

QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO



2023

SÉRIE RELATÓRIOS



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO



Governo do Estado de São Paulo
Tarcísio de Freitas - Governador do Estado de São Paulo

Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística
Natália Resende - Secretária de Estado

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Thomaz Miazaki de Toledo - Diretor-Presidente

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Diretoria de Gestão Corporativa
Liv Nakashima Costa - Diretora

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental
Adriano Rafael Arrepia de Queiroz - Diretor

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental
Carolina Fiorillo Mariani - Diretora

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental
Mayla Matsuzaki Fukushima - Diretora

QUALIDADE DO AR

NO ESTADO DE SÃO PAULO

S É R I E R E L A T Ó R I O S

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

2023

S É R I E R E L A T Ó R I O S

São Paulo ▪ 2024

Dados Internacionais de Catalogação (CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418q CETESB (São Paulo)
Qualidade do ar no estado de São Paulo 2023 [recurso eletrônico] / CETESB ;
Coordenação geral Maria Lúcia Gonçalves Guardani ; Coordenação técnica Dirce
Maria Pellegatti Franco ; Equipe técnica Almir Oliveira da Silva ... [et al.] ; Mapas
Thiago De Russi Colella ; Ilustrações Omar de Almeida Cardoso. - - São Paulo :
CETESB, 2024.
1 arquivo de texto (162 p.) : il. color., PDF ; 6 MB. - - (Série Relatórios / CETESB,
ISSN 0103-4103)

Publicado anteriormente como: Qualidade do ar na região metropolitana de São e
em Cubatão; Relatório de qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo e em
Cubatão; e Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo.
Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>.
ISBN 978-65-5577-083-4

1. Ar – qualidade – controle 2. Ar – poluição 3. São Paulo (BR) I. Título.
II. Série.

CDD (21.ed. Esp.) 363.739 263 816 1 CDU (2.ed. Port.) 502.175:614.71/.72 (815.6)

Catálogo na fonte: Margot Terada - CRB 8.4422

Direitos reservados de distribuição e comercialização.
Permitida a reprodução desde que citada a fonte.

© CETESB 2024.
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

Ficha Técnica

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Bio. Carolina Fiorillo Mariani
Diretora

Departamento de Qualidade Ambiental

Quím. Maria Helena R. B. Martins
Gerente

Coordenação Geral

Quím. Maria Lucia Gonçalves Guardani
Gerente da Divisão de Qualidade do Ar

Coordenação Técnica

Met. Dirce Maria Pellegatti Franco
Gerente do Setor de Meteorologia

Equipe Técnica

Eng. Almir Oliveira da Silva	Téc. Amb. Regina Giudici
Met. Clarice Aico Muramoto	Est. Rosana Curilov
Quím. Cristiane F. Fernandes Lopes	Fís. Thiago De Russi Colella
Quím. Daniele Patrícia R. de Carvalho	Quím. Viviane A. de Oliveira Ferreira
Met. Dirce Maria Pellegatti Franco	Est. Yoshio Yanagi
Téc. Amb. Israel Azevedo Anastacio	Met. Carlos Ibsen Vianna Lacava
Quím. Jesuino Romano	Quím. Cláudio Darwin Alonso
Quím. Maria Lucia Gonçalves Guardani	Eng. Cristiane Dias
Téc. Amb. Orlando Ferreira Filho	Eng. Marcelo Pereira Bales

Coleta de Amostras, Análise e Aquisição de Dados

Setor de Amostragem e Análise do Ar
Setor de Meteorologia
Setor de Telemetria da Qualidade do Ar
Departamento de Fontes Móveis de Emissão
Setor de Avaliação de Emissões Veiculares
Divisão de Apoio em Avaliação do Ar, Ruído e Vibração
Departamento de Laboratórios Descentralizados
Departamento de Gestão Ambiental I
Departamento de Gestão Ambiental II
Departamento de Gestão Ambiental III
Departamento de Gestão Ambiental IV
Departamento de Gestão Ambiental V
Setor de Planejamento Estatístico

Mapas

Thiago De Russi Colella

Projeto Gráfico

Vera Severo

Ilustrações

Omar de Almeida Cardoso

Editoração

Phabrica de Produções:
Alecsander Coelho, Daniela Bissiguini, Ércio Ribeiro, Paulo Ciola, Kauê Rodrigues e Rebeca Tonello

Impressão e Distribuição

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Alto de Pinheiros Tel. 3133.3000 - CEP 05459-900 - São Paulo/SP - Brasil
Este relatório está também disponível na página da CETESB: <cetesb.sp.gov.br>

Apresentação

Inspirar mudanças de comportamento e fomentar políticas públicas para a proteção dos recursos naturais e promoção de um futuro sustentável é possível por meio da conscientização da população, baseada na transparência e qualidade das informações sobre a situação do meio ambiente. A missão da Companhia é divulgar o conhecimento adquirido ao longo das décadas de monitoramento ambiental para que a sociedade, a comunidade científica e os administradores públicos possam utilizar esses dados na preservação ambiental.

Os dados gerados são amplamente divulgados, satisfazendo o interesse da população em conhecer a qualidade do ar, das águas dos rios, represas e poços subterrâneos utilizados para o abastecimento público, bem como as condições das praias.

Na página da CETESB na internet, estão disponíveis os relatórios da edição 2023, que sintetizam os relatórios em linguagem direta e refinada, promovendo uma postura mais interativa com a comunidade interessada. Novas oportunidades virão em 2024, sendo enfrentadas com a experiência, esforço e inovação característicos da CETESB.

Boa leitura!

Thomaz Miazaki de Toledo
Diretor-Presidente da CETESB

Listas

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes regulamentados na atmosfera	45
Tabela 2.2 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes não regulamentados na atmosfera	46
Tabela 2.3 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar	49
Tabela 2.4 – Critérios para episódios críticos de poluição do ar	50
Tabela 2.5 – Índice Geral	53
Tabela 2.6 – Qualidade do Ar e Prevenção de Riscos à Saúde	54
Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2023 (continua)	57
Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2023 (conclusão)	58
Tabela 3.2 – Configuração da Rede Manual – 2023	61
Tabela 3.3 – Métodos de medição dos parâmetros	64
Tabela 4.1 – Estimativa da frota de veículos do estado de São Paulo em 2022	69
Tabela 4.2 – Estimativas de população, frota e emissão das fontes de poluição do ar no estado de São Paulo	72
Tabela 4.3 – Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2022	77
Tabela 4.4 – Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP	79
Tabela 4.5 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP	80
Tabela 5.1 – Médias mensais das mínimas diárias de umidade relativa e das máximas diárias de temperatura do ar – 2023	91
Tabela 6.1 – MP ₁₀ – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2019 a 2023 – RMSP	98
Tabela 6.2 – MP ₁₀ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Baixada Santista e Litoral Norte - Rede Automática	102
Tabela 6.3 – MP ₁₀ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Interior – Rede Automática	106
Tabela 6.4 – MP _{2,5} – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2019 a 2023 – RMSP – Rede Automática	111
Tabela 6.5 – MP _{2,5} – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Interior, Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática	112
Tabela 6.6 – O ₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2019 a 2023 – RMSP – Rede Automática	117
Tabela 6.7 – O ₃ – Número de dias com ultrapassagem do padrão estadual – RMSP	119
Tabela 6.8 – O ₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática	122
Tabela 6.9 – O ₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Interior – Rede Automática	123
Tabela 6.10 – O ₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – RMSP	127
Tabela 6.11 – O ₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral	127
Tabela 6.12 – O ₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – RMSP	128
Tabela 6.13 – O ₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral	129
Tabela 6.14 – NO ₂ – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2019 a 2023 – RMSP – Rede Automática	130
Tabela 6.15 – SO ₂ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – RMSP, Baixada Santista e Interior – Rede Automática	137
Tabela 6.16 – SO ₂ – Evolução do teor de enxofre no diesel	139
Tabela 6.17 – Concentrações médias anuais de MP _{2,5} e frações de carbono	146

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Relação entre a concentração de curto prazo, índice e classificação da qualidade do ar.....	52
Gráfico 4.1 – Evolução das emissões de poluentes veiculares no estado de São Paulo	70
Gráfico 4.2 – Evolução das emissões de poluentes veiculares nas Regiões Metropolitanas	71
Gráfico 4.3 – Emissões relativas por tipo de fonte – RMSP	81
Gráfico 5.1 – Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes – RMSP	89
Gráfico 5.2 – Precipitação diária, umidade relativa e temperatura do ar – RMSP (maio a setembro – Mirante de Santana).....	90
Gráfico 6.1 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – RMSP – 2023	97
Gráfico 6.2 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais RMSP – 2023.....	99
Gráfico 6.3 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP	100
Gráfico 6.4 – MP ₁₀ – Evolução das médias móveis – RMSP	101
Gráfico 6.5 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – Baixada Santista e Litoral Norte – 2023.....	102
Gráfico 6.6 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais – Baixada Santista e Litoral Norte – 2023.....	103
Gráfico 6.7 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista e Litoral Norte.....	104
Gráfico 6.8 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – Interior – 2023	105
Gráfico 6.9 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais – Interior – 2023	107
Gráfico 6.10 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHs 2 e 10.....	108
Gráfico 6.11 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHI 5	109
Gráfico 6.12 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHs 4, 13, 15, 19, 21 e 22.....	109
Gráfico 6.13 – MP _{2,5} – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista, Litoral Norte e Interior – 2023.....	110
Gráfico 6.14 – MP _{2,5} – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista, Litoral Norte e Interior – 2023	113
Gráfico 6.15 – MP _{2,5} – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP.....	114
Gráfico 6.16 – MP _{2,5} – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista e Interior	114
Gráfico 6.17 – FMC – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP	116
Gráfico 6.18 – FMC – Evolução das médias móveis – RMSP	116
Gráfico 6.19 – FMC – Classificação das concentrações médias anuais – Interior – 2023	117
Gráfico 6.20 – O ₃ – Evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão estadual e do número de estações de monitoramento – RMSP	118
Gráfico 6.21 – O ₃ – Classificação do número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h RMSP – 2023.....	120
Gráfico 6.22 – O ₃ – Concentrações máximas médias móveis de 8 horas diárias – RMSP – 2023	121
Gráfico 6.23 – O ₃ – Evolução das médias móveis do 4º maior valor diário (máxima de 8 horas) – RMSP	122
Gráfico 6.24 – O ₃ – Classificação do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8hInterior – 2023	124
Gráfico 6.25 – O ₃ – Concentrações máximas médias móveis de 8 horas diárias – Interior – 2023.....	125
Gráfico 6.26 – NO ₂ – Concentrações Médias Anuais – RMSP – 2023	131
Gráfico 6.27 – NO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Microescala.....	132
Gráfico 6.28 – NO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Demais escalas	132
Gráfico 6.29 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP – Microescala.....	134
Gráfico 6.30 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP – Demais escalas.....	134
Gráfico 6.31 – CO – Evolução das médias móveis das máximas diárias (média de 8 horas) – RMSP	135
Gráfico 6.32 – SO ₂ – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2023.....	136
Gráfico 6.33 – SO ₂ – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2023	138
Gráfico 6.34 – SO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP	138
Gráfico 6.35 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Marginal Tietê – Ponte dos Remédios – 2023	140
Gráfico 6.36 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Americana – 2023	140
Gráfico 6.37 – Aldeídos - Perfil das concentrações diárias – Marginal Tietê-Ponte dos Remédios – 2023	141
Gráfico 6.38 – Benzeno – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP e Interior – 2023.....	142
Gráfico 6.39 – Benzeno – Classificação das concentrações médias anuais – RMSP e Interior – 2023.....	143
Gráfico 6.40 – Tolueno - Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP e Interior – 2023.....	143
Gráfico 6.41 – Tolueno – Classificação das concentrações máximas médias de sete dias – RMSP e Interior - 2023	144
Gráfico 6.42 – Tolueno – Classificação das concentrações médias anuais – RMSP e Interior – 2023	144

LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1 – Localização das estações da Rede Automática – 2023	59
Mapa 3.2 – Localização das estações e pontos de amostragem da Rede Manual – 2023	62
Mapa 4.1 – Regiões metropolitanas no estado de São Paulo	73
Mapa 4.2 – Localização das estações de monitoramento e dos focos de queimadas, observados por satélites ambientais, no estado de São Paulo – 2023	76
Mapa 5.1 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no primeiro trimestre	85
Mapa 5.2 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no segundo trimestre	86
Mapa 5.3 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no terceiro trimestre	87
Mapa 5.4 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no quarto trimestre	88
Mapa 7.1 – Municípios abrangidos pelas Regiões de Controle do PREFE 2021	150

Lista de Abreviaturas e Siglas

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ARLA	Agente Redutor Líquido Automotivo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
MI	Meta Intermediária
OMS	Organização Mundial de Saúde
PF	Padrão Final
PQAr	Padrão de Qualidade do Ar
PREFE	Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PROMOT	Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares
PCPV	Plano de Controle de Poluição Veicular
QUALAR	Sistema de Informações de Qualidade do Ar
RCQA	Regiões de Controle da Qualidade do Ar
RMBS	Região Metropolitana da Baixada Santista
RMC	Região Metropolitana de Campinas
RMJU	Região Metropolitana de Jundiaí
RMPI	Região Metropolitana de Piracicaba
RMRP	Região Metropolitana de Ribeirão Preto
RMSO	Região Metropolitana de Sorocaba
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RMSJRP	Região Metropolitana de São José do Rio Preto
RMVP	Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USP	Universidade de São Paulo
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

Sumário

Resumo Executivo	17
1 • Introdução	41
2 • Parâmetros, Padrões e Índices	43
2.1 Poluentes.....	43
2.2 Padrões de Qualidade do Ar.....	47
2.2.1 Divulgação e Índices de Qualidade do Ar.....	50
3 • Redes de Monitoramento	55
3.1 As Redes	55
3.1.1 Rede Automática.....	55
3.1.2 Rede Manual.....	60
3.1.3 Avaliação Meteorológica Relacionada à Poluição	63
3.2 Metodologia de Monitoramento.....	63
3.3 Metodologia de Tratamento dos Dados	64
3.3.1 Representatividade de Dados.....	64
3.3.2 Representatividade espacial das estações	65
4 • Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo	67
4.1 Considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias.....	67
4.2 Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo	68
4.3 Fontes de Poluição do Ar na RMSP	76
5 • Meteorologia no Estado de São Paulo	83
5.1 Aspectos Climáticos no Estado de São Paulo.....	83
5.2 Aspectos Meteorológicos no Estado de São Paulo em 2023.....	84
5.3 Aspectos meteorológicos na poluição do ar no Estado de São Paulo.....	88
5.3.1 Condições Meteorológicas para Dispersão de Poluentes – 2023	89
5.3.2 Condições Meteorológicas para Formação de Ozônio no Estado – 2023	92
6 • Qualidade do Ar no Estado de São Paulo	95
6.1 Resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar	95
6.2 Resultados	96
6.2.1 Material Particulado.....	96
6.2.1.1 Partículas Inaláveis – MP ₁₀	96
6.2.1.2 Partículas Inaláveis Finas – MP _{2,5}	110
6.2.1.3 Fumaça – FMC	115
6.2.1.4 Partículas Totais em Suspensão – PTS	117
6.2.2 Ozônio – O ₃	117
6.2.3 Dióxido de Nitrogênio – NO ₂	130
6.2.4 Monóxido de Carbono – CO.....	133
6.2.5 Dióxido de Enxofre – SO ₂	136

6.2.6 Outros Poluentes.....	139
6.2.6.1 Enxofre Reduzido Total - ERT.....	139
6.2.6.2 Aldeídos.....	141
6.2.6.3 Benzeno e Tolueno.....	142
6.2.7 Estudos Especiais.....	144
6.2.7.1 Carbono Elementar no Material Particulado Inalável Fino (MP _{2,5}): Comparação da Determinação por Método Termo-Óptico e de Refletância.....	145
6.2.7.2 Concentrações de Carbono Orgânico e Carbono Elementar no Material Particulado Inalável Fino (MP _{2,5}) na Atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo.....	145
6.2.8 Síntese das Observações da Qualidade do Ar.....	146
7 • Medidas de Gestão das Fontes de Poluição Atmosférica.....	149
7.1 Fontes Estacionárias.....	149
7.2 Fontes Móveis.....	151
Considerações Gerais.....	151
Referências.....	155

Resumo Executivo

Este Resumo Executivo apresenta de maneira simples e objetiva a qualidade do ar verificada no estado de São Paulo em 2023. Atende aos propósitos de Resumo Executivo e permite fácil divulgação aos interessados na forma de Boletim Anual, complementando os Boletins Mensais (<https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/#boletimmensal>). Apresenta o diagnóstico da qualidade do ar no estado de São Paulo, a partir dos dados das redes de monitoramento da CETESB e informações sobre condições meteorológicas.

A rede de amostragem de qualidade do ar teve início de operação em 1972, modernizou-se e expandiu-se, cobrindo uma gama de cidades cuja frota veicular, ou parque industrial, merecem atenção uma vez que estes afetam significativamente a qualidade do ar. A CETESB monitora não só as regiões metropolitanas, mas também outras cidades com fontes de emissões relevantes.

O comportamento dos poluentes é apresentado em itens individualizados ao fim dos quais, em um quadro próprio, é feito um comentário geral sobre o comportamento observado.

Em 2023, foi iniciada a operação de seis novos monitores automáticos de $MP_{2,5}$, nas estações Capão Redondo, Carapicuíba, Interlagos, Nossa Senhora do Ó, Santo Amaro e Taboão da Serra.

Poluição e Padrões de Qualidade do Ar

Dentre os impactos que a atividade humana causa à saúde humana, destaca-se a poluição do ar. Entretanto, mesmo com a crescente melhoria na qualidade do ar, o peso das doenças relacionadas com este tipo de poluição aumenta à medida que as populações crescem, envelhecem e se tornam mais susceptíveis a doenças relacionadas com o problema.

Poluição

A poluição do ar é um fenômeno tipicamente urbano industrial.

Industrial visto que as indústrias, via de regra, emitem poluentes à atmosfera.

Urbano porque, principalmente devido à necessidade de deslocamento de grande número de pessoas, são utilizados vários meios de transporte, a maioria dos quais lança poluentes à atmosfera.

Fonte: IBGE – Estimativa de população com base nos resultados do censo demográfico de 2022, publicado em 22/12/2023.

População do Estado em 2023

Número de municípios por faixa populacional

Até 100.000 = 567 municípios.

De 100.000 a 400.000 = 63 municípios.

De 400.000 a 1.000.000 = 12 municípios.

Acima de 1.000.000 = 3 municípios.

Total do Estado = 645 municípios com 44.411.238 hab.

Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) = 39 municípios com 20.242.666 hab.

São Paulo Capital = 11.451.999 hab.

Padrões

Saúde - Tanto a legislação federal como a estadual estabelecem os níveis máximos de poluentes na atmosfera que não devem ser ultrapassados para que a saúde da população seja protegida. São os assim chamados "Padrões de Qualidade do Ar".

Metas - Dado o grau de degradação atingido no passado, em algumas regiões do estado, a legislação paulista estabelece que a melhoria da qualidade do ar vai se dar gradativamente, por meio de "METAS INTERMEDIÁRIAS" sucessivas para que finalmente sejam atingidos os "PADRÕES FINAIS". Essa orientação faz parte das diretrizes da OMS.

Critério de Saúde - A CETESB divulga em tempo real as concentrações de poluentes medidos no ar. Esses dados são classificados de acordo com efeitos sobre a saúde.

Poluentes regulamentados pelo Decreto Estadual nº 59.113/2013

MP₁₀: Partículas menores que 10 µm.

MP_{2,5}: Partículas menores que 2,5 µm.

NO₂: Dióxido de nitrogênio.

O₃: Ozônio.

CO: Monóxido de carbono.

SO₂: Dióxido de enxofre.

Pb: Chumbo.

Parâmetros auxiliares:

PTS: Poeira total em suspensão.

FMC: Fumaça.

Saúde

Os efeitos à saúde dependem do tipo de poluente, dos níveis de concentração dos mesmos na atmosfera e do tempo de exposição. Na tabela a seguir estão apresentados os efeitos à saúde relacionados à classificação da qualidade do ar, expressa como um índice, para exposição de curto prazo. A qualificação da qualidade do ar está vinculada à norma legal (Resolução CONAMA nº 491/2018) e independe do padrão de qualidade/meta intermediária em vigor, visto que está associada aos efeitos à saúde humana.

Classificação da qualidade do ar e efeitos à saúde - Exposição de curto prazo		
Qualidade	Índice	Significado
N1 - BOA	0 - 40	
N2 - MODERADA	41-80	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.
N3 - RUIM	81-120	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
N4 - MUITO RUIM	121-200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 - PÉSSIMA	>200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

De maneira geral, exposições de curto prazo a elevados níveis de poluição são responsáveis por efeitos agudos à saúde, ao passo que exposições de longo prazo, mesmo a níveis menores, estão associadas a efeitos crônicos. A exposição de longo prazo será avaliada a partir da comparação com os padrões anuais de qualidade do ar, vigentes a partir de 2022.

Redes de Medição da Qualidade do Ar

Rede - Refere-se ao conjunto de equipamentos de medição de qualidade do ar colocados em várias cidades e em locais específicos. Cumprem atingir principalmente dois objetivos. Um deles é verificar as concentrações de poluentes que a população respira. O outro é permitir a análise dos dados históricos, obtidos ao longo dos anos, de modo a orientar as ações de controle. São gerados mensalmente cerca de 500.000 dados nas diferentes redes existentes. Um exemplo de estações automática e manual pode ser visto abaixo.



Medição de Poluentes - Cada poluente é monitorado por equipamento específico. Na REDE AUTOMÁTICA, o ar é amostrado, analisado e os dados são enviados à central localizada na sede da CETESB o que permite divulgação, em tempo real, à população. Há também estações que possuem equipamentos que coletam amostras que são enviadas ao laboratório da CETESB para análise e constituem a denominada REDE MANUAL.

Meteorologia - Faz parte da rede a obtenção de dados meteorológicos, visto que a concentração dos poluentes é afetada não só pelos poluentes ali lançados, mas também pelo grau de dispersão das substâncias liberadas ao ambiente, destacando-se como agentes importantes os ventos, a chuva e a inversão térmica de baixa altitude.

População Atendida - Cidades populosas ou de alta industrialização são prioritariamente monitoradas, pois a qualidade do ar é verificada nos locais onde há emissões mais elevadas, sejam veiculares ou industriais. Redes de monitoramento manuais ou automáticas requerem recursos expressivos, tanto na aquisição dos equipamentos como na sua operação.

Cidades monitoradas pela CETESB	Número de estações (manuais e automáticas)	População atendida	% do Estado
42	86	26,3 milhões	57%

Fonte: IBGE - Prévia da população com base nos dados do censo demográfico de 2022 coletados até o dia 25/12/2012

Condições Meteorológicas

O volume total de chuvas em 2023 foi acima das normais climatológicas na maioria das regiões do estado de São Paulo, porém, no período de maio a setembro, os acumulados mensais ficaram abaixo das respectivas normais. As chuvas nos primeiros meses do ano estiveram associadas ao fenômeno La Niña. Já o déficit de chuvas, observado a partir de meados do primeiro semestre, esteve associado ao estabelecimento do fenômeno El Niño, que teve forte influência durante todo o segundo semestre.

Em 2023, no período de maio a setembro, que geralmente é período mais desfavorável para a dispersão de poluentes primários no estado de São Paulo, houve 35 dias com condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes, correspondendo a 23% do período.

O ozônio apresenta, ao longo do ano, uma distribuição de episódios totalmente distinta da dos poluentes primários, uma vez que é formado na atmosfera por meio de reações fotoquímicas que dependem da incidência de radiação solar, dentre outros fatores. De maneira geral, no estado de São Paulo, as maiores concentrações de ozônio são observadas no período de primavera e verão. Em 2023, houve 66 dias com condições meteorológicas propícias à formação de concentrações mais elevadas desse poluente, principalmente no segundo semestre, sendo que as maiores ocorrências de ultrapassagens do padrão se deram nos meses de setembro, novembro e dezembro, não sendo observadas ultrapassagens em junho e julho. Essas ocorrências de maior concentração de ozônio estiveram associadas especialmente a dias com altas temperaturas e alta incidência de radiação solar. Destacam-se os meses de novembro e dezembro, respectivamente com 14 e 15 dias com condições meteorológicas propícias à formação de altas concentrações de ozônio em diversas localidades no estado, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Cabe observar que no segundo semestre houve recordes de temperaturas máximas diárias em diversas localidades do estado, que podem estar associadas ao fenômeno El Niño.

Dados de Qualidade do Ar

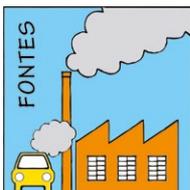
Inicialmente são apresentadas as características próprias do poluente. Em seguida, apresentam-se as tabelas com a "Distribuição Percentual da Qualidade do Ar" que são obtidas a partir dos valores diários de curto prazo. Juntamente, para os poluentes com padrões de longo prazo, são apresentadas as médias de concentração anuais. Os valores das faixas de concentração e as respectivas qualidades são sempre apresentados no topo das tabelas. Para os dados gerados na rede automática, que são contínuos, são apresentadas as distribuições das qualidades associada aos efeitos à saúde, para os valores de curto prazo. No caso de longo prazo, são comparados com os padrões anuais. Já para os dados gerados em equipamentos manuais, como as amostragens são feitas a cada 6 dias, durante 24h, estes são comparados com os padrões anuais. As ultrapassagens, tanto dos padrões diários quanto dos anuais, estão destacadas em negrito.

Os dados gerados em cada estação da RMSP são apresentados individualmente e também de forma global, uma vez que, devido à dimensão e complexidade da mesma, há que se considerar o comportamento da poluição na RMSP como um todo, apesar de as estações estarem alocadas em locais com diferentes características de uso e ocupação do solo.

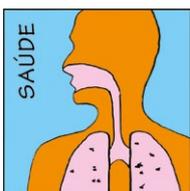
Ozônio - O₃



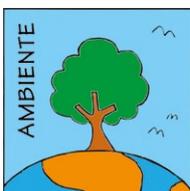
É um gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais. É o principal componente de um conjunto de poluentes que compõem a névoa fotoquímica, também chamados de oxidantes fotoquímicos.



O ozônio não é emitido por nenhuma fonte de poluição do ar. Ele se forma na atmosfera sob a ação da radiação solar incidente em poluentes emitidos principalmente na queima de combustíveis, tanto pelas indústrias como pelos veículos. Por não ser de emissão direta, é chamado de poluente secundário, e por ser formado necessariamente na presença de luz, é chamado de fotoquímico. Os componentes responsáveis por essa formação são os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis.



Em concentrações elevadas o ozônio provoca problemas respiratórios, acentuando as crises de asma, diminuição das funções pulmonares ou mesmo causando o surgimento de problemas respiratórios.



Reduz o rendimento de culturas agrícolas por interferir na fotossíntese. Degrada materiais de construção, agride borrachas.

Historicamente as concentrações mais elevadas ocorrem com maior frequência no período de primavera/verão, época em que a incidência da radiação solar é mais intensa e as temperaturas são mais elevadas. A apresentação dos dados é feita em porcentagem de dias em que a concentração observada se situa em uma das faixas de classificação associadas aos efeitos sobre a saúde.

Ozônio (O ₃) - 2023						
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (Máxima média móvel de 8h)					NU
	Boa 0 - 100 µg/m ³	Moderada >100 - 130 µg/m ³	Ruim >130 - 160 µg/m ³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m ³	Péssima >200 µg/m ³	
RMSP	84,9%	11,3%	3,2%	0,5%	0,05%	57
Capão Redondo	79,3%	13,5%	5,8%	1,4%		15
Carapicuíba	89,0%	9,9%	1,1%			4
Cid.Universitária-USP-Ipen	71,1%	18,4%	8,5%	1,7%	0,3%	37
Diadema	90,5%	8,3%	0,9%	0,3%		4
Grajaú-Parelheiros	98,6%	1,4%				0
Guarulhos-Paço Municipal	89,0%	8,5%	1,9%	0,6%		9
Guarulhos-Pimentas	80,8%	13,4%	4,9%	0,9%		20
Ibirapuera	74,9%	17,6%	6,9%	0,3%	0,3%	23
Interlagos	81,8%	14,0%	3,9%	0,3%		15
Itaim Paulista	87,4%	9,6%	2,5%	0,5%		11
Itaquera	80,4%	14,6%	3,9%	1,1%		18
Mauá	89,2%	8,6%	2,2%			8
Mooca	88,9%	9,1%	2,0%			7
Nossa Senhora do Ó	86,0%	11,3%	2,4%	0,3%		9
Parque D.Pedro II	84,9%	11,7%	3,1%	0,3%		12
Perus	74,4%	18,7%	6,3%	0,6%		22
Pico do Jaraguá	70,2%	20,1%	7,9%	1,8%		32
Pinheiros	92,6%	6,8%	0,6%			2
S.André-Capuava	90,7%	6,4%	2,6%	0,3%		10
S.Bernardo-Centro	80,3%	14,1%	4,2%	1,1%	0,3%	20
Santana	92,2%	6,7%	0,8%	0,3%		4
Santo Amaro	88,5%	9,8%	1,1%	0,6%		6
São Caetano do Sul	81,3%	13,2%	4,6%	0,6%	0,3%	19

NU – Número de dias com ultrapassagem do PQAR de 8 horas = 130 µg/m³. No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

Ozônio (O ₃) - 2023						
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (Máxima média móvel de 8h)					NU
	Boa 0 - 100 µg/m ³	Moderada >100 - 130 µg/m ³	Ruim >130 - 160 µg/m ³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m ³	Péssima >200 µg/m ³	
Litoral	Cubatão-Centro	89,8%	8,2%	1,0%	1,0%	6
	Cubatão-Vale do Mogi	97,5%	1,4%	1,1%		4
	Santos	98,9%	1,1%			0
	Santos-Ponta da Praia	97,8%	1,9%	0,3%		1
	São Sebastião	99,5%	0,5%			0
Interior do Estado	Americana	85,3%	12,8%	1,9%		7
	Araçatuba	96,4%	3,6%			0
	Araraquara	90,2%	9,5%	0,3%		1
	Bauru	97,6%	2,4%			0
	Campinas-Taquaral	80,4%	16,2%	3,4%		6
	Campinas-V.União	91,5%	7,1%	1,4%		5
	Catanduva	91,2%	7,4%	1,4%		5
	Guaratinguetá	91,7%	7,2%	1,1%		4
	Jacareí	89,4%	7,4%	2,6%	0,6%	11
	Jaú	97,8%	2,2%			0
	Jundiaí	70,7%	17,4%	10,0%	1,9%	43
	Limeira	83,0%	15,9%	1,1%		4
	Marília	90,0%	9,7%	0,3%		1
	Paulínia	86,4%	12,7%	0,9%		3
	Paulínia-Sta Terezinha	82,8%	11,4%	5,5%	0,3%	21
	Piracicaba	86,8%	9,9%	3,3%		10
	Presidente Prudente	95,8%	4,2%			0
	Ribeirão Preto	99,7%	0,3%			0
	Rio Claro-Jd.Guanabara	89,0%	11,0%			0
	S.José Campos	91,9%	7,4%	0,7%		2
S.José Campos-Jd.Satélite	84,4%	9,9%	5,4%	0,3%	20	
São José do Rio Preto	87,4%	11,2%	1,4%		5	
Sorocaba	100,0%				0	
Tatuí	93,7%	6,3%			0	
Taubaté	91,5%	7,4%	1,1%		4	

NU – Número de dias com ultrapassagem do PQAR de 8 horas = 130 µg/m³.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

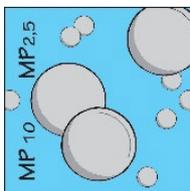
O monitoramento de ozônio foi realizado em 53 estações automáticas sendo 23 na RMSP e 30 no interior/litoral. A referência para o ozônio é a máxima média de 8 horas ocorrida em um dia. Considera-se apenas as estações com dados representativos. A qualidade "RUIM" foi atingida em 67% das estações do interior/litoral em contraposição aos 96% da RMSP. A qualidade "MUITO RUIM" foi atingida em 78% das estações na RMSP e em 17% no interior/litoral. A qualidade "PÉSSIMA" foi atingida em 17% das estações na RMSP.

Quanto ao PQAr, a estação alocada na Cidade Universitária teve 37 dias com ultrapassagem, enquanto nas estações do interior, a estação com maior número de eventos foi a de Jundiaí, com 43 dias. Verifica-se que o ozônio é mais presente na RMSP, quando se compara com o interior/litoral. A RMSP apresenta um alto potencial de formação de ozônio, uma vez que há grande emissão de seus precursores, principalmente de origem veicular. Em 2023, ocorreram 57 dias de ultrapassagem de padrão ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na RMSP frente a 35 dias em 2022. No entanto, não há uma tendência de comportamento definida no caso deste poluente.

Material Particulado – MP



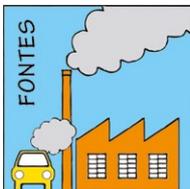
Constituído de pequenas partículas, sólidas ou líquidas, que pelo seu pequeno tamanho se mantêm suspensas na atmosfera. Não possui característica química única, mas a sua composição é definida pelas fontes de emissão. A agressividade à saúde se dá não apenas pela toxicidade de alguns de seus componentes, mas também está associada ao tamanho das partículas.



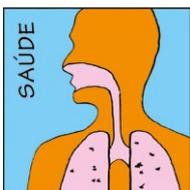
Dada a importância do tamanho da partícula na agressividade à saúde, as concentrações são medidas em vários tamanhos, destacando-se o MP_{10} e o $MP_{2,5}$.

$MP_{2,5}$ Partículas com diâmetros inferiores a 2,5 μm . Penetram profundamente no aparelho respiratório atingindo os alvéolos.

