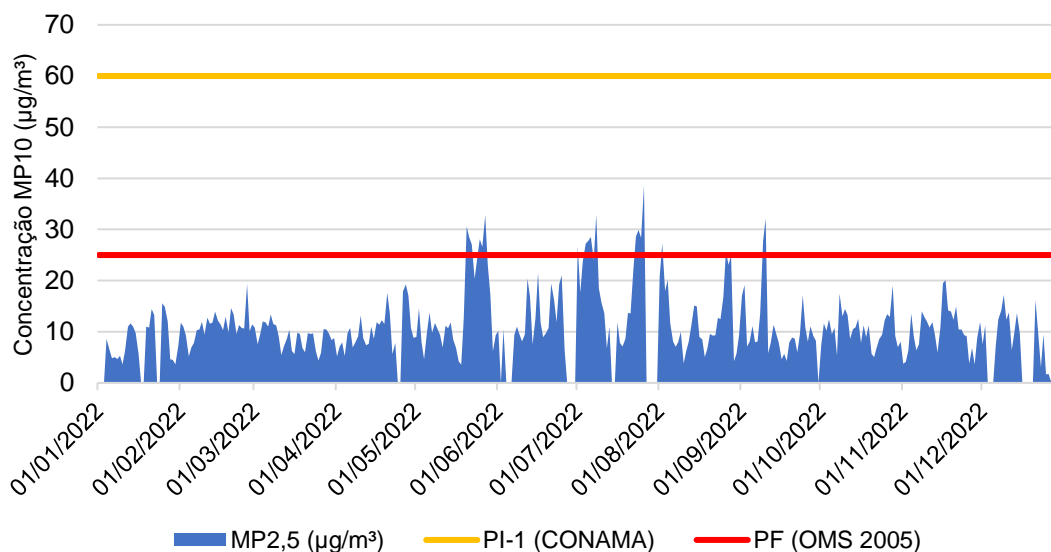


Fonte: Os autores, 2023.

Em relação ao período avaliado, a estação CIC apresentou aproximadamente 14% de suas medições diárias válidas classificadas como “Regular” (acima do Padrão Final) e o restante como “Boa”.

No Gráfico 18, consta a relação entre as médias diárias de MP2,5, ao longo de 2022, na estação RPR, localizada em Araucária.

Gráfico 18 - Médias diárias do poluente MP2,5 na estação RPR em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

Na estação RPR, cerca de 6% das médias diárias válidas de 2022 foram classificadas como “Regular” e o restante como “Boa”.

Como a medição do poluente MP2,5, com resultados que atendem ao critério de representatividade anual, iniciou-se no ano de 2022, ainda não há dados suficientes para apresentar uma comparação com série histórica.

4.2.4. Dióxido de enxofre (SO₂)

O dióxido de enxofre, SO₂, foi monitorado em seis estações de monitoramento no ano de 2022, sendo duas em Curitiba (CIC e PARP), duas em Araucária (RPR e CSN), uma em Paranaguá (PGUA) 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 12.

Tabela 12 - Resultados do monitoramento de SO₂

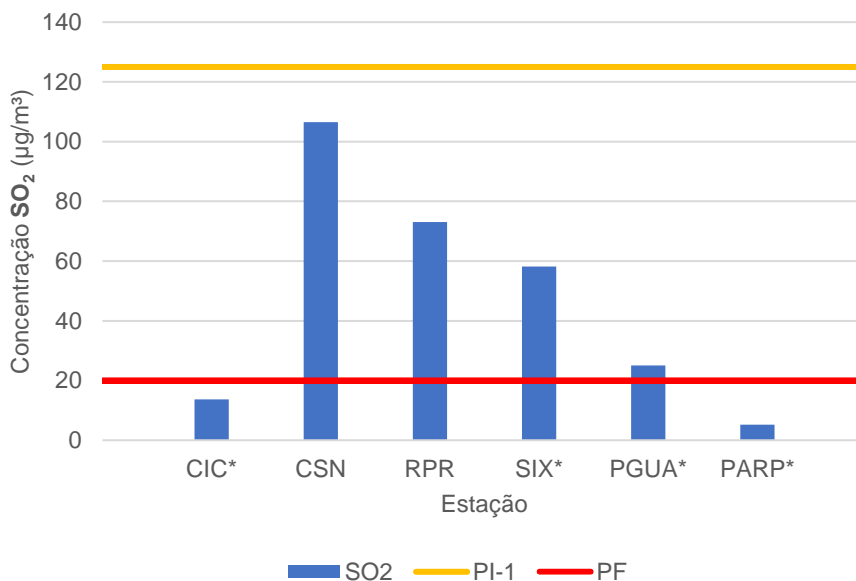
Estação	Disp. anual	Média diária máxima (µg/m ³)	Data da média máxima	Média anual (µg/m ³)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
CIC*	48,5%	13,73	06/07/2022	3,21	177	0	0	0
CSN	74,8%	106,49	23/12/2022	12,95	41	285	0	0
RPR	88,5%	73,11	29/11/2022	7,73	301	22	0	0
SIX*	79,5%	58,14	22/05/2022	2,94	290	2	0	0
PGUA*	18,6%	25,09	09/09/2022	11,69	61	6	0	0
PARP*	9,3%	5,24	15/12/2022	3,11	34	0	0	0

*Não atende ao critério de representatividade.

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2022, as estações automáticas CIC, SIX, PGUA e PARP não atenderam ao critério de representatividade anual para o poluente SO₂. Todas as estações avaliadas apresentaram classificação **boa** ou **regular** para esse parâmetro.

As médias diárias máximas de SO₂ para cada estação estão dispostas no Gráfico 19, assim como os padrões intermediário (PI-1) e final (PF).

Gráfico 19 - Médias diárias máximas do poluente SO₂ no Estado do Paraná no ano de 2022

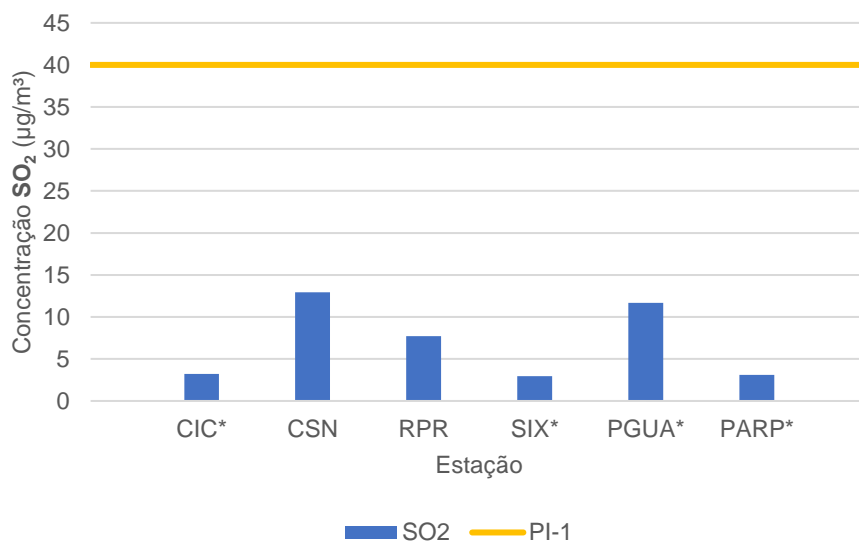
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2022, nenhuma média diária ultrapassou o padrão intermediário PI-1 de 125 µg/m³ para 24h. As estações CSN, RPR, SIX e PGUA 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 12 - Resultados do monitoramento de SO₂ (classificação “Regular”).

O Gráfico 20 apresenta as médias anuais de SO₂ para cada estação, em 2022. Vale ressaltar que apenas as estações CSN e RPR obtiveram um resultado representativo, ou seja, houve medições suficientes e que consideram as diferentes estações do ano. De acordo com o CONAMA N^o 491/2018, não há um Padrão Final para a média anual do dióxido de enxofre, portanto consta no gráfico apenas o Padrão Intermediário PI-1.

Gráfico 20 - Médias anuais do poluente SO₂ no Estado do Paraná no ano de 2022



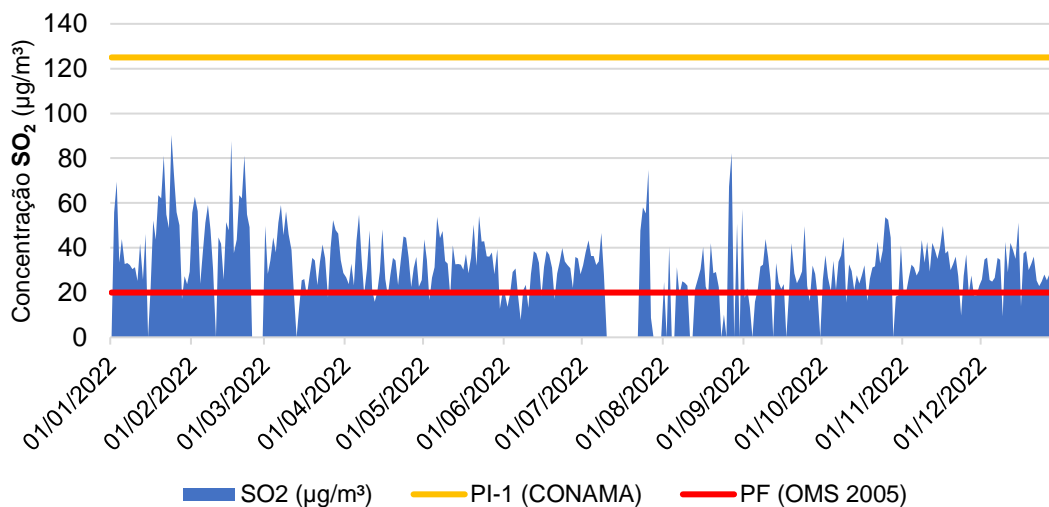
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Todas as estações avaliadas atenderam ao padrão anual de 40 µg/m³. As duas estações com médias anuais válidas estão situadas em região com alta atividade industrial no município de Araucária. A maior média anual foi registrada na estação CSN, localizada mais próxima às indústrias CSN e REPAR, porém bem abaixo do padrão.

O Gráfico 21 apresenta as médias diárias obtidas para esse parâmetro, na estação CSN, em 2022. Cerca de 87% das médias foram classificadas como “Regular” e o restante como “Boa”.