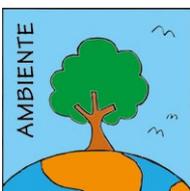
MP_{10} Partículas com diâmetro inferior a 10 μm , portanto, também englobam as com diâmetros inferiores a 2,5 μm . As de tamanho compreendido entre 2,5 e 10 μm penetram no trato respiratório e parcela delas é retida nas vias aéreas superiores.



Processos de combustão de veículos, principalmente os movidos a diesel, processos industriais, solo ressuspenso, além de partículas que se formam na atmosfera pela reação de gases, (partículas ou aerossóis secundários).



Irritação e alteração da função respiratória. A exposição crônica a elevadas concentrações é associada a um aumento de mortalidade, devido à contração de doenças cardiovasculares e respiratórias.



Provocam a sujidade em residências, edifícios e monumentos de arte alocados em praças e jardins, causando, além da deterioração do patrimônio cultural, danos à vegetação e redução da visibilidade. Além disso, ao se depositarem, podem contaminar as águas e o solo.

Resultados MP₁₀

São estabelecidos dois padrões, um de curto prazo, que se refere às médias de 24 horas, e um segundo, de longo prazo, indicando a exposição no período de um ano. O comportamento em relação a esses dois padrões e a distribuição da qualidade são apresentados nos quadros a seguir.

Rede Automática

Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2023							
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (média de 24h)					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)
	Boa 0 - 50 µg/m ³	Moderada >50 - 100 µg/m ³	Ruim >100 - 150 µg/m ³	Muito Ruim >150 - 250 µg/m ³	Péssima >250 µg/m ³		
RMSP	91,62%	8,35%	0,04%			2	27
Capão Redondo	87,2%	12,8%				0	27
Carapicuíba	89,7%	10,3%				0	27
Cerqueira César	95,2%	4,8%				0	25
Congonhas	93,4%	6,6%				0	27
Diadema	97,1%	2,9%				0	24
Grajaú-Parelheiros	86,5%	13,5%				0	30
Guarulhos-Paço Municipal	94,2%	5,8%				0	25
Guarulhos-Pimentas	90,0%	10,0%				0	28
Interlagos	98,9%	1,1%				0	22
Itaim Paulista	92,0%	8,0%				0	27
Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	88,3%	11,4%	0,3%			1	31
Mauá	86,1%	13,6%	0,3%			1	31
Nossa Senhora do Ó	96,6%	3,4%				0	24
Osasco	87,2%	12,8%				0	31
Parque D.Pedro II	90,3%	9,7%				0	28
Perus	89,4%	10,6%				0	32
Pinheiros	100,0%					0	20
S.André-Capuava	92,5%	7,5%				0	28
S.Bernardo-Paulicéia	96,4%	3,6%				0	25
Santo Amaro	94,9%	5,1%				0	21
São Caetano do Sul	94,5%	5,5%				0	26
Taboão da Serra	86,2%	13,8%				0	28

PQAr anual = 35 µg/m³.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas - 100 µg/m³. No valor totalizado para a RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2023								
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (média de 24h)					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	
	Boa 0 - 50 µg/m ³	Moderada >50 - 100 µg/m ³	Ruim >100 - 150 µg/m ³	Muito Ruim >150 - 250 µg/m ³	Péssima >250 µg/m ³			
Litoral	Cubatão-Centro	97,3%	2,7%				0	26
	Cubatão-Vale do Mogi	91,7%	8,3%				0	33
	Cubatão-Vila Parisi	31,1%	31,9%	24,2%	11,7%	1,1%	133	87
	Santos	96,7%	3,3%				0	24
	Santos-Ponta da Praia	89,5%	10,2%	0,3%			1	30
	São Sebastião	96,2%	3,8%				0	24
Interior do Estado	Americana	92,3%	7,7%				0	27
	Araçatuba	93,7%	6,0%	0,3%			1	26
	Araraquara	88,5%	11,5%				0	29
	Bauru	98,8%	1,2%				0	20
	Campinas-Centro	98,9%	1,1%				0	25
	Campinas-Taquaral	98,6%	1,4%				0	19
	Catanduva	84,0%	15,5%	0,5%			2	33
	Guaratinguetá	100,0%					0	23
	Jacareí	97,5%	2,5%				0	24
	Jaú	95,9%	4,1%				0	24
	Jundiaí	98,9%	1,1%				0	21
	Limeira	79,7%	20,3%				0	34
	Marília	97,6%	2,4%				0	21
	Paulínia	95,8%	4,2%				0	29
	Paulínia-Sta Terezinha	81,3%	18,7%				0	33
	Piracicaba	89,4%	10,6%				0	30
	Presidente Prudente	96,5%	3,5%				0	23
	Ribeirão Preto	83,4%	16,1%	0,5%			2	32
	Rio Claro-Jd.Guanabara	78,3%	21,7%				0	33
	S.José Campos	99,6%	0,4%				0	21
S.José Campos-Jd.Satélite	99,4%	0,6%				0	18	
Santa Gertrudes	63,8%	33,1%	3,1%			11	45	
Sorocaba	99,4%	0,6%				0	21	
Tatuí	97,6%	2,4%				0	20	
Taubaté	100,0%					0	19	

PQAr anual = 35 µg/m³.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas - 100 µg/m³.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

Rede Manual

São apresentados os dados de concentração média anual e as quatro primeiras máximas diárias do ano.

Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2023								
Estação	N	Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	Repres.	Máximas 24 h (µg/m ³)				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
Interior do Estado	Cordeirópolis - Módolo	65	36	S	107	69	65	65
	Santa Gertrudes - Jd. Luciana	68	54	S	122	113	96	91
	Guarujá - Vicente de Carvalho	59	30	S	64	57	55	52
	Franca - Cidade Nova	57	20	S	62	49	49	44
	Jaboticabal - Jd. Kennedy	11	26	N	52	42	33	25

(1) PQAr anual = 35 µg/m³. Em negrito, estação que ultrapassa o padrão.

N = Número de dias de amostragens válidas.

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não).

Cor cinza claro indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

Considerando ambas as redes, o monitoramento de MP₁₀ foi realizado em 58 estações sendo 22 na RMSP e 36 no interior/litoral. Na RMSP, das 17 estações com representatividade anual dos dados, 2 não respeitaram o valor do padrão diário (100 µg/m³). Já no litoral, 2 dentre 6 estações, e no interior, 6 dentre 28, apresentaram violação do padrão diário. Em relação ao padrão anual, observa-se que o padrão anual vigente (35 µg/m³) foi atendido em todas as estações da RMSP. Em contraposição, no interior/litoral, o padrão anual foi desobedecido em 4 estações, especialmente em áreas com maior atividade industrial.

A média de MP₁₀ na RMSP em 2023 foi de 27 µg/m³, praticamente igual a observada em 2022 que foi de 26 µg/m³.

Em 2023, destaca-se a ocorrência de 137 dias de altas das concentrações de material particulado (qualidades do ar RUIM, MUITO RUIM ou PÉSSIMA) no estado. Em 114 desses dias, as altas concentrações de MP₁₀ ocorreram apenas na estação Cubatão–Vila Parisi, que está localizada dentro da área industrial, chegando a atingir a qualidade PÉSSIMA em 4 desses dias. Em apenas 2 dias houve altas concentrações de MP₁₀ na RMSP, com qualidade do ar RUIM. Essas altas concentrações de MP₁₀ ocorreram principalmente nos meses do inverno, em função das condições meteorológicas de estabilidade atmosférica.

Resultados MP_{2,5}

Rede Automática

Os dados de MP_{2,5} obtidos na rede automática são apresentados de maneira similar aos demais poluentes.

Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5}) - 2023							
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (média de 24h)					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)
	Boa 0 - 25 µg/m ³	Moderada >25 - 50 µg/m ³	Ruim >50 - 75 µg/m ³	Muito Ruim >75 - 125 µg/m ³	Péssima >125 µg/m ³		
RMSP	89,0%	10,7%	0,3%			5	15
Capão Redondo	100,0%					0	13
Carapicuíba	100,0%					0	12
Cid.Universitária-USP-Ipen	93,3%	6,4%	0,3%			1	13
Congonhas	87,8%	11,9%	0,3%			1	17
Grajaú-Parelheiros	88,0%	12,0%				0	14
Guarulhos-Paço Municipal	87,3%	12,4%	0,3%			1	16
Guarulhos-Pimentas	90,3%	9,7%				0	14
Ibirapuera	95,3%	4,7%				0	14
Interlagos	90,9%	9,1%				0	11
Itaim Paulista	88,4%	11,6%				0	15
Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	77,6%	21,5%	0,9%			3	20
Mauá	88,1%	11,6%	0,3%			1	15
Mooca	90,3%	9,3%	0,4%			1	15
Osasco	78,2%	20,7%	1,1%			3	19
Parque D.Pedro II	88,7%	11,0%	0,3%			1	15
Perus	91,7%	8,3%				0	16
Pico do Jaraguá	99,0%	1,0%				0	10
Pinheiros	96,5%	3,5%				0	13
S.Bernardo-Centro	91,8%	7,9%	0,3%			1	14
Santana	91,3%	8,7%				0	15
Santo Amaro	100,0%					0	7
São Caetano do Sul	89,5%	10,2%	0,3%			1	15
Taboão da Serra	100,0%					0	12

PQAr anual = 17 µg/m³.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas - 50 µg/m³. No valor totalizado para a RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências concomitantes em mais de uma estação.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5}) - 2023								
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (média de 24h)					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	
	Boa 0 - 25 µg/m ³	Moderada >25 - 50 µg/m ³	Ruim >50 - 75 µg/m ³	Muito Ruim >75 - 125 µg/m ³	Péssima >125 µg/m ³			
Interior e Litoral do Estado	Campinas-V.União	93,7%	6,3%				0	14
	Guaratinguetá	99,3%	0,7%				0	11
	Jundiaí	95,8%	4,2%				0	12
	Limeira	94,5%	5,5%				0	15
	Paulínia-Sta Terezinha	94,9%	5,1%				0	14
	Piracicaba	98,1%	1,9%				0	12
	Ribeirão Preto	96,7%	3,3%				0	13
	Rio Claro-Jd.Guanabara	84,4%	15,6%				0	16
	S.José Campos-Jd. Satélite	98,7%	1,3%				0	10
	Santa Gertrudes	88,3%	11,7%				0	16
	Santos-Ponta da Praia	97,0%	3,0%				0	12
	São Sebastião	99,4%	0,6%				0	9
	Taubaté	100,0%					0	10

PQAr = 17 µg/m³.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas - 50 µg/m³.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

Rede Manual

A obtenção de dados pela rede manual é efetuada a cada 6 dias. Estes possuem aderência estatística principalmente para a verificação das médias anuais e comparação com o respectivo padrão.

Partículas Inaláveis Finas (MP _{2,5}) - 2023								
Estação	N	Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	Repres.	Máximas 24 h (µg/m ³)				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
RMSP	Cerqueira César	60	13	S	35	29	24	23
	Santo Amaro	57	11	S	29	26	24	24
	Santo André - Capuava	60	14	S	45	35	34	28

(1) PQAr anual = 17 µg/m³.

N = Número de dias de amostragens válidas.

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não).

Considerando ambas as redes, o monitoramento de MP_{2,5} foi realizado em 40 estações sendo 27 na RMSP e 13 no interior/litoral. Na RMSP, das 16 estações com representatividade anual dos dados, foram observadas violações de padrão diário (50 µg/m³) em dez delas. No interior, das 13 estações, não se observou descumprimento do padrão diário em nenhuma delas. Infere-se disso que as poeiras mais finas são mais presentes na RMSP, em contraposição às poeiras mais grossas, ressaltadas na análise do MP₁₀.

Em relação ao padrão anual, apenas duas estações, ambas na RMSP e próximas a vias de tráfego, tiveram o padrão anual (17 µg/m³) ultrapassados.

Resultados Fumaça

Parâmetro auxiliar. Um bom indicador dos processos de combustão na composição da poluição atmosférica. Medido uma vez a cada 6 dias.

FUMAÇA - 2023								
	Estação	N	Média Anual ⁽¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Repres.	Máximas 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
					1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
RMSP	Cerqueira César	60	17	S	59	42	36	32
	Ibirapuera	50	10	S	50	34	27	23
	Pinheiros	60	15	S	71	60	53	49
	Tatuapé	51	15	S	61	47	38	38
Interior do Estado	Jundiaí	50	10	S	26	24	23	22
	Salto	56	10	S	23	22	21	21
	Itú	53	8	S	23	18	17	16
	Sorocaba	53	13	S	29	27	26	24

PQAr anual = 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

N = Número de dias de amostragens válidas.

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não).

Em 2023, não houve ultrapassagem do padrão anual (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), nem do padrão diário (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), nas estações da RMSP e do interior.

Resultados de Partículas Totais em Suspensão

A Partículas Totais em Suspensão (PTS) expressa as medições do conjunto das partículas que se mantêm suspensas na atmosfera, desde as menores que 10 µm (MP₁₀ e MP_{2,5}) até as com cerca de 50 µm. Embora uma parte destas partículas seja inalável, são medidas principalmente para se avaliar o grau de sujidade presente em áreas específicas.

Partículas Totais em Suspensão (PTS) - 2023								
Estação	N	Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	Repres.	Máximas 24 h (µg/m ³)				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
RMSP	Cerqueira César	54	44	S	120	112	104	98
	Osasco	44	70	S	176	168	138	133
	Pinheiros	54	43	S	121	118	114	104
	Santo Amaro	55	36	S	109	105	95	91
	Santo André - Capuava	55	38	S	109	100	99	99
	São Bernando do Campo	56	40	S	140	131	126	121
Litoral	Cubatão - Vila Parisi	42	139	S	605	539	483	467

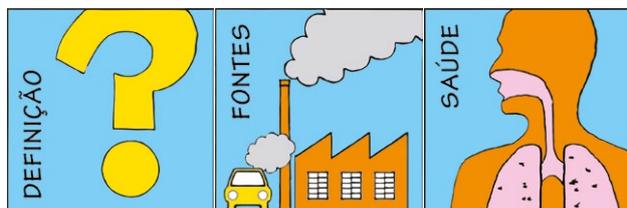
PQAr anual = 80 µg/m³ (média geométrica). Em negrito, estação que ultrapassa o padrão.

N = Número de dias de amostragens válidas.

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não).

Em 2023, o monitoramento de PTS foi realizado em sete estações manuais e houve representatividade anual dos dados em todas elas. Na RMSP não foram observadas ultrapassagens do padrão anual, nem do padrão diário. Na estação de Cubatão-Vila Parisi, foram observadas ultrapassagens tanto do PQAr diário de 240 µg/m³ quanto do anual de 80 µg/m³.

Monóxido de Carbono - CO



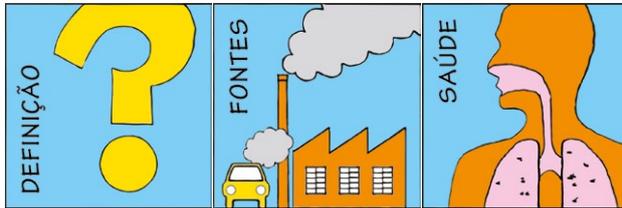
É um gás incolor e inodoro. Emitido em processos de combustão. Os veículos são responsáveis por 95% das emissões na RMSP. Combina com a hemoglobina do sangue dificultando o transporte de oxigênio.

Monóxido de Carbono (CO) - 2023						
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (Máxima média móvel de 8h)					NU
	Boa 0 - 9 µg/m ³	Moderada >9 - 11 µg/m ³	Ruim >11 - 13 µg/m ³	Muito Ruim >13 - 15 µg/m ³	Péssima >15 µg/m ³	
RMSP	Carapicuíba	100%				0
	Cerqueira César	100%				0
	Congonhas	100%				0
	Grajaú-Parelheiros	100%				0
	Guarulhos-Pimentas	100%				0
	Ibirapuera	100%				0
	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	100%				0
	Mooca	100%				0
	Osasco	100%				0
	Parque D.Pedro II	100%				0
	Pinheiros	100%				0
	S.Bernardo-Centro	100%				0
	Santo Amaro	100%				0
	São Caetano do Sul	100%				0
	Taboão da Serra	100%				0
Interior do Estado	Campinas-Centro	100%				0
	Ribeirão Preto	100%				0
	S.José Campos-Jd.Satélite	100%				0

NU – Números de dias com ultrapassagem do PQAR de 8 horas = 9 ppm.

No passado o poluente CO foi um grande problema, provocando inclusive a adoção de rodízio ambiental na RMSP. Desde 2008 os resultados obtidos nas estações medidoras respeitam os padrões de qualidade do ar (9 ppm). As concentrações desse poluente sofreram redução gradual ao longo do tempo devido à diminuição das emissões dos veículos leves novos, que incorporaram avançada tecnologia de controle de emissões, associada à renovação da frota existente.

Dióxido de Enxofre - SO₂



É um gás incolor, resultante principalmente da queima de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina. É agressivo ao trato respiratório. É precursor da chuva ácida e, reagindo com outros compostos na atmosfera, transforma-se em material particulado na forma de sulfato.

Dióxido de Enxofre (SO ₂) - 2023							
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (Média de 24h)					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)
	Boa 0 - 20 µg/m ³	Moderada >20 - 40 µg/m ³	Ruim >40 - 365 µg/m ³	Muito Ruim >365 - 800 µg/m ³	Péssima >800 µg/m ³		
RMSP	Cerqueira César	100,0%				0	2
	Congonhas	100,0%				0	2
	Guarulhos-Pimentas	100,0%				0	2
	Interlagos	100,0%				0	1
	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	100,0%				0	2
	Osasco	100,0%				0	2
	S.André-Capuava	100,0%				0	3
	São Caetano do Sul	100,0%				0	2
Interior do Estado	Cubatão-Vale do Mogi	99,7%	0,3%			0	7
	Cubatão-Vila Parisi	94,9%	4,0%	1,1%		4	6
	Paulínia	100,0%				0	3
	Paulínia-Sta Terezinha	100,0%				0	6
	S.José Campos	100,0%				0	1
	Santos-Ponta da Praia	100,0%				0	3

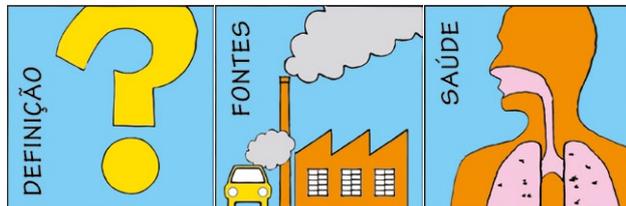
(1) PQAr anual = 30 µg/m³.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas – 40 µg/m³.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

As concentrações desse poluente, que também foi de grande preocupação no passado, sofreram redução sensível ao longo dos anos, como resultado, principalmente, da redução do teor de enxofre nos combustíveis fósseis, tanto industrial como automotivo. Em 2023, a maioria dos valores obtidos está abaixo dos padrões de qualidade do ar, tanto de curto prazo quanto de longo prazo. No município de Cubatão foram observadas 4 ultrapassagens do PQAr diário de 40 µg/m³ em Vila Parisi. No entanto, o padrão anual (30 µg/m³) tem sido respeitado em todas as estações medidoras.

Dióxido de Nitrogênio - NO₂



Os óxidos de nitrogênio (NOX=NO+NO₂) são lançados na atmosfera por qualquer processo de combustão, destacando-se os veículos pesados como principal fonte nas áreas urbanas. O NO₂ é monitorado, pois afeta a saúde, provocando irritação no sistema respiratório. Sob a ação da radiação solar, participa na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio. É precursor da chuva ácida. Forma material particulado na atmosfera, na forma de nitratos.

Dióxido de Nitrogênio (NO ₂) - 2023							
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (Máxima média de 1h)					NU	Conc. Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)
	Boa 0 - 200 µg/m ³	Moderada >200 - 240 µg/m ³	Ruim >240 - 320 µg/m ³	Muito Ruim >320 - 1130 µg/m ³	Péssima >1130 µg/m ³		
RMSP	Cerqueira César	100,0%				0	47
	Congonhas	98,3%	1,7%			0	69
	Guarulhos-Pimentas	100,0%				0	26
	Ibirapuera	100,0%				0	25
	Interlagos	100,0%				0	24
	Itaim Paulista	100,0%				0	24
	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	99,7%	0,3%			0	59
	Osasco	100,0%				0	46
	Parque D.Pedro II	100,0%				0	37
	Pico do Jaraguá	100,0%				0	16
	Pinheiros	100,0%				0	41
	S.André-Capuava	100,0%				0	23
	S.Bernardo-Centro	100,0%				0	30
	São Caetano do Sul	100,0%				0	29
Interior e Litoral do Estado	Araraquara	100,0%				0	17
	Bauru	100,0%				0	15
	Campinas-Taquaral	100,0%				0	13
	Catanduva	100,0%				0	17
	Cubatão-Vale do Mogi	100,0%				0	35
	Cubatão-Vila Parisi	100,0%				0	57
	Guaratinguetá	100,0%				0	13
	Jacaré	100,0%				0	13
	Jaú	100,0%				0	12
	Jundiaí	100,0%				0	29
	Limeira	100,0%				0	23
	Marília	100,0%				0	11
	Paulínia	100,0%				0	23
	Paulínia-Sta Terezinha	100,0%				0	24
	Piracicaba	100,0%				0	15
	Presidente Prudente	100,0%				0	12
	Ribeirão Preto	100,0%				0	12
	S.José Campos	100,0%				0	20
S.José Campos-Jd.Satélite	100,0%				0	18	
Santa Gertrudes	100,0%				0	27	
Santos-Ponta da Praia	100,0%				0	32	
São José do Rio Preto	100,0%				0	22	
Sorocaba	100,0%				0	18	
Tatuí	100,0%				0	9	
Taubaté	100,0%				0	13	

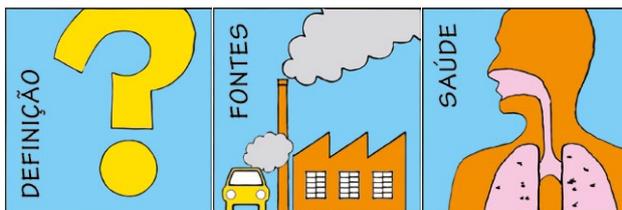
(1) PQAr anual = 50 µg/m³.

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 1 hora – 240 µg/m³.

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados.

O monitoramento de NO₂ foi realizado em 39 estações automáticas, sendo 14 na RMSP e 25 no interior/litoral. Considerando os dados com representatividade anual, das 13 estações da RMSP, nenhuma apresentou ultrapassagem do padrão horário (240 µg/m³), assim como nas 25 estações no interior/litoral. O padrão anual (50 µg/m³) foi ultrapassado nas estações Congonhas e Marginal Tietê-Ponte dos Remédios, na RMSP, ambas próximas a vias de tráfego intenso. De maneira geral, na RMSP, observam-se níveis maiores nas estações próximas de vias de tráfego do que nas estações mais distantes. Nas estações do interior do estado, as concentrações médias anuais têm se mantido praticamente estáveis nos últimos anos.

Compostos de Enxofre Reduzido Total (ERT)



Os compostos de enxofre reduzido mais frequentes e abundantes são sulfeto de hidrogênio (H₂S) e sulfetos orgânicos. São emitidos por processos industriais diretamente para a atmosfera, e também resultado da degradação anaeróbica de matéria orgânica em corpos hídricos poluídos. Esses compostos se caracterizam pela sensação de odor desagradável, mesmo em baixa concentração. Podem assim ocasionar incômodos à população. São medidos como Enxofre Reduzido Total (ERT).

No Brasil não há padrão de qualidade do ar para ERT, mas relata-se o limite de percepção de odor para H₂S de 5 ppb.

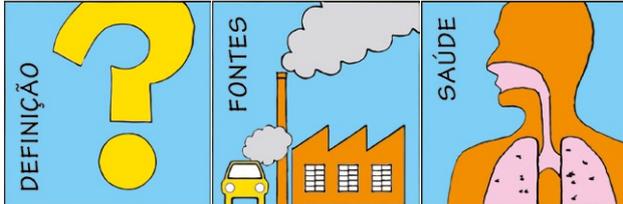
Enxofre Reduzido Total (ERT) - 2023								
Estação		Faixa de concentração (média horária)					Nh	Repr.
		< 5 ppb	> 5 -30 ppb	> 30 -100 ppb	> 100 -200 ppb	> 200 ppb		
RMSP	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	84,73%	14,57%	0,70%			7426	S
Interior	Americana	82,99%	13,33%	3,29%	0,38%		8109	S

Nh = Número de medidas horárias válidas.

Verifica-se que a maior parte do tempo as concentrações estão abaixo de 5 ppb. Na faixa de 5 a 30 ppb observa-se alguma persistência do componente. Valores entre 30 e 100 ppb foram encontrados em ambas as estações, enquanto valores entre 100 e 200 ppb foram observados apenas na estação Americana.

Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

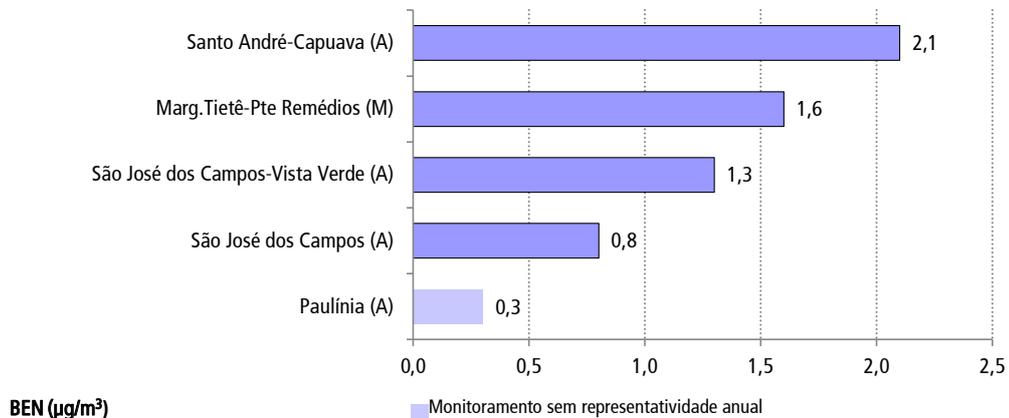
Benzeno e Tolueno



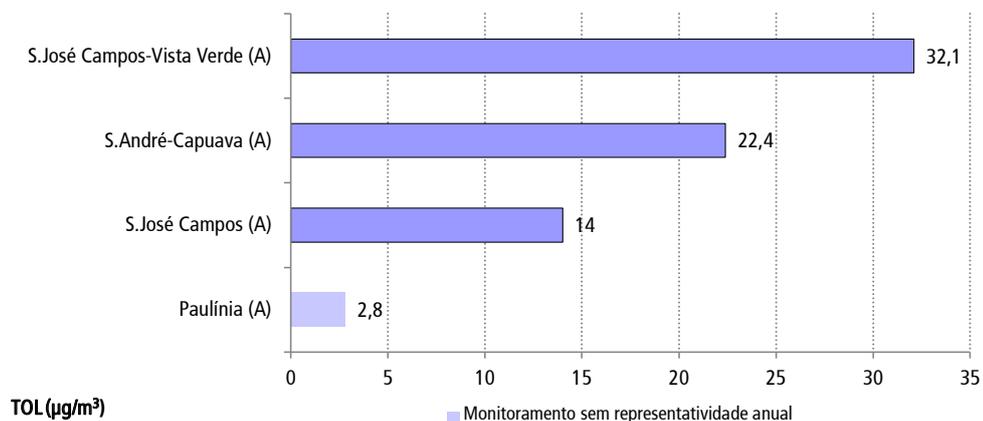
O benzeno e tolueno são compostos orgânicos voláteis classificados como perigosos, sendo as principais fontes de emissão os veículos a gasolina, quer pela emissão pelo escapamento, quer pela evaporação em diferentes partes do veículo e, de maneira indireta, pelos processos de distribuição de combustível. São emitidos também por instalações industriais, como refinarias de petróleo e instalações de armazenamento da indústria petroquímica.

O Brasil não possui padrão de qualidade do ar para esses poluentes. A União Europeia adota o valor de referência para o benzeno de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média aritmética anual, enquanto a OMS indica o valor-guia de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de tolueno, média semanal, para a proteção à saúde da população.

Benzeno - Médias Anuais

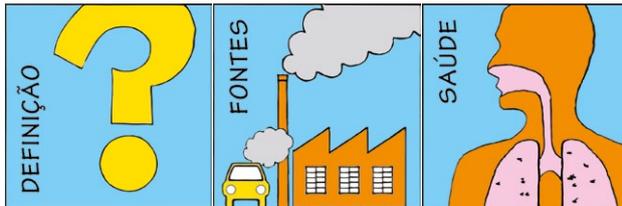


Tolueno - Médias Semanais



No caso do benzeno não houve ultrapassagem do valor de referência adotado pela União Europeia ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média anual). Quanto ao tolueno, a máxima concentração média semanal ($32,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), foi observada na estação São José dos Campos – Vista Verde.

Aldeídos



Os aldeídos são emitidos diretamente para a atmosfera por diversas fontes, das quais destacam-se os veículos automotores e processos industriais, e podem também ser formados na atmosfera por meio de reações químicas. São também precursores de ozônio. Não há padrão nacional de qualidade do ar para os aldeídos.

Aldeídos - 2023							
Estação Marg. Tietê-Ponte dos Remédios (RMSP)	N	Média Anual (ppb)	Repres.	Máximas 24 h (ppb)			
				1ª	2ª	3ª	4ª
Acetaldeído	54	2,9	S	10,2	5,7	5,7	5,2
Formaldeído	54	4,7	S	13,2	7,7	7,3	7

N = Número de dias de amostragens válidas.

Repres. = Atende ao critério de representatividade anual dos dados: S (sim) e N (não).

Comentários Finais

Uma vez apresentado o comportamento individual dos poluentes, é importante uma síntese do que foi observado em termos de poluição do ar no estado de São Paulo.

1 - Os poluentes gasosos primários SO_2 , NO_2 e CO encontram-se, no geral, dentro dos padrões exigidos por lei.

- **CO** - desde 2008 obedece a valores menores que os estabelecidos como Padrão Final. Por ser um poluente majoritariamente emitido por veículos leves, nos quais se utiliza avançada tecnologia de controle, é um poluente para o qual a maior preocupação é manterem-se os baixos níveis já alcançados.
- **SO₂** - ainda merece atenção em áreas específicas, nomeadamente Cubatão, ou seja, em áreas industriais. As reduções do teor de enxofre nos combustíveis, e forte redução no próprio óleo diesel e na gasolina, apontam o caminho seguido e mantido.
- **NO₂** - Sempre merece atenção, visto que, além de restrições em termos de saúde pública, deve ser sempre controlado por ser formador dos oxidantes fotoquímicos, tipicamente o ozônio.

2 - Ozônio - De formação secundária, é presente tanto na RMSP como no interior. Os veículos estão entre os principais responsáveis pela emissão de seus precursores, os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis (COVs). Com ocorrência menor no interior/litoral, são elevadas as concentrações na RMSP por consequência de sua grande frota. Porém, a variabilidade de ocorrência desse poluente está relacionada, sobretudo, às variações das condições meteorológicas, já que de ano para ano não costuma haver variação significativa na emissão dos precursores. É no processo de diluição e dispersão que as reações de formação do ozônio ocorrem. Por essa propriedade, a alocação de estações medidoras ocorre em locais mais distantes das fontes emissoras. Finalmente, há que se considerar que na formação de oxidantes fotoquímicos também ocorre a formação de material carbonáceo secundário, motivo a mais para que se controlem as emissões causadoras dessas reações.

3 - Material Particulado - Poluente de maior importância, que merece atenção em todo o mundo. No estado de São Paulo, mede-se na atmosfera material particulado em diferentes tamanhos.

As partículas totais em suspensão (PTS), com tamanho de até 50 micra, indicam o grau de sujidade da região. É um parâmetro auxiliar e somente foram observados valores elevados em Cubatão/Vila Parisi.

Os padrões de MP_{10} (com tamanho até 10 micra) e $MP_{2,5}$ (com tamanho até 2,5 micra) são ultrapassados em várias localidades do estado. Observação importante é a diferença de comportamento entre o MP_{10} e o $MP_{2,5}$ no estado. O MP_{10} é preponderante em áreas com maior atividade industrial, enquanto o $MP_{2,5}$ é mais presente na RMSP.

4 - Nota - Para as áreas em que os padrões de qualidade vigentes não são atendidos, conforme preconizado no Decreto Estadual nº 59.113/2013, está em vigor o Plano de Controle de Emissões Atmosféricas, composto do Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE) e do Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV), visando a redução das emissões dos poluentes em desconformidade e, conseqüentemente, o atendimento aos padrões de qualidade do ar.

1 • Introdução

O objetivo principal deste relatório é apresentar o diagnóstico da qualidade do ar no Estado de São Paulo a partir das redes de monitoramento da CETESB. Os resultados obtidos são apresentados com análises de tendência de comportamento para os poluentes, além de informações relativas às principais fontes de emissão nas regiões de maior interesse.

O Estado de São Paulo possui áreas com diferentes características físicas e atividades econômicas que demandam formas diferenciadas de monitoramento e controle da poluição. Desde a década de 1970, a CETESB mantém redes de monitoramento da qualidade do ar para avaliar os níveis de poluição atmosférica em diferentes escalas de abrangência. Inicialmente, o monitoramento era efetuado exclusivamente por estações manuais, as quais são utilizadas até hoje. Em 1981, foi iniciado o monitoramento automático que, além de ampliar o número de poluentes medidos, permitiu o acompanhamento dos resultados em tempo real. A expansão da rede automática, que ocorreu de maneira mais significativa a partir de 2008, levou à configuração, em 2023, de 63 estações automáticas, além de 22 manuais, totalizando 85 estações, localizadas em 42 municípios.