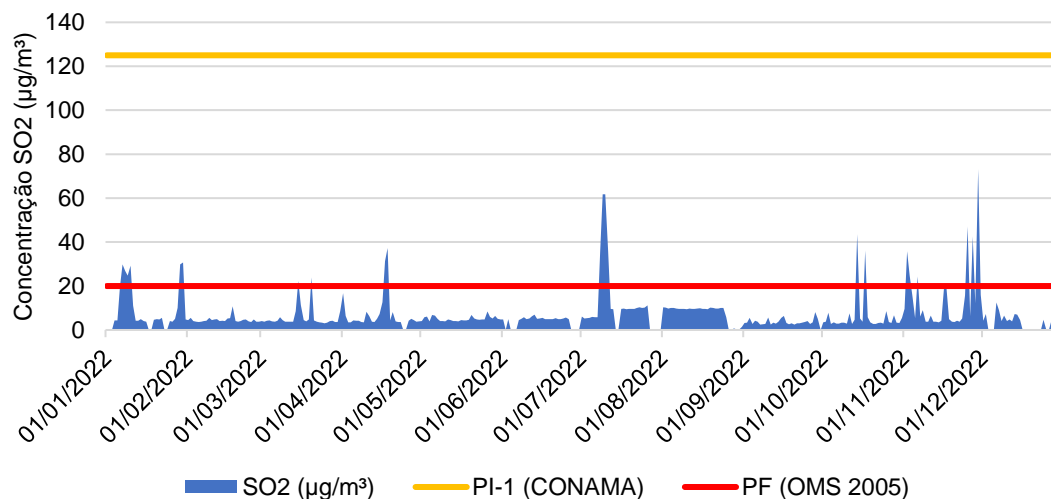
Gráfico 21 - Médias diárias do poluente SO₂ na estação CSN em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

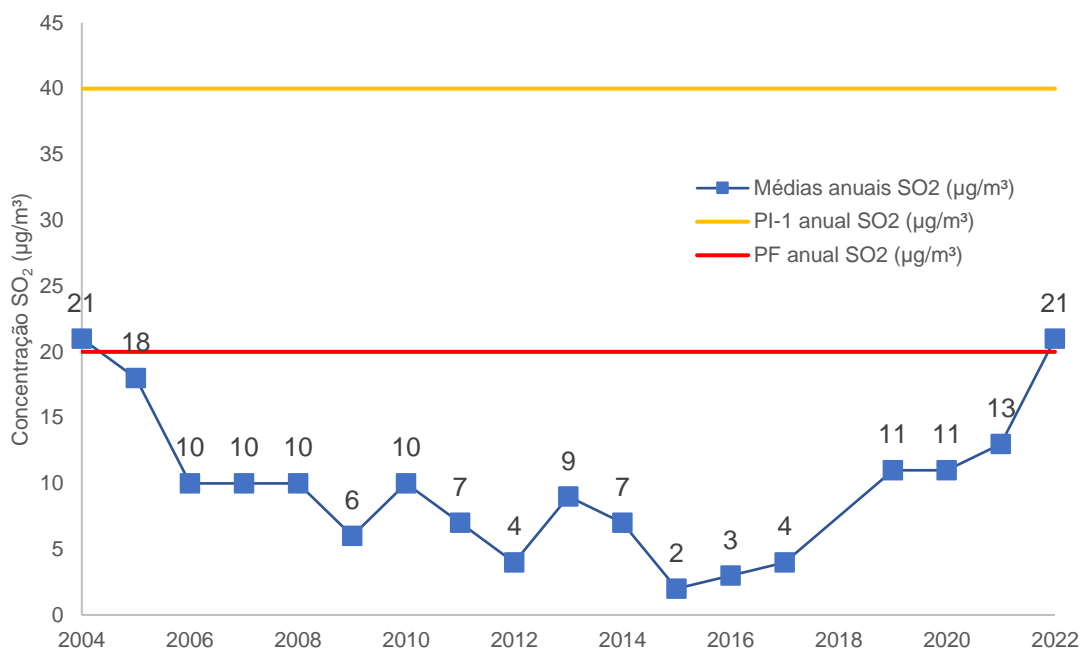
No Gráfico 22, estão apresentadas as médias diárias obtidas na estação RPR para o SO₂. Nesse caso, quase 7% das médias foram classificadas como “Regular” e o restante como “Boa”.

Gráfico 22 - Médias diárias do poluente SO₂ na estação RPR em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

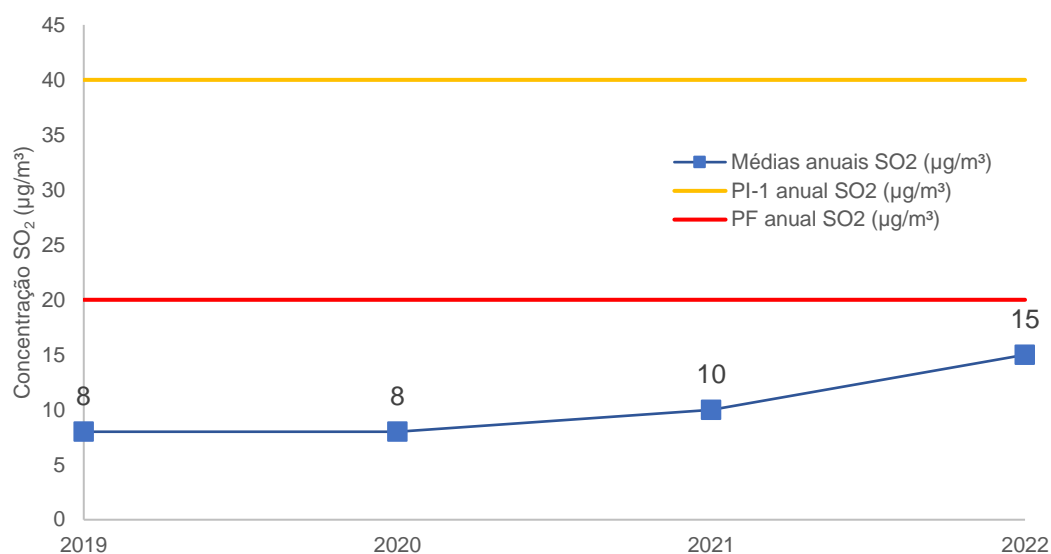
No Gráfico 23, está representada a evolução das concentrações médias anuais para o dióxido de enxofre no período de 2004 a 2022, considerando as estações automáticas de Curitiba e Região Metropolitana. Para compor o gráfico, foram consideradas apenas as médias anuais que atenderam ao critério de representatividade. O ano de 2018 não consta no esquema, pois nenhum resultado atendeu tal critério.

Gráfico 23 – Concentrações médias anuais de SO₂ em Curitiba e RM (2004-2022)

Fonte: Os autores, 2023.

Dessa forma, observa-se um aumento de 62% na concentração média anual do poluente, em 2022, quando comparado ao ano anterior. O valor atingiu o resultado mais elevado da série histórica, obtido em 2004, de 21 µg/m³.

Em relação à abrangência estadual, a concentração média anual de SO₂ aumentou em 50% de 2021 para 2022, como mostra o Gráfico 24. Nesses dois anos, o resultado foi obtido com base nas estações CSN, RPR e SIX. A última, apesar de não atender aos critérios de representatividade, obteve mais de 50% de disponibilidade durante o ano, sendo considerada a fim de aumentar a abrangência.

Gráfico 24 – Concentrações médias anuais de SO₂ no Paraná (2019-2022)

Fonte: Os autores, 2023.

4.2.5. Monóxido de carbono (CO)

As concentrações de monóxido de carbono foram registradas em seis estações, sendo duas em Curitiba (estações CIC e PARP), uma em Araucária (estação RPR), uma em São Mateus do Sul (estação SIX), uma em Ponta Grossa (estação PGA) e uma em Paranaguá (estação PGUA). A Tabela 13 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 13 - Resultados do monitoramento de CO em 2022

Estação	Disp. anual	Média máxima obtida (µg/m ³)	Data da média máxima	Média anual (µg/m ³)	Nº de classificações das médias diárias			
					Boa	Reg.	Inad.	Ruim
CIC	91,8%	3,96	22/07/2022	0,87	325	0	0	0
RPR	95,6%	2,70	04/03/2022	1,20	349	0	0	0
SIX	84,4%	5,67	02/07/2022	1,30	308	0	0	0

PGA*	26,6%	7,04	13/06/2022	1,41	97	0	0	0
PGUA*	3,0%	0,41	02/06/2022	0,32	11	0	0	0
PARP*	8,2%	1,71	08/12/2022	1,08	30	0	0	0

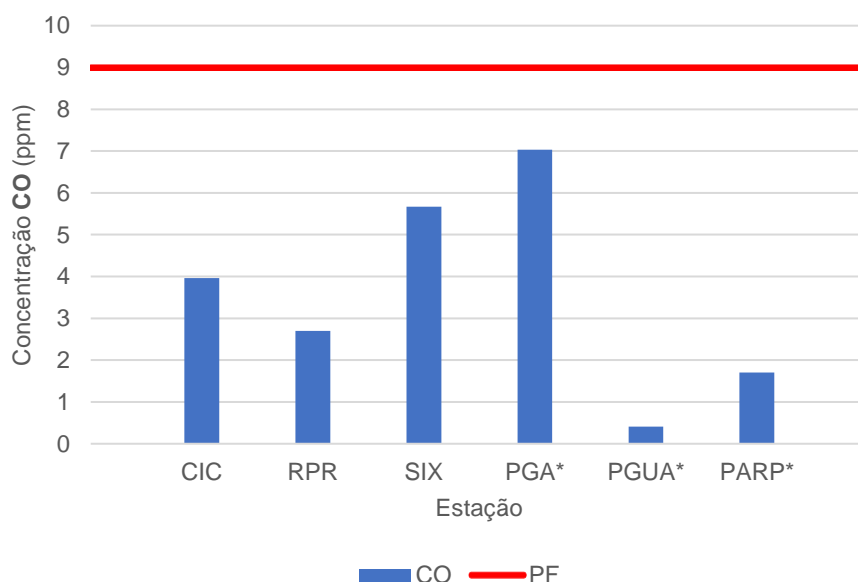
*Não atende ao critério de representatividade.

Fonte: Os autores, 2023.

Caso fosse considerado um padrão para a média anual, em 2022, as estações automáticas PGA, PGUA e PARP 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 25 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 25 - Médias diárias máximas do poluente CO no Estado do Paraná no ano de 2022



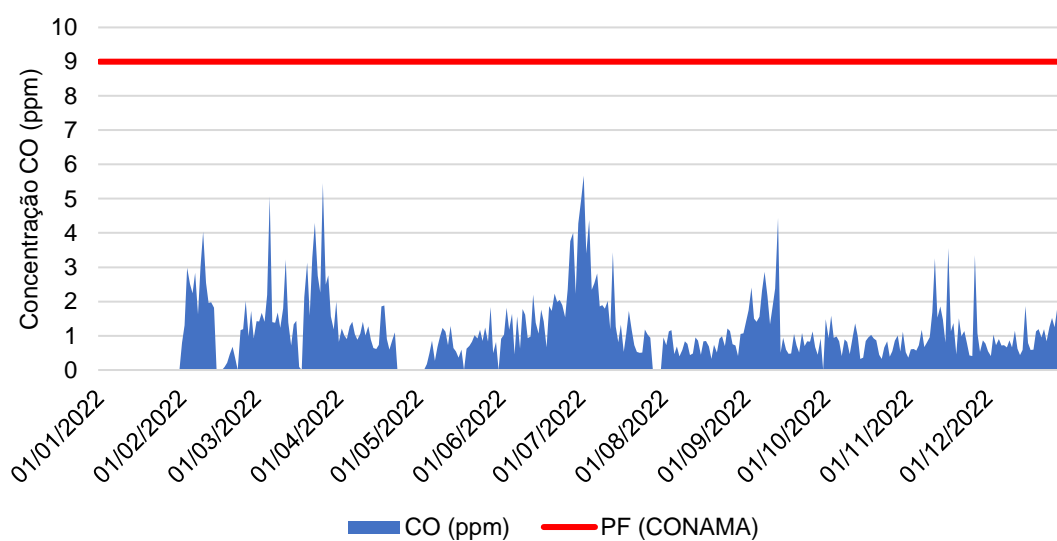
Fonte: Os autores, 2023.