Em 1985, a CETESB iniciou a série de relatórios anuais “Qualidade do Ar no Estado de São Paulo”, consolidando os dados do monitoramento no Estado. Esses relatórios têm passado constantemente por modificações, incorporando dentre as melhorias seu acesso eletrônico. Ao longo dos anos, a qualidade do ar passou a ser divulgada em tempo real, inclusive com um aplicativo para fácil acesso por celular. Em 2020 foi lançado um boletim mensal eletrônico.

Destaca-se, em 2023, o início de operação de seis novos monitores automáticos de $MP_{2,5}$, nas estações Capão Redondo, Carapicuíba, Interlagos, Nossa Senhora do Ó, Santo Amaro e Taboão da Serra.

2 • Parâmetros, Padrões e Índices

2.1 Poluentes

Poluente atmosférico é “qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade” (BRASIL, 2018b).

Em relação à sua origem, os poluentes podem ser classificados como primários ou secundários, conforme quadro abaixo:

Poluentes Primários	Emitidos diretamente por fontes móveis ou fixas.
Poluentes Secundários	Formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários, até mesmo por componentes emitidos pela natureza.

A contaminação atmosférica se dá conforme esquema a seguir:



Uma descrição mais detalhada desse mecanismo é apresentada a seguir:

Fontes de Poluição	Fontes móveis: Veículos automotores. Sendo que as emissões são efetuadas principalmente ao longo do percurso e abastecimento.	Fontes fixas: Chaminés. Pilhas de material seco. Vias públicas (pavimentadas ou não).
Processos Atmosféricos	Físicos: Diluição e transporte pela ação de ventos. Remoção pela ação das chuvas. Deposição seca.	Químicos: Reação direta entre poluentes. Reações fotoquímicas (necessitam radiação solar).
Receptores	Ambientais: Pessoas. Fauna e Flora. Edifícios, monumentos e obras de arte.	Monitores: Aparelhos que medem as concentrações ambientais em determinado local.

Assim, quando se determina a concentração de um poluente na atmosfera, medem-se os níveis de poluição dos receptores/monitores que, de alguma forma, estão associados à exposição da população. Essa concentração é o resultado final do processo de lançamento do poluente na atmosfera pelas fontes de emissão e suas interações, já na atmosfera, tanto do ponto de vista físico como químico.

Importante ressaltar que, mesmo mantidas as emissões das fontes, as concentrações atmosféricas variam muito, em razão das condições meteorológicas.

É muito grande a variedade de substâncias que pode ser encontrada na atmosfera. Assim, são adotados como critérios de medição, a relevância do componente em relação aos danos à saúde, a frequência de ocorrência e a disponibilidade de equipamentos e métodos que permitam a medição na forma e periodicidade que o monitoramento requer. A CETESB monitora os poluentes que possuem a característica de indicadores de qualidade do ar, adotados mundialmente. A legislação deve explicitar quais limites máximos podem ser admitidos na atmosfera, os assim denominados "Padrões de Qualidade", permitindo que os órgãos de controle tenham ações efetivas. Por serem estabelecidos em leis, decretos e resoluções, são denominados de "POLUENTES REGULAMENTADOS". Uma caracterização desses poluentes é apresentada na **Tabela 2.1**.

O poluente "Material Particulado" merece uma descrição pormenorizada por possuir características muito diferentes dos outros, sendo de especial importância em termos de saúde. Sob a denominação geral de Material Particulado encontra-se um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido ou líquido que se mantém suspensos na atmosfera devido ao seu pequeno tamanho. Ao contrário dos outros poluentes, não possui característica química definida.

Tabela 2.1 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes regulamentados na atmosfera

Poluente	Característica	Fontes principais	Efeitos Gerais no ambiente
PTS Partículas Totais em Suspensão	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de neblina, aerossol, fumaça, fuligem. Com tamanho até 50 micra.	Processos industriais e veículos motorizados, poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais como pólen e aerossol marinho.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade, contaminação do solo e da água por deposição e provocam a sujidade em residências, edifícios e monumentos de arte.
MP ₁₀ Partículas Inaláveis e FMC Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de neblina, aerossol, fumaça, fuligem. Com tamanho até 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos), outros processos industriais, solo ressuspensa, e aerossóis secundários (partículas que se formam na atmosfera pela reação de gases).	Irritação e alteração da função respiratória e cardiovascular. Danos à vegetação e redução de visibilidade.
MP _{2,5} Partículas Inaláveis Finas	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de neblina, aerossol, fumaça, fuligem. Com tamanho até 2,5 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos), outros processos industriais, e aerossóis secundários formados na atmosfera por reação de gases.	Penetram profundamente no aparelho respiratório atingindo os alvéolos, alterando as funções respiratórias. Provocam redução de visibilidade.
SO ₂ Dióxido de Enxofre	Gás incolor, com forte odor, oxida-se a SO ₃ facilmente dando origem ao ácido sulfúrico. Reagem formando partículas como os sulfatos secundários.	Resulta principalmente da queima de combustíveis que contém enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina.	É agressivo ao trato respiratório, sendo um dos componentes da chuva ácida. Reduz a visibilidade ao se transformar em sulfato.
CO Monóxido de Carbono	Gás incolor e inodoro.	Resulta da queima incompleta de combustíveis, sendo a principal a queima de combustíveis automotores.	Combina com a hemoglobina do sangue dificultando o transporte do oxigênio.
O ₃ Ozônio	Gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais.	Não é emitido diretamente para atmosfera. Produzido fotoquimicamente pela reação de óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos na presença de luz solar.	É agressivo ao sistema respiratório. Provoca danos à vegetação.
Pb Chumbo	Metal que quando presente na atmosfera externa se encontra na forma de material particulado.	Principal fonte são as reprocessadoras de chumbo que fornecem matéria prima para o fabrico de baterias de automóveis.	O chumbo é um componente tóxico, com atuação principalmente no sistema nervoso central.
NO ₂ Dióxido de Nitrogênio	Gás marrom avermelhado com forte odor.	Formado em todos os processos de combustão. Destaca-se a queima de combustível em veículos pesados e também proveniente de processos industriais.	Afeta a saúde provocando irritação no sistema respiratório. Forma ácido nítrico componente da chuva ácida. Forma nitratos secundários, particulado. Reage com compostos orgânicos e é fundamental em processos fotoquímicos formando o ozônio.

Fonte: CETESB (2024)

A **Tabela 2.2** apresenta a caracterização dos poluentes não regulamentados que são medidos nas redes de monitoramento da CETESB.

Tabela 2.2 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes não regulamentados na atmosfera

Poluente	Característica	Fontes principais	Efeitos Gerais no ambiente
“ERT Enxofre Reduzido Total”	Sob este título genérico encontram-se na atmosfera principalmente o sulfeto de hidrogênio, metil-mercaptana, dimetil-sulfeto, dimetil-dissulfeto.	Principais fontes: refinarias de petróleo, fábricas de celulose e de rayon@-viscose, plantas de tratamento de esgoto, os rios poluídos e naturalmente em ambientes similares aos pântanos.	Produzem odor desagradável semelhante ao de ovo podre ou repolho, mesmo em baixas concentrações, causando incômodo à população exposta.
“COVs Compostos Orgânicos Voláteis”	Compostos de carbono principalmente os hidrocarbonetos, aromáticos e alifáticos, assim como alguns compostos oxigenados.	Principal origem é a queima incompleta de combustíveis assim como estocagem e transferências de combustível.	São precursores do ozônio e alguns podem causar efeitos adversos à saúde.

Fonte: CETESB (2024)

2.2 Padrões de Qualidade do Ar

Conceito:

Padrões de qualidade do ar são os máximos valores de concentração associados a um tempo de exposição de um determinado poluente, permitidos por lei, de forma a preservar a saúde.

Histórico:

Com base em conhecimentos científicos de saúde, o Estado de São Paulo estabeleceu seus **PADRÕES DE QUALIDADE DO AR** pelo Decreto Estadual nº 8468/76. Na esfera federal, tais padrões foram estabelecidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e aprovados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Resolução CONAMA nº 03/90). No ano de 2005, com a evolução dos conhecimentos de efeitos sobre a saúde, a Organização Mundial de Saúde (OMS) publicou documento indicando novos valores-guia para os poluentes atmosféricos, o qual foi atualizado em 2021.

A OMS, ao publicar valores-guia e não padrão de qualidade do ar, deixa claro que a adoção de padrões pelos diferentes países deve levar em conta a abordagem adotada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais, que dependem, entre outras coisas, do nível de desenvolvimento e da capacidade nacional de gerenciar a qualidade do ar. Reconhece ainda que os governos, ao formularem políticas de qualidade do ar, devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais antes de adotarem os valores-guia propostos como padrões nacionais. O processo de estabelecimento de padrões visa atingir as menores concentrações possíveis no contexto de limitações locais, capacidade técnica e prioridades em termos de saúde pública.

Seguindo as recomendações da OMS, o Estado de São Paulo revisou suas legislações anteriores e estabeleceu novos padrões por meio do Decreto Estadual nº 59.113, de 23/04/2013 (SÃO PAULO, 2013). Observando os critérios estabelecidos no decreto, a Deliberação CONSEMA nº 4 de 19/05/2021 (SÃO PAULO, 2021), aprovou mudança de meta intermediária, que são os padrões, que passaram a vigorar a partir de 2022.

No âmbito federal, seguindo as mesmas diretrizes da OMS, o CONAMA revogou a Resolução nº 03/1990 (BRASIL, 1990) substituída pela **Resolução nº 491/2018** (BRASIL, 2018b).

O Decreto Estadual nº 59.113/2013, preconiza que a administração da qualidade do ar no território do estado de São Paulo será efetuada por meio de etapas progressivas denominadas metas intermediárias. A meta intermediária em vigência é considerada o Padrão de Qualidade do Ar (PQAr).

<ul style="list-style-type: none"> • Metas Intermediárias (MI) estabelecidas como valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar no estado de São Paulo, baseada na busca pela redução das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável. • As MI devem ser atendidas em três etapas até que se alcancem os valores dos padrões finais. • Padrões Finais (PF). São os valores-guia indicados pela OMS-2005 para a proteção da saúde das pessoas. 	<p>MI1 - Valores de concentração poluentes atmosféricos vigentes de 24/04/2013 a 31/12/2021.</p> <p>MI2 - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1, vigentes a partir de 01/01/2022 por Decisão CONSEMA nº 04/2021 de 19/05/2021 (SÃO PAULO, 2021).</p> <p>MI3 - Valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, com seu prazo de duração definido pelo CONSEMA, com base nas avaliações realizadas na Etapa 2.</p> <p>PF - Padrões determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica.</p>
--	--

A **Tabela 2.3** apresenta as metas intermediárias estabelecidas no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), sendo que os padrões vigentes em 2023 (Deliberação CONSEMA nº 4 (SÃO PAULO, 2021) estão assinalados em vermelho. O mesmo decreto estabelece critérios para episódios críticos de poluição do ar, apresentados na **Tabela 2.4**.

Tabela 2.3 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar

Poluente	Tempo de Amostragem	MI 1 (µg/m³)	MI 2 (µg/m³)	MI 3 (µg/m³)	PF (µg/m³)
partículas inaláveis (MP ₁₀)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
partículas inaláveis finas (MP _{2,5})	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas	60	40	30	20
	MAA ¹	40	30	20	-
dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
ozônio (O ₃)	8 horas	140	130	120	100
monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA ²	-	-	-	80
chumbo** (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

Fonte: CETESB (2024) adaptado do Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013)

Nota 1:

1 - Média aritmética anual.

2 - Média geométrica anual.

* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão - parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

** Chumbo - a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

Nota 2: Padrões vigentes em vermelho.

Nota 3:

Padrões Nacionais (BRASIL, 2018b) vigentes atualmente correspondem à MI 1 dos Padrões Estaduais

Padrão nacional de curto prazo para SO₂ (BRASIL, 2018b): PI1=125 µg/m³, PI2=50 µg/m³, PI3=30 µg/m³ e PF=20 µg/m³

A Resolução CONAMA nº 491/ 2018, a exemplo do Decreto Estadual nº 59.113/2013, estabeleceu padrões intermediários progressivos e gradativos com valores iguais aos das metas intermediárias do decreto, à exceção dos valores de curto prazo para dióxido de enxofre. Atualmente os padrões nacionais vigentes correspondem, grosso modo, à Meta Intermediária 1 – (MI1) do referido decreto, sendo, portanto, menos restritivos que os padrões estaduais em vigor desde 2022.

A declaração dos estados de Atenção, Alerta e Emergência, além dos níveis de concentração excedidos, requer a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Tabela 2.4 – Critérios para episódios críticos de poluição do ar

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

Fonte: CETESB (2024) adaptado do Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013)

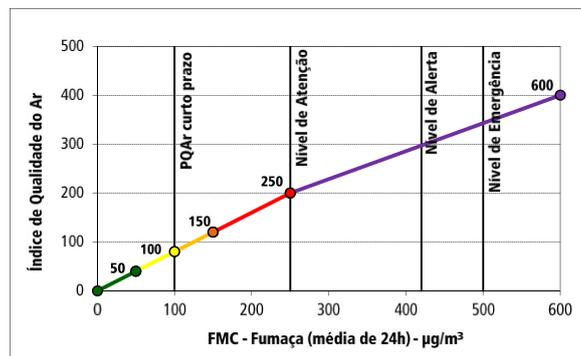
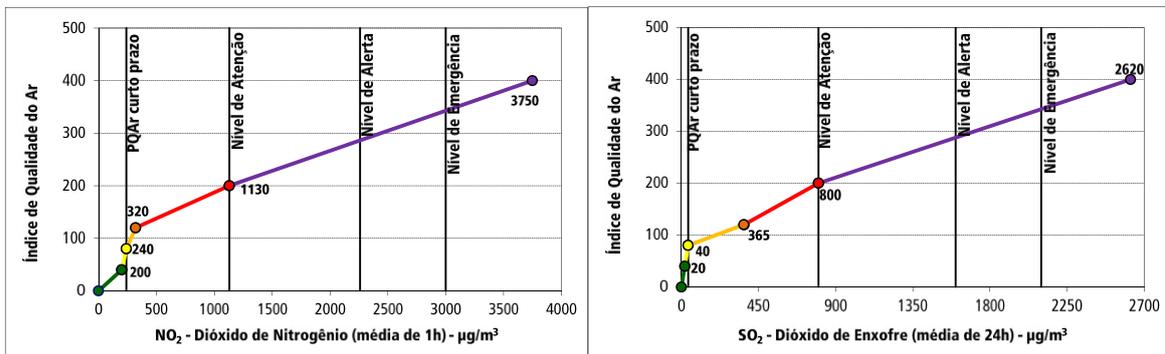
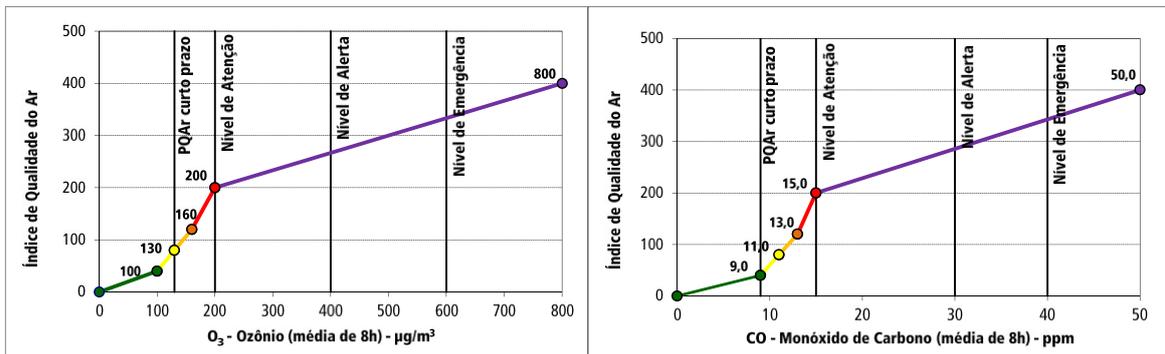
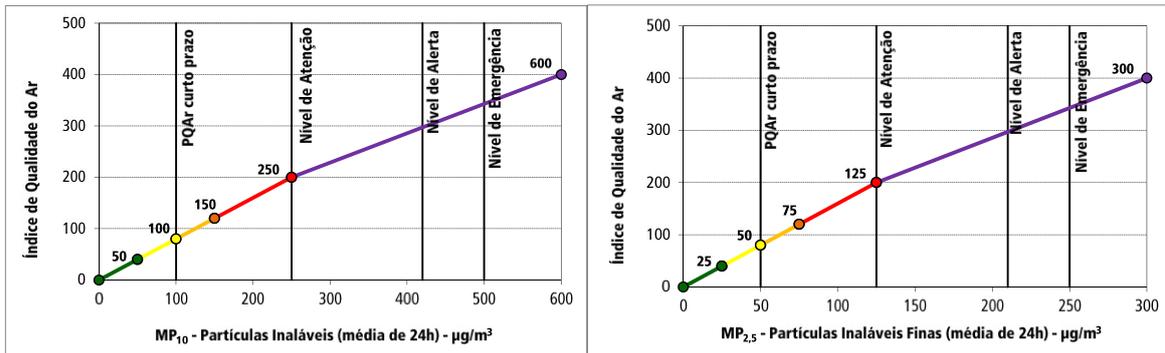
Valores de referência internacionais são apresentados no **Apêndice 1**, especificamente os padrões adotados pela Agência Ambiental Americana (USEPA, 2024), os valores de referência adotados pela Comunidade Europeia (UNIÃO EUROPEIA, 2008) e os valores-guia recomendados pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2005) que serviram de orientação para a legislação nacional vigente. Também são apresentados os novos valores guia indicados pela OMS em 2021 (WHO,2021).

2.2.1 Divulgação e Índices de Qualidade do Ar

A CETESB divulga, no endereço eletrônico <https://servicos.cetesb.sp.gov.br/qa/>, os dados de qualidade do ar em tempo real gerados, na rede automática. Associados a eles, também é divulgada uma classificação da qualidade do ar, com informações de prevenção de riscos à saúde. Diariamente também é divulgado o Boletim de Qualidade do Ar (<https://cetesb.sp.gov.br/ar/boletim-diario/>), contendo um resumo do acontecido nas 24 horas anteriores. Por celular, é possível ter acesso aos dados através de aplicativo específico.

Há cuidado especial na divulgação da qualidade do ar, pois ela deve ser compreendida pela população em geral. Como os padrões para cada poluente têm valores diferenciados por possuírem agressividade diferenciada, torna-se difícil para a população em geral entender por que, por exemplo, a concentração média de 24 horas de $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do poluente $\text{MP}_{2,5}$ é classificada como MUITO RUIM, enquanto um valor de MP_{10} de $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ indica qualidade MODERADA. Dessa maneira, a exemplo de outros países foi elaborado um Índice de Qualidade do Ar. O índice é constituído de forma que os poluentes tenham um valor de referência igual, facilitando a divulgação e a compreensão dos dados por todos. Considerando-se as medições de curto prazo, para cada poluente medido é calculado um índice, que é obtido através de uma função linear segmentada, que relaciona a concentração do poluente com o valor do índice, resultando um número adimensional. Assim, atribui-se o valor aleatório de 40 para todos os poluentes cujas concentrações sejam iguais ao valor estabelecido pela legislação como Padrões Finais. Nesta faixa de índice, de 0 a 40, a classificação é considerada BOA. Valores mais baixos possuem índices menores, obtidos por interpolação de função matemática linear. Outros índices são obtidos de maneira similar, estabelecendo-se valores máximos para cada faixa adotada, e obtendo-se valores intermediários, por interpolação linear. Conforme pode ser verificado no **Gráfico 2.1**, cada segmento de reta está associado a uma faixa de qualidade, sendo que os pontos de inflexão delimitam os diferentes níveis de qualidade, conforme valores apresentados na **Tabela 2.5** (BRASIL, 2018b). Exemplificando, para partículas inaláveis, o segmento de reta verde (qualidade BOA) do **Gráfico 2.1** corresponde uma faixa de concentração de 0 a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média de 24h) e a uma faixa de índice de 0 a 40 da **Tabela 2.5**, o segmento amarelo (qualidade MODERADA) corresponde a uma faixa de concentração de > 50 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média de 24h) e a uma faixa de índice de 41 a 80, e assim por diante.

Gráfico 2.1 – Relação entre a concentração de curto prazo, índice e classificação da qualidade do ar



Boa Moderada Ruim Muito Ruim Péssima

Fonte: CETESB (2024)

A relação entre índice, qualidade do ar e efeitos à saúde é apresentada na **Tabela 2.5**. Embora a qualidade do ar de uma estação seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação, para divulgação, é determinada pelo índice mais elevado (pior caso) dentre os índices calculados para cada poluente. A classificação da qualidade do ar está associada a efeitos à saúde e, portanto, independe do padrão de qualidade/meta em vigor.

Tabela 2.5 – Índice Geral

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2,5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h	Fumaça (µg/m ³) 24h	Significado
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20	0 - 50	Atende os valores-guia para exposição de curto prazo definidos pela Organização Mundial da Saúde.
N2 – MODERADA	41-80	>50 - 100	>25 - 50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>20 - 40	>50 - 100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas, como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 – RUIM	81-120	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 - 365	>100 - 150	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.
N4 – MUITO RUIM	121-200	>150 - 250	>75 - 125	>160 - 200	>13-15	>320 - 1130	>365 - 800	>150 - 250	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 – PÉSSIMA	>200	> 250	>125	> 200	> 15	> 1130	>800	> 250	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB (2024)

A qualidade do ar é classificada como BOA apenas quando as concentrações dos poluentes se encontram abaixo das concentrações dos respectivos Padrões Finais, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013. A classificação de qualidade RUIM indica a ultrapassagem dos padrões de curto prazo vigentes em 2022. A única exceção é o CO, para o qual a qualidade MODERADA já indica que o respectivo PQAr é ultrapassado.

Tabela 2.6 – Qualidade do Ar e Prevenção de Riscos à Saúde

Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2.5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h
0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20
41 - 80	>50 - 100 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>25 - 50 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>100 - 130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>9 - 11 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso.	>200 - 240 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	>20 - 40 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.
81 - 120	>100 - 150 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>50 - 75 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>130 - 160 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>11 - 13 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem reduzir esforço físico pesado ao ar livre e evitar vias de tráfego intenso.	>240 - 320 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	>40 - 365 Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.
121-200	>150 - 250 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>75 - 125 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>160 - 200 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>13 - 15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar esforço físico e vias de tráfego intenso.	>320 - 1130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	>365 - 800 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.
>200	>250 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>125 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>200 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>15 Pessoas com doenças cardíacas, como angina, devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre e vias de tráfego intenso.	>1130 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	>800 Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.

Fonte: CETESB (2024)

3 • Redes de Monitoramento

O gerenciamento da qualidade do ar, de acordo com o Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), é efetuado por Regiões de Controle da Qualidade do Ar (RCQA) que coincidem com as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) definidas na Lei Estadual nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016 (SÃO PAULO, 2016). Ao fazer coincidir as RCQA com as UGRHI, a legislação leva em conta não só as características geográficas, mas também a melhor adequação das atribuições e organização administrativa da CETESB.

3.1 As Redes

O conjunto de equipamentos de medição de qualidade do ar colocados em locais específicos de várias cidades paulistas é chamado de "Rede de Monitoramento". São dois os objetivos principais da CETESB ao operar essa rede, um deles é a verificação das concentrações de poluentes que a população respira, que pode indicar se sua saúde está sendo afetada; o outro é permitir a análise dos dados históricos, obtidos ao longo dos anos, de modo a orientar as ações de controle, além de orientar eventuais ações emergenciais. O diagnóstico feito pela CETESB é baseado na medição de poluentes efetuada em diferentes tipos de equipamentos. São gerados mensalmente cerca de 500.000 dados nas diferentes redes existentes.

A composição básica das redes, em 2023, é apresentada a seguir:

Cidades monitoradas pela CETESB	Número de estações (manuais e automáticas)	População atendida	% do Estado
42	85	25,1 milhões	57 %

Fonte: IBGE – censo demográfico de 2022 em 22/12/2023.

3.1.1 Rede Automática

Em 2023, a rede automática foi composta por 63 estações fixas e uma estação móvel, que monitoraram em 36 municípios. Na **Tabela 3.1** verifica-se os locais onde estão alocadas as estações automáticas.

Rede automática a CETESB.

Constituída de estações medidoras que amostram e analisam os poluentes continuamente e estão alocadas tanto na Região Metropolitana de São Paulo como no interior e litoral. Possui também estações móveis que são utilizadas em estudos temporários. Esta rede é operada pelo Setor de Telemetria.

Esta rede é ligada a um sistema central por telemetria. Registra ininterruptamente as concentrações dos poluentes na atmosfera. Os dados são processados e disponibilizados de hora em hora na internet.

Estação Fixa



Estação Móvel



Central Telemétrica



Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2023 (continua)

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FIXAS	PARÂMETROS																
		MP _{2,5}	MP ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	BEN	TOL	ERT	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
2	Guaratinguetá	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	
2	Jacareí		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	
2	São José dos Campos		X	X	X	X	X		X	X			X	X	X	X		
2	São José dos Campos - Jd. Satélite	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	
2	São José dos Campos - Vista Verde									X	X		X	X	X	X	X	
2	Taubaté	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 2		3	5	1	5	5	5	1	5	2	2		6	6	6	6	5	5
3	São Sebastião	X	X						X				X	X	X	X	X	
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 3		1	1						1				1	1	1	1	1	
4	Ribeirão Preto	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 4		1	1		1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1
5	Americana		X						X				X	X	X	X	X	
5	Campinas - Centro		X						X									
5	Campinas - Taquaral		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
5	Campinas - V. União	X							X				X	X	X	X	X	X
5	Jundiaí	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X		
5	Limeira	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
5	Paulínia		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X
5	Paulínia - Sta. Terezinha	X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	X	
5	Piracicaba	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X		
5	Rio Claro - Jd. Guanabara	X	X						X				X	X	X	X	X	X
5	Santa Gertrudes	X	X		X	X	X						X	X	X	X		
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 5		7	10	2	7	7	7	1	9	1	1	1	10	10	10	10	7	5
6	Capão Redondo	X	X						X				X	X	X	X	X	X
6	Carapicuíba	X	X						X	X			X	X	X	X	X	X
6	Cerqueira César		X	X	X	X	X	X										
6	Cid. Universitária - USP - IPEN	X							X									
6	Congonhas	X	X	X	X	X	X	X										
6	Diadema		X						X									
6	Grajaú-Parelheiros	X	X						X	X			X	X				
6	Guarulhos - Paço Municipal	X	X						X				X	X	X	X	X	X
6	Guarulhos - Pimentas	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
6	Ibirapuera	X			X	X	X	X	X				X	X				
6	Interlagos	X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
6	Itaim Paulista	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X		
6	Itaquera								X									
6	Marg. Tietê - Pte dos Remédios	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X
6	Mauá	X	X						X									
6	Moóca	X							X	X					X	X		
6	Nossa Senhora do Ó	X	X						X									
6	Osasco	X	X	X	X	X	X	X							X	X		

Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática - 2023 (conclusão)

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FIXAS	PARÂMETROS																
		MP _{2,5}	MP ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	BEN	TOL	ERT	UR	TEMP	VV	DV	P	RAD
6	Parque D. Pedro II	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
6	Perus	X	X						X						X	X		
6	Pico do Jaraguá	X			X	X	X		X				X	X	X	X		
6	Pinheiros	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
6	Santana	X							X						X	X		
6	Santo Amaro	X	X					X	X									
6	S. André - Capuava		X	X	X	X	X		X	X	X				X	X		
6	S. Bernardo - Centro	X			X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
6	S. Bernardo - Paulicéia		X															
6	S. Caetano	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	
6	Taboão da Serra	X	X					X					X	X				
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 6		24	22	8	14	14	14	15	23	2	2	1	15	15	17	17	9	8
7	Cubatão - Centro		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	
7	Cubatão - Vale do Mogi		X	X	X	X	X		X				X	X	X	X		X
7	Cubatão - V. Parisi		X	X	X	X	X								X	X		
7	Santos		X						X				X	X	X	X	X	X
7	Santos-Ponta da Praia	X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 7		1	5	4	4	4	4	4	4	1	1		4	4	5	5	3	3
10	Sorocaba		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
10	Tatuí		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 10			2		2	2	2		2				2	2	2	2	1	
13	Araraquara		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
13	Bauru		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
13	Jaú		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 13			3		3	3	3		3				3	3	3	3	1	1
15	Catanduba		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
15	São José do Rio Preto		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 15			2		2	2	2		2				2	2	2	2	2	2
19	Araçatuba		X						X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 19			1						1				1	1	1	1	1	1
21	Marília		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 21			1		1	1	1		1				1	1	1	1	1	1
22	Presidente Prudente		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 22			1		1	1	1		1				1	1	1	1	1	
TOTAL GERAL		37	54	15	40	40	40	18	53	6	6	2	47	47	50	50	33	27

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MP_{2,5} Partículas inaláveis finasMP₁₀ Partículas inaláveisSO₂ Dióxido de enxofre

NO Monóxido de nitrogênio

NO₂ Dióxido de nitrogênioNO_x Óxidos de nitrogênio

CO Monóxido de carbono

O₃ Ozônio

BEN Benzeno

TOL Tolueno

ERT Enxofre reduzido total

UR Umidade relativa do ar

TEMP Temperatura

VV Velocidade do vento

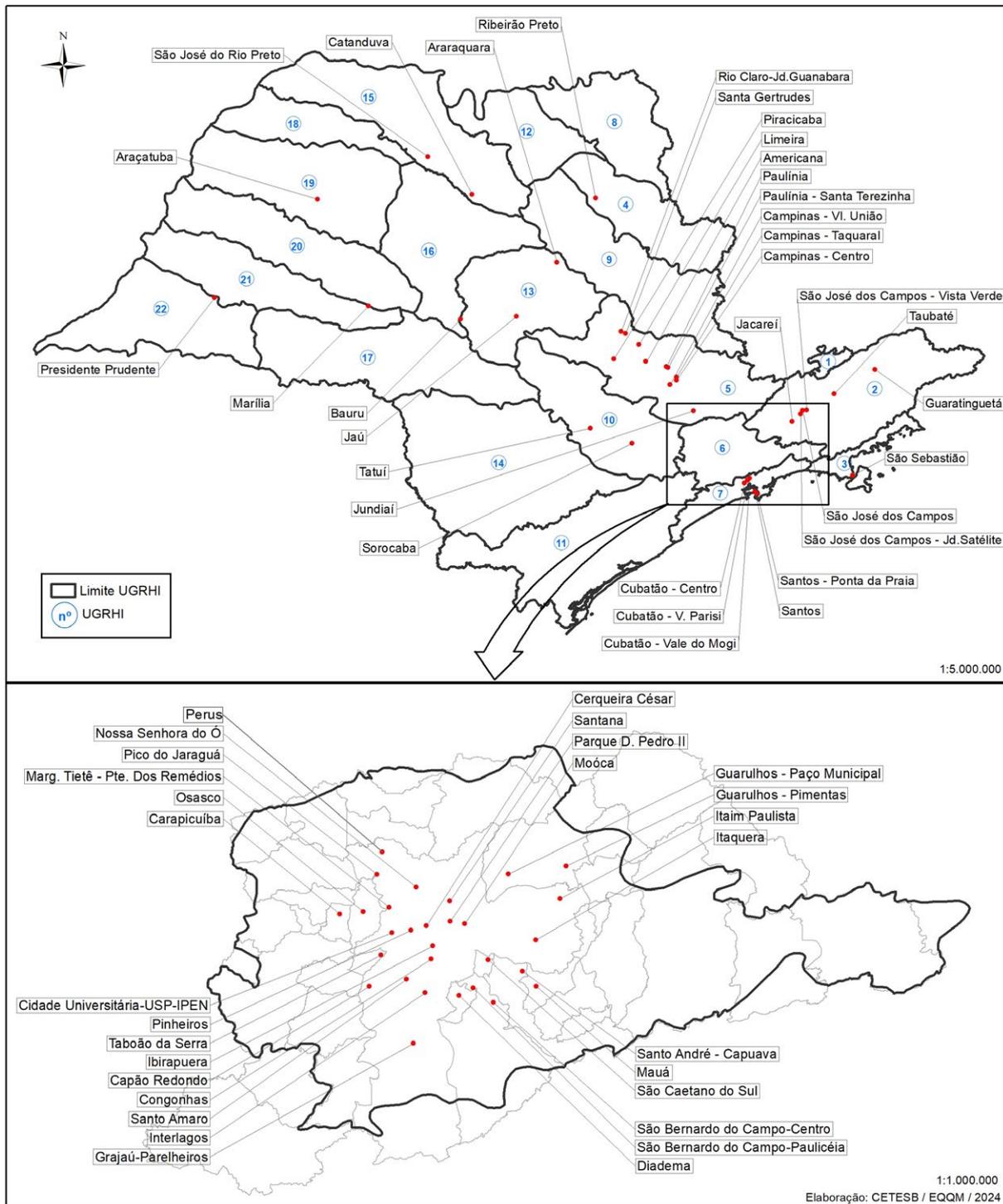
DV Direção do vento

P Pressão atmosférica

RAD Radiação Total e UVA

No **Mapa 3.1** é apresentada a localização das estações automáticas no Estado de São Paulo, considerando a divisão das UGRHIs.

Mapa 3.1 – Localização das estações da Rede Automática - 2023



Fonte: CETESB (2024)

3.1.2 Rede Manual

Em 2023, a rede manual foi composta por 22 estações, que monitoraram em 15 municípios. Na **Tabela 3.2** verifica-se os locais servidos pelas estações manuais

As estações que compõem a rede manual de avaliação da qualidade do ar estão alocadas tanto nos municípios da RMSP como no interior e litoral do estado.



Amostrador de Grandes Volumes para partículas inaláveis (MP_{10}) (esquerda).