No ano avaliado, nenhuma estação obteve média diária de CO maior que o padrão de 9 ppm. O maior resultado foi na estação localizada em Ponta Grossa, que atingiu uma média de 7,04 ppm entre às 16h do dia 13/06/2022 e 00h do dia 14/06/2022.

Consultando o histórico de registros do Corpo de Bombeiros do Paraná, foi possível constatar que ocorreram dois incêndios na região, por volta das 18h, sendo um em vegetação, na região metropolitana, e outro em uma edificação próxima à localização da estação (região central da cidade), o que poderia explicar o pico na medição.

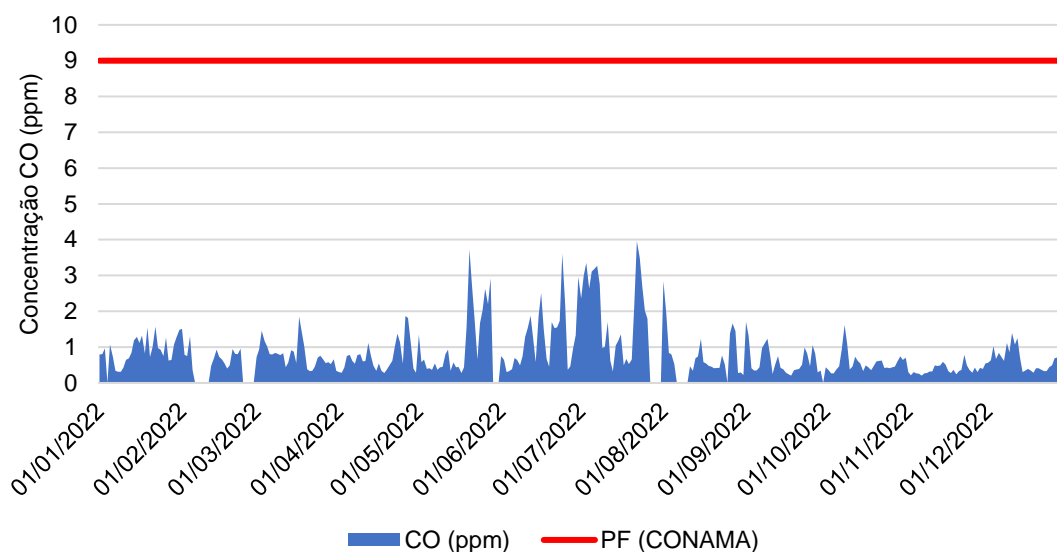
Considerando as três estações com resultado anual representativo, a média entre os valores foi de 1,12 ppm, em 2022. A relação entre as médias diárias (máxima média de 8h) ao longo do ano para a estação localizada em São Mateus do Sul, cuja média anual foi a mais elevada entre as citadas, está apresentada no Gráfico 26.

Gráfico 26 - Médias diárias do poluente CO na estação SIX em 2022

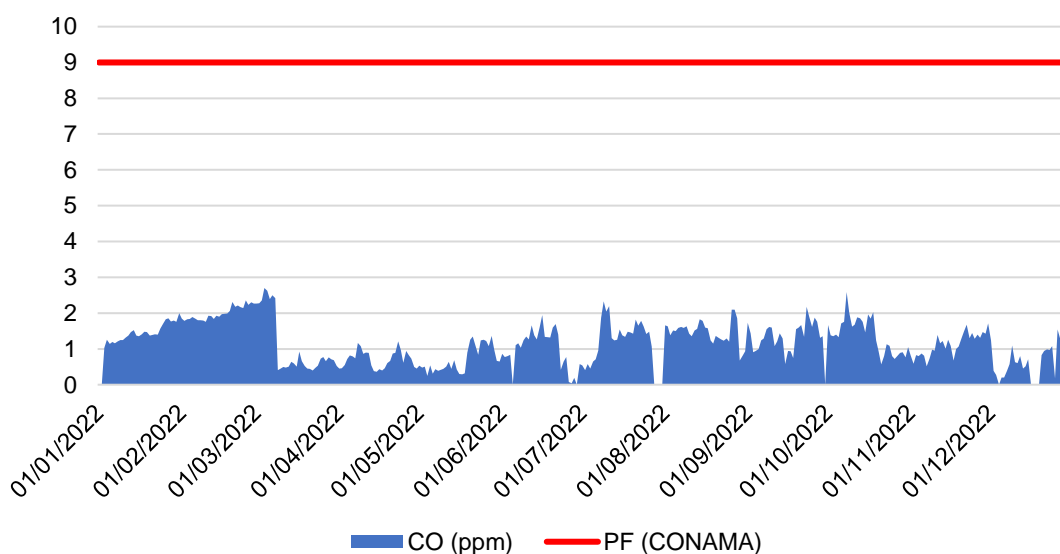


Fonte: Os autores, 2023.

O Gráfico 27 e o Gráfico 28 apresentam as médias diárias obtidas nas estações localizadas em Curitiba (CIC) e em Aracucária (RPR), respectivamente, no ano de 2022.

Gráfico 27 - Médias diárias do poluente CO na estação CIC em 2022

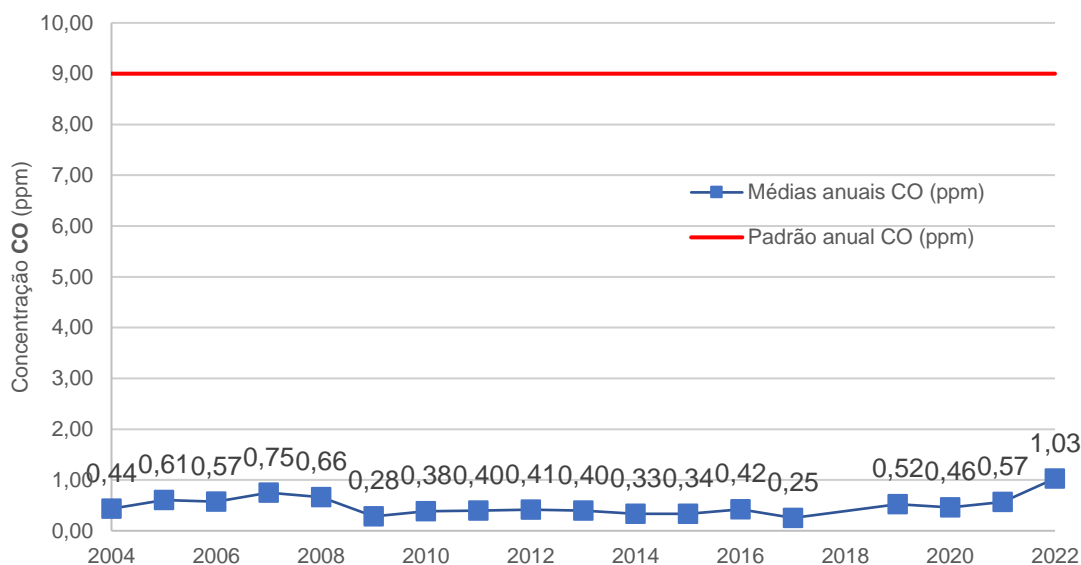
Fonte: Os autores, 2023.

Gráfico 28 - Médias diárias do poluente CO na estação RPR em 2022

Fonte: Os autores, 2023.

Em Curitiba e Região Metropolitana, a evolução das concentrações médias anuais para o dióxido de carbono, no período de 2004 a 2022, está representada no Gráfico 29. 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 29 – Concentrações médias anuais de CO em Curitiba e RM (2004-2020)

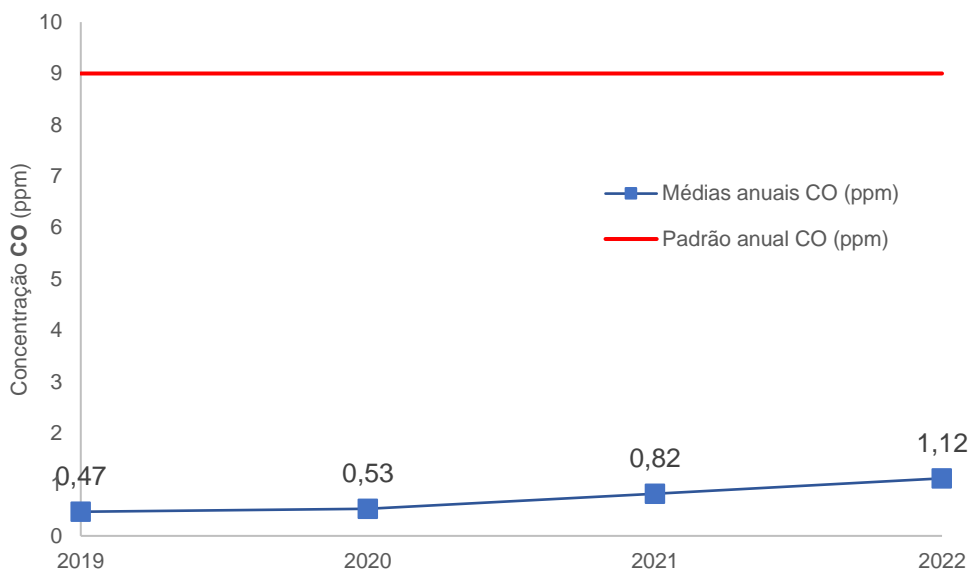


Fonte: Os autores, 2023.

A concentração média anual obtida em 2022 foi a maior da série histórica, ultrapassando a faixa de 1 ppm. As estações consideradas para o cálculo foram a CIC e a RPR.

Em relação à abrangência estadual, o Gráfico 30 apresenta as concentrações médias anuais de CO entre 2019 e 2022. Em 2019 e 2020, foram consideradas mais estações localizadas no interior do estado do que nos anos de 2021 e 2022. No último ano, as médias anuais representativas foram obtidas nas estações CIC, RPR e SIX.

Gráfico 30 – Concentrações médias anuais de CO no Paraná (2019-2022)



Fonte: Os autores, 2023.

4.2.6. Ozônio (O₃)

Em 2022, as concentrações de ozônio foram registradas em oito estações, situadas nas cidades de Curitiba (estações CIC e PARP), Araucária (estações CSN e RPR), São Mateus do Sul (estação SIX), Ponta Grossa (estação PGA), Cascavel (estação CVEL) e Paranágua (estação PGUA). Os resultados referentes às classificações das médias diárias, médias máximas obtidas no período de 8 horas e médias anuais constam na Tabela 14. As médias diárias foram calculadas considerando a máxima média móvel obtida no dia (intervalo de 8h).