Amostrador de partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$) (direita).

No monitoramento manual, as amostras são coletadas no campo e trazidas para análise no Setor de Amostragem e Análise do Ar.



Setor de Amostragem e Análise do Ar

Tabela 3.2 – Configuração da Rede Manual – 2023

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS								
		MP _{2,5}	MP ₁₀	FMC	SO ₂	PTS	ACETAL	FORMAL	BEN	TOL
5	Cordeirópolis - Módolo		X							
5	Jundiá - Centro			X						
5	Paulínia - Bairro Cascata				X					
5	Paulínia - João Aranha				X					
5	Salto - Centro			X	X					
5	Santa Gertrudes - Jd. Luciana		X							
TOTAL UGRHI 5			2	2	3					
6	Campos Elíseos			X						
6	Cerqueira César	X		X		X				
6	Marg. Pinheiros - Pontes dos Remédios						X	X	X	X
6	Ibirapuera			X						
6	Osasco					X				
6	Pinheiros			X		X				
6	Santo Amaro	X				X				
6	Santo André - Capuava	X				X				
6	São Bernardo do Campo					X				
6	Tatuapé			X						
TOTAL UGRHI 6		3		5		6	1	1	1	1
7	Cubatão - Vila Parisi					X				
7	Guarujá - Vicente de Carvalho		X							
TOTAL UGRHI 7			1			1				
8	Franca - Cidade Nova		X							
TOTAL UGRHI 8			1							
9	Jaboticabal - Jd. Kennedy		X							
TOTAL UGRHI 9			1							
10	Itu - Centro			X						
10	Sorocaba - Centro			X						
TOTAL UGRHI 10				2						
TOTAL MONITORES		3	5	9	3	7	1	1	1	1

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MP_{2,5} - Partículas inaláveis finas

MP₁₀ - Partículas Inaláveis

FMC - Fumaça

SO₂ - Dióxido de enxofre

PTS - Partículas totais em suspensão

ACETAL - Acetaldeído

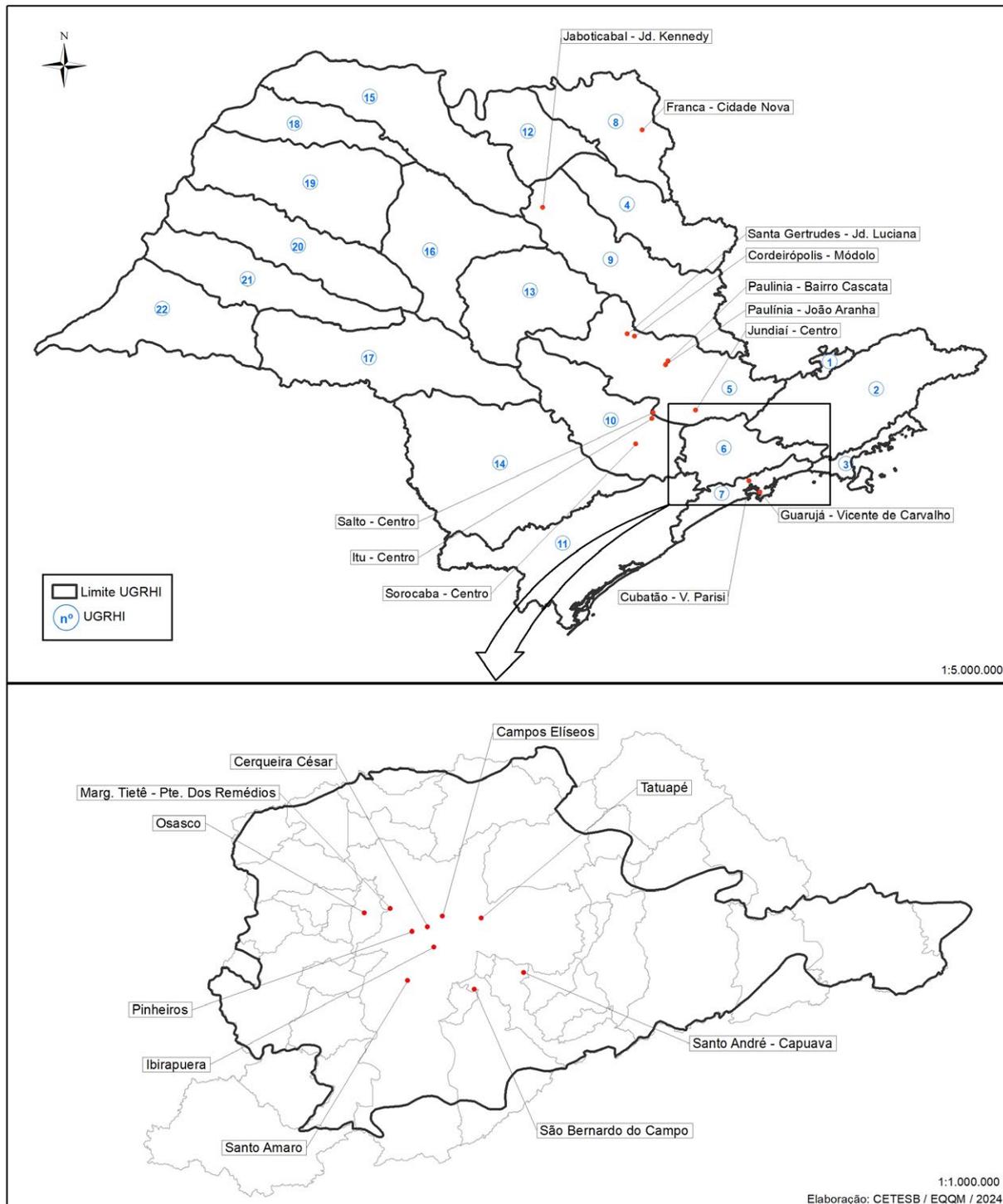
BEN - Benzeno

FORMAL - Formaldeído

TOL - Tolueno

No **Mapa 3.2** é apresentada a localização das estações automáticas e manuais no estado de São Paulo, considerando a divisão das UGRHIs.

Mapa 3.2 – Localização das estações e pontos de amostragem da Rede Manual – 2023



Fonte: CETESB (2024)

3.1.3 Avaliação Meteorológica Relacionada à Poluição

Visando aprimorar a interpretação dos dados obtidos nas redes de monitoramento, o Setor de Meteorologia avalia, diariamente, as condições meteorológicas para a dispersão de poluentes atmosféricos e realiza estudos correlacionando as condições meteorológicas à poluição do ar, análises estatísticas e de tendências de concentrações dos poluentes, entre outros.



Setor de Meteorologia

3.2 Metodologia de Monitoramento

Os métodos utilizados para medição dos diversos parâmetros amostrados pelas redes de monitoramento são apresentados na **Tabela 3.3**. As estações da Rede Automática processam amostras constantemente tomadas da atmosfera a intervalos de cinco segundos, acumulando os dados na forma de média horária. Essas medições são transmitidas para a central de telemetria e após validação técnica são dispostos de hora em hora no endereço eletrônico da CETESB (<https://servicos.cetesb.sp.gov.br/qa/>). Já nas estações da Rede Manual, a amostragem é realizada durante 24 horas a cada 6 dias e com exposição de 1 mês no caso dos amostradores passivos. As amostras coletadas são analisadas no Setor de Amostragem e Análise do Ar, da CETESB.

Os dados da Rede Automática e da Rede Manual podem ser acessados no Sistema de Informações de Qualidade do Ar (QUALAR), disponível no endereço eletrônico: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>.

Tabela 3.3 – Métodos de medição dos parâmetros

Rede	Parâmetro	Método
Rede Automática	partículas inaláveis finas - MP _{2,5}	radiação Beta
	partículas inaláveis - MP ₁₀	radiação Beta
	dióxido de enxofre	fluorescência de pulso (ultravioleta)
	óxidos de nitrogênio	quimiluminescência
	monóxido de carbono	infravermelho não dispersivo (GFC)
	ozônio	ultravioleta
	benzeno/tolueno	cromatografia gasosa / detecção por fotoionização (PID)
	enxofre reduzido total	oxidação térmica - fluorescência de pulso (ultravioleta)
Parâmetros Meteorológicos	direção e velocidade de vento	ultrassônico
	temperatura do ar	temistor resistivo de platina (PT100)
	umidade relativa do ar	elemento capacitivo
	radiação solar global	fotovoltaico
	pressão atmosférica	transdutor de pressão
	radiação UVA	fotovoltaico
Rede Manual	partículas inaláveis finas - MP _{2,5}	gravimétrico / impactação virtual (dicotômico) gravimétrico / impactação e ciclone
	partículas inaláveis - MP ₁₀	gravimétrico / amostrador de grandes volumes acoplado a um separador inercial gravimétrico / impactação
	partículas totais em suspensão	gravimétrico / amostrador de grandes volumes
	fumaça	refletância
	dióxido de enxofre	cromatografia iônica / amostrador passivo
	acetaldeído/formaldeído	cromatografia líquida de alto desempenho/detecção UV-visível
	benzeno/tolueno	cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas

Fonte: CETESB (2024)

3.3 Metodologia de Tratamento dos Dados

3.3.1 Representatividade de Dados

A adoção de critérios de representatividade de dados é de extrema importância em sistemas de monitoramento. O não atendimento a esses critérios para uma determinada estação ou período significa que as falhas de medição ocorridas comprometem a interpretação do resultado obtido.

São apresentados a seguir os critérios de representatividade temporal de dados utilizados pela CETESB. Os critérios são os mesmos tanto para a rede automática quanto para a rede manual.

Média anual	1/2 das médias diárias válidas para os quadrimestres janeiro-abril, maio-agosto e setembro-dezembro.
Média mensal	2/3 das médias diárias válidas no mês.
Média diária	2/3 das médias horárias válidas no dia.
Média horária	3/4 das medidas válidas na hora; (rede automática).

3.3.2 Representatividade espacial das estações

A rede de monitoramento da CETESB foi concebida para atender de forma otimizada vários objetivos, garantindo a medição da qualidade do ar em locais de diferentes características, de modo que as estações atendam a necessidades de monitoramento distintas e que forneçam informações, entre outras, sobre:

- os mais altos níveis de concentração de poluentes esperados para a área de abrangência da rede;
- as concentrações representativas das áreas de maior densidade populacional;
- o impacto da poluição no meio ambiente devido a determinadas fontes ou grupos de fontes;
- os níveis médios de concentração de poluentes na atmosfera para a região.

O conceito de escala espacial de representatividade para um determinado poluente diz respeito à extensão da parcela de ar no entorno da estação de monitoramento que apresenta concentrações relativamente uniformes e similares às concentrações medidas na estação.

Os resultados do monitoramento em uma dada estação devem representar as concentrações do poluente de interesse numa escala espacial compatível com os objetivos do monitoramento. Dependendo dos objetivos, as escalas de representatividade mais apropriadas para as estações que compõem uma rede de monitoramento, e que estão estabelecidas no Decreto Estadual nº 59.113/2013, são:

- microescala: relativa à representatividade espacial de áreas de dimensão de poucos metros até 100 metros;
- média escala: relativa à representatividade espacial de blocos de áreas urbanas (poucos quarteirões com características semelhantes) com dimensões entre 101 e 500 metros;
- escala de bairro: relativa à representatividade espacial de áreas de bairros urbanos com atividade uniforme e dimensões entre 501 e 4.000 metros;
- escala urbana: relativa à representatividade espacial de cidades ou regiões metropolitanas, da ordem de 4 a 50 km.

No **Apêndice 5**, é apresentada uma tabela com o resumo da classificação da representatividade espacial das estações das redes automática e manual. Informações detalhadas dessa classificação podem ser obtidas no relatório "Classificação expedita da representatividade espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar da CETESB no estado de São Paulo" (CETESB, 2016a).

4 • Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo

Neste capítulo serão apresentadas as principais fontes de emissão de poluentes atmosféricos que influenciam, de forma direta ou indireta, a avaliação da qualidade do ar no estado de São Paulo.

4.1 Considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias

A seguir, são realizadas diversas considerações sobre as estimativas de emissão das fontes móveis e estacionárias, apresentadas nas **Tabelas 4.4 e 4.5**.

As estimativas relativas às fontes móveis apresentadas neste relatório foram obtidas a partir dos dados constantes no relatório “Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2022” (CETESB, 2024b), que traz os dados de emissões da frota circulante do período de 2006 a 2022.

Essa metodologia contém incertezas, relacionadas à frota circulante, ao consumo de combustível e aos fatores de emissão, que são refletidas nas estimativas de emissão. Essas incertezas impactam os resultados de forma inversamente proporcional à abrangência geográfica da estimativa, ou seja, menores para todo o estado, intermediárias para determinadas regiões e maiores quando se observam as emissões das cidades de forma isolada.

A estimativa de emissão do combustível (hidrocarbonetos) evaporado nos veículos foi feita apenas para a frota de automóveis e comerciais leves movidos a gasolina ou etanol. Estão incluídas ainda as emissões evaporativas provenientes do abastecimento desses veículos nos postos de combustível. Para esse poluente não foram consideradas as emissões provenientes de evaporação ou abastecimento de outros tipos de veículos, como motocicletas e veículos a diesel e da ventilação do reservatório de óleo do motor, que nos veículos pesados são abertos à atmosfera.

No caso do material particulado não foram consideradas outras possíveis contribuições, como o desgaste de pneus, de freios, a ressuspensão da poeira presente no pavimento e a formação de aerossóis secundários a partir dos gases emitidos. Além disso, deve-se ponderar que o tipo e o tamanho do material particulado emitido pelas diferentes fontes são variáveis, o que compromete a comparação direta entre os valores estimados para fontes móveis e fixas constantes neste relatório.

Para o cálculo das emissões de SO_x , no ano de 2022, adotou-se que todo o enxofre contido no combustível foi transformado em SO_2 . Os teores de enxofre utilizados nas estimativas foram:

- Diesel S10: 10 mg de enxofre por kg;
- Diesel S500: 500 mg de enxofre por kg;
- Gasolina S50: 50 mg de enxofre por kg;
- Considera-se ainda que o etanol não contém enxofre em sua composição para efeito de cálculo das estimativas de emissão.

Para atualizar as informações relativas às fontes fixas, em 2009 e 2010, a CETESB realizou um levantamento das emissões de fontes estacionárias tendo como referência o ano de 2008. Os resultados foram obtidos a partir da consolidação de dados declarados pelos empreendimentos e utilizados para a estimativa das emissões na RMSP, que foi reajustada em razão da elaboração do Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE), em 2014 (CETESB, 2014). Essas informações estão sendo atualizadas em função do PREFE 2021 (CETESB, 2021c).

Deve-se considerar que as estimativas de emissão das fontes fixas levam em conta as empresas consideradas prioritárias, selecionadas com base na tipologia industrial, na capacidade produtiva e no tipo e quantidade de combustível utilizado. As bases e os terminais de combustíveis foram considerados apenas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e na Região Metropolitana de Campinas (RMC). Para a RMC, foram efetuadas estimativas de emissão das bases distribuidoras de combustíveis líquidos. Para isso foram compilados os dados dos estudos de emissão entregues à CETESB, em atendimento às exigências técnicas do processo de licenciamento ambiental. Para a RMSP, foram utilizadas as informações disponíveis no PREFE 2014.

Para as demais localidades citadas na **Tabela 4.2**, as estimativas das emissões das fontes fixas foram as disponibilizadas pelas Agências Ambientais da CETESB: em 2010, Presidente Prudente e RMC; em 2014, da RMSP; em 2015, de Piracicaba; em 2018, de Sorocaba; em 2019, de Marília; em 2020, de Cubatão, Jundiaí e Limeira; em 2021, de Araçatuba e Tatuí; em 2022, de Jacareí, Ribeirão Preto e São José dos Campos; em 2023, de Araraquara, Bauru, Campinas, Catanduva, Guaratinguetá, Jaú, São José do Rio Preto e Taubaté.

Ao se comparar as estimativas de emissão das fontes fixas e móveis, deve-se levar em conta que nem todas as emissões de ambas as categorias de fontes puderam ser quantificadas, o que prejudica a análise comparativa entre elas.

4.2 Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo

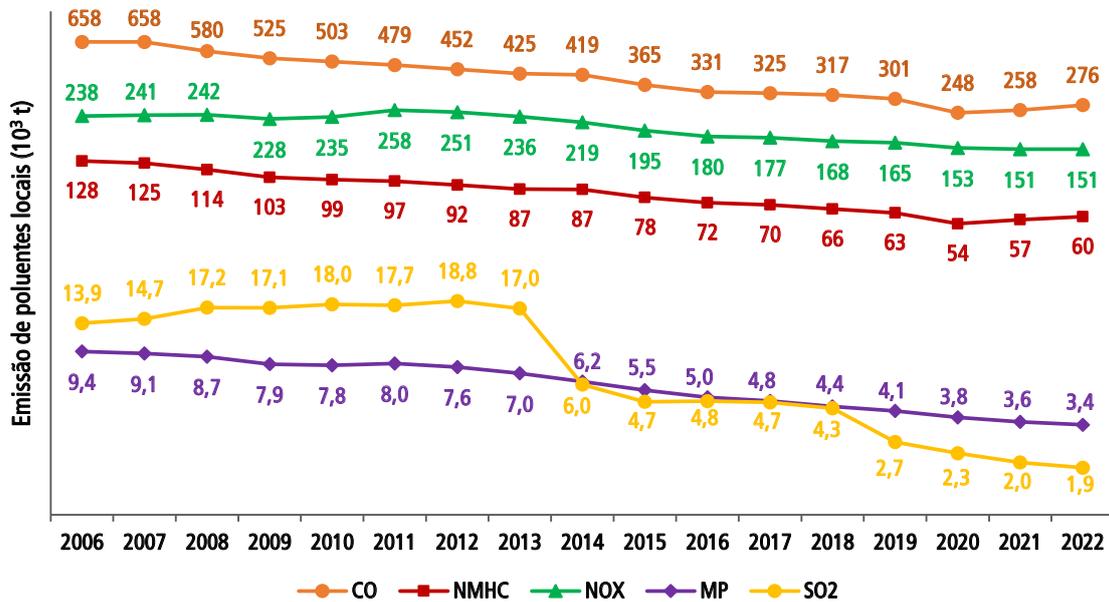
Localizado na região sudeste do Brasil, o estado de São Paulo possui área aproximada de 249.000 km², que corresponde a 2,9% do território nacional. É a unidade da federação de maior ocupação territorial, maior contingente populacional, em torno de 44,4 milhões de habitantes (IBGE, 2023), maior desenvolvimento econômico (agrícola - destacando-se a atividade sucroalcooleira, industrial e serviços) e maior frota automotiva. Como consequência, apresenta grande alteração na qualidade do ar, destacando-se as Regiões Metropolitanas de São Paulo e Campinas, o município de Cubatão e a região do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes. A **Tabela 4.1** apresenta a estimativa da frota circulante no estado de São Paulo em dezembro de 2022. A frota circulante no estado apresentou novamente uma leve queda no volume geral, em torno de 2%, repetindo o comportamento dos últimos anos. As exceções foram as categorias de motocicletas e caminhões, que em 2022 apresentaram taxa de crescimento positiva (CETESB, 2024b).

Tabela 4.1 – Estimativa da frota de veículos do estado de São Paulo em 2022

Categoria		Combustível	Frota Circulante
Automóveis		Gasolina C	1.973.970
		Etanol Hidratado	121.529
		Flex-fuel	7.945.123
Comerciais leves		Gasolina C	278.179
		Etanol Hidratado	11.405
		Flex-fuel	782.626
		Diesel	562.560
Caminhões	Semileves	Diesel	28.096
	Leves		94.988
	Médios		55.814
	Semipesados		118.246
	Pesados		154.977
Ônibus	Urbanos	Diesel	60.734
	Micro-ônibus		16.390
	Rodoviários		27.891
Motocicletas		Gasolina C	1.663.559
		Flex-fuel	991.618
TOTAL			14.887.706

Fonte: CETESB (2024) adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2022 (CETESB, 2024b)

O **Gráfico 4.1** apresenta a evolução das emissões veiculares de poluentes locais no período de 2006 a 2022 no estado de São Paulo. Pode-se observar que, mesmo com o crescimento constante da frota, que perdurou até 2014, a emissão dos poluentes seguiu decrescente, motivada pela incorporação de veículos com novas tecnologias em substituição aos veículos antigos e mais poluidores. A emissão de SO_2 sofreu redução drástica em 2014, ocorrida em razão da alteração do teor de enxofre do diesel a partir de 2013 e, em especial, da gasolina a partir de 2014. A queda das emissões desse poluente persiste nos últimos e está associada ao aumento do consumo do diesel S10, obrigatório em veículos mais modernos, em substituição ao diesel S500 utilizado por veículos fabricados até 2012. Observa-se ainda um aparente aumento nas emissões nos últimos dois anos apresentados no gráfico, motivado pela comparação com o ano de 2020, quando a pandemia de COVID-19 reduziu drasticamente o uso de veículos particulares e consequentemente, a emissão dos mesmos. O retorno das atividades pós-pandemia acabou por indicar um crescimento, mas na realidade voltamos às emissões tendenciais que se apresentavam até 2019. (CETESB, 2024b).

Gráfico 4.1 – Evolução das emissões de poluentes veiculares no estado de São Paulo

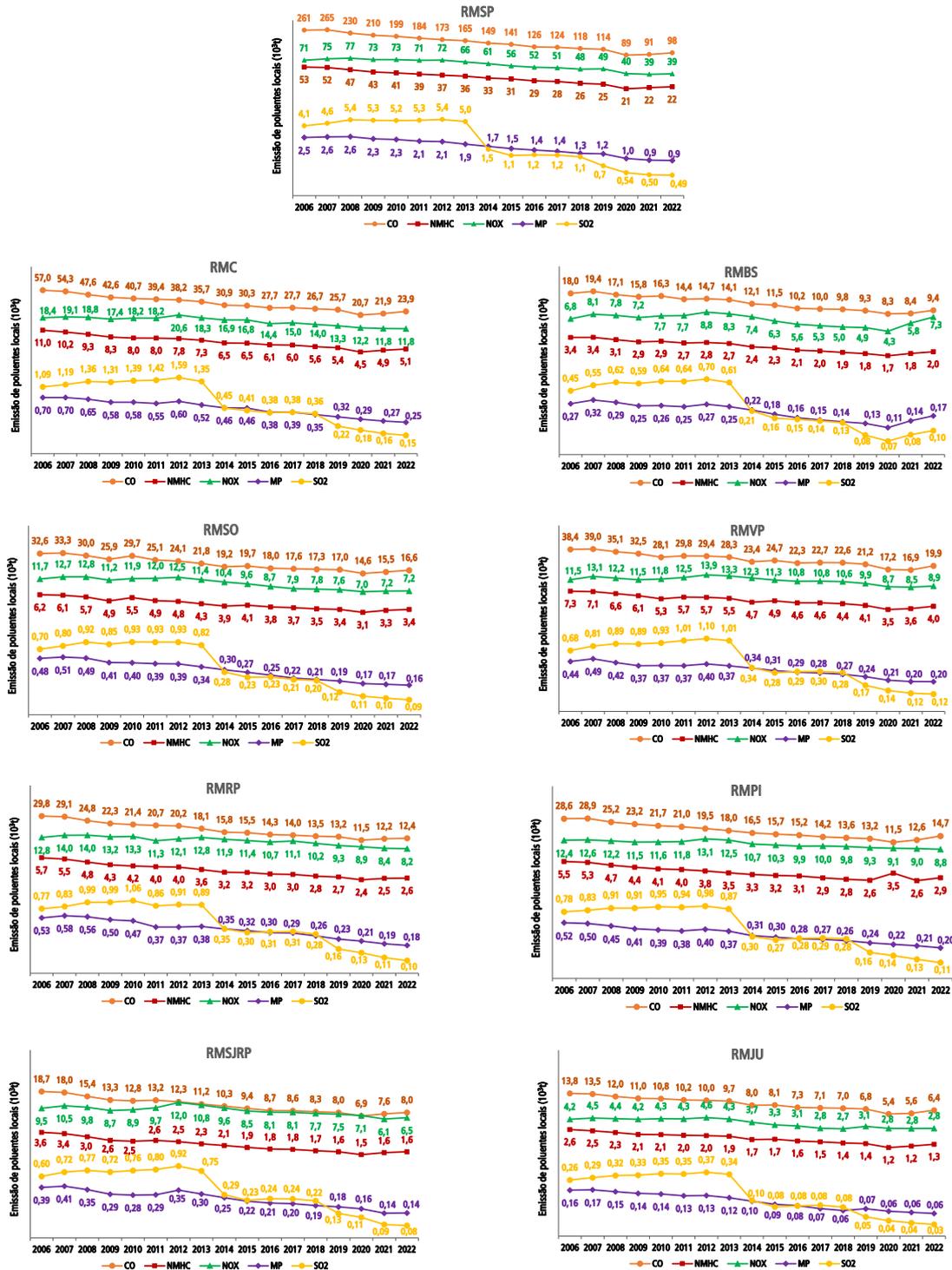
Fonte: CETESB (2024) adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2022 (CETESB, 2024b)

Nota: Gráfico em escala logarítmica.

No **Gráfico 4.2** são apresentadas as evoluções das emissões de poluentes veiculares em nove regiões metropolitanas do estado de São Paulo. Assim como ocorre no estado, em razão da incorporação de veículos com novas tecnologias em substituição aos veículos antigos (mais poluidores), pode-se observar que a emissão de poluentes de origem veicular apresenta uma tendência de queda ao longo dos anos. Apesar da redução das emissões, há variações entre as regiões metropolitanas que se devem ao perfil da frota e do consumo de combustíveis automotivos de cada região.

Em 2022 novamente apresenta um pequeno aumento na emissão de alguns poluentes em razão do aumento do uso dos automóveis. Em 2020 o uso havia sido drasticamente reduzido em razão da pandemia de COVID-19. Esses aumentos em 2021 e 2022 não invertem, entretanto, a tendência de longo prazo de redução das emissões, pois os valores são menores que no ano de 2019, pré-pandemia. As emissões de COV na RMSP equivalem a 38% das emissões totais desse poluente no estado de São Paulo (CETESB, 2024b).

Gráfico 4.2 – Evolução das emissões de poluentes veiculares nas Regiões Metropolitanas



Na **Tabela 4.2**, a seguir, é apresentado um resumo das estimativas de população, frota veicular e das emissões de fontes fixas e móveis para os locais que possuem monitoramento automático da qualidade do ar no estado de São Paulo.

Tabela 4.2 – Estimativas de população, frota e emissão das fontes de poluição do ar no estado de São Paulo

UGRHI	Locais com monitoramento automático			Emissão (1000 t/ano)					
	Município	População ¹	Frota ²	Fontes	CO	HC	NO _x	MP	SO _x
2	Guaratinguetá	118.044	36.531	Fixa (3 ind.)	0,01	0,07	2,85	0,17	0,67
				Móvel	1,08	0,21	0,64	0,01	0,01
	Jacareí	240.275	68.358	Fixa (10 ind.)	2,99	0,51	2,10	1,02	0,93
				Móvel	1,50	0,32	0,93	0,02	0,01
São José dos Campos	697.428	222.597	Fixa (4 ind.)	2,98	0,75	3,69	0,36	3,77	
			Móvel	4,95	1,04	1,85	0,04	0,03	
Taubaté	310.739	103.528	Fixa (1 ind.)	0,08	0,02	0,04	< 0,01	--	
			Móvel	2,96	0,57	0,60	0,01	0,01	
3	São Sebastião	81.540	22.407	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	0,67	0,13	0,23	0,01	<0,01
4	Ribeirão Preto	698.259	276.980	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	5,71	1,18	2,32	0,05	0,03
5	Região Metropolitana de Campinas	3.178.864	1.196.372	Fixa (35 ind.)	2,61	6,39	9,88	1,97	13,53
				Base de combustível líquido (12 emprend.)	--	2,30 ³	--	--	--
	Jundiaí	443.116	179.227	Móvel	23,90	5,11	11,76	0,25	0,15
				Fixa (2 ind.)	0,24	0,23	0,07	0,31	0,01
	Limeira	291.869	109.655	Móvel	4,17	0,86	1,63	0,03	0,02
				Fixa (3 ind.)	--	0,01	0,84	2,08	0,78
	Piracicaba	423.323	154.656	Móvel	2,79	0,56	1,61	0,03	0,02
				Fixa (6 ind.)	0,02	0,39	1,83	1,08	0,18
	Rio Claro	201.418	80.693	Móvel	4,29	0,86	1,71	0,04	0,02
				Fixa	--	--	--	--	--
Santa Gertrudes	23.611	8.447	Móvel	0,12	0,03	0,16	0,004	0,002	
			Fixa	4,18 ⁴	5,6 ⁵	26,1 ⁵	3,57 ⁵	5,59 ⁴	
6	Região Metropolitana de São Paulo	20.743.587	7.083.070	Base de combustível líquido (9 emprend.)	--	3,68 ⁵	--	--	--
				Móvel	97,92	22,45	39,38	0,92	0,49
7	Cubatão	112.471	27.043	Fixa (20 ind.)	1,03	0,55	2,43	0,51	4,95
				Móvel	--	--	--	--	--
10	Santos	418.608	139.853	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	2,21	0,47	1,52	0,04	0,02
13	Tatuí	123.942	43.427	Fixa (4 ind.)	--	0,02	0,92	1,06	0,63
				Móvel	0,95	0,19	0,43	0,01	0,01
15	Sorocaba e Votorantim	851.497	295.928	Fixa (8 ind.)	0,60	0,07	0,24	0,39	0,30
				Móvel	6,30	1,33	1,67	0,04	0,02
19	Araraquara	242.228	87.442	Fixa (5 ind.)	--	--	2,08	2,31	--
				Móvel	2,02	0,41	0,88	0,02	0,01
21	Bauru	379.146	140.135	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	2,98	0,62	1,14	0,02	0,01
22	Jaú	133.497	47.987	Fixa (1 ind.)	--	--	0,09	0,54	--
				Móvel	1,13	0,23	0,35	0,01	0,00
22	Catanduva	115.785	46.920	Fixa (4 ind.)	--	--	0,85	1,03	<0,01
				Móvel	1,05	0,21	0,69	0,02	0,01
22	São José do Rio Preto	480.439	193.535	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	4,48	0,91	2,16	0,04	0,03
22	Araçatuba	200.124	79.177	Fixa (3 ind.)	--	--	0,43	0,73	< 0,01
				Móvel	2,07	0,40	1,10	0,02	0,01
22	Marília	237.629	85.748	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	1,88	0,39	0,78	0,02	0,01
22	Presidente Prudente	225.668	84.279	Fixa (2 ind.)	--	< 0,01	0,28	0,28	< 0,01
				Móvel	2,22	0,44	1,02	0,02	0,01

Fonte: CETESB (2024)

Nota 1:

1 – Resultado do Censo IBGE 2022 em 22/12/2023, adaptado de (IBGE, 2023).

2 – Estimativa de frota: 2022, adaptado de (CETESB, 2024b).

3 – Ano de referência do levantamento: 2009. Os empreendimentos participantes deste levantamento foram selecionados utilizando a metodologia *top-down*, baseado nas informações da Agência Nacional do Petróleo (ANP) sobre entregas de combustíveis do ano de 2009.

4 - Ano de referência do inventário de fontes fixas: 2008.

5 - Ano de referência do inventário de fontes fixas: 2008. Estimativa de emissão baseada no PREFE 2014.

Nota 2:

Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2022 CETESB (2024b).

Nota 3:

Estimativas de fontes fixas: informações disponibilizadas pelas Agências Ambientais da CETESB: em 2010, Presidente Prudente e RMC; em 2014, da RMSP; em 2015, de Piracicaba; em 2018, de Sorocaba; em 2019, de Marília; em 2020, de Cubatão, Jundiaí e Limeira; em 2021, de Araçatuba e Tatuí; em 2022, de Jacareí, Ribeirão Preto e São José dos Campos; em 2023, de Araraquara, Bauru, Campinas, Catanduva, Guaratinguetá, Jaú, São José do Rio Preto e Taubaté.

A seguir são apresentadas, resumidamente, as fontes de poluição do ar que se destacam nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) onde há monitoramento da qualidade do ar.

No estado de São Paulo estão estabelecidas, por legislação estadual, nove regiões metropolitanas, conforme representadas no **Mapa 4.1**. Essas regiões metropolitanas são denominadas por: Baixada Santista (composta por 9 municípios), Campinas (20 municípios), Jundiaí (7 municípios), Piracicaba (24 municípios), Sorocaba (27 municípios), Ribeirão Preto (34 municípios), São José do Rio Preto (37 municípios), São Paulo (39 municípios) e Vale do Paraíba e Litoral Norte (39 municípios).

As regiões metropolitanas, com exceção de Ribeirão Preto e São José do Rio Preto, formam uma rede metropolitana integrada, com funções produtivas complementares, composta por 165 municípios, possuindo aproximadamente 74% da população e 74% da frota circulante do estado, produzindo cerca de 80% do PIB estadual. Nesse extenso território concentram-se também os maiores portos e aeroportos, o mais movimentado complexo rodoviário e grandes polos de conhecimento e inovação do país.

Mapa 4.1 – Regiões metropolitanas no estado de São Paulo



Fonte: CETESB (2024)

Na UGRHI 2, inserida na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVP), destaca-se São José dos Campos pelo seu porte e por possuir indústrias consideradas prioritárias para o controle da poluição atmosférica. O município possui uma população de cerca de 700 mil habitantes e está localizado na porção média do rio Paraíba do Sul, distante 70 km a nordeste da capital do estado, cortado pela Rodovia Presidente Dutra, que liga os dois maiores centros produtores e consumidores do país, as Regiões Metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro.

Na UGRHI 3, também inserida na RMVP, destaca-se no litoral norte do estado de São Paulo, o município de São Sebastião, distante 180 km da capital, onde está localizado o Porto de São Sebastião ou Companhia Docas de São Sebastião, com diversos terminais para petróleo e derivados, além da movimentação de outros produtos de importação e exportação, tais como, minerais, cereais, veículos, produtos siderúrgicos, máquinas e equipamentos e cargas gerais.

Na UGRHI 5 está localizada a Região Metropolitana de Campinas, formada por 20 municípios, que possui uma população em torno de 3,2 milhões de habitantes e uma frota aproximada de 1,2 milhão de veículos. Nessa UGRHI encontra-se também a maioria dos municípios que integram as regiões metropolitanas de Piracicaba e de Jundiaí. A Região Metropolitana de Piracicaba (RMPI) é composta por 24 municípios, com população estimada de cerca de 1,5 milhão de habitantes e uma frota veicular aproximada de 521 mil veículos. A Região Metropolitana de Jundiaí (RMJU) é composta por 7 municípios, com população estimada de cerca de 840 mil habitantes e frota veicular aproximada de 300 mil veículos. Muitos dos municípios dessa UGRHI possuem alto grau de industrialização, de serviços e desenvolvimento agrícola. Todas essas atividades trouxeram o desenvolvimento econômico em conjunto com impactos de ordem ambiental. Destacam-se a cidade de Campinas, com uma população superior a um milhão de habitantes, considerada a sede da Região Metropolitana de Campinas; o município de Paulínia, que conta com um grande parque industrial, principalmente petroquímico; e o polo cerâmico nas regiões de Santa Gertrudes e Rio Claro, que fazem parte da Região Metropolitana de Piracicaba.

Na UGRHI 6 encontra-se a Região Metropolitana de São Paulo, que, devido a sua complexidade, será tratada com mais detalhe no item **4.3**.

Destacam-se na UGRHI 7 o município de Santos, por causa da população e intensa atividade portuária, com a maior movimentação de granéis e contêineres do país; e o município de Cubatão, dado o porte de suas fontes industriais compostas predominantemente por empresas do setor petroquímico, siderúrgico e de fertilizantes. Cubatão ficou conhecido como uma área afetada por problemas sérios de poluição atmosférica em razão das grandes emissões de poluentes industriais, da sua topografia acidentada e das condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes.

Na UGRHI 10, destaca-se o município de Sorocaba pelo seu porte e por possuir indústrias consideradas prioritárias para o controle da poluição atmosférica. Está localizado a 90 km a oeste da capital do estado e está inserido na Região Metropolitana de Sorocaba (RMS). A RMS é constituída por 27 municípios, possui população em torno de 2,17 milhões de habitantes e uma frota veicular aproximada de 730 mil veículos. Na UGRHI 10, encontram-se também as maiores indústrias cimenteiras e de alumínio do estado.

No interior do estado, nas regiões Centro e Norte, há também monitoramento na UGRHI 4 (Pardo), UGRHI 8 (Sapucaí/Grande), UGRHI 9 (Mogi-Guaçu) e UGRHI 13 (Tietê/Jacaré). Nos municípios dessas UGRHIs existem, geralmente, extensas áreas de atividades agrícolas (principalmente, cítricos e cana-de-açúcar). Essa intensa atividade acarretou o desenvolvimento de indústrias de transformação (açúcar, álcool e sucos), levando a um crescimento econômico e populacional e aumento da frota veicular das principais cidades. Como fontes de emissões atmosféricas, de maneira genérica, podem ser citadas: a frota veicular, as usinas de açúcar e álcool e as demais atividades industriais. Na região Norte do estado, encontra-se a Região Metropolitana de Ribeirão Preto, que conta com 34 municípios, com cerca de 1,65 milhão de habitantes e uma frota veicular aproximada de 560 mil veículos.

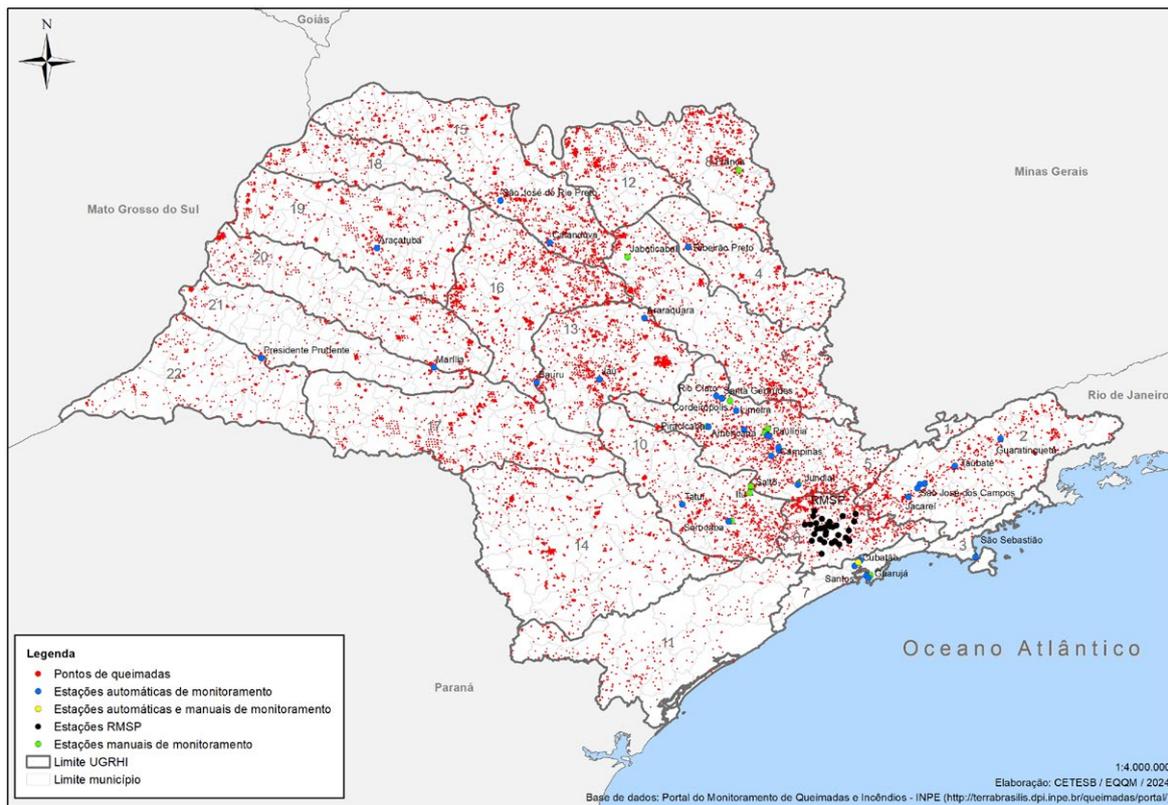
Nas regiões Noroeste, Oeste e Sudoeste do estado, há monitoramento na UGRHI 15 (Turvo/Grande), UGRHI 19 (Baixo Tietê), UGRHI 21 (Peixe) e UGRHI 22 (Pontal do Paranapanema). Nas UGRHIs 15 e 19 existem grandes extensões de áreas de atividades agrícolas, principalmente, cultura de cana-de-açúcar, a qual atende à demanda das usinas sucroalcooleira e energética. Vários municípios das UGRHIs 15 e 19 integram a Região Metropolitana de São José de Rio Preto, que é composta por 37 municípios e possui população estimada de cerca de 970 mil habitantes, com uma frota veicular aproximada de 340 mil veículos. Nas UGRHIs 21 e 22, há predomínio da atividade pecuária, com emissões pouco significativas de poluentes regulamentados, mas também existem áreas de plantio de cana-de-açúcar e usinas de produção de álcool e açúcar que podem contribuir para as emissões atmosféricas.

A cultura de cana-de-açúcar é a principal atividade agrícola do estado de São Paulo, que é o maior produtor de etanol do Brasil, respondendo por aproximadamente 50% da produção nacional, na safra 2022/2023 (CONAB, 2023). Em 2023 (safra 2022/2023), a área de colheita de cana no estado foi de 5,98 milhões de hectares, 16% superior à safra 2021/2022. A colheita de cana-de-açúcar no estado é praticamente realizada sem o emprego de fogo pelos signatários ao Protocolo Etanol Mais Verde (SÃO PAULO, 2023).

Após 15 anos de implementação do Protocolo Etanol Verde (2007-2017) e Protocolo Etanol Mais Verde (após 2017), que anteciparam as metas de redução estabelecidas na Lei Estadual nº 11.241/2002 (SÃO PAULO, 2002) para a eliminação da queima de palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, houve uma redução significativa dos impactos que eram causados por essa atividade na qualidade do ar no estado. As autorizações para a queima da palha de cana-de-açúcar têm sido reduzidas gradativamente ao longo dos anos, sendo que essas autorizações se baseiam na legislação vigente, no Protocolo Etanol Mais Verde (SÃO PAULO, 2024a), nos limites estabelecidos pela CETESB, na existência de restrições legais em determinadas regiões, controle fitossanitário, entre outros. Informações sobre as autorizações, bem como as regiões onde estão suspensas as emissões de autorizações, podem ser obtidas no portal “Eliminação Gradativa da Queima de Cana-de-açúcar” (SÃO PAULO, 2024b).

No **Mapa 4.2** são mostrados os focos de queimada observados por satélites ambientais no estado de São Paulo, em 2023 (INPE, 2023a). Esses focos de queimada são resultados de ocorrências em quaisquer formas de vegetação, incluindo eventos de incêndios florestais e queima de palha da cana-de-açúcar. Em 2023, houve 4% de aumento do número de focos de queimada em todo o estado de São Paulo, em relação a 2022, sendo que as maiores ocorrências se deram nos meses de agosto e setembro, correspondendo a 44% do total de focos registrados no ano. Cabe ressaltar que, apesar do leve aumento do número de focos registrados em relação ao ano de 2022, a ocorrência de focos em 2023 pode ser considerada uma das menores já registradas desde o início do monitoramento por satélite, em 1998. Esses menores índices observados em 2023, podem estar relacionados as ações de prevenção e combate a incêndios florestais desenvolvidas no âmbito do estado e dos municípios, apesar de terem sido observados períodos de altas temperaturas, em função da atividade do fenômeno El Niño no segundo semestre desse ano (vide análise do capítulo 5).

Mapa 4.2 – Localização das estações de monitoramento e dos focos de queimadas, observados por satélites ambientais, no estado de São Paulo – 2023



Fonte: CETESB (2024) adaptado da base de dados do INPE (2023a)

O estado de São Paulo conta com o Sistema Estadual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais, que atualmente é denominado de Operação São Paulo Sem Fogo (SÃO PAULO, 2024c). A Operação tem como finalidade diminuir os focos de incêndio no estado e proteger áreas com cobertura vegetal contra o fogo, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes das queimadas. Atuam na Operação órgãos vinculados às Pastas estaduais de Segurança Pública, de Agricultura e Abastecimento, da Saúde, da Casa Militar/Defesa Civil e de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, além de outras instituições parceiras e municípios.

4.3 Fontes de Poluição do Ar na RMSP

A deterioração da qualidade do ar na RMSP é decorrente das emissões atmosféricas provenientes dos veículos e das indústrias. A **Tabela 4.3** apresenta a estimativa da frota circulante da RMSP em dezembro de 2022. Nota-se que a RMSP concentrou 48% da frota do estado em apenas 3,2% do território. Agrava o fato que, na RMSP, residem cerca de 20,9 milhões de habitantes (IBGE, 2023), que corresponde a 47% da população total do estado.

Tabela 4.3 – Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2022

Categoria		Combustível	Frota Circulante na RMSP	% Frota RMSP/Estado
Automóveis		Gasolina C	1.097.173	56%
		Etanol Hidratado	49.088	40%
		Flex-fuel	3.943.913	50%
Comerciais leves		Gasolina C	157.373	57%
		Etanol Hidratado	4.343	38%
		Flex-fuel	347.766	44%
		Diesel	242.268	43%
Caminhões	Semileves	Diesel	10.876	39%
	Leves		36.773	39%
	Médios		21.661	39%
	Semipesados		46.034	39%
	Pesados		60.166	39%
Ônibus	Urbanos	Diesel	31.461	52%
	Micro-ônibus		14.511	89%
	Rodoviários		8.626	31%
Motocicletas		Gasolina C	701.711	42%
		Flex-fuel	309.326	31%
TOTAL			7.083.070	48%

Fonte: CETESB (2024), adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2022 (CETESB, 2024b)

A estimativa de emissão por tipo de fonte é mostrada na **Tabela 4.4** e a contribuição relativa de cada fonte de poluição na RMSP está apresentada na **Tabela 4.5** e pode ser mais facilmente visualizada no **Gráfico 4.3**. Nesta comparação, devem-se levar em conta todas as considerações efetuadas na seção **4.1**. No caso específico de partículas inaláveis, as estimativas de contribuição relativa das fontes foram feitas a partir de dados obtidos no estudo de modelo receptor (CETESB, 2002). Portanto, as porcentagens constantes na **Tabela 4.5** e no **Gráfico 4.3**, no que se refere ao MP_{10} , não foram geradas a partir dos dados constantes da **Tabela 4.4**.

As fontes fixas e móveis foram responsáveis pela emissão para a atmosfera de aproximadamente 102,1 mil t/ano de monóxido de carbono, 31,7 mil t/ano de hidrocarbonetos, 65,5 mil t/ano de óxidos de nitrogênio, 4,5 mil t/ano de material particulado e 6,1 mil t/ano de óxidos de enxofre. Desses totais, os veículos são responsáveis por 96% das emissões de CO, 71% de HC, 60% de NO_x , 8% de SO_x e 40% de MP.

Observa-se que os veículos leves são as principais fontes de emissão de monóxido de carbono e hidrocarbonetos, sendo os automóveis a gasolina os maiores emissores de CO (23,3%). Apesar de o tamanho da frota de veículos a gasolina ser menor do que o da frota de veículos flex, as emissões desse primeiro segmento são maiores em razão da maior idade média dos veículos a gasolina. O segmento das motocicletas a gasolina, mesmo tendo frota menor, também tem participação significativa na emissão de CO e HC (14% e 7%, respectivamente) por causa de seus fatores de emissão serem historicamente maiores.

Apesar de 40% dos veículos pesados do estado já atenderem a fase PROCONVE P7 (em vigor desde 2012), a emissão de NO_x desse segmento corresponde à 43,1% da emissão total, sendo a maior entre as fontes. Progressivamente, a partir de 2022, este segmento está sendo comercializado atendendo a nova fase estabelecida pela Resolução CONAMA 490/2018 (BRASIL, 2018a), denominada PROCONVE P8, o que deverá resultar na redução

da emissão de NO_x mais efetiva do que a percebida durante a fase P7. A nova fase P8 obrigará os novos caminhões e ônibus a reduzir a emissão de NO_x em aproximadamente 80%. Da mesma forma que a fase P7, o impacto positivo na qualidade do ar dessa redução deverá ocorrer de forma bastante lenta, conforme esses veículos forem substituindo veículos mais antigos e passem a representar uma parcela importante da frota em circulação.

A redução dos hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, considerados os principais precursores de ozônio, pode contribuir para a diminuição das concentrações deste poluente na atmosfera. Entretanto, além da frota circulante e das bases de combustível, outras fontes de emissão de precursores de O_3 na RMSP são consideradas importantes, como as emissões evaporativas de combustíveis que ocorrem no momento do reabastecimento dos tanques de gasolina, bem como de fontes industriais que emitem compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio. Para sanar parte desse problema, foi introduzida nova exigência de controle, aprovada pela Resolução CONAMA nº 492/2018 (BRASIL, 2018c) voltada para veículos leves, que limitará a emissão durante o reabastecimento a partir do ano de 2023. Observa-se que a mesma resolução e, ainda, as Resoluções CONAMA nº 490/2018 (BRASIL, 2018a) e CONAMA nº 493/2019 (BRASIL, 2019), voltadas para veículos pesados e motocicletas, respectivamente, introduziram novas exigências para a redução da emissão dos demais poluentes que serão incorporadas ao longo da década.

Para os óxidos de enxofre, são importantes as emissões dos veículos, mas principalmente as emissões das indústrias.

No caso das partículas inaláveis, além dos veículos e das indústrias, contribuem ainda outros fatores, como a ressuspensão de poeira do solo e a formação de aerossóis secundários.

Tabela 4.4 – Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP

Categoria		Combustível	Emissão (1000 t/ano)					
			CO	HC	NO _x	MP	SO _x	
MÓVEIS	Automóveis	Gasolina C	23,72	4,91	3,25	0,02	0,04	
		Etanol Hidratado	4,80	0,89	0,39	nd	nd	
		Flex-Gasolina C	22,30	6,40	2,20	0,04	0,09	
		Flex-Etanol Hidratado	16,10	4,06	1,19	nd	nd	
	Comerciais Leves	Gasolina C	3,98	1,06	0,43	0,002	0,01	
		Etanol Hidratado	0,37	0,09	0,03	nd	nd	
		Flex-Gasolina C	2,30	0,71	0,25	0,003	0,01	
		Flex-Etanol Hidratado	1,73	0,41	0,14	nd	nd	
	Caminhões	Semileves	Diesel	0,59	0,15	2,62	0,12	0,05
		Leves		0,11	0,03	0,60	0,02	0,01
		Médios		0,53	0,14	2,89	0,10	0,04
		Semipesados		0,35	0,10	1,95	0,08	0,02
		Pesados		0,92	0,19	5,83	0,14	0,08
	Ônibus	Urbanos	Diesel	1,03	0,22	6,71	0,13	0,08
		Micro-ônibus		1,34	0,22	6,82	0,15	0,01
		Rodoviários		0,20	0,04	1,14	0,03	0,002
	Motocicletas			0,37	0,07	2,29	0,04	0,03
		Gasolina C		14,69	2,33	0,55	0,04	0,007
		Flex-Gasolina C		1,68	0,26	0,08	0,008	0,002
		Flex Etanol Hidratado		0,80	0,18	0,04	nd	nd
Total Emissão Veicular (2022)			97,92	22,45	39,38	0,92	0,49	
FIXA	Operação de Processo Industrial (2008) (Número de indústrias inventariadas)		4,18 ¹	5,6 ²	26,1 ²	3,57 ²	5,59 ¹	
			(62)	(124)	(162)	(193)	(146)	
	Base de combustível líquido (2008) (9 empreendimentos)		-	3,68 ²	-	-	-	
TOTAL GERAL			102,10	31,73	65,48	4,49	6,08	

Fonte: CETESB (2024)

Nota 1:

1 - Ano de referência do inventário: 2008.

2 - Ano de referência do inventário de fontes: 2008. Estimativa de emissão baseada no PREFE 2014.

nd: não disponível.

Nota 2:

a) As emissões evaporativas provenientes da frota de automóveis e comerciais leves do ciclo Otto estão incorporadas nas próprias emissões de HC, incluindo também a estimativa de emissão evaporativa e de abastecimento dos veículos nos postos de combustível.

b) Adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2022 (CETESB, 2024b).

c) Ano de referência do Inventário de fontes móveis: 2022.

Tabela 4.5 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP

Categoria		Combustível	Poluentes (%)					
			CO	HC	NO _x	MP ₁₀ ¹	SO _x	
MÓVEIS	Automóveis	Gasolina C	23,23	15,47	4,96	0,71	0,72	
		Etanol Hidratado	4,70	2,82	0,59	nd	nd	
		Flex-Gasolina C	21,84	20,16	3,37	1,55	1,48	
		Flex-Etanol Hidratado	15,77	12,80	1,81	nd	nd	
	Comerciais Leves	Gasolina C	3,90	3,33	0,65	0,10	0,14	
		Etanol Hidratado	0,36	0,28	0,05	nd	nd	
		Flex-Gasolina C	2,26	2,22	0,39	0,15	0,19	
		Flex-Etanol Hidratado	1,69	1,29	0,21	nd	nd	
	Caminhões	Diesel	Diesel	0,58	0,46	4,00	4,99	0,88
			Semileves	0,11	0,10	0,91	1,06	0,12
			Leves	0,52	0,44	4,41	4,36	0,60
			Médios	0,34	0,32	2,98	3,68	0,35
			Semipesados	0,90	0,60	8,90	5,89	1,35
	Ônibus	Diesel	Pesados	1,01	0,68	10,25	5,80	1,38
			Urbanos	1,31	0,70	10,42	6,48	0,17
			Micro-ônibus	0,20	0,14	1,74	1,39	0,03
	Rodoviários	Diesel	Rodoviários	0,36	0,23	3,50	1,80	0,48
			Gasolina C	14,38	7,33	0,84	1,70	0,11
			Flex-Gasolina C	1,65	0,81	0,12	0,34	0,03
	Motocicletas	Flex Etanol Hidratado	Flex Etanol Hidratado	0,78	0,55	0,06	nd	nd
% Emissão Veicular (2022)			95,91	70,75	60,14	40,00	8,02	
FIXAS	Operação de Processo Industrial (2008)		4,09	17,65	39,86	10,00	91,98	
	Base de Combustível Líquido (2008)		-	11,60	-	-	-	
OUTRAS	Ressuspensão de Partículas		-	-	-	25,00	-	
	Aerossóis Secundários		-	-	-	25,00	-	
TOTAL			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Fonte: CETESB (2024)

Nota1:

1 - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis (CETESB, 2002). A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre todos os veículos de acordo com os dados de emissão disponíveis.

nd: não disponível.

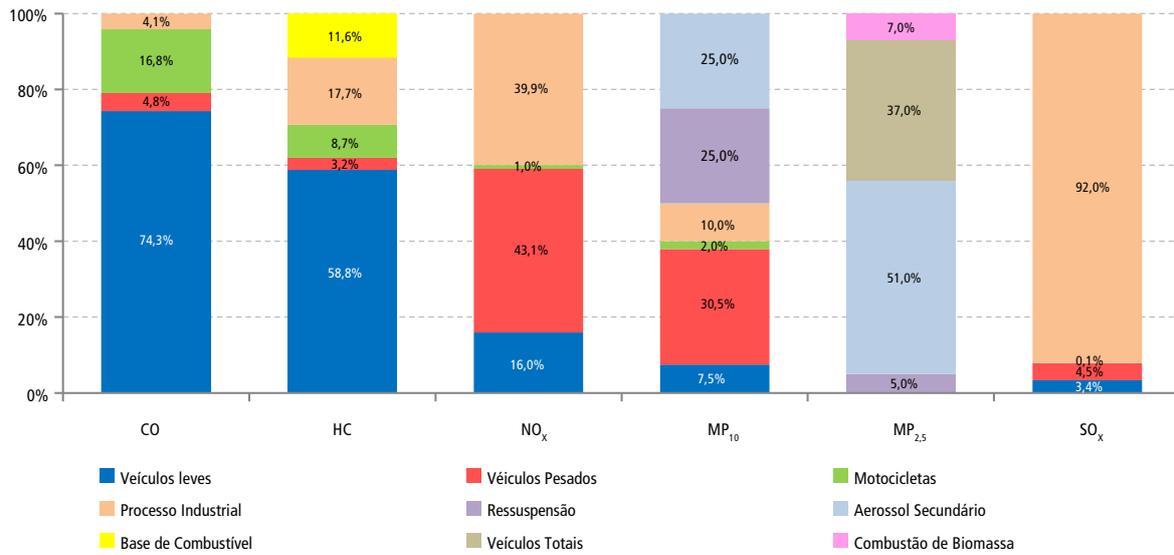
Nota 2:

Adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2022 (CETESB, 2024b).

Ano de referência do Inventário de fontes móveis: 2022.

O **Gráfico 4.3** apresenta as estimativas de emissões relativas dos diversos poluentes por tipo de fonte. Para o cálculo das contribuições relativas de MP₁₀ e MP_{2,5}, foram levados em consideração os resultados dos estudos do Balanço Químico de Massa (CETESB, 2002), em que foram estimadas as contribuições das diversas fontes na formação do material particulado, por meio da técnica do modelo receptor que utiliza dados da composição química das partículas da atmosfera e das fontes.

Gráfico 4.3 – Emissões relativas por tipo de fonte – RMSP



Fonte: CETESB (2024)

Nota 1: MP₁₀ - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis (CETESB, 2002). A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre todos os veículos de acordo com os dados de emissão disponíveis (**Tabela 4.5**).

Nota 2: MP_{2,5} - Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis finas realizado em Cerqueira César em 1996/1997, sendo a contribuição dos veículos apresentada de forma global (CETESB, 2002).

Nota 3: As emissões de HC provenientes do abastecimento dos veículos nos postos de combustível foram incorporadas nos veículos leves.

5 • Meteorologia no Estado de São Paulo

Nesta seção serão apresentadas as análises meteorológicas em relação à poluição do ar.

5.1 Aspectos Climáticos no Estado de São Paulo

Em termos de precipitação, o clima do estado de São Paulo pode ser dividido em duas estações predominantes: uma estação chuvosa, que compreende o período de outubro a abril, e outra estação seca, de maio a setembro. A estação chuvosa é influenciada pelo aquecimento continental que, associado à convecção tropical, sistemas extratropicais (frentes frias) e áreas de instabilidade continental, favorece a ocorrência de chuvas abundantes. Na estação seca, o clima é predominantemente influenciado por sistemas de alta pressão, tanto subtropicais quanto polares, e as chuvas geralmente ocorrem pela passagem rápida de frentes frias provenientes do sul do continente, sendo essa estação caracterizada não só pela diminuição da precipitação, mas também pela diminuição das temperaturas e ocorrência de períodos de grande estabilidade atmosférica.

Além das características gerais observadas nessas duas estações, o estado apresenta ainda regiões com fortes contrastes climáticos, resultado das diferentes características geográficas, como relevo e vegetação. Entre os fatores geográficos que influenciam na climatologia nas escalas local e regional, destacam-se a proximidade do mar e a presença de montanhas e depressões, que criam fenômenos como brisa marítima e terrestre, circulação de vale-montanha, etc.

Em relação à dispersão de poluentes atmosféricos, as concentrações mais altas dos poluentes primários ocorrem, via de regra, no período compreendido entre os meses de maio e setembro, devido à maior ocorrência de inversões térmicas em baixos níveis da atmosfera, alta porcentagem de calmaria, ventos fracos e baixos índices pluviométricos.

No que se refere aos poluentes secundários, principalmente o ozônio, ocorrem níveis mais altos com maior frequência no período compreendido entre setembro e março (primavera e verão), meses mais quentes e com maior incidência de radiação solar no topo da atmosfera. Entretanto, o maior número de ocorrências de ozônio é registrado na transição entre os períodos seco e chuvoso no estado de São Paulo. Estudos mostraram que a maior frequência de alto nível de ozônio não ocorre necessariamente nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro), provavelmente em razão do aumento da nebulosidade devido à atividade convectiva, que reduz a quantidade de radiação solar incidente no período da tarde e, conseqüentemente, diminui a formação do ozônio na baixa atmosfera.

5.2 Aspectos Meteorológicos no Estado de São Paulo em 2023

A atuação dos fenômenos globais El Niño (fase quente) e La Niña (fase fria) têm grande influência no comportamento das variáveis meteorológicas e, conseqüentemente, na qualidade do ar de todo o estado de São Paulo. Esses fenômenos representam, grosso modo, uma alteração do sistema de interação oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Equatorial, produzindo alterações meteorológicas e climáticas em todo o globo terrestre, que também influenciam na circulação do vento em altitude e afetam o regime de chuvas nas diversas regiões do globo, inclusive do Brasil (INPE, 2023).

Para essa análise das condições meteorológicas no estado de São Paulo, durante o ano 2023, foram utilizadas as informações sobre precipitação pluviométrica e temperatura disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023a) e informações de variáveis meteorológicas medidas pela rede de estações automáticas da qualidade do ar da CETESB (CETESB, 2024a). Além dessas informações, foram utilizadas as análises dos boletins Prognósticos Climáticos (INMET, 2023b) elaboradas em conjunto pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pelo INMET e pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME); Notas Técnicas do INMET (INMET, 2023c); e boletins mensais do Painel El Niño 2023-2024 (INPE, 2023b), elaborado em conjunto por INPE, INMET, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD).

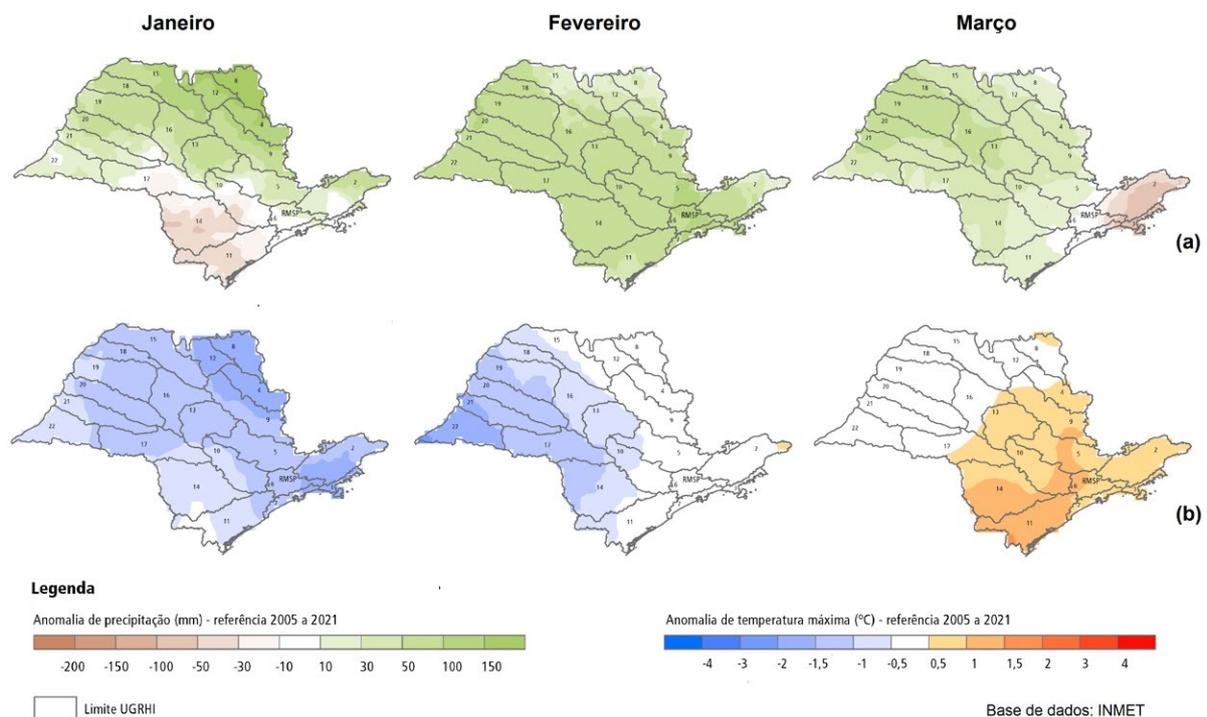
Em fevereiro de 2023, a costa oeste da América do Sul, no Oceano Pacífico Equatorial, começou a apresentar os primeiros sinais do aquecimento anômalo da temperatura da superfície do mar (TSM). Entre março e maio, esse aquecimento se intensificou e houve expansão para o oeste, em direção à porção central do Pacífico Equatorial. A partir de junho, as condições de TSM observadas já apresentaram um padrão típico do fenômeno El Niño. Esse padrão se manteve até o final do ano.

A seguir serão apresentadas, por trimestre, as condições meteorológicas que predominaram em 2023 sobre o estado de São Paulo. Para tanto foram elaborados mapas (**Mapas 5.1 a 5.4**) que mostram as anomalias mensais de precipitação (a) e de máximas temperaturas do ar (b) em relação ao período de referência (médias mensais de 2005 a 2021). Essas anomalias podem ser entendidas como o desvio em relação à média do período de referência, sendo que anomalias positivas indicam valores mais altos do que a média do período e negativas, valores mais baixos. Os resultados apresentados foram obtidos por meio da interpolação dos dados de 38 estações de monitoramento do INMET no estado, mais algumas estações de estados vizinhos, próximas à fronteira. Para a interpolação foi utilizado o método de krigagem ordinária.