Tabela 14 - Resultados do monitoramento de O₃ em 2022

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
CIC*	60,5%	112,99	26/02/2022	48,22	220	1	0	0
CSN	89,3%	67,70	24/01/2022	25,94	326	0	0	0
RPR	95,6%	116,41	24/09/2022	61,88	335	14	0	0
SIX	81,6%	78,10	09/09/2022	43,65	298	0	0	0
PGA*	48,2%	60,55	26/07/2022	26,84	151	0	0	0
PGUA*	18,4%	6,52	22/01/2022	1,08	67	0	0	0
CVEL*	15,1%	7,88	20/02/2022	2,99	55	0	0	0
PARP*	9,9%	87,59	03/12/2022	55,56	34	0	0	0

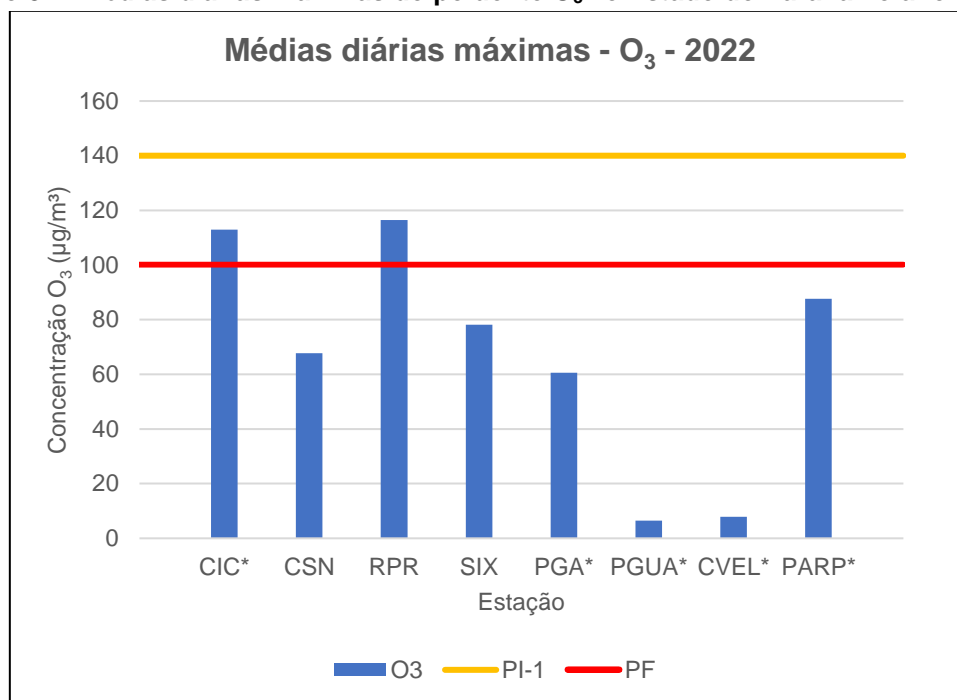
*Não atende ao critério de representatividade anual.

Fonte: Os autores, 2023.

As estações CIC, SIX, PGA, PGUA, CVEL e PARP 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 31, assim como os padrões intermediário (PI-1) e final (PF).

Gráfico 31 - Médias diárias máximas do poluente O₃ no Estado do Paraná no ano de 2022

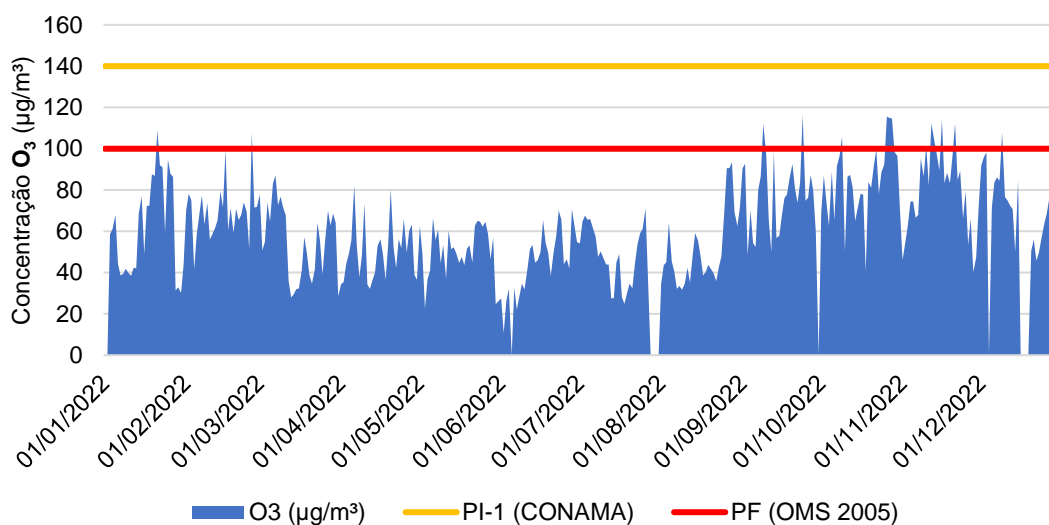


*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

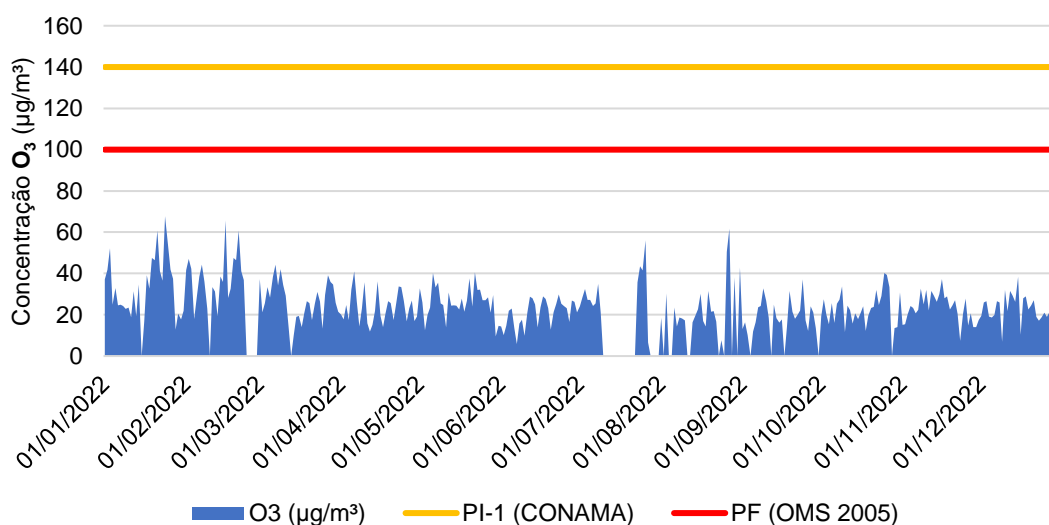
Em 2022, nenhuma média diária ultrapassou o padrão intermediário PI-1 de 140 µg/m³. As estações CIC e RPR obtiveram resultados máximos maiores do que o Padrão Final, estabelecido pela OMS, de 100 µg/m³. A quantidade de resultados que ultrapassaram o PF pode ser observada na Tabela 14 (classificação **Regular**).

Considerando as três estações com resultado anual representativo (CSN, RPR e SIX), a média total anual foi de 43,82 µg/m³, em 2022. A estação RPR, 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 32.

Gráfico 32 - Médias diárias do poluente O₃ na estação RPR em 2022

Fonte: Os autores, 2023.

O Gráfico 33 apresenta o comportamento das médias diárias, durante 2022, na estação CSN, também localizada no município de Araucária.

Gráfico 33 - Médias diárias do poluente O₃ na estação CSN em 2022

Fonte: Os autores, 2023.

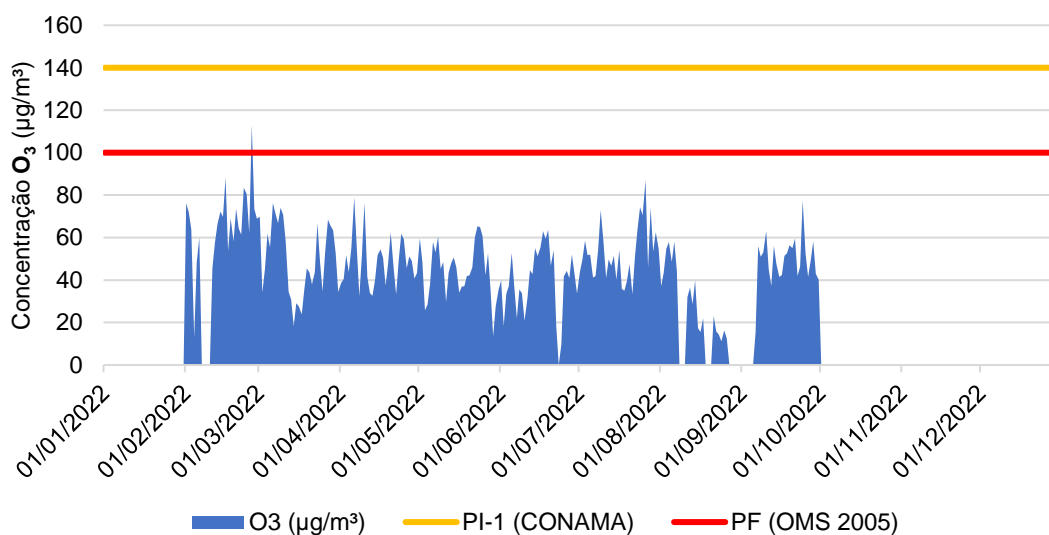
A Região Metropolitana de Curitiba apresenta um alto potencial de formação de ozônio troposférico, o qual resulta de reações entre poluentes induzidos pela luz. Este processo é conhecido como *smog* fotoquímico e tem como principais precursores, os poluentes de origem veicular, como óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos totais. A formação do ozônio próximo à superfície é extremamente influenciada pelas condições meteorológicas, como variação da nebulosidade, quantidade de radiação solar

incidente, altas temperaturas, transporte atmosférico de precursores, bem como transporte do próprio ozônio de uma região para outra (CETESB, 2023).

Vale ressaltar que a estação CSN está localizada mais próxima às indústrias da região, enquanto a estação RPR está em um bairro vizinho à planta da Repar. Como o ozônio é um poluente secundário, ou seja, sua formação ocorre a partir da quebra de óxidos de nitrogênio pela ação da radiação solar e da presença de compostos orgânicos voláteis na atmosfera (CASTELHANO, 2018), a disposição das estações pode explicar as medições mais elevadas no local mais afastado das fontes pontuais.