No primeiro trimestre, ocorreu apenas um episódio de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), em janeiro. O **Mapa 5.1** mostra anomalias mensais de precipitação (a) e de máximas temperaturas do ar (b) em relação ao período de referência (médias mensais de 2005 a 2021) das estações automáticas do INMET, no estado de São Paulo. Observa-se no **Mapa 5.1a** que, durante todo o trimestre, os acumulados mensais de chuva foram superiores ou próximos aos dos respectivos períodos de referência em praticamente todo o estado, com exceção da região Sul em janeiro e da RMSP, Vale do Paraíba e Litoral Norte em março. Em janeiro, as chuvas foram ocasionadas principalmente pela formação de uma ZCAS, que atuou na primeira quinzena do mês, e por atuações de áreas de instabilidade continentais e/ou associadas a sistemas frontais que passaram

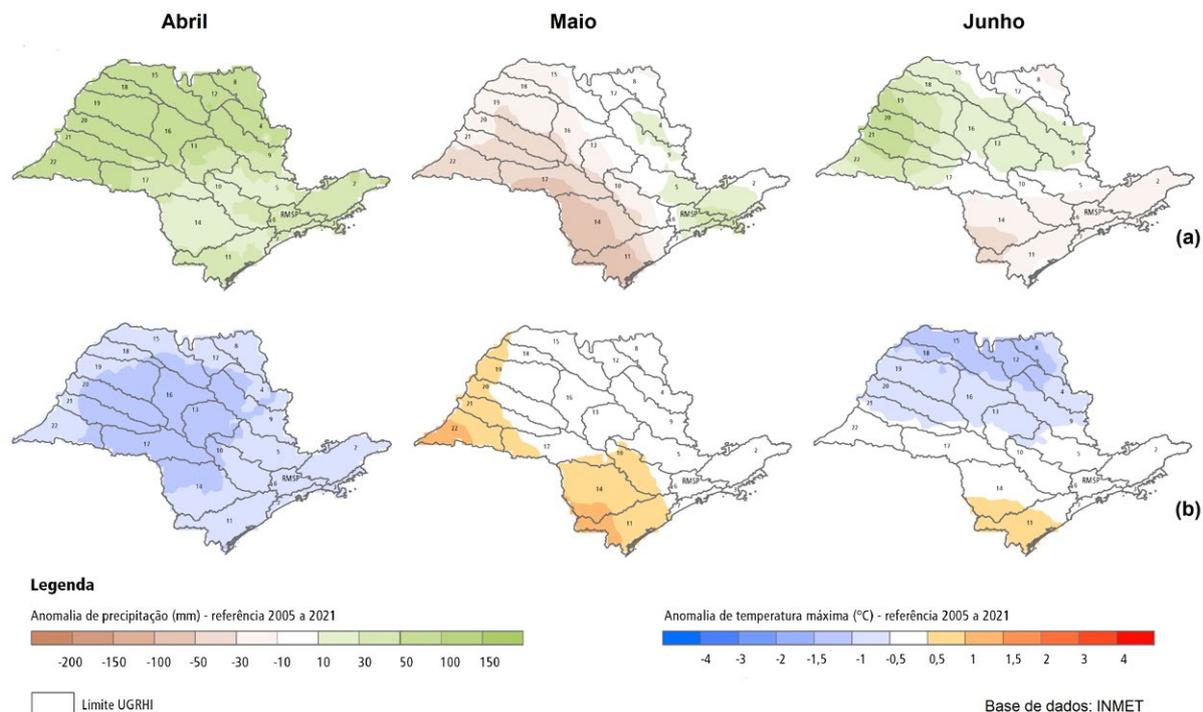
pelo litoral paulista. Em fevereiro e março, foram ocasionadas principalmente pela atuação de áreas de instabilidade continentais e/ou associadas a sistemas frontais que passaram pelo litoral paulista. Quanto às temperaturas (**Mapa 5.1b**), as médias mensais das máximas foram inferiores ou próximas às do período de referência na maior parte do estado em janeiro e fevereiro e superiores em março. Climaticamente, os meses de janeiro a março são meses com grandes volumes de precipitação pluviométrica e altas temperaturas, dessa forma, anomalias negativas de precipitação ou de temperatura não significam necessariamente que houve ausência de precipitações ou que foram meses frios e sim que foram mais baixas do que os respectivos períodos de referência.

Mapa 5.1 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no primeiro trimestre.



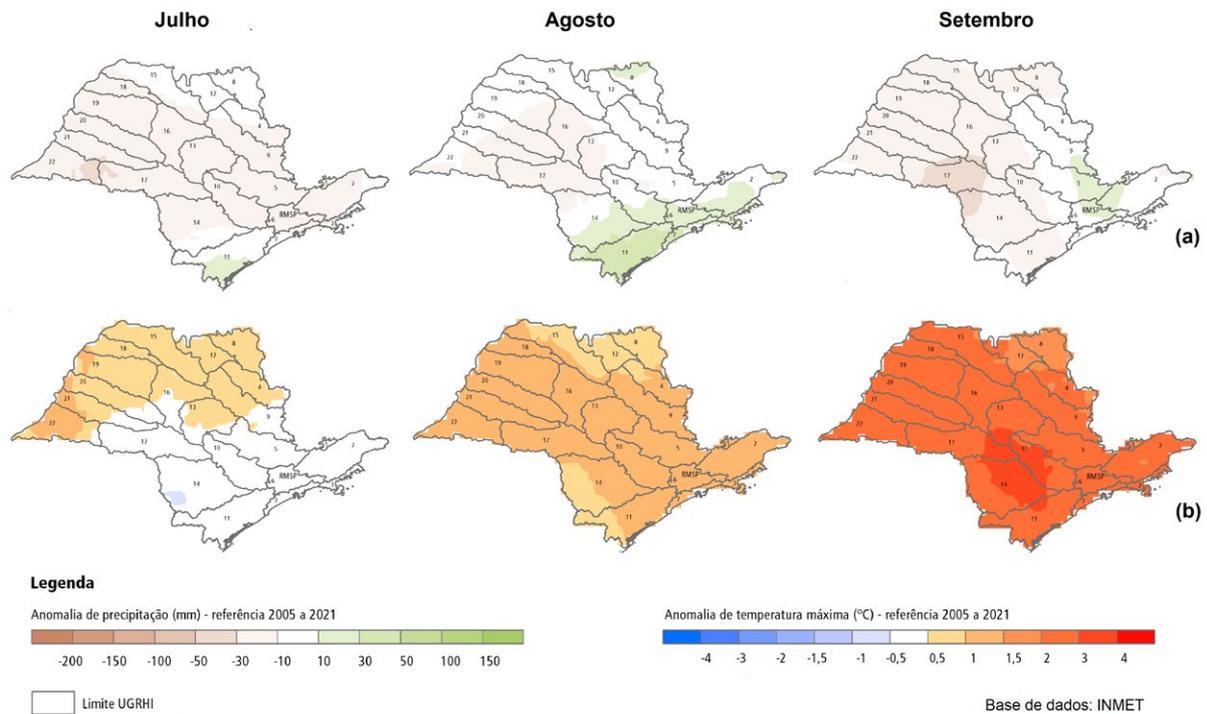
Fonte: CETESB (2024)

No segundo trimestre, os acumulados mensais de chuvas (**Mapa 5.2a**) em abril e junho foram superiores ou próximos aos dos respectivos períodos de referência em praticamente todo o estado, com exceção das regiões Sul e Leste, em junho. Em abril, a maior parte das chuvas se deu pela atuação de áreas de instabilidade associadas a sistemas frontais que passaram pelo litoral paulista, enquanto em junho, ocorreram em apenas três dias, em meados do mês, ocasionadas por áreas de instabilidade associadas a uma frente fria que permaneceu semiestacionária ao longo do litoral paulista. Em maio, os acumulados de chuvas, na maior parte dos municípios, foram inferiores ou próximos aos dos respectivos períodos de referência, com exceção da RMSP, Vale do Paraíba e a região Nordeste do estado. Quanto às médias mensais das máximas temperaturas (**Mapa 5.2b**), em abril e junho, foram inferiores ou próximas aos respectivos períodos de referência em todo o estado, com exceção da região sul, em junho. Em maio, foram superiores ou próximas ao período de referência em todo o estado. Os meses de abril a junho são meses de transição quando climaticamente são observadas temperaturas amenas e pouca precipitação pluviométrica relativamente aos três meses anteriores, principalmente no mês de junho.

Mapa 5.2 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no segundo trimestre.

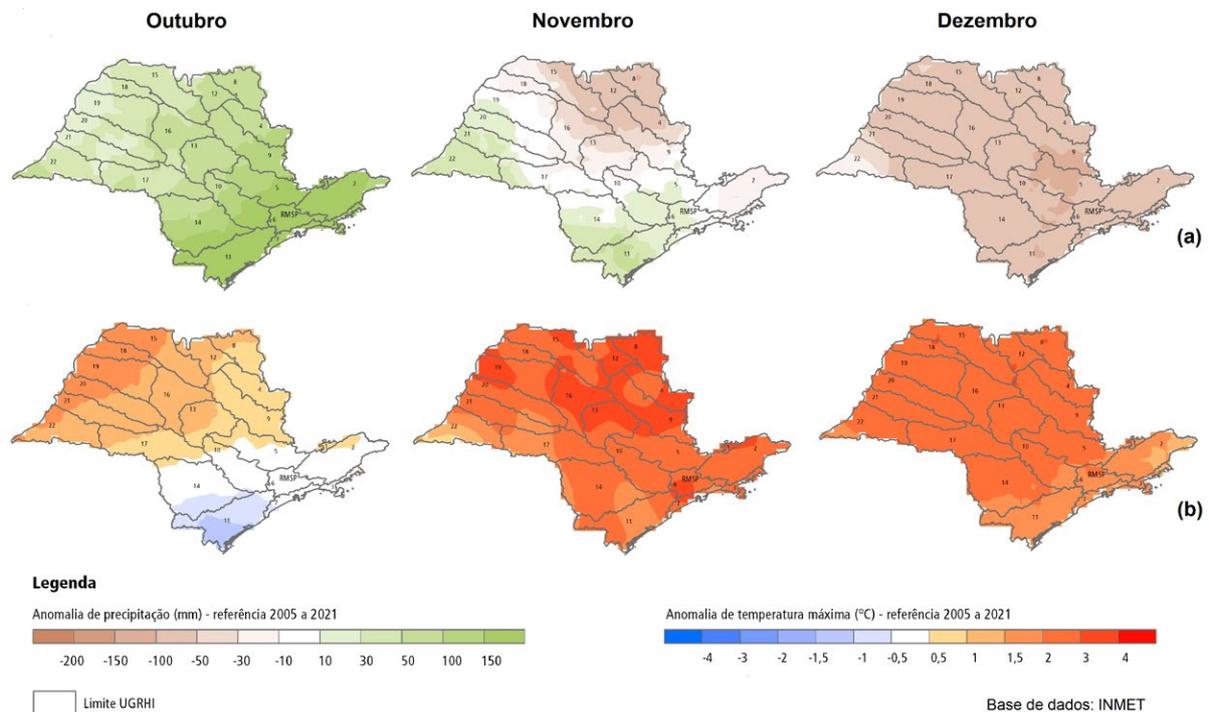
Fonte: CETESB (2024)

Durante todo o terceiro trimestre, os acumulados de chuvas foram inferiores ou próximos aos respectivos períodos de referência em todo o estado (**Mapa 5.3a**), com exceção do extremo sul do estado em julho, da faixa leste, incluindo a RMSP, em agosto, e da RMSP e parte da região Nordeste do estado, em setembro. A maior parte das chuvas foi ocasionada por áreas de instabilidade continental ou associadas a frentes frias que passaram pelo litoral paulista. As médias mensais das máximas temperaturas no terceiro trimestre (**Mapa 5.3b**) foram superiores às médias dos respectivos períodos de referência em todo o estado, principalmente no mês de setembro, com anomalias acima de 3°C. Entre os dias 17 e 26 de setembro, as temperaturas máximas ultrapassaram 35°C em praticamente todo o estado, que são valores bastante altos para o mês. Apenas julho teve parte do estado com médias das máximas próximas às do período de referência. Climaticamente, os meses de julho e agosto estão entre os mais frios e secos do ano, no entanto, neste julho e agosto, foram observados dias consecutivos de atuação de massas de ar quente e seco, que influenciaram para a elevação das médias das máximas temperaturas nesses meses. Já setembro pode ser considerado um mês de transição, com temperaturas amenas, no entanto, neste ano, foram observados períodos prolongados de massas de ar quente e seco, principalmente na segunda quinzena.

Mapa 5.3 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no terceiro trimestre.

Fonte: CETESB (2024)

No quarto trimestre (**Mapa 5.4**), os acumulados mensais de chuvas em outubro foram superiores ao do seu período de referência em todo o estado, enquanto em dezembro, foram inferiores em todo o estado. Já em novembro, esses ficaram acima ou próximos das respectivas normais climatológicas nas regiões Oeste e Sudeste do estado, incluindo a RMSP, nas demais regiões, ficaram abaixo. A maioria das chuvas ocorridas no trimestre foi ocasionada por áreas de instabilidade continentais ou pela passagem de frentes frias pelo litoral paulista. Durante todo o trimestre, as médias mensais das máximas temperaturas (**Mapa 5.4b**) foram superiores ou próximas às dos respectivos períodos de referência em todo o estado, com exceção apenas da região Sul, em outubro. Vale destacar que em novembro houve o predomínio de massas de ar quente e seco por vários dias consecutivos, entre os dias 8 e 18/11, e influenciaram nas médias das máximas temperaturas, fazendo com que as mesmas fossem bastante elevadas em praticamente todas as regiões do estado. Na cidade de São Paulo, a estação Mirante de Santana do INMET, registrou a temperatura máxima de 37,7 °C, sendo a segunda maior temperatura máxima registrada na cidade, desde o início das medições, em 1943. Os meses de outubro a dezembro são meses de transição, quando climaticamente são observadas elevação das temperaturas e das precipitações pluviométricas em relação aos três meses anteriores, no entanto, neste mês de dezembro, as precipitações foram muito abaixo do esperado, enquanto as temperaturas foram muito superiores.

Mapa 5.4 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no quarto trimestre.

Fonte: CETESB (2024)

De forma geral, pode-se dizer que 2023 foi menos seco do que o período de referência (2005 a 2021) no primeiro semestre e mais seco no segundo semestre, com exceção de outubro. Em relação às máximas temperaturas, foi mais frio que o período de referência no primeiro semestre, com exceção de março e maio, e mais quente no segundo semestre.

5.3 Aspectos meteorológicos na poluição do ar no Estado de São Paulo

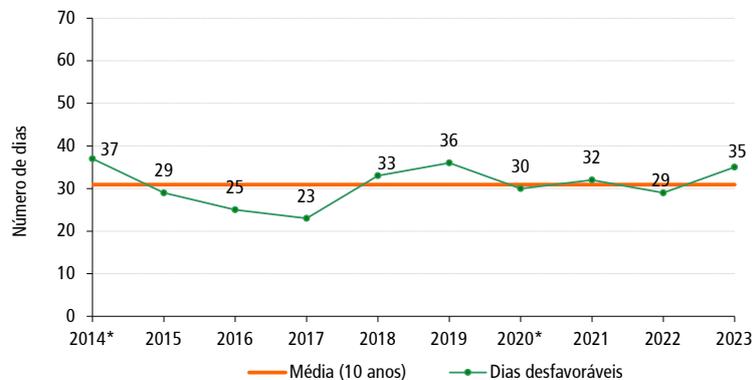
Neste item, serão apresentadas as condições meteorológicas para dispersão de poluentes e para a formação de ozônio no estado de São Paulo.

5.3.1 Condições Meteorológicas para Dispersão de Poluentes – 2023

O **Gráfico 5.1** apresenta o número de dias em que as condições meteorológicas, na RMSP, foram desfavoráveis à dispersão de poluentes primários, durante o ano, no período de 2014 a 2023. Essa análise é feita a partir dos parâmetros meteorológicos avaliados diariamente para a RMSP. De maneira geral, essa análise das condições meteorológicas para dispersão de poluentes pode ser extrapolada para as demais regiões do estado, pois os sistemas meteorológicos predominantes são, geralmente, de grande escala e atuam praticamente sobre todas as regiões do estado.

Em 2023, houve 35 dias com condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes primários, que correspondem a 23% dos dias de maio a setembro, ficando acima da média dos últimos dez anos. O período de maio a setembro é o mais desfavorável para a dispersão de poluentes primários no estado de São Paulo.

Gráfico 5.1 – Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes – RMSP

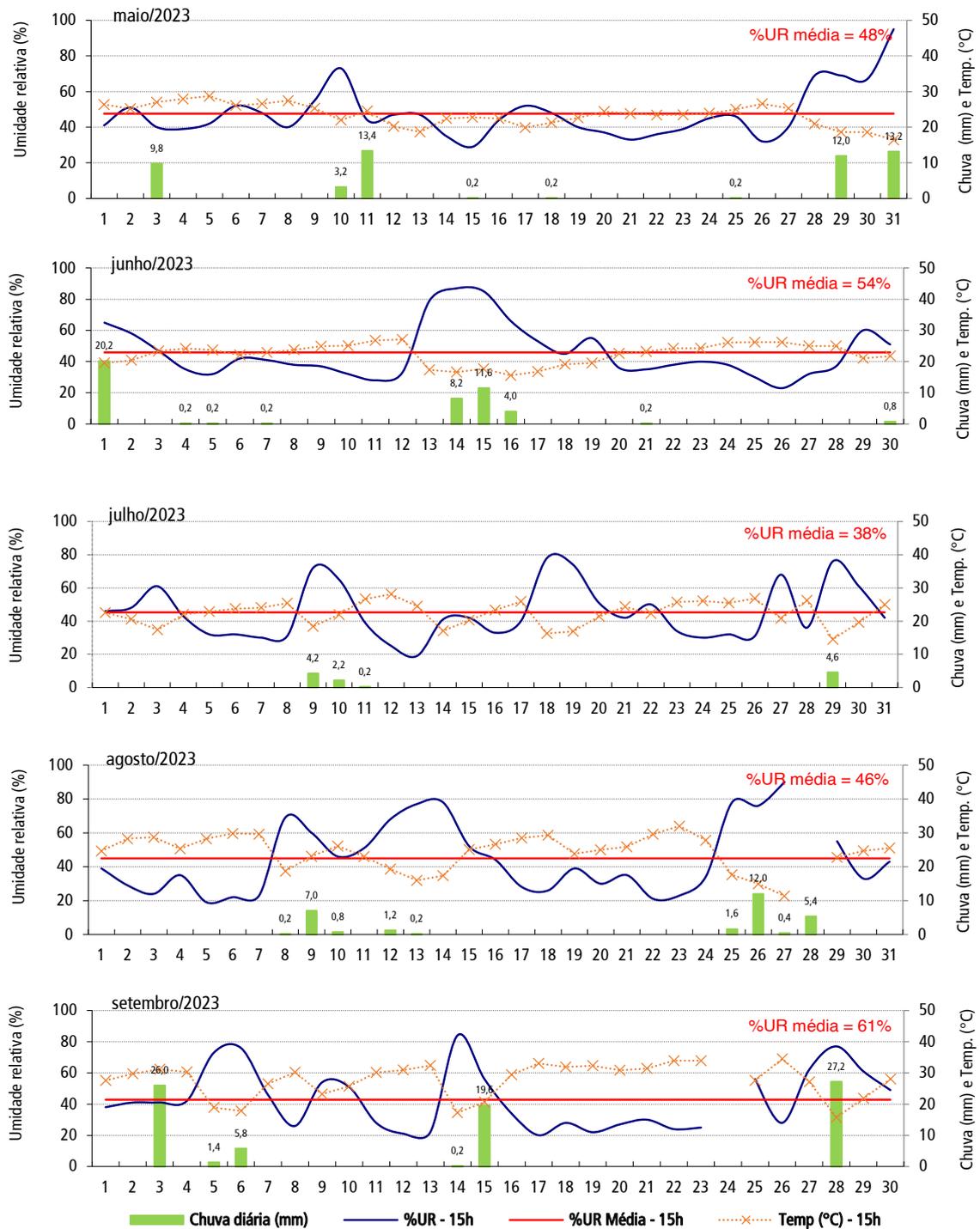


Fonte: CETESB (2024)

Nota: * ano em que houve dias desfavoráveis no mês de abril.

O **Gráfico 5.2** apresenta, para os meses de maio a setembro, a precipitação diária e o comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar às 15 horas, medidos na estação meteorológica Mirante de Santana do INMET, na capital paulista. Nesse horário do dia, geralmente, os valores percentuais de umidade relativa são mais baixos e os valores de temperatura são mais altos. A linha reta vermelha, em cada gráfico, representa as médias dos percentuais de umidade relativa do ar às 15 horas de cada mês. Em 2023, foram observados dias consecutivos com a umidade relativa abaixo de 40% em quase todo o período de maio a setembro, sendo que os meses de julho, agosto e setembro apresentaram dias com percentuais de umidade relativa abaixo de 30% e alguns dias em torno de 20%. Essa situação meteorológica se estendeu para as diversas regiões do estado, o que propiciou condições para ocorrência de focos de queimada, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais, nesses meses.

Gráfico 5.2 – Precipitação diária, umidade relativa e temperatura do ar – RMSP (maio a setembro – Mirante de Santana)



A fim de ilustrar essa situação, na **Tabela 5.1**, são apresentadas as médias mensais das mínimas diárias de umidade relativa e as médias mensais das máximas diárias de temperatura do ar nas estações da CETESB, de maio a setembro de 2023. Destaca-se, em cor vermelha, os valores médios das mínimas de umidade relativa menores do que 40% e, em cor laranja, os valores médios das máximas temperaturas maiores do que 30,0 °C. Nota-se que os meses de julho, agosto e setembro foram mais secos na maioria das estações do interior do estado.

Tabela 5.1 – Médias mensais das mínimas diárias de umidade relativa e das máximas diárias de temperatura do ar – 2023

UGRHI	ESTAÇÕES	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro	
		URmin (%)	Tmax (°C)								
2	Guaratinguetá	50	25,8	49	24,4	46	25,2	45	27,2	42	30,5
	Jacareí	45	23,2	-	-	47	25,0	44	27,2	41	31,0
	São José dos Campos	47	26,3	47	24,7	45	24,9	42	27,4	40	31,0
	São José dos Campos-Jd.Satélite	52	26,3	50	23,9	47	24,3	45	26,7	42	30,2
	São José dos Campos-Vista Verde	49	24,8	50	23,2	-	-	41	27,0	38	31,5
	Taubaté	46	26,2	46	25,0	43	25,3	36	29,0	38	30,4
3	São Sebastião	61	26,7	57	26,5	58	25,4	60	26,6	60	28,1
4	Ribeirão Preto	-	28,8	-	27,2	-	29,6	-	31,7	-	35,3
5	Campinas-Taquaral	-	27,5	-	-	-	-	-	29,5	-	32,8
	Campinas-V. União	41	26,4	42	25,2	36	26,1	35	28,6	34	32,1
	Jundiaí	47	25,1	48	23,7	43	24,5	41	26,8	39	30,6
	Limeira	41	27,2	42	25,8	37	27,0	36	29,3	33	33,1
	Paulínia	43	26,5	44	25,1	39	26,1	36	28,7	36	32,1
	Paulínia-Sta Terezinha	41	27,0	42	25,6	37	26,6	35	28,9	36	32,2
	Piracicaba	44	26,5	44	25,7	41	26,2	37	28,9	34	32,7
	Rio Claro-Jd. Guanabara	41	27,7	41	26,7	35	27,9	34	30,1	32	33,8
	Santa Gertrudes	41	27,0	43	25,6	37	26,9	36	29,4	33	33,2
6	Capão Redondo	-	23,9	-	23,4	-	22,9	-	-	-	-
	Carapicuíba	-	24,3	-	23,1	-	23,2	-	25,1	-	29,4
	Guarulhos-Paço Municipal	-	24,6	50	22,9	47	23,2	47	25,3	42	29,4
	Guarulhos-Pimentas	51	23,8	49	22,8	46	23,1	47	25,0	41	28,6
	Marg. Tietê-Pte dos Remédios	44	24,6	45	23,5	43	23,6	42	25,5	37	29,8
	Parque D. Pedro II	46	25,6	44	24,4	42	24,6	42	26,4	38	30,4
	Pico do Jaraguá	-	21,2	-	20,5	-	20,7	-	22,3	-	27,2
	Pinheiros	42	-	43	-	42	-	41	-	-	-
	São Bernardo-Centro	53	23,4	50	22,8	49	23,0	53	23,7	47	28,2
	São Caetano do Sul	45	25,4	44	24,5	43	24,3	44	26,0	39	30,3
	Taboão da Serra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Cubatão-Centro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cubatão-Vale do Mogi	-	27,0	-	27,2	-	25,6	-	26,9	-	28,0
	Santos	69	26,3	61	26,4	65	25,1	69	26,0	69	27,9
	Santos-Ponta da Praia	-	26,9	-	27,0	-	25,4	-	26,4	-	27,8
10	Sorocaba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tatui	42	25,6	34	24,6	31	25,1	-	-	-	-
13	Araraquara	37	26,9	41	24,9	31	27,1	32	29,2	30	32,6
	Bauru	-	27,7	44	25,4	37	26,9	36	29,4	33	33,5
	Jaú	-	-	43	25,3	36	26,7	36	29,1	32	33,1
15	Catanduva	44	27,7	46	26,0	34	28,2	-	30,2	-	33,8
	São José do Rio Preto	46	29,8	49	28,1	38	30,6	40	32,1	39	35,7
19	Araçatuba	55	29,1	57	27,3	49	29,3	42	31,7	-	35,5
21	Marília	-	26,6	46	24,6	38	26,5	36	28,8	33	32,8
22	Presidente Prudente	44	28,1	44	26,1	37	28,0	36	30,2	34	33,8

Fonte: Qualar (CETESB, 2024a)

Nota:

URmin = média mensal das mínimas diárias de umidade relativa do ar

Tmax = média mensal das máximas diárias de temperatura do ar

A ocorrência de precipitação pluviométrica, além de ser um indicador de que a atmosfera está instável, ou seja, com movimentos de ar que favorecem a dispersão de poluentes, promove também a remoção desses poluentes.

De maneira geral, o ano de 2023 foi meteorologicamente mais desfavorável à dispersão dos poluentes primários do que 2022. Em 2023, a baixa pluviosidade observada nos meses de maio a setembro, bem como períodos de baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas, especialmente em junho, julho e agosto, influenciou nos níveis de concentração de material particulado no estado.

No **Apêndice 3** são apresentados, para os últimos cinco anos, a frequência mensal de sistemas frontais que atuaram no estado de São Paulo e a distribuição mensal do número de dias favoráveis e desfavoráveis à dispersão de poluentes na RMSP.

5.3.2 Condições Meteorológicas para Formação de Ozônio no Estado – 2023

O ozônio apresenta, ao longo do ano, uma distribuição de episódios totalmente distinta dos poluentes primários, uma vez que esse poluente é formado na atmosfera através de reações fotoquímicas que dependem da radiação solar, dentre outros fatores.

Dessa forma, concentrações elevadas de ozônio ocorrem com mais frequência no período de primavera e verão, época em que os meses são mais quentes e com maior incidência de radiação solar no topo da atmosfera, e com menor frequência nos meses de maio a agosto. A descrição mais detalhada das condições meteorológicas mensais encontra-se no item 5.2.

Durante o primeiro trimestre, houve condições propícias à formação de concentrações elevadas de ozônio, que ocasionaram 11 dias de ultrapassagens do padrão desse poluente, sendo dois dias em janeiro, quatro em fevereiro e cinco em março. A maioria dessas ultrapassagens do padrão nesse trimestre ocorreram quando o estado se encontrava sob a atuação de uma área de instabilidade continental, em dias com altas temperaturas e alta incidência de radiação solar. Conforme descrito no item 5.2, a atuação de ZCAS ocasionou muita nebulosidade que inibiu a formação de ozônio na baixa atmosfera.

No segundo trimestre, houve um único dia de ultrapassagem do padrão em abril e dois dias em maio.

No terceiro trimestre, houve condições meteorológicas mais propícias à formação de ozônio nos meses de agosto e setembro, que ocasionaram seis dias de ultrapassagens do padrão desse poluente em agosto e 12 dias em setembro. Em julho, não houve condições propícias para formação desse poluente, por causa das atuações de massas de ar frio e áreas de instabilidades associadas às frentes frias, que propiciaram temperaturas mais amenas. Em agosto, houve condições propícias para formação desse poluente, por causa das atuações de massas de ar quente sobre o estado (subtropical) ou áreas de instabilidade continental no interior. Em setembro, as ultrapassagens ocorreram em dias com atuação de áreas de instabilidade continental, com altas temperaturas, alta incidência de radiação solar e chuvas isoladas no final da tarde.

No quarto trimestre, houve condições meteorológicas propícias à formação de ozônio, que ocasionaram 34 dias de ultrapassagens do padrão desse poluente, sendo cinco dias em outubro, 14 dias em novembro e 15 em dezembro. A maioria dos dias de ultrapassagens do padrão ocorreu em dias com altas temperaturas, alta incidência de radiação solar e baixa pluviosidade, quando o estado se encontrava sob a atuação de uma área de instabilidade continental ou com áreas de instabilidade associada a passagem de frentes frias ao largo do

litoral paulista, com fraca atividade na parte continental. Destaca-se que no mês de novembro, entre os dias 8 e 18, houve recordes de temperaturas máximas diárias tanto na Capital, quanto em diversas regiões do estado.

De modo geral, durante o ano de 2023, houve dias meteorologicamente propícios à formação de altas concentrações de ozônio, resultando em 66 dias com ultrapassagens do padrão quando se considera todo o estado. Os meses de setembro, novembro e dezembro foram os que apresentaram as maiores ocorrências de ultrapassagens do padrão desse poluente. Como comentado no item 5.2, em setembro houve um período prolongado, entre os dias 17 e 26/09, em que as temperaturas máximas ultrapassaram 35 °C em praticamente todo o estado, que são valores bastante altos para mês. Em novembro houve o predomínio de massas de ar quente e seco, que ocorreram por vários dias consecutivos, entre os dias 8 e 18/11, e influenciaram nas médias das máximas temperaturas, fazendo com que as mesmas fossem superiores às das respectivas médias climatológicas em praticamente todas as regiões do estado. Na cidade de São Paulo, na estação Mirante de Santana, foi registrada a temperatura máxima de 37,7 °C, sendo a segunda maior temperatura máxima registrada na cidade, desde o início das medições, em 1943. Da mesma forma, em dezembro houve o predomínio de massas de ar quente e seco que atuaram por vários dias consecutivos, nos períodos de 01 a 07/12 e de 13 a 25/12, e influenciaram nas médias das máximas temperaturas, fazendo com que as mesmas fossem superiores às das respectivas médias climatológicas em praticamente todas as regiões do estado. Essas condições meteorológicas colaboraram para o elevado número de dias de ultrapassagens do padrão de ozônio observado em 2023. Nos meses de junho e julho, o limite legal não foi excedido no estado.

6 • Qualidade do Ar no Estado de São Paulo

6.1 Resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar

Nesta seção, são apresentados os resultados do monitoramento de qualidade do ar no estado de São Paulo, em 2023, por grupo de poluente. A avaliação da qualidade do ar foi efetuada considerando-se os padrões estaduais vigentes (MI2) estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013). Foi também considerada a classificação da qualidade do ar para exposição de curto prazo, conforme descrito na seção **2.2.1**.

O **Apêndice 4** apresenta um resumo dos dados de monitoramento, contendo os máximos valores diários, as médias anuais e as ultrapassagens dos padrões estaduais de curto prazo.

As análises dos dados de qualidade do ar consideram os períodos de curto prazo de 1, 8 e 24 horas, conforme a definição de valor diário de cada poluente, e longo prazo, que neste caso é representado pelas médias anuais das médias diárias. No caso dos particulados e do dióxido de enxofre, os valores diários são as médias das concentrações horárias, considerando o período de 24h. Para o dióxido de nitrogênio, é considerada a maior concentração horária do dia e para o ozônio e o monóxido de carbono considera-se a maior média móvel de 8 horas do dia. As distribuições percentuais de qualidade do ar são obtidas a partir dos valores diários com base nos períodos de curto prazo, considerando-se classificação estabelecida na **Tabela 2.5**.

Os dados das redes de monitoramento automático e manual são diferenciados, quando necessário, pela inclusão das siglas (A) e (M), respectivamente, à frente do nome das estações. No caso de monitoramento com amostrador passivo, é diferenciado com a sigla (P) e no caso de estação automática móvel, com a sigla (EM).

Para melhor interpretação dos resultados, dependendo do poluente, as estações de monitoramento da qualidade do ar foram agrupadas por UGRHI.

Nos gráficos de média anual e de concentrações máximas diárias, foi incluída como referência a indicação dos valores das Metas Intermediárias e Padrão Final estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (ver seção **2.2**). Os dados apresentados nesses gráficos e os valores de padrão/metapas referem-se à média anual e às máximas concentrações diárias, portanto, não devem ser confundidos com a classificação dos municípios (descrita com mais detalhe no final desta seção), que é elaborada considerando-se valores médios de três anos e a média do quarto maior valor diário de cada ano, de acordo com critérios específicos estabelecidos no Decreto.

Neste relatório também são apresentados, para avaliação de tendência de comportamento na RMSP, gráficos da média móvel de concentração de alguns poluentes com os respectivos percentis 10 e 90. Para tanto, foram calculados valores médios das médias móveis de três anos, para o parâmetro em questão, obtidos em cada estação considerada. Nesse caso, para uma maior abrangência, optou-se por utilizar a maior parte das estações com monitoramento representativo anual nos últimos anos, embora a base de estações se altere durante o período considerado. Em geral, o comportamento não é muito diferente do observado, caso fossem consideradas somente as estações com monitoramento representativo de todo o período.

Também no caso da RMSP, a análise de alguns poluentes considerou a escala de representatividade espacial das estações (ver seção **3.3.2** e **Apêndice 5**), visando avaliar o comportamento dos poluentes primários nas estações classificadas como de microescala, localizadas bastante próximas a vias de tráfego e, conseqüentemente, com significativa influência das emissões veiculares. Essas estações também são importantes para a avaliação da eficácia dos programas de controle desse tipo de fonte.

Em razão do Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), com vistas à política de gerenciamento da qualidade do ar, os municípios são classificados a cada três anos, nas seguintes categorias: maior que M1 (>M1), M1, M2, M3 e MF, cotejando-se os valores observados nas estações de monitoramento com as Metas Intermediárias e o Padrão Final. Em 2022, a CETESB apresentou nova "Classificação da Qualidade do Ar – Relação de Municípios e Dados de Monitoramento", que foi aprovada pela Deliberação CONSEMA nº 26 de 21/12/2022, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo, em 23/12/2022 (SÃO PAULO, 2022). Essa classificação também está disponível para consulta, na sua versão vigente, no endereço eletrônico da CETESB (CETESB, 2022b).