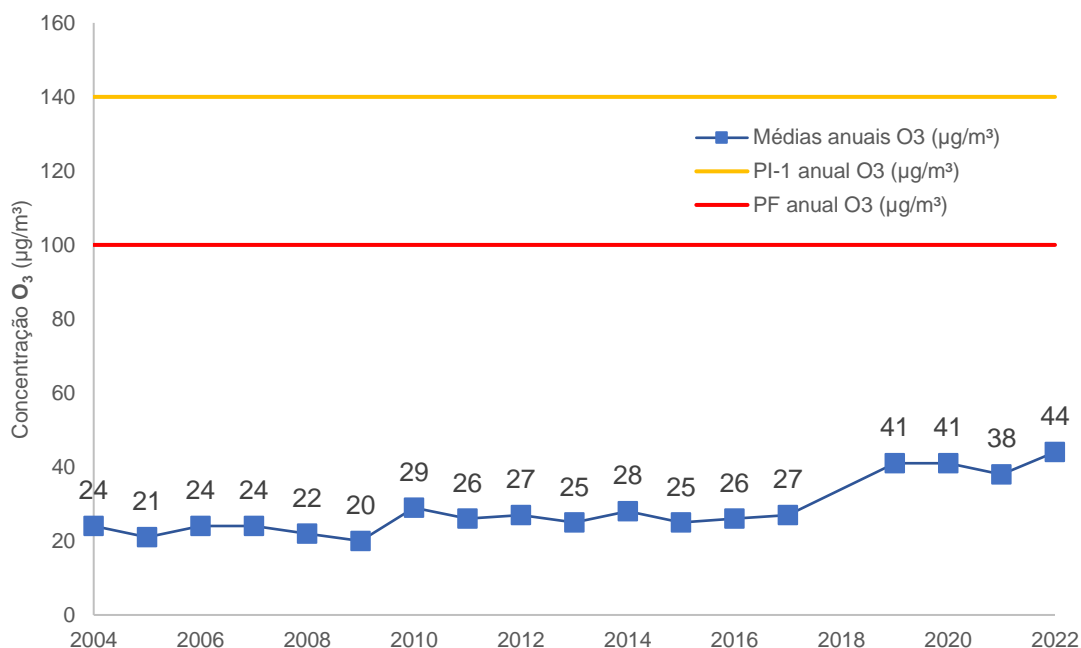
Em Curitiba, na estação CIC, a média diária máxima ultrapassou o padrão final do poluente, sendo essa a única média com classificação **Regular**. O Gráfico 34 ilustra os resultados obtidos para essa estação.

Gráfico 34 - Médias diárias do poluente O₃ na estação CIC em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

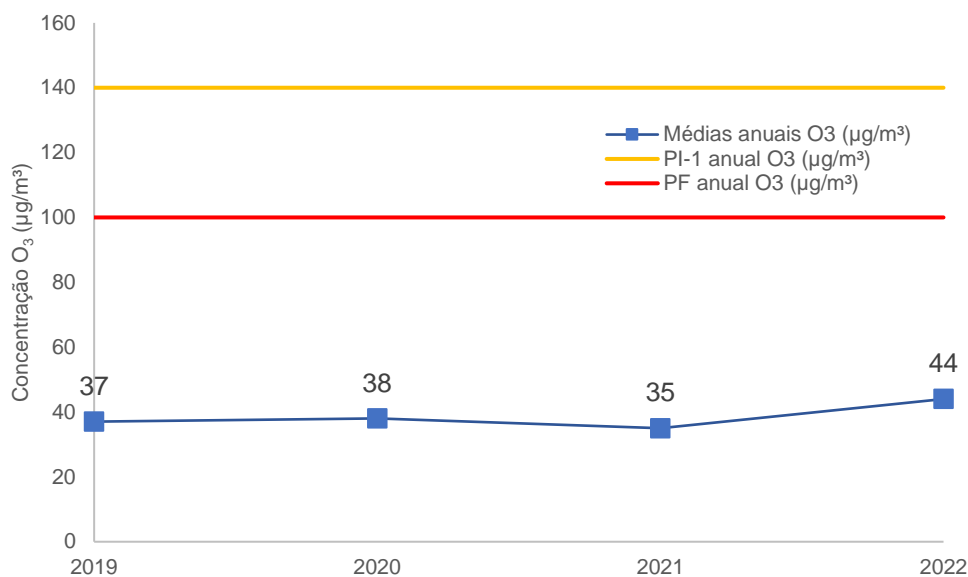
No Gráfico 35, está representada a evolução das concentrações médias anuais para o ozônio no período de 2004 a 2022, considerando as estações automáticas de Curitiba e Região Metropolitana. Para compor o gráfico, foram consideradas apenas as médias anuais que atenderam ao critério de representatividade. O ano de 2018 não consta no esquema, pois nenhum resultado atendeu tal critério.

Gráfico 35 – Concentrações médias anuais de O₃ em Curitiba e RM (2004-2022)

Fonte: Os autores, 2023.

Assim, nota-se que a concentração média anual desse poluente aumentou em 16% entre os anos de 2021 e 2022, atingindo o maior valor da série histórica nesse último ano. Apenas as estações CSN e RPR, localizadas em Araucária, obtiveram médias anuais representativas, na área considerada, em 2022.

Analisando o estado do Paraná, a concentração média anual de O₃ também aumentou quando comparado aos anos anteriores, como pode ser observado no Gráfico 37.

Gráfico 36 – Concentrações médias anuais de O₃ no Paraná (2019-2022)

Fonte: Os autores, 2023.

No último ano, as estações CSN, RPR e SIX foram consideradas para calcular a média anual do estado. Em 2019, o resultado ainda contava com a contribuição representativa de mais estações localizadas no interior do estado, como em Cascavel, Londrina e Ponta Grossa, o que gera resultados mais abrangentes e que consideram de maneira mais efetiva as diferentes regiões do Paraná. Vale ressaltar, portanto, a importância de expandir a rede de monitoramento da qualidade do ar para diferentes cidades e realizar a manutenção das estações, para garantir a disponibilidade necessária ao longo do ano.

4.2.7. Dióxido de nitrogênio (NO₂)

As concentrações de NO₂ foram registradas em sete estações automáticas, localizadas em Curitiba, nas estações CIC e PARP, em Araucária, nas estações CSN e RPR, em Ponta Grossa, na estação PGA, em Cascavel, na estação CVEL, e em São Mateus do Sul, na estação SIX. Na Tabela 15, são apresentadas as médias horárias máximas, as médias anuais registradas e a classificação das médias diárias (considerando a média horária máxima em 24h).

Tabela 15 - Resultados do monitoramento de NO₂ em 2022

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	88,8%	101,62	25/07/2022 20:00	23,74	337	0	0	0
CSN	69,0%	310,93	07/09/2022 00:00	28,57	282	4	1	0
RPR	79,2%	128,60	26/07/2022 10:00	18,47	312	0	0	0
SIX*	73,7%	91,79	04/07/2022 09:00	13,13	269	0	0	0
PGA*	47,7%	68,38	05/07/2022 06:00	10,20	207	0	0	0
CVEL*	18,9%	62,33	01/08/2022 20:00	23,94	69	0	0	0
PARP*	9,3%	59,24	09/12/2022 17:00	17,66	36	0	0	0

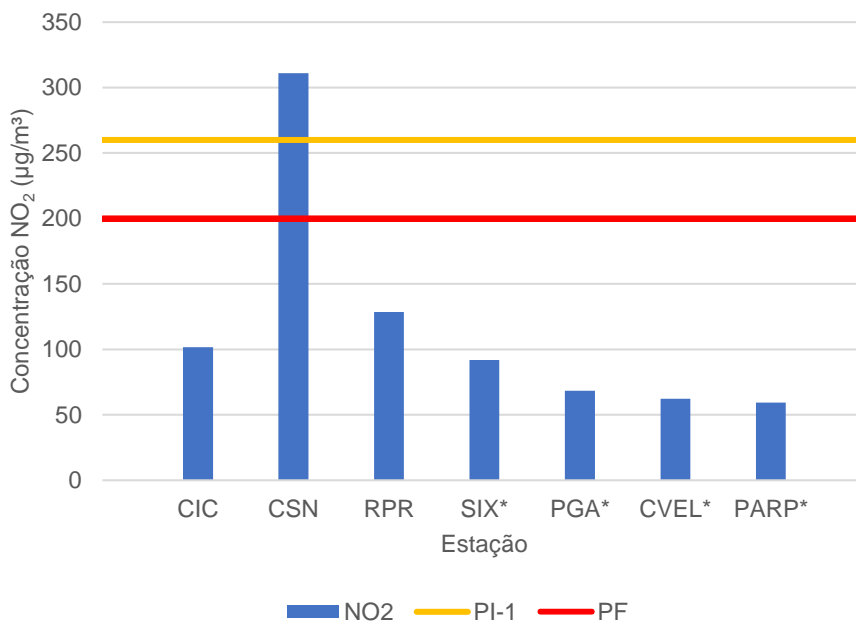
*Não atende ao critério de representatividade

**Considerando a média horária máxima em 24h

Fonte: Os autores, 2023.

As estações SIX, PGA, CVEL e PARP não atenderam ao critério de representatividade anual para o poluente NO₂. As estações avaliadas apresentaram classificações diárias **Boa**, **Regular** ou **Inadequada** para esse parâmetro.

As médias horárias máximas de NO₂ para cada estação estão dispostas no Gráfico 37, assim como os padrões intermediário (PI-1) e final (PF).

Gráfico 37 - Médias horárias máximas do poluente NO₂ no Estado do Paraná no ano de 2022

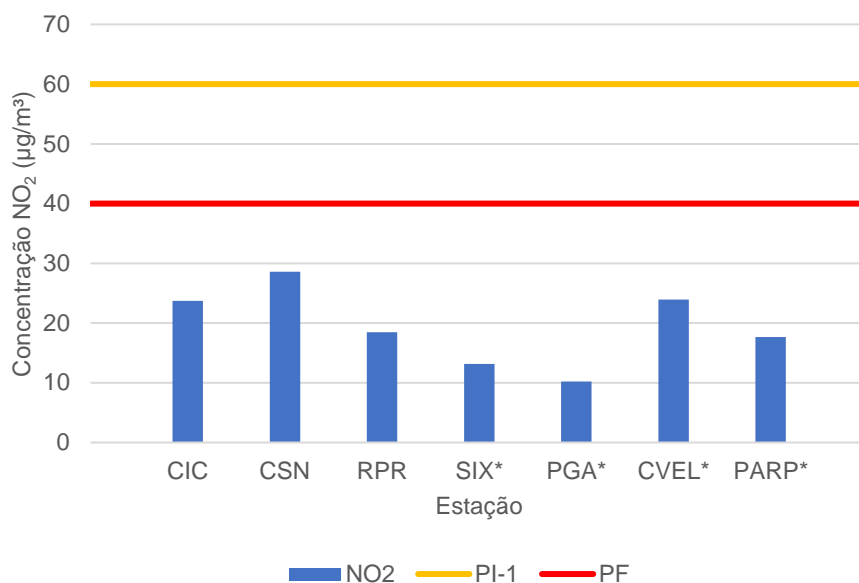
*Não atende ao critério de representatividade da média anual.

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2022, a média horária máxima obtida na estação CSN ultrapassou o Padrão Intermediário 1 de 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Além da CSN, as estações CIC e RPR também obtiveram resultados representativos de média anual, porém os valores se mantiveram abaixo do PI-1 e do PF. A quantidade de resultados que ultrapassaram o PF, na estação CSN, pode ser observada na Tabela 15 - Resultados do monitoramento de NO₂ em 2022 (classificação **Regular** ou **Inadequada**).

O Gráfico 38 apresenta as médias anuais de NO₂ para cada estação, em 2022, e os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N^o 491/2018.

Gráfico 38 - Médias anuais do poluente NO₂ no Estado do Paraná no ano de 2022

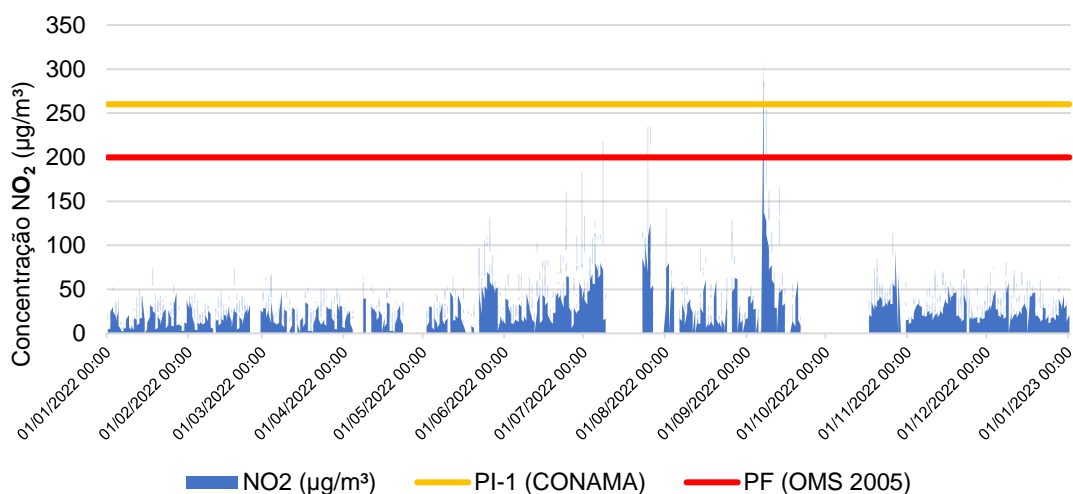


Fonte: Os autores, 2023.

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

O Gráfico 39 apresenta o comportamento das médias horárias de NO₂, obtidas na estação CSN, ao longo do ano de 2022. Considerando as médias horárias, houve três registros de violação ao PI-1 e nove registros de violação ao PF.

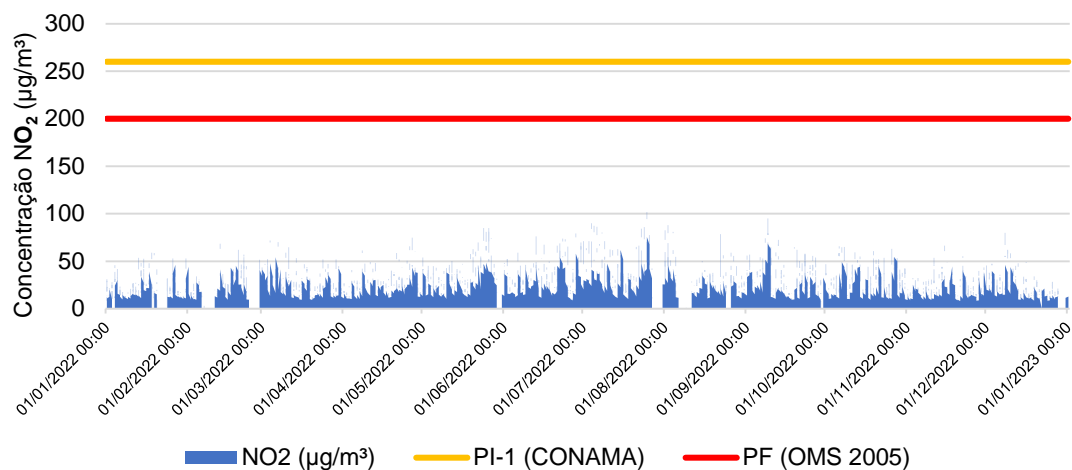
Gráfico 39 - Médias diárias do poluente NO₂ na estação CSN em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

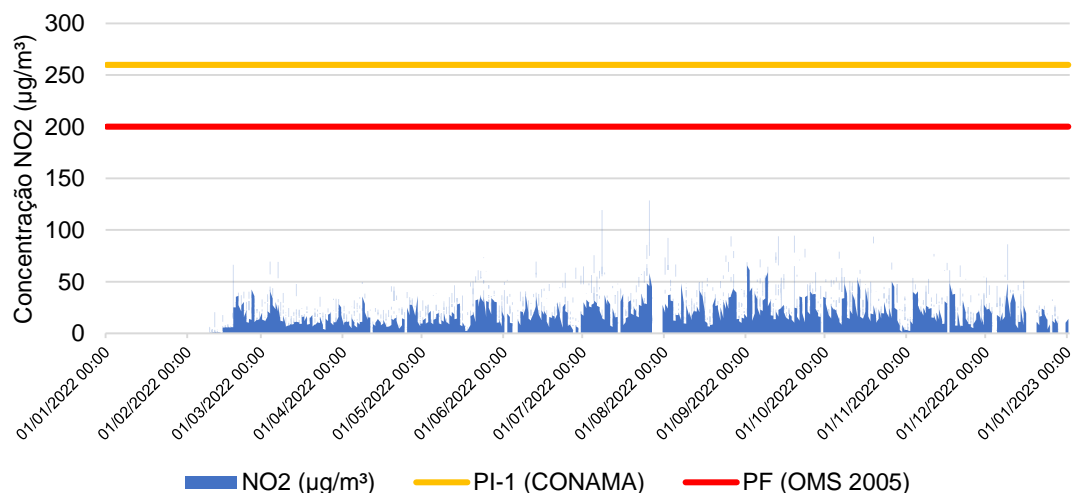
No Gráfico 40 e no Gráfico 41 estão apresentadas as médias horárias obtidas na estação CIC e na estação RPR, respectivamente.

Gráfico 40 - Médias diárias do poluente NO₂ na estação CIC em 2022



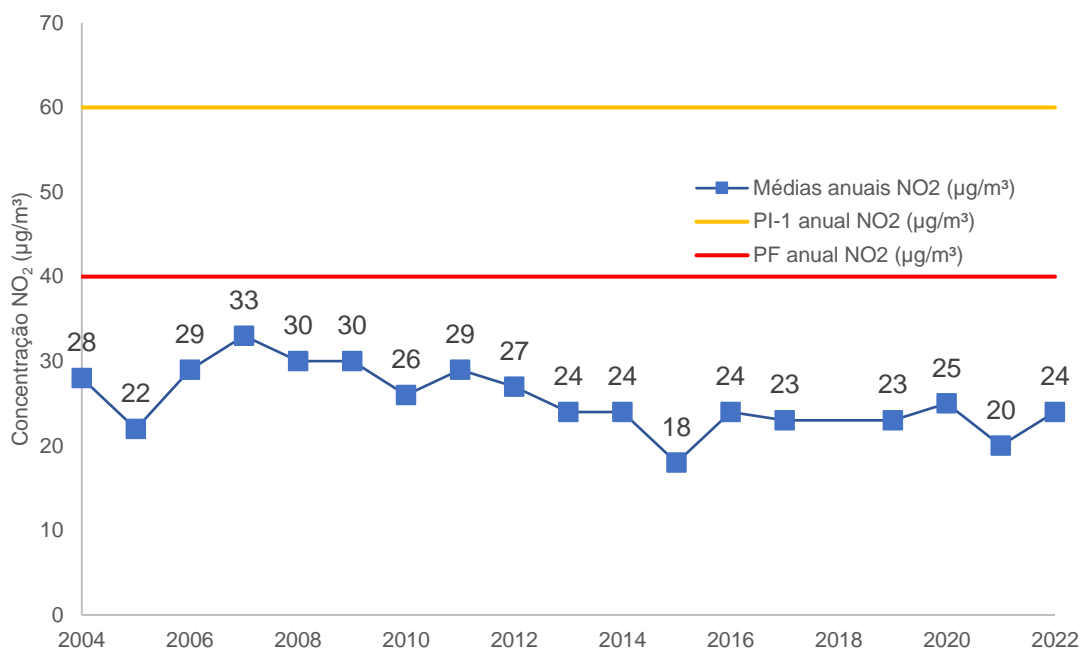
Fonte: Os autores, 2023.

Gráfico 41 - Médias diárias do poluente NO₂ na estação RPR em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

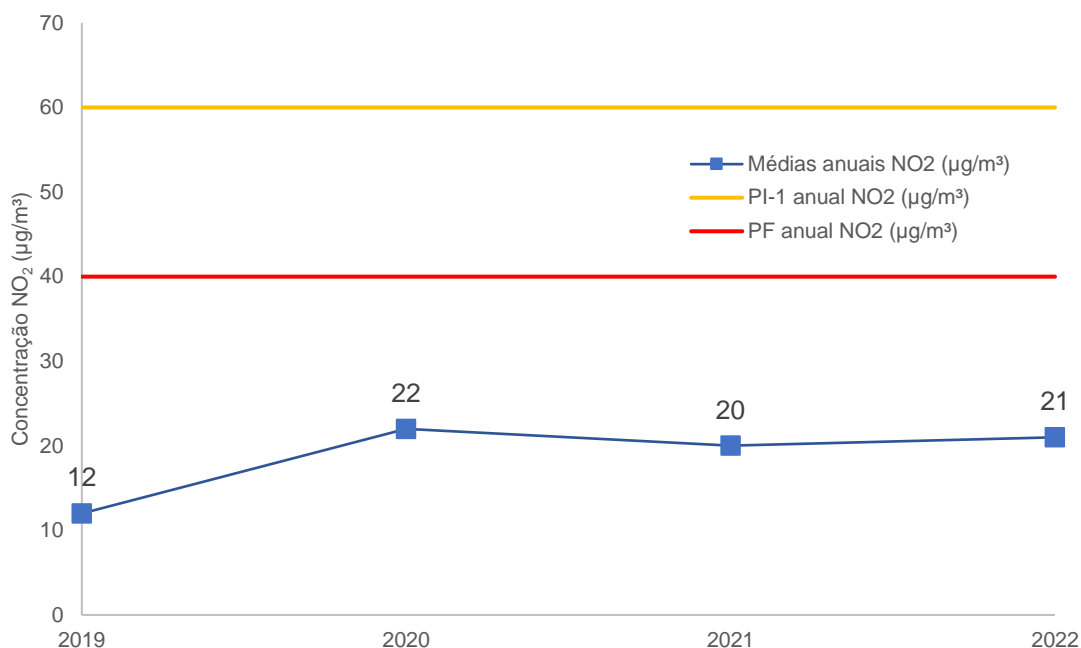
Em Curitiba e Região Metropolitana, a evolução das concentrações médias anuais para o dióxido de nitrogênio, no período de 2004 a 2022, está representada no Gráfico 42. De forma geral, foram consideradas apenas as médias anuais que atenderam ao critério de representatividade. O ano de 2018 não consta no esquema, pois nenhum resultado atendeu tal critério.

Gráfico 42 – Concentrações médias anuais de NO₂ em Curitiba e RM (2004-2022)

Fonte: Os autores, 2023.