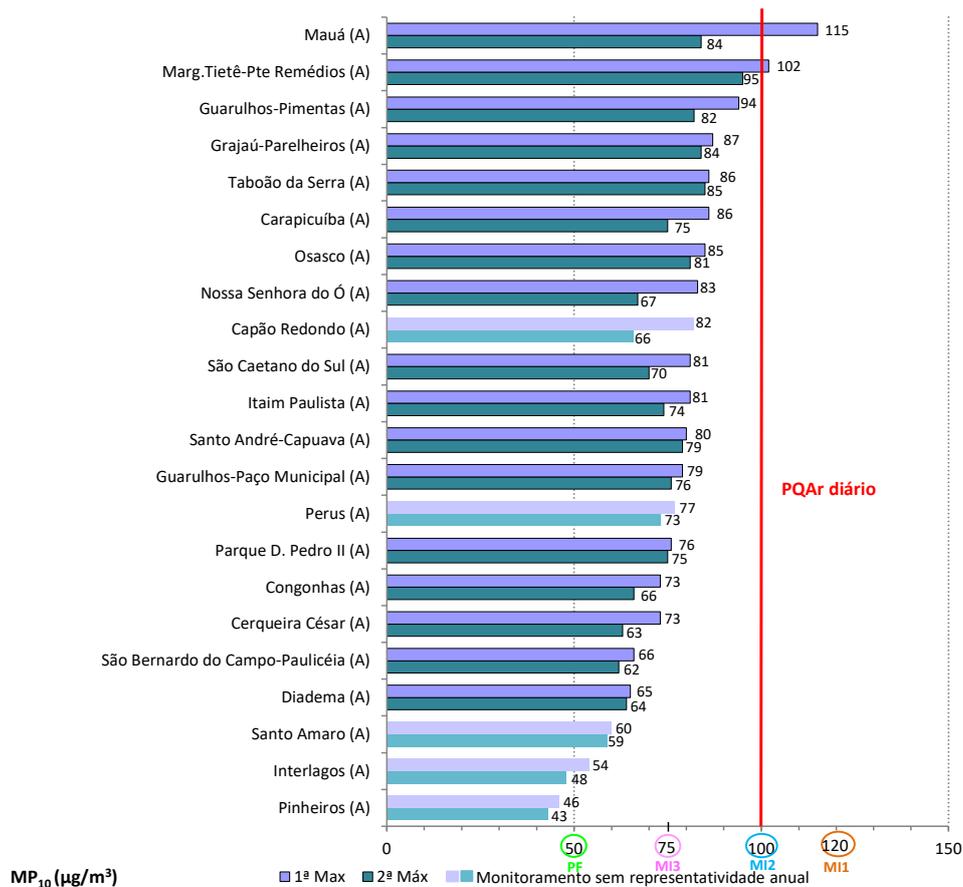
6.2 Resultados

6.2.1 Material Particulado

Nesta seção, são apresentados os resultados para partículas inaláveis (MP_{10}), partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$), fumaça (FMC) e partículas totais em suspensão (PTS).

6.2.1.1 Partículas Inaláveis – MP_{10}

No **Gráfico 6.1** são apresentadas as máximas concentrações diárias registradas nas estações da RMSP. Na RMSP, em 2023, houve ultrapassagens do padrão de qualidade do ar de curto prazo ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nas estações Mauá (1) e Marg. Tietê-Pte dos Remédios (1).

Gráfico 6.1 – MP₁₀ – Concentrações máximas diárias – RMSP – 2023

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQA e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Comparando-se, a título ilustrativo, as máximas concentrações diárias das estações com os valores de referência estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), observa-se que, em 2023, das 17 estações com representatividade anual dos dados, duas ultrapassaram a Meta Intermediária 2 (MI2); 11 a Meta Intermediária 3 (MI3); e quatro o Padrão Final (PF). Nenhuma das estações atendeu ao PF.

Na **Tabela 6.1** é apresentada a distribuição percentual da qualidade do ar nos últimos cinco anos, para o conjunto das estações da RMSP com monitoramento anual representativo. Verifica-se, em 2023, distribuição bem semelhante à 2022, em que pese ter sido um ano meteorologicamente mais desfavorável à dispersão dos poluentes do que o ano anterior. A qualidade RUIM foi registrada um dia na estação de Mauá e um dia na estação Marg. Tietê-Pte. dos Remédios, quando houve ultrapassagem do PQA diário.

Tabela 6.1 – MP_{10} – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2019 a 2023 – RMSP

Partículas Inaláveis (MP_{10})						
Anos	média de 24h					NU
	Boa 0 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moderada >50 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ruim >100 - 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Muito Ruim >150 - 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Péssima >250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
RMSP	2019	90,56%	9,38%	0,06%		0
	2020	90,29%	9,60%	0,11%		2
	2021	90,60%	8,94%	0,41%	0,06%	4
	2022	91,90%	8,00%	0,10%		4
	2023	91,62%	8,35%	0,04%		2

Fonte: CETESB (2024)

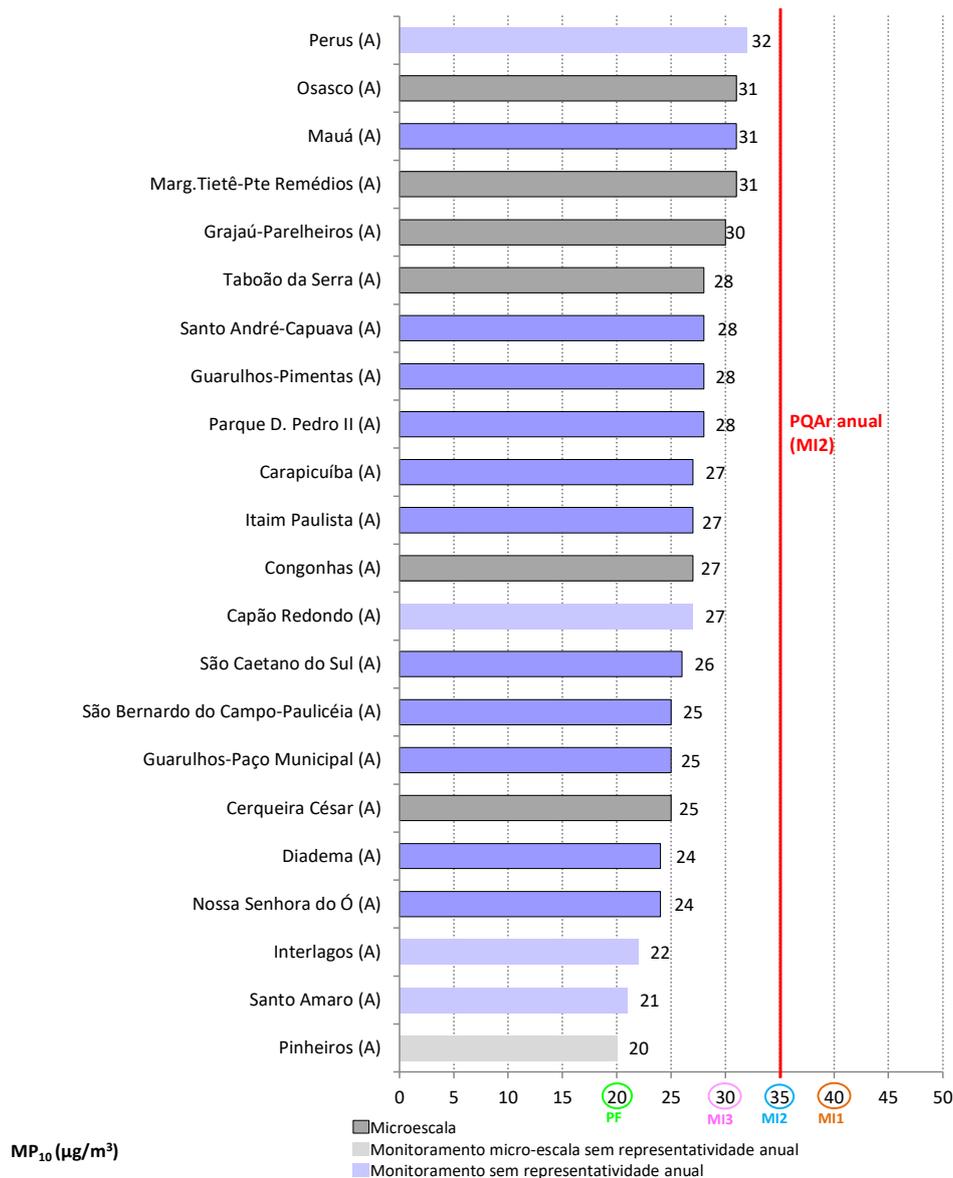
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas (até 2021 = 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a partir de 2022 = 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). No totalizado para a RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências de ultrapassagens concomitantes em mais de uma estação.

Base RMSP: Todas as estações fixas com monitoramento anual representativo

No **Gráfico 6.2** são apresentadas as concentrações médias anuais de 2023 para as estações da RMSP, sendo destacadas na cor cinza as estações localizadas próximas a vias de tráfego, cujas escalas de representatividade espacial são de microescala (ver seção **3.3.2** e **Apêndice 5**), ou seja, relativas a áreas com dimensões de poucos metros até 100 metros. Essas estações são importantes para a avaliação dos níveis de poluentes em locais que sofrem maior influência das emissões veiculares e, embora tenham abrangência espacial reduzida, representam áreas próximas a vias de tráfego com características semelhantes na RMSP.

Em 2023, não houve ultrapassagem do padrão de longo prazo (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nas estações da RMSP.

Gráfico 6.2 – MP₁₀ – Concentrações médias anuais RMSP – 2023

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQA e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Comparando-se, a título ilustrativo, as médias anuais (**Gráfico 6.2**) das estações que atenderam ao critério de representatividade anual, com os valores de referência estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), observa-se que, em 2023, nenhuma estação atendeu ao Padrão Final (PF), que é a última etapa a ser atingida das metas progressivas, conforme o Decreto. Nota-se também que, das 17 estações com representatividade anual, as médias anuais atenderam à Meta Intermediária 3 (MI3) em 14 locais e nenhuma estação superou a Meta Intermediária 2 (MI2), padrão de qualidade do ar vigente no ano em questão.

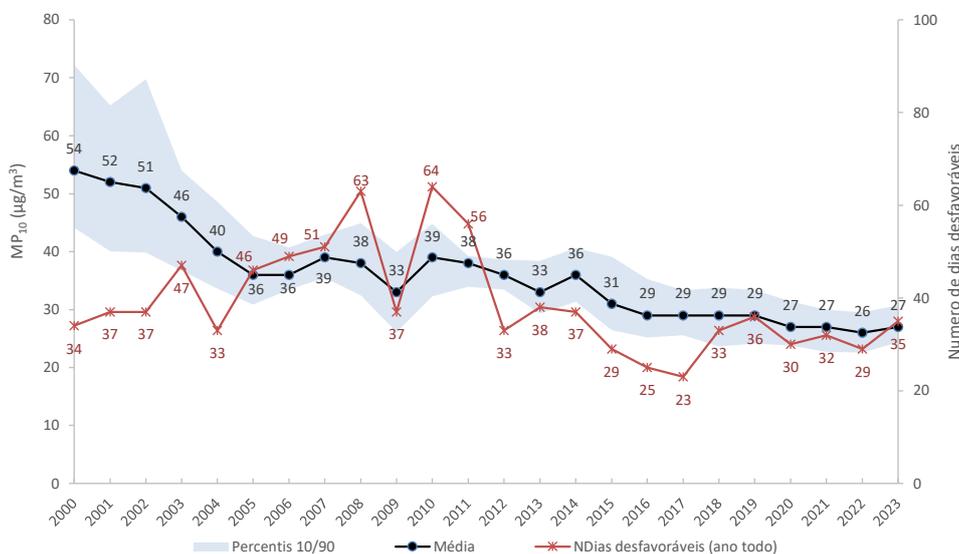
O **Gráfico 6.3** apresenta a evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} na RMSP, no período de 2000 a 2023, e o número de dias meteorologicamente desfavoráveis à dispersão dos poluentes, em cada ano. A área hachurada em azul do gráfico indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 10 (limite inferior) e 90 (limite superior). Neste caso, o percentil 90 indica que 90% das estações consideradas apresentaram concentrações médias anuais abaixo do valor apresentado para esse percentil.

Na RMSP, onde grande parte das emissões de material particulado tem origem veicular, quando se comparam as concentrações atuais com as observadas no início da década de 2000, verifica-se que houve melhora nos níveis de concentração desse poluente, em razão das ações e programas de controle de emissões ao longo dos anos. Tal fato pode ser verificado comparando-se, por exemplo, as concentrações médias em 2004 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e em 2018 ($29 \mu\text{g}/\text{m}^3$), anos em que o número de dias meteorologicamente desfavoráveis foi o mesmo.

Nos últimos anos, observa-se que as concentrações médias tendem à estabilidade, apesar da variação nas condições meteorológicas, indicando que, mesmo com as emissões dos veículos novos cada vez mais baixas, estas são suficientes apenas para compensar o aumento da frota e o comprometimento das condições de tráfego. O ano de 2023 foi meteorologicamente mais desfavorável à dispersão dos poluentes do que 2022, apesar disso, a concentração média foi praticamente a mesma do ano anterior.

Nota-se também uma diminuição da amplitude de variação entre os valores do percentil 10 e do percentil 90 (área hachurada em azul), quando se comparam os últimos anos com os anos do início da década de 2000, indicando uma maior homogeneidade das médias anuais registradas nas estações.

Gráfico 6.3 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP



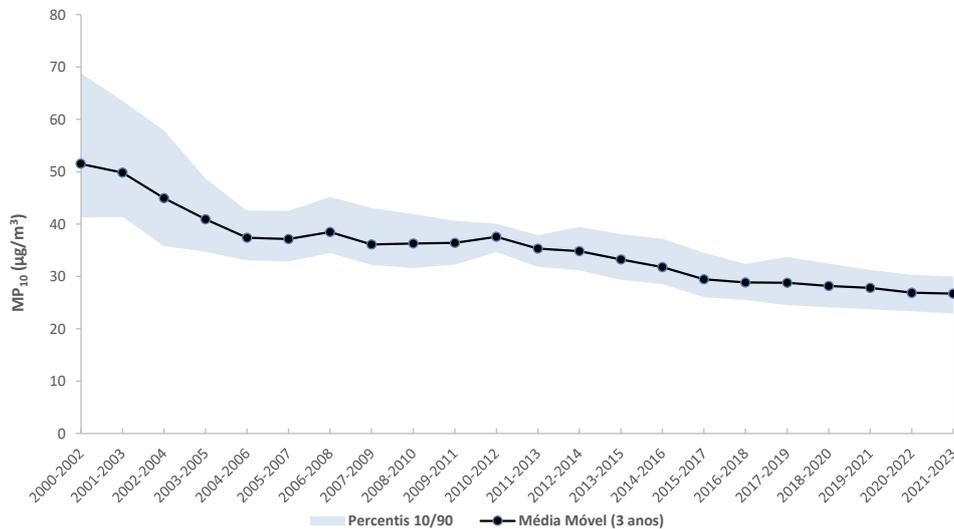
Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas com monitoramento anual representativo, exceto: Cambuci, Centro, Guarulhos, Itaquera, Lapa, Mogi das Cruzes-EM, Pinheiros e São Miguel Paulista.

De forma a se atenuar as variações meteorológicas de ano para ano, o **Gráfico 6.4** apresenta a evolução da média das médias móveis das concentrações médias anuais, obtidas em cada estação, considerando o intervalo de três anos.

Gráfico 6.4 – MP_{10} – Evolução das médias móveis – RMSP



Fonte: CETESB (2024)

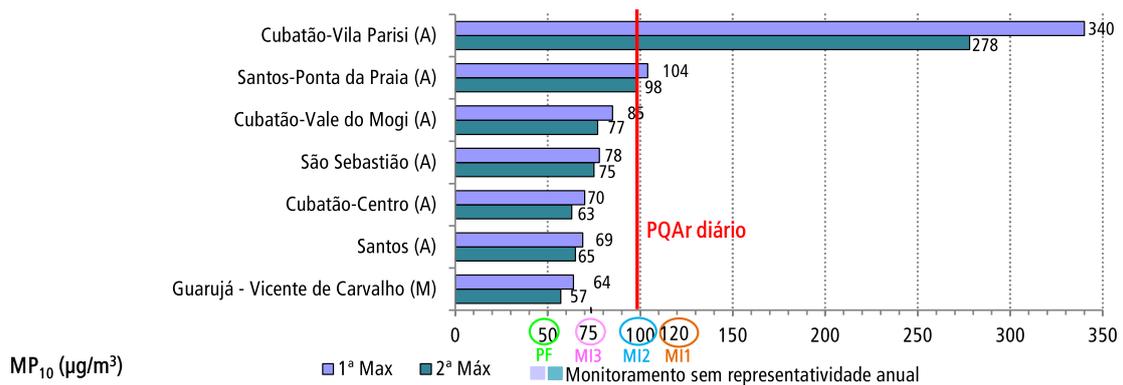
Nota:

Base RMSP: Todas as estações com monitoramento representativo no ano, exceto: Centro, Cambuci, Guarulhos, Itaquera, Lapa, Mogi das Cruzes-EM, Pinheiros e São Miguel Paulista.

Nas estações localizadas na Baixada Santista e Litoral Norte (**Gráfico 6.5**), as maiores concentrações foram observadas na área industrial de Cubatão. O PQA diário ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado 133 vezes em Cubatão-Vila Parisi, chegando a atingir a qualidade PÉSSIMA/Nível de Atenção ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em quatro dessas vezes, sendo declarado Estado de Atenção no dia 23/08/2023. Não houve ultrapassagens do padrão diário de MP_{10} nas estações Cubatão-Vale do Mogi e Cubatão-Centro. Na estação Santos-Ponta da Praia houve uma ultrapassagem do padrão diário. As concentrações de partículas inaláveis observadas nessa estação estão associadas às atividades portuárias, com movimentação de caminhões, transporte e manipulação de grãos e cereais, entre outros. Nessa estação, as maiores concentrações de MP_{10} são observadas, de maneira geral, em dias com ocorrência de períodos de calmaria, principalmente durante a noite e madrugada, precedidos de ventos provenientes do quadrante Norte-Este.

Na estação manual Guarujá-Vicente de Carvalho, que sofre influência das atividades realizadas na margem esquerda do Porto de Santos, não foi observada ultrapassagem do padrão diário de MP_{10} .

No Litoral Norte, na estação automática São Sebastião, localizada na área portuária do Porto de São Sebastião, também não houve ultrapassagem do padrão diário.

Gráfico 6.5 – MP₁₀ – Concentrações máximas diárias – Baixada Santista e Litoral Norte – 2023

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQAr e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Observa-se que as máximas diárias ultrapassaram a Meta Intermediária 1 (MI1) na estação de Vila Parisi e a Meta Intermediária 2 (MI2) na estação de Santos – Ponta da Praia. Nas estações Cubatão-Vale do Mogi e São Sebastião foram observadas ultrapassagens da Meta Intermediária 3 (MI3). As demais estações ultrapassaram ao Padrão Final (PF).

A **Tabela 6.2** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações automáticas da Baixada Santista e do Litoral Norte em 2023.

Tabela 6.2 – MP₁₀ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Baixada Santista e Litoral Norte - Rede Automática

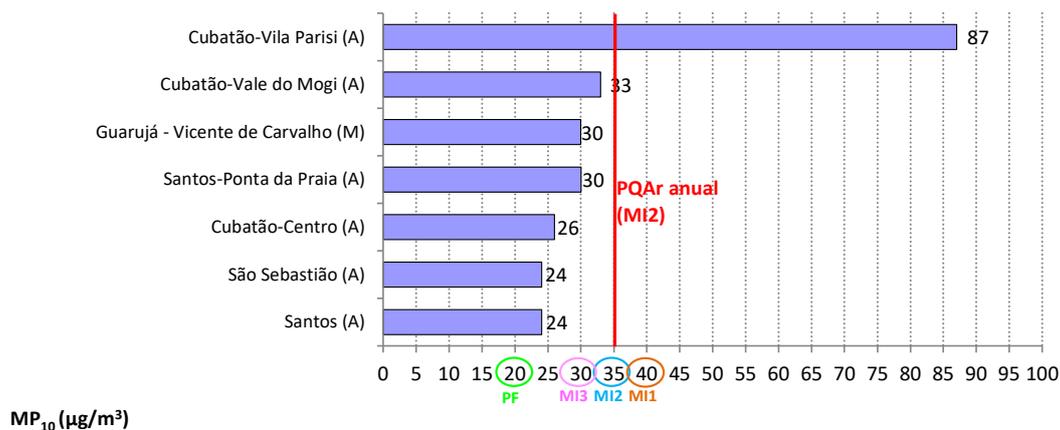
Anos		Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2023					NU
		média de 24h					
		Boa 0 - 50 μg/m³	Moderada >50 - 100 μg/m³	Ruim >100 - 150 μg/m³	Muito Ruim >150 - 250 μg/m³	Péssima >250 μg/m³	
Litoral	Cubatão-Centro	97,3%	2,7%				0
	Cubatão-Vale do Mogi	91,7%	8,3%				0
	Cubatão-Vila Parisi	31,1%	31,9%	24,2%	11,7%	1,1%	133
	Santos	96,7%	3,3%				0
	Santos-Ponta da Praia	89,5%	10,2%	0,3%			1
	São Sebastião	96,2%	3,8%				0

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas de 100 μg/m³

Em 2023, o padrão de qualidade do ar de longo prazo na Baixada Santista foi superado apenas em Cubatão-Vila Parisi (**Gráfico 6.6**), localizada na área industrial de Cubatão.

Gráfico 6.6 – MP_{10} – Concentrações médias anuais – Baixada Santista e Litoral Norte – 2023

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQAr e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

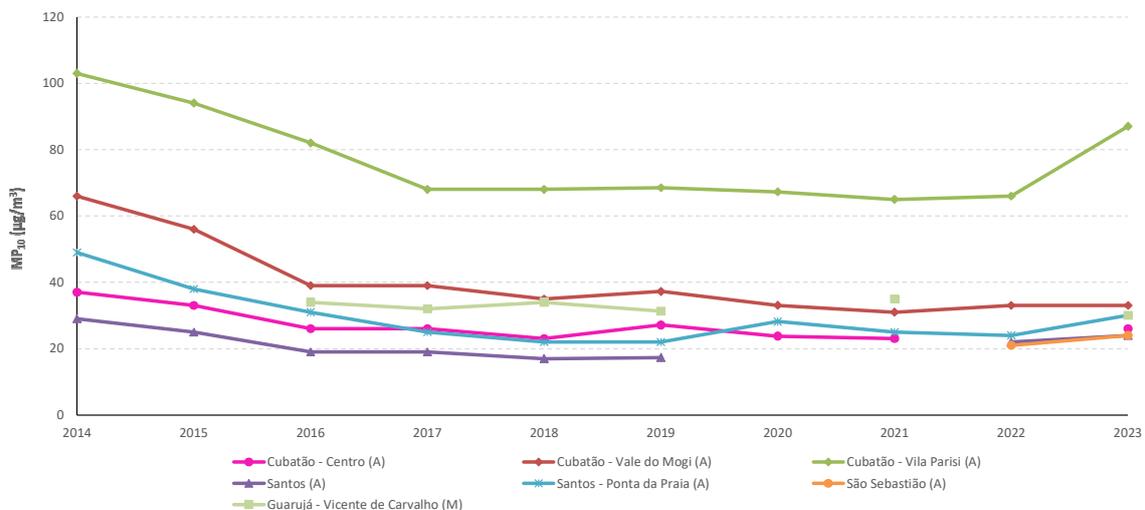
Considerando-se todas as estações da Baixada Santista e Litoral Norte, observa-se que nenhuma estação atendeu ao Padrão Final (PF) em 2023. Nas cidades de Santos e Guarujá, as estações Santos, Santos-Ponta da Praia e Guarujá-Vicente de Carvalho, atenderam ao valor da Meta Intermediária 3 (MI3). Em Cubatão, com três estações, a estação do Centro atendeu à Meta Intermediária 3 (MI3); a estação Vale do Mogi, atendeu à Meta Intermediária 2 (MI2); enquanto a estação de Vila Parisi ultrapassou o padrão vigente (MI2) bem como a Meta Intermediária 1 (MI1). No Litoral Norte, a estação São Sebastião atendeu ao valor da Meta Intermediária 3 (MI3).

No **Gráfico 6.7**, observa-se que as concentrações médias anuais de partículas inaláveis têm se mantido elevadas ao longo dos anos na região da Vila Parisi, com os valores médios superiores aos da região do Vale do Mogi. Desde 2016, as concentrações médias da estação Cubatão-Vale do Mogi mantiveram-se praticamente sem alterações significativas. Na estação Cubatão Vila Parisi, as concentrações que se mantiveram praticamente sem alterações significativas entre 2017 e 2022, apresentaram aumento em 2023. As concentrações elevadas de material particulado observadas na estação da Vila Parisi devem-se, principalmente, às atividades industriais, às poeiras fugitivas, às atividades de transporte, incluindo a ressuspensão da poeira depositada no solo, em razão da intensa movimentação de caminhões, sendo esta poeira depositada no solo resultante das atividades desenvolvidas na região.

A queda ocorrida nos anos anteriores, pode estar relacionada às condições meteorológicas mais favoráveis observadas na região, bem como à paralisação parcial de alguns processos industriais de empresas locais, nesses anos. Em Santos, na estação localizada na Ponta da Praia, a concentração média de 2023 também aumentou em relação a 2022. As concentrações nessa estação podem estar associadas à atividade portuária, principalmente, da movimentação de grãos de soja e milho. Baseado nos relatórios de movimentação portuária do Porto de Santos (AUTORIDADE PORTUARIA DE SANTOS, 2024), em 2023, houve aumento de 20% da exportação de soja a granel e de 31% da exportação de milho a granel, em relação a 2022. O aumento da concentração média observado nesta estação pode estar associado à maior movimentação de grãos. A redução das concentrações na estação Santos-Ponta da Praia, observada nos anos anteriores, esteve associada à melhoria dos procedimentos de operação na manipulação de grãos e cereais no Porto de Santos, bem como às condições meteorológicas mais favoráveis à dispersão dos poluentes observadas nesses anos.

Em 2023, o total de chuvas em Santos foi ligeiramente superior à média climatológica anual (SÃO PAULO, 2023), influenciado principalmente pelos meses de fevereiro, outubro e novembro cujas precipitações médias mensais foram bem acima das respectivas médias climatológicas. Em Cubatão, o total de chuvas em 2023 foi superior ao registrado em 2022, destacando-se os meses de fevereiro e outubro (DAEE, 2023). Apesar de o total anual de chuvas ter sido mais elevado do que no ano anterior, tanto em Santos quanto em Cubatão, essas chuvas se concentraram no primeiro e quarto trimestres do ano. Nos meses de inverno as chuvas se deram em alguns dias, no entanto, entre maio e setembro houve vários dias consecutivos com ausência de chuva, influenciando na concentração de poluentes.

Gráfico 6.7 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista e Litoral Norte

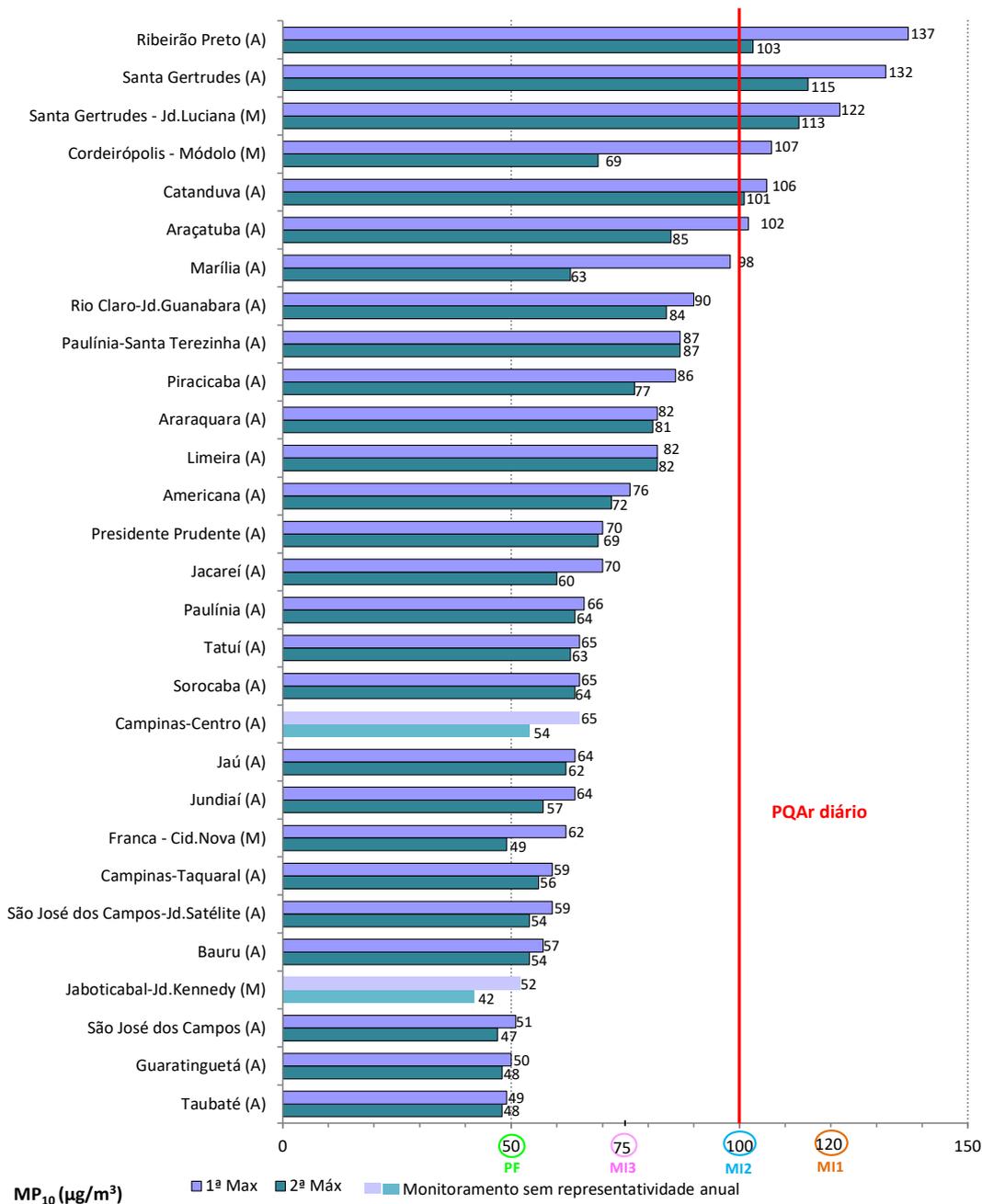


Fonte: CETESB (2024)

Em relação às estações de monitoramento localizadas nos diversos municípios do interior do estado (**Gráfico 6.8**), em 2023, nas estações de monitoramento manual foram observadas duas ultrapassagens do padrão diário de partículas inaláveis ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na estação Santa Gertrudes-Jd. Luciana e uma na estação Cordeirópolis-Módolo. Nas estações automáticas, houve ultrapassagens do padrão diário nas seguintes estações: Ribeirão Preto (2), Santa Gertrudes (11), Catanduba (2) e Araçatuba (1). Nas demais estações do interior não houve ultrapassagem do padrão diário. A maioria dessas ultrapassagens ocorreu durante os meses de julho e agosto, em razão de atuações de massas de ar quente e seco que causaram estabilidade atmosférica e pouca ventilação, dificultando a dispersão de poluentes.

Na região de Santa Gertrudes, as atividades do polo industrial de material cerâmico são fontes potenciais de emissão de material particulado para a atmosfera.

Gráfico 6.8 – MP₁₀ – Concentrações máximas diárias – Interior – 2023



Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQA e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Observa-se que, das 27 estações com representatividade anual dos dados, as máximas diárias de três estações ultrapassaram a Meta Intermediária 1 (MI1), três a Meta Intermediária 2 (MI2); sete a Meta Intermediária 3 (MI3); e 12, o Padrão Final (PF). Apenas as estações Guaratinguetá e Taubaté não chegaram a ultrapassar o PF.

A **Tabela 6.3** apresenta as distribuições percentuais da qualidade do ar nas estações automáticas do interior do estado, em 2023. Nota-se que foram registrados alguns dias com qualidade RUIM nas estações Araçatuba, Catanduva, Ribeirão Preto e Santa Gertrudes. Essas ocorrências de qualidade RUIM foram associadas, principalmente, aos meses de julho e agosto, quando houve atuação de massas de ar quente e seco com estabilidade atmosférica, prejudicando a dispersão de poluentes.