A partir de 2019, percebe-se uma oscilação da concentração média anual do poluente. Em 2022, houve um aumento de 20% no resultado em relação ao ano anterior. Em 2021, foram consideradas as estações RPR e CSN, sendo que a primeira, mesmo não obtendo resultado representativo, foi utilizada para compor uma média mais abrangente, pois realizou medições desse parâmetro em mais de 50% do ano. No ano seguinte, as estações RPR, CSN e CIC obtiveram médias anuais representativas.

Em relação à abrangência estadual, a partir de 2020, a concentração média anual de NO₂ varia pouco, como mostra o Gráfico 43.

Gráfico 43 – Concentrações médias anuais de NO₂ em Curitiba e RM (2004-2022)

Fonte: Os autores, 2023.

Em 2022, para abranger regiões além da capital, foi considerada também a estação SIX (São Mateus do Sul), que mesmo não obtendo resultado representativo, realizou medições desse parâmetro em mais de 50% do ano.

4.3. Registro de violações ao Padrão Intermediário PI-1

Em 2022, foram registradas três ocorrências de violação ao Padrão Intermediário PI-1, que aconteceram na estação CSN, em relação ao parâmetro NO₂ (considerando as médias horárias). Os registros aconteceram no dia 07/09/2022, entre 23h e 2h, sendo a média máxima de 310,93 µg/m³, enquanto o padrão primário é de 260 µg/m³.

As demais estações e parâmetros apresentaram médias abaixo dos respectivos padrões.

4.4. Registro de violações ao Padrão Final PF

Na Tabela 16, podemos observar as violações ocorridas no ano de 2022, 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 16 – Número de violações ao Padrão Final por parâmetros observados em 2022

Cidade	Estação	CO	SO ₂	NO ₂ **	O ₃	MP 10	PTS	MP 2,5
Curitiba	CIC	0	0	0	1	31	*	44
	PARP	0	0	0	0	0	*	0
Araucária	CSN	*	63	12	0	*	*	*
	RPR	0	26	0	14	2	*	19
São Mateus do Sul	SIX	0	1	0	0	13	0	*
Ponta Grossa	PGA	0	*	0	0	0	0	*
Paranaguá	PGUA	0	6	*	0	*	*	*

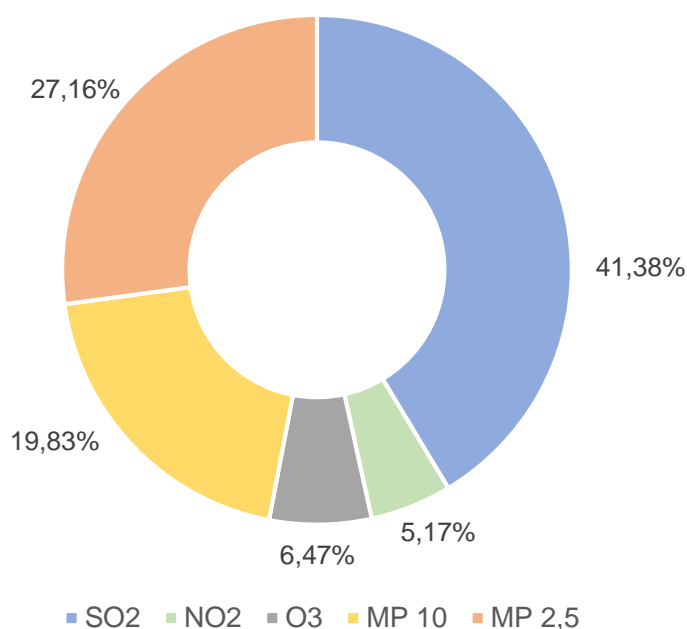
*Poluente não monitorado na estação em 2022

**Considerando cada média horária

Fonte: Os autores, 2023.

O Gráfico 44 apresenta a porcentagem de violações por parâmetro durante o período. Os poluentes com nenhuma violação não constam no gráfico (PTS e CO).

Gráfico 44 - Porcentagem do número de violações do PF por poluente no Paraná em 2022

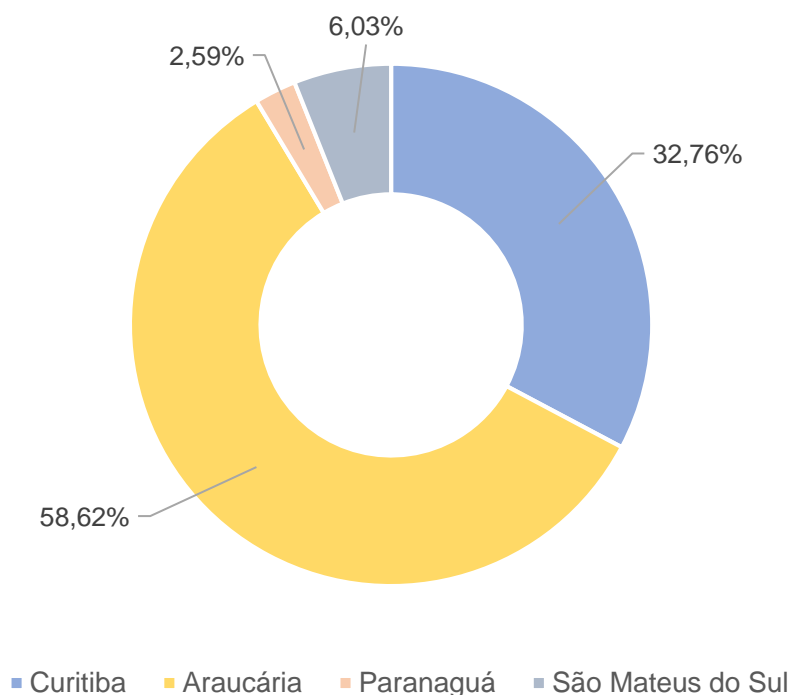


Fonte: Os autores, 2023.

Observa-se que a maioria do número de violações corresponde ao poluente SO₂, seguido do MP 2,5 e MP 10. Juntos, esses três parâmetros somam 88,4 % do número total de violações.

A partir do Gráfico 45, é possível analisar as cidades com mais ocorrências de violação ao Padrão Final, considerando todos os poluentes. Da mesma forma, a cidade com nenhuma violação não aparece no esquema (Ponta Grossa).

Gráfico 45 - Porcentagem do número de violações do PF por cidade no Paraná em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

A Região Metropolitana de Curitiba é responsável por 91,38% das ocorrências de violações aos Padrões Finais. A cidade de Araucária, especificamente, corresponde a mais da metade das ocorrências, impulsionadas principalmente pelas ocorrências de violações de SO₂ na estação CSN.

5. CONCLUSÃO

No ano de 2022, a rede de monitoramento de qualidade do ar do estado do Paraná contou com oito estações automáticas de monitoramento, sendo quatro delas instaladas em Curitiba e Região Metropolitana, uma na região litorânea e três 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 quase todas as classificações diárias, para cada poluente, como “Boa” ou “Regular”, sendo apenas uma classificação “Inadequada”.

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 2022, foram monitorados os parâmetros MP_{10} , $MP_{2,5}$, SO_2 , CO , O_3 e NO_2 em duas estações automáticas. 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), as estações apresentaram 31 violações para o parâmetro MP_{10} , 44 violações para o $MP_{2,5}$ e uma violação para o O_3 .

Baseado no Índice de Qualidade do Ar, em Curitiba, no ano de 2022, 95,2% das medições realizadas foram classificadas como “Boa” e 4,8% como “Regular” (considerando as classificações individuais de cada poluente).

- Araucária

Na cidade de Araucária, foram monitorados os parâmetros MP_{10} , $MP_{2,5}$, SO_2 , CO , O_3 e NO_2 em duas estações automáticas (CSN e RPR). Foram registradas três médias horárias de NO_2 , em um mesmo dia, que ultrapassaram o PI-1 estabelecido na Resolução CONAMA Nº 491/18. Em relação ao Padrão Final, as estações apresentaram

violações quanto aos poluentes MP_{10} , $MP_{2,5}$, O_3 , SO_2 e NO_2 . Em relação às médias anuais dos poluentes monitorados no período, todos atenderam ao Padrão Primário, porém a estação RPR apresentou média maior que o Padrão Final no caso do poluente $MP_{2,5}$. Ambas as estações apresentaram médias anuais representativas para os parâmetros avaliados em cada uma delas, ou seja, a disponibilidade para realização das medições foi satisfatória ao longo do ano.

Baseado no Índice de Qualidade do Ar, em Araucária, no ano de 2022, 88,02% das avaliações realizadas foram classificadas como “Boa”, 11,94% como “Regular” e menos de 0,04% como “Inadequada” (considerando as classificações diárias individuais de cada poluente).

- **Ponta Grossa**

Em Ponta Grossa, foram monitorados os parâmetros CO, PTS, MP_{10} , NO_2 e O_3 em uma estação automática. Nenhuma violação ao Padrão Primário ou ao Padrão Final foi registrada. Em relação às médias anuais dos poluentes monitorados no período, apenas o parâmetro MP_{10} ultrapassou o PF, porém o valor não foi considerado representativo.

Baseado no Índice de Qualidade do Ar, 100% das medições realizadas foram classificadas como “Boa” (considerando as classificações diárias individuais de cada poluente).

- **São Mateus do Sul**

Em São Mateus do Sul, foram monitorados os parâmetros CO, MP_{10} , PTS, SO_2 , NO_2 e O_3 em uma estação automática. Nenhuma violação ao Padrão Primário (PI-1) foi registrada; já em relação ao Padrão Final, 13 violações foram registradas em relação ao MP_{10} e 2 em relação ao SO_2 . Em relação às médias anuais dos poluentes monitorados no período, todas foram respeitadas. Quanto a representatividade anual, a estação não apresentou a disponibilidade necessária ao longo do ano para os poluentes NO_2 e SO_2 .

Baseado no Índice de Qualidade do Ar, entre as medições realizadas, 99,1% foram classificadas como “Boa” e 0,9% como “Regular” (considerando as classificações individuais de cada poluente).

- **Paranaguá**

Os parâmetros CO, SO₂ e O₃ foram monitorados em uma estação automática no município de Paranaguá. Em relação às médias diárias, nenhuma violação ao Padrão Primário (PI-1) foi registrada; já em relação ao Padrão Final, 6 violações foram registradas em relação ao SO₂. Os dados não foram considerados representativos.

Baseado no Índice de Qualidade do Ar, 95,9% das medições realizadas foram classificadas como “Boa” e 4,1% como “Regular” (considerando as classificações individuais de cada poluente).

- **Cascavel**

Em Cascavel, apenas os parâmetros NO₂ e O₃ foram monitorados no ano de 2022, em uma estação automática. Nenhuma violação ao Padrão Primário ou ao Padrão Final foram registradas, porém vale ressaltar que os dados não atenderam aos critérios de representatividade.

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, 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.

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.

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. **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.

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.

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.

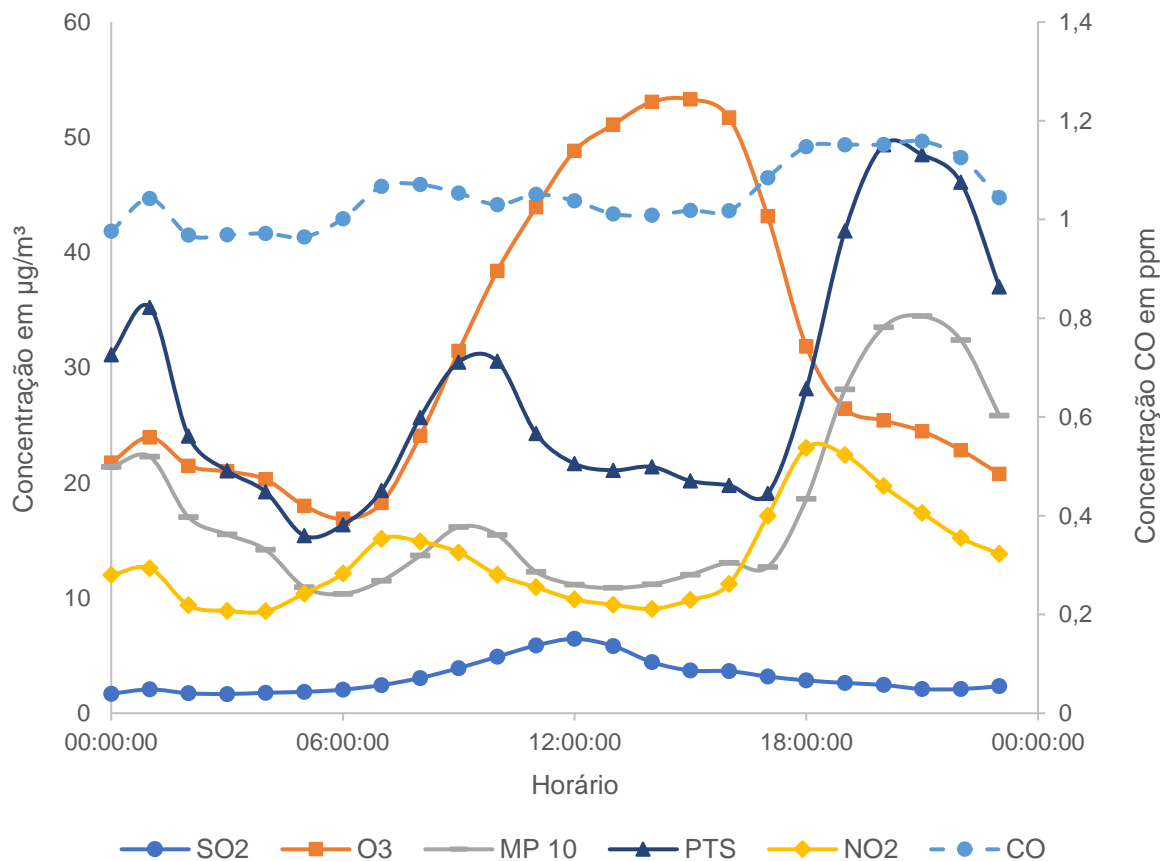
ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction.** OECD: 2012. Disponível em <<http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/oecdenvironmentaloutlookto2050theconsequencesofinaction.htm>>. Acesso em: 01 set. 2023.

PARANÁ, 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.

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.

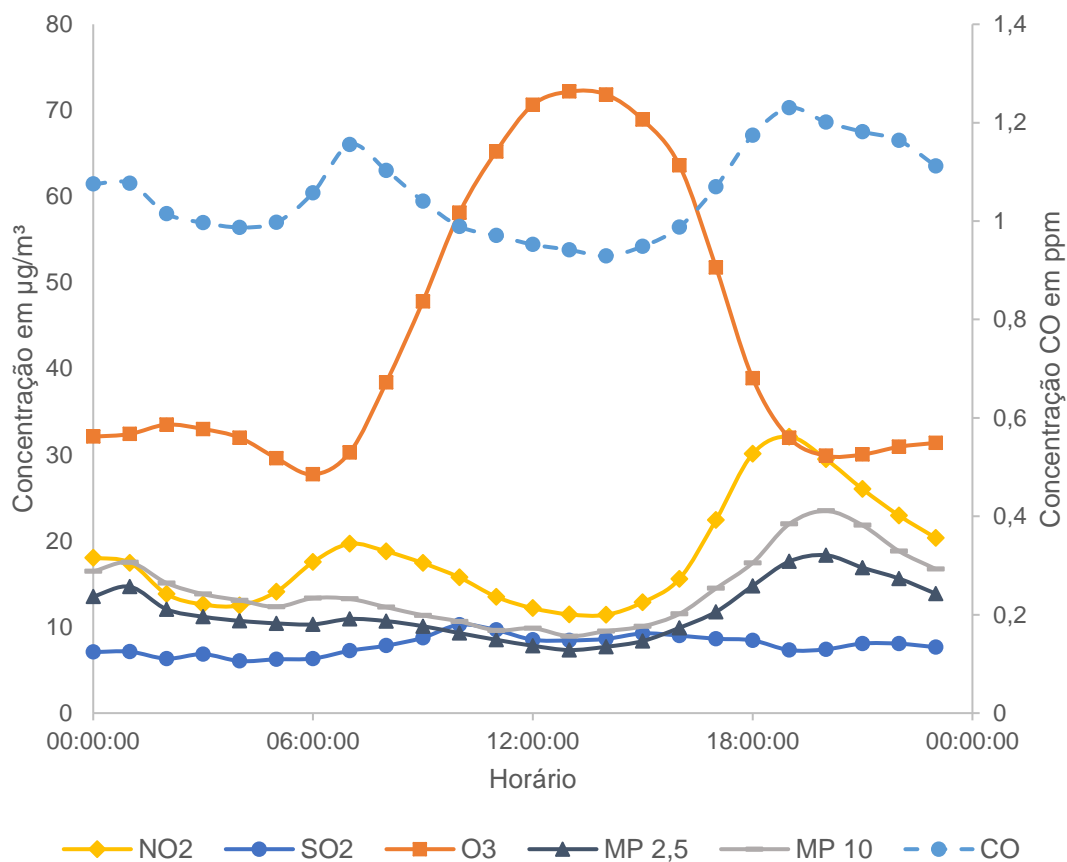
APÊNDICE 1 – Variação da média diária dos poluentes nas estações SIX, RPR e PGA

Figura 1 – Variação da média diária registrada na estação automática SIX em 2022



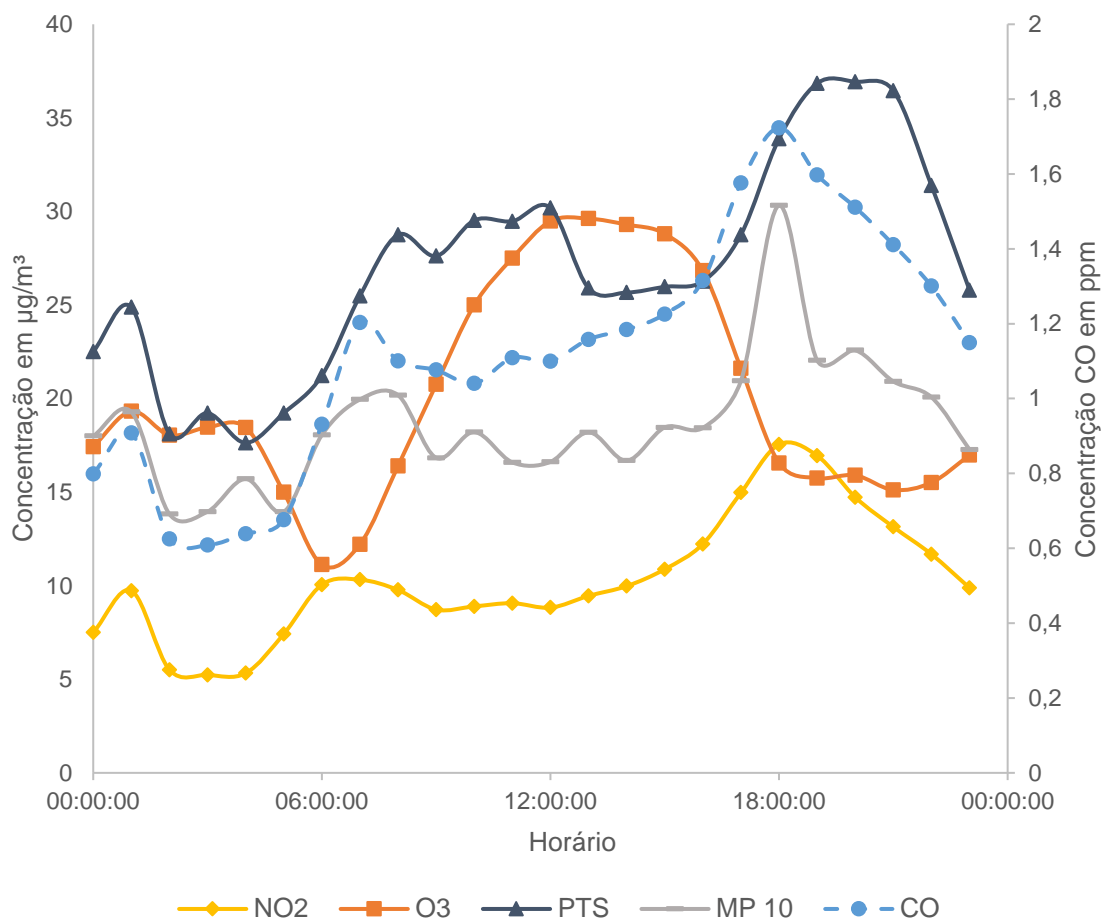
Fonte: Os autores, 2023.

Figura 2 - Variação da média diária registrada na estação automática RPR em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

Figura 3 – Variação da média diária registrada na estação automática PGA em 2022



Fonte: Os autores, 2023.

APÊNDICE 2 – 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 (Zona 22 J)	
		Latitude (S)	Longitude (W)	E (m)	S (m)
CIC	Rua Senador Accioly Filho, Nº 3400, Cidade Industrial de Curitiba, Curitiba.	25°29'51,42"	49°20'25,40"	666804,88	7178909,22
PARP	Rua Getúlio Vargas esquina com Rua Nunes Machado, Centro, Curitiba.	25°26'40,85"	49°16'18,30"	673781,98	7184686,22
CSN	Rodovia do Xisto, BR-476, Nº 5005, Chapada, Araucária.	25°34'09,35"	49°22'57,25"	662468,35	7171027,03
RPR	Rua das Andorinhas, Nº 151, Capela Velha, Araucária.	25°33'13,02"	49°23'30,21"	663752,67	7171293,52
PGA	Parque Ambiental, Centro, Ponta Grossa	25° 5'40.07"	50° 9'13.41"	585334,00	7224325,00
PGUA	R. Ayrton Senna Da Silva, 1813, Dom Pedro II	25°30'22.53"	48°30'56.25"	749710,49	7176661,44
CVEL	Rua Pernambuco, 1843, Centro, Cascavel	24°57'11.17"	53°28'39.99"	249823,00	7237962,00
SIX	Rua Manoel da Cunha Bittencout, 128	25°51'32.34"	50°24'29.56"	559296,00	7139799,00

Fonte: Os autores, 2023.