Tabela 6.3 – MP₁₀ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Interior – Rede Automática

Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2023						
Anos	média de 24h					NU
	Boa 0 - 50 µg/m ³	Moderada >50 - 100 µg/m ³	Ruim >100 - 150 µg/m ³	Muito Ruim >150 - 250 µg/m ³	Péssima >250 µg/m ³	
Interior do Estado	Americana	92,3%	7,7%			0
	Araçatuba	93,7%	6,0%	0,3%		1
	Araraquara	88,5%	11,5%			0
	Bauru	98,8%	1,2%			0
	Campinas-Centro	98,9%	1,1%			0
	Campinas-Taquaral	98,6%	1,4%			0
	Catanduva	84,0%	15,5%	0,5%		2
	Guaratinguetá	100,0%				0
	Jacareí	97,5%	2,5%			0
	Jaú	95,9%	4,1%			0
	Jundiaí	98,9%	1,1%			0
	Limeira	79,7%	20,3%			0
	Marília	97,6%	2,4%			0
	Paulínia	95,8%	4,2%			0
	Paulínia-Sta Terezinha	81,3%	18,7%			0
	Piracicaba	89,4%	10,6%			0
	Presidente Prudente	96,5%	3,5%			0
	Ribeirão Preto	83,4%	16,1%	0,5%		2
	Rio Claro-Jd.Guanabara	78,3%	21,7%			0
	S.José Campos	99,6%	0,4%			0
	S.José Campos-Jd.Satélite	99,4%	0,6%			0
	Santa Gertrudes	63,8%	33,1%	3,1%		11
	Sorocaba	99,4%	0,6%			0
	Tatuí	97,6%	2,4%			0
	Taubaté	100,0%				0

Fonte: CETESB (2024)

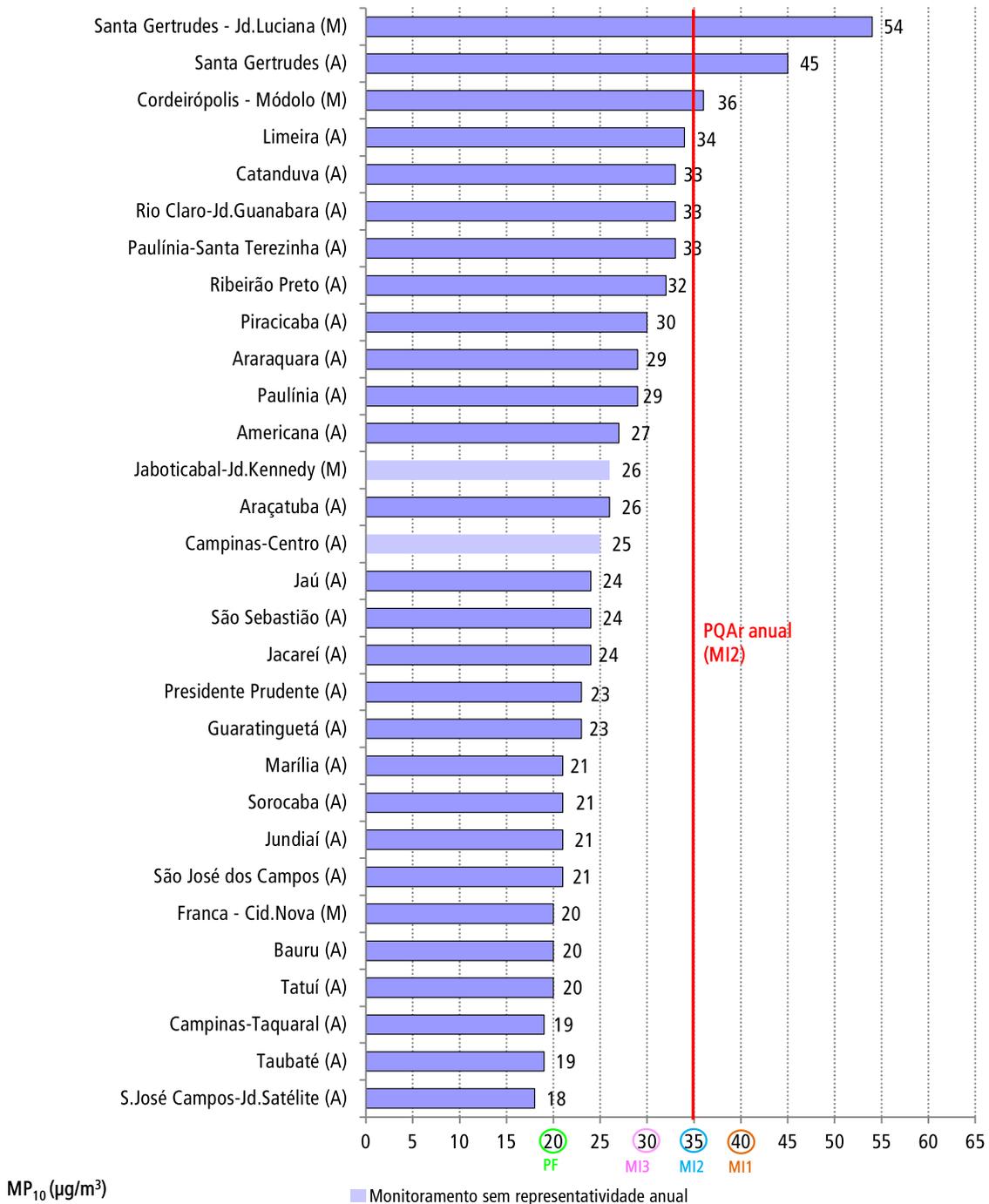
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA_r de 24 horas de 100 µg/m³

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Considerando-se o monitoramento com representatividade anual dos dados, o padrão de longo prazo de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Gráfico 6.9**) foi ultrapassado na estação automática Santa Gertrudes, e nas estações manuais Santa Gertrudes-Jd. Luciana e Cordeirópolis-Módolo. Os níveis de concentrações médias anuais observados nas estações localizadas no município de Santa Gertrudes se devem principalmente às atividades ligadas ao polo ceramista.

Gráfico 6.9 – MP_{10} – Concentrações médias anuais – Interior – 2023



Fonte: CETESB (2024)

Nota:

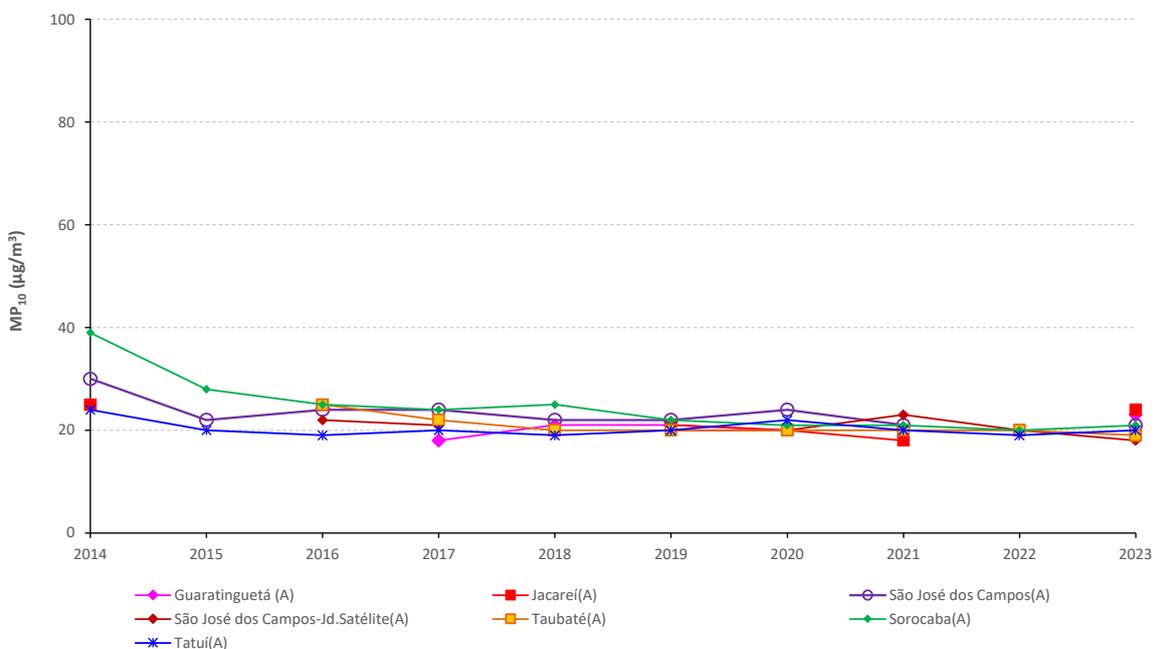
MI1; MI2 = PQAr e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Ainda em relação ao **Gráfico 6.9**, comparando-se, a título ilustrativo, as médias anuais das estações com representatividade anual dos dados em 2023 com os valores de referência, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013, observa-se que em 2023 as médias anuais das estações Franca-Cid. Nova, Bauru, Tatuí, Campinas-Taquaral, Taubaté e São José dos Campos-Jd Satélite não ultrapassaram o Padrão Final, que é a última etapa das metas progressivas a ser atingida. Das 22 estações restantes que atenderam ao critério de representatividade anual no interior do estado, a Meta Intermediária 3 (MI3) foi atendida em 14 estações, enquanto a Meta Intermediária 2 (MI2) foi atendida em outros 5 locais. As demais, Santa Gertrudes, Santa Gertrudes-Jd. Luciana e Cordeirópolis-Módolo que sofrem influência mais direta de atividades produtivas, não atenderam a Meta Intermediária 2 (MI2), que é o padrão de qualidade do ar vigente no ano em questão, sendo que nas estações Santa Gertrudes e Santa Gertrudes-Jd. Luciana a Meta Intermediária 1 (MI1) também não foi respeitada.

Os **Gráficos 6.10, 6.11 e 6.12** mostram a evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} das estações do interior do estado nos últimos dez anos, considerando o critério de representatividade anual dos dados. Observa-se que as concentrações médias anuais em 2023 se mantiveram praticamente estáveis, na maioria das estações, em relação a 2022, apesar de as condições meteorológicas em 2023 terem sido mais desfavoráveis para dispersão de poluentes.

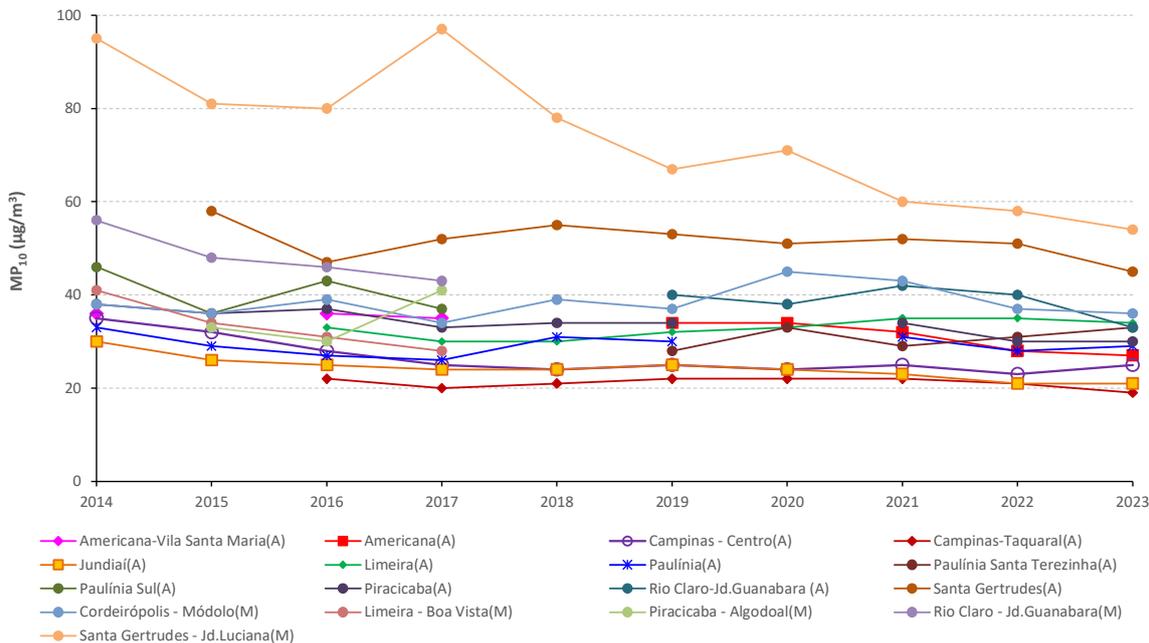
Observa-se ainda que houve, ao longo do tempo, queda nas concentrações das estações localizadas em Santa Gertrudes e em Rio Claro (**Gráfico 6.11**), que deve estar associada às medidas de controle implantadas através de um plano específico para o Setor de Indústrias de Pisos Cerâmicos e Mineração de Argila desta região, com um conjunto de ações mitigadoras visando à redução das desconformidades registradas na qualidade do ar pelo material particulado (CETESB, 2014; CETESB, 2021a).

Gráfico 6.10 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHs 2 e 10



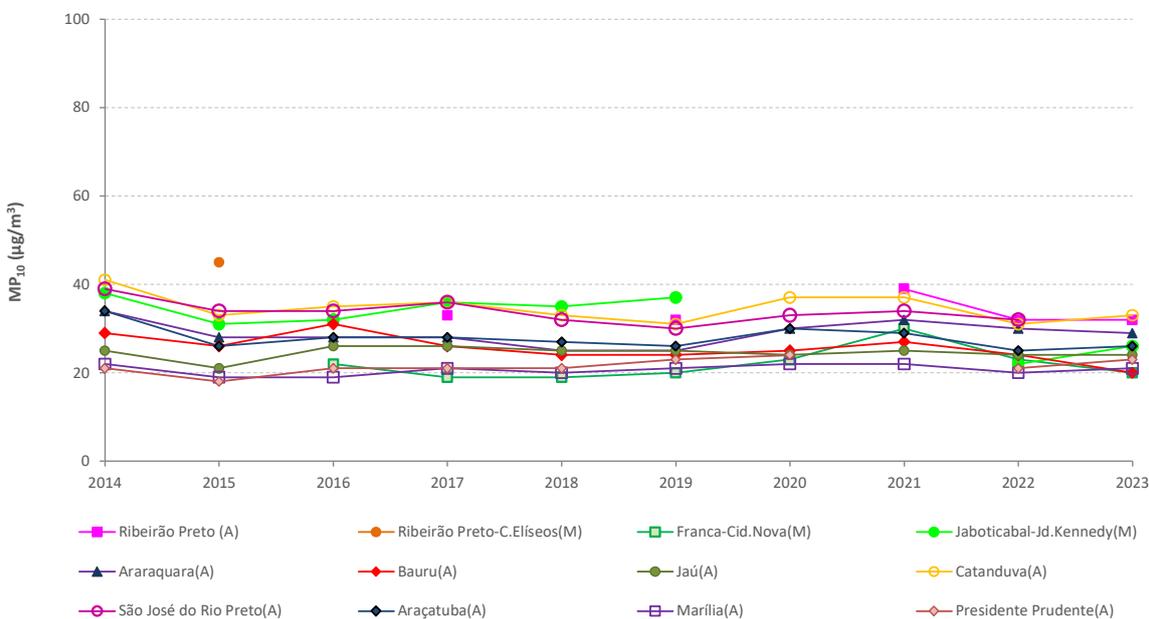
Fonte: CETESB (2024)

Gráfico 6.11 – MP₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHI 5



Fonte: CETESB (2024)

Gráfico 6.12 – MP₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHIs 4, 13, 15, 19, 21 e 22

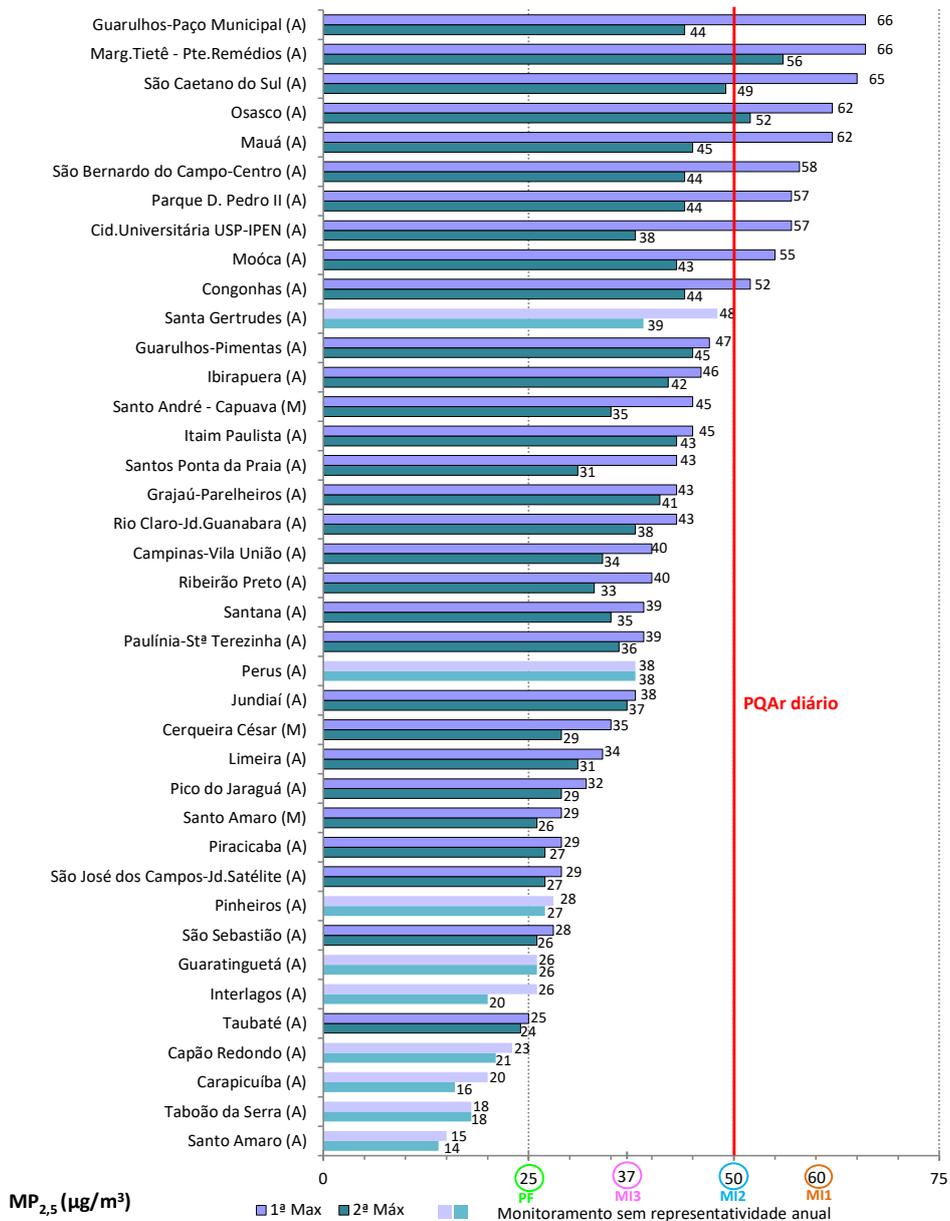


Fonte: CETESB (2024)

6.2.1.2 Partículas Inaláveis Finas – MP_{2,5}

O **Gráfico 6.13** apresenta as concentrações máximas diárias de partículas inaláveis finas registradas em 2023 nas estações manuais e automáticas do estado. Na RMSP, houve ultrapassagens do padrão diário de 50 µg/m³ nas seguintes estações: Guarulhos-Paço Municipal (1), Marginal Tietê-Ponte Remédios (3), São Caetano do Sul (1), Osasco (3), Mauá (1), São Bernardo do Campo-Centro (1), Parque D. Pedro II (1), Cid. Universitária USP-IPEN (1), Moóca (1), Congonhas (1), além da estação Capão Redondo (1) que, apesar de não ter tido representatividade anual dos dados, registrou uma ultrapassagem do padrão diário no período monitorado. Nas demais estações da RMSP, bem como da Baixada Santista, Litoral Norte e do interior do estado, não houve ultrapassagem do padrão diário.

Gráfico 6.13 – MP_{2,5} – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista, Litoral Norte e Interior – 2023



Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQAr e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Observa-se que, das 30 estações com representatividade anual dos dados, as máximas diárias de cinco estações ultrapassaram a Meta Intermediária 1 (MI1), cinco a Meta Intermediária 2 (MI2); 12 a Meta Intermediária 3 (MI3); e sete o Padrão Final (PF). Apenas a estação Taubaté não chegou a ultrapassar o PF.

A **Tabela 6.4** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações automáticas da RMSP, nos últimos cinco anos. Pode-se observar que, em 2023, em comparação com o ano anterior houve pequena redução do percentual de qualidade BOA e aumento das qualidades MODERADA e RUIM. Não foram registradas as qualidades MUITO RUIM e PÉSSIMA.

Tabela 6.4 – $MP_{2,5}$ – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2019 a 2023 – RMSP – Rede Automática

Partículas Inaláveis ($MP_{2,5}$)							
Anos	média de 24h					NU	
	Boa 0 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moderada >50 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ruim >100 - 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Muito Ruim >150 - 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Péssima >250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
RMSP	2019	84,75%	14,67%	0,56%	0,02%	6	
	2020	86,19%	13,35%	0,46%		3	
	2021	86,75%	12,32%	0,82%	0,06%	0,02%	9
	2022	90,00%	9,80%	0,20%			9
	2023	89,00%	10,73%	0,27%			5

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA de 24 horas (até 2021 = 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a partir de 2022 = 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências de ultrapassagens concomitantes em mais de uma estação.

Base RMSP: Todas as estações automáticas fixas com monitoramento anual representativo.

A **Tabela 6.5** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações automáticas do interior, Baixada Santista e Litoral Norte em 2023. Não foram observadas as qualidades RUIM, MUITO RUIM e PÉSSIMA. A estação Taubaté registrou 100% de qualidade BOA.

Tabela 6.5 – $MP_{2,5}$ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Interior, Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática

Partículas Inaláveis Finas ($MP_{2,5}$) - 2023						
Anos	média de 24h					NU
	Boa 0 - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moderada >25 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ruim >50 - 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Muito Ruim >75 - 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Péssima >125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Interior e Litoral do Estado	Campinas-V.União	93,7%	6,3%			0
	Guaratinguetá	99,3%	0,7%			0
	Jundiaí	95,8%	4,2%			0
	Limeira	94,5%	5,5%			0
	Paulínia-Sta Terezinha	94,9%	5,1%			0
	Piracicaba	98,1%	1,9%			0
	Ribeirão Preto	96,7%	3,3%			0
	Rio Claro-Jd.Guanabara	84,4%	15,6%			0
	S.José Campos-Jd.Satélite	98,7%	1,3%			0
	Santa Gertrudes	88,3%	11,7%			0
	Santos-Ponta da Praia	97,0%	3,0%			0
	São Sebastião	99,4%	0,6%			0
	Taubaté	100,0%				0

Fonte: CETESB (2024)

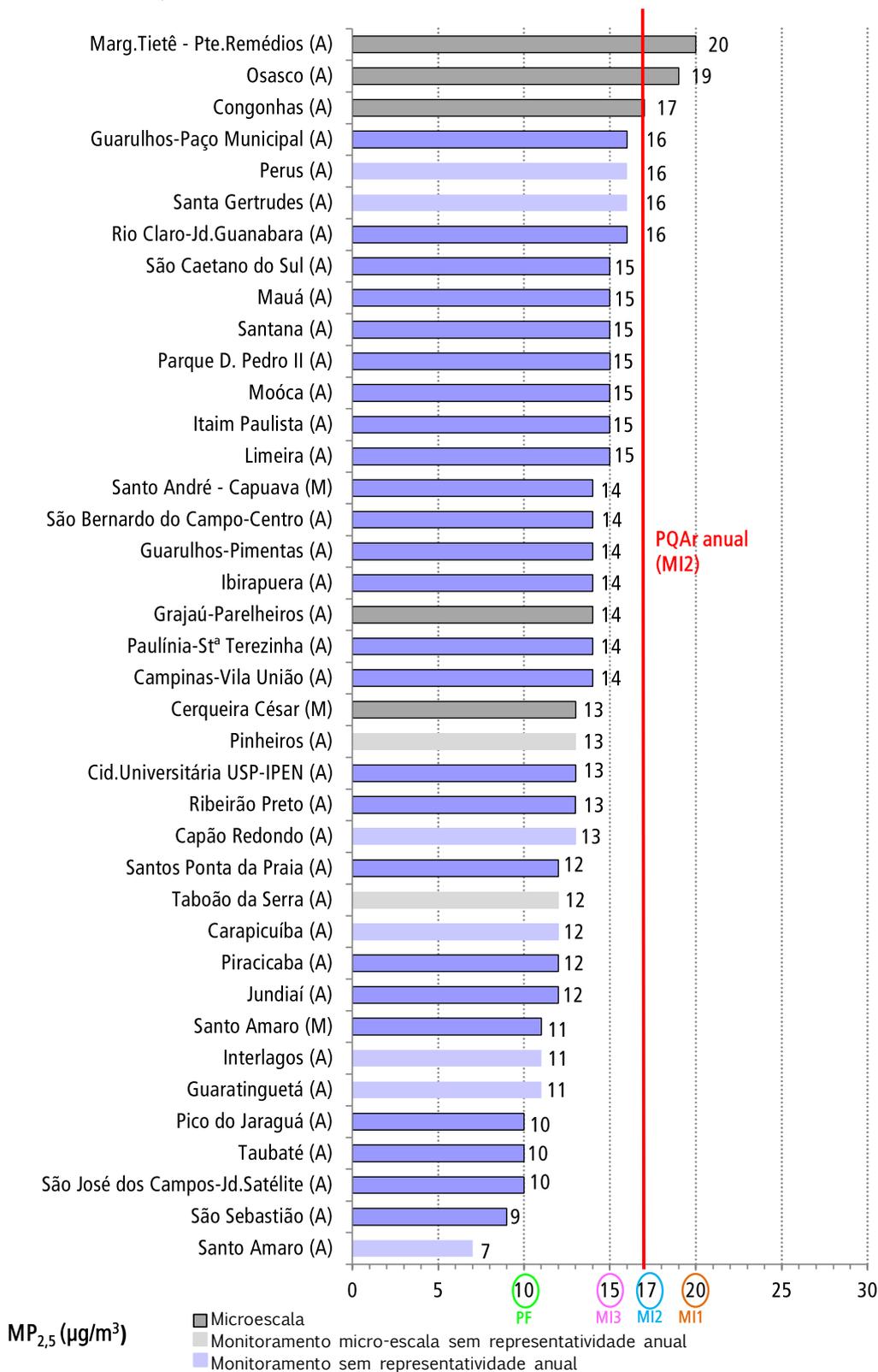
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA de 24 horas de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

No **Gráfico 6.14**, são apresentadas as concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ observadas em 2023. Houve ultrapassagem do padrão anual de 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nas estações Marginal Tietê-Ponte Remédios e Osasco, na RMSP. As demais estações da RMSP, Baixada Santista, Litoral Norte e do interior não apresentaram ultrapassagem do padrão anual. Nas estações com representatividade anual dos dados, observa-se que o Padrão Final, que é a última etapa estabelecida pelo Decreto Estadual nº 59.113/2013, foi atendido em 4 estações. Das 26 estações restantes que atenderam ao critério de representatividade anual, a Meta Intermediária 3 (MI3) foi atendida em 21 locais, enquanto outras 3 estações atenderam à Meta Intermediária 2 (MI2) e as duas estações já citadas superaram a MI2/PQA.

Gráfico 6.14 – MP_{2,5} – Concentrações médias anuais – RMSp, Baixada Santista, Litoral Norte e Interior – 2023



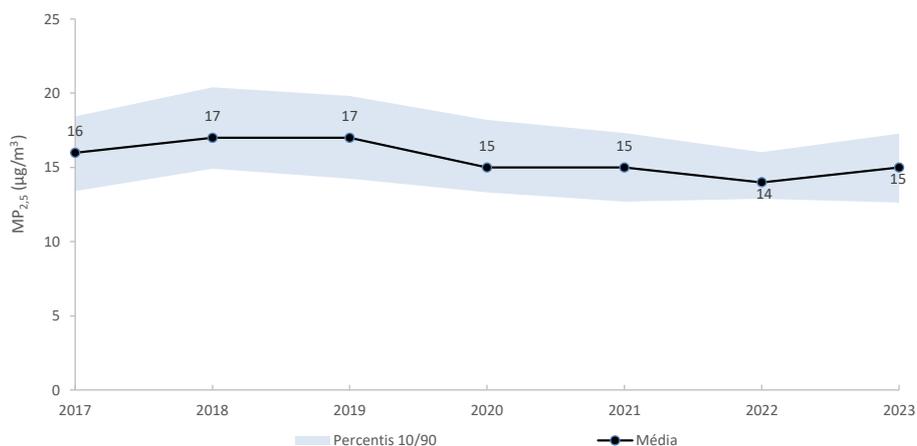
Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQAr e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

O **Gráfico 6.15** apresenta a evolução das concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ na RMSP, no período de 2017 a 2023. A área hachurada em azul indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 10 (limite inferior) e 90 (limite superior). Embora o monitoramento sistemático desse poluente na RMSP date de 2011, nesse gráfico são apresentadas apenas médias integradas para a região dos últimos sete anos, visto que a partir de 2017 a rede passou a contar com maior número de estações que medem esse poluente, tornando o monitoramento mais abrangente. Os dados obtidos nos anos anteriores podem ser consultados nos relatórios já publicados. A concentração média anual em 2023 foi semelhante às dos últimos anos, apesar das condições meteorológicas um pouco mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes observadas neste ano.

Gráfico 6.15 – $MP_{2,5}$ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP

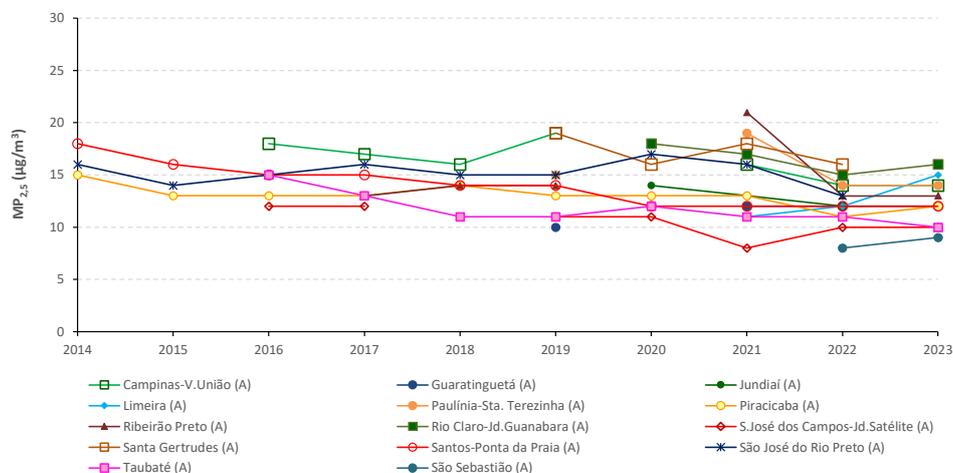


Fonte: CETESB (2024)

Base RMSP: Todas as estações com representatividade anual

O **Gráfico 6.16** apresenta a evolução das concentrações médias anuais das estações da Baixada Santista e do interior, onde se observa que as concentrações médias aumentaram em 2023, quando comparadas com 2022, nas estações Limeira, Piracicaba, Rio Claro-Guanabara e São Sebastião e houve redução em Taubaté. Nas demais estações, as concentrações médias se mantiveram praticamente estáveis em relação ao ano anterior.

Gráfico 6.16 – $MP_{2,5}$ – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista e Interior



Fonte: CETESB (2024)

Quanto à relação $MP_{2,5}/MP_{10}$, as medições realizadas na RMSP desde 1987, pela CETESB, têm mostrado que o material particulado inalável fino ($MP_{2,5}$) corresponde a cerca de 60% do material particulado inalável (MP_{10}).

Estudos realizados pela CETESB indicam que grande parte do $MP_{2,5}$, na RMSP, é de origem veicular, quer pela emissão direta desse poluente, quer pela emissão de gases, destacando-se os compostos orgânicos voláteis e o dióxido de enxofre, que reagem na atmosfera dando origem ao material particulado secundário. Nessa fração, o aporte de aerossóis provenientes da ressuspensão de poeira de rua não é significativo.

Em 2023, a relação média do $MP_{2,5}/MP_{10}$ foi de cerca de 0,4 nas estações Santa Gertrudes, Piracicaba, Paulínia-Sta Terezinha e Ribeirão Preto, e de cerca de 0,5 em Guaratinguetá, Limeira e Rio Claro-Jd Guanabara, indicando condições locais diferentes das encontradas na RMSP. Em Jundiaí, Taubaté e São José dos Campos-Jd. Satélite, assim como na RMSP, a relação média $MP_{2,5}/MP_{10}$ foi de cerca de 0,6, indicando que a fração fina, mais nociva à saúde, é predominante em relação à fração grossa. Segundo a OMS (WHO, 2021), a razão de 0,5 é característica de zonas urbanas de países em desenvolvimento e corresponde ao limite inferior da faixa encontrada em regiões urbanas de países desenvolvidos (0,5-0,8).

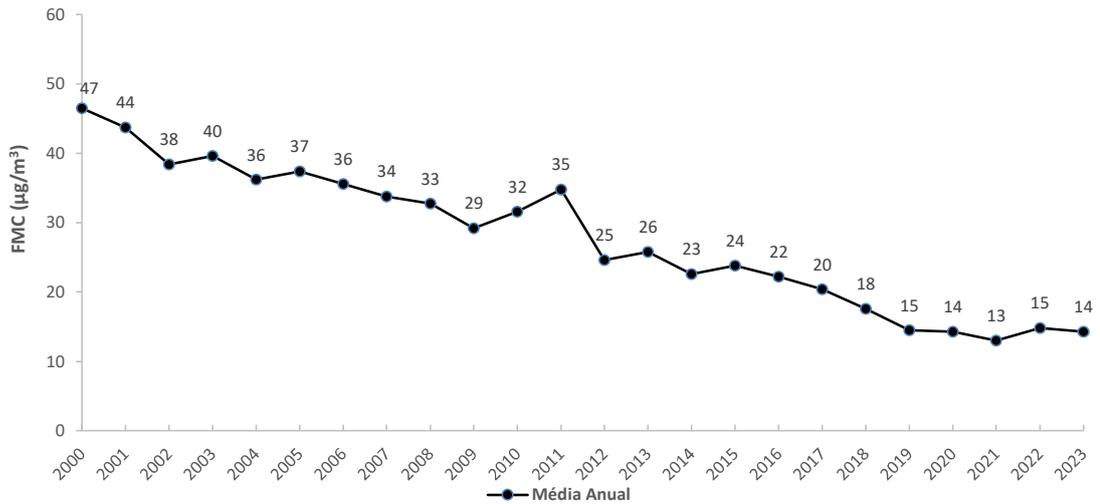
Em 2023, não houve episódios com vários dias de concentrações elevadas de material particulado que merecessem destaque, apesar de as condições meteorológicas terem sido as mais desfavoráveis à dispersão de poluentes dos últimos quatro anos, conforme item **5.3.1**.

6.2.1.3 Fumaça – FMC

A determinação de fumaça baseia-se na medida da refletância do material particulado, o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente associado ao teor de fuligem na atmosfera.

Na RMSP, em 2023, não houve ultrapassagem do padrão de curto prazo de fumaça ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e nem do padrão anual ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$), em nenhuma das estações que medem esse poluente.

Na década de 1980, o controle efetivo sobre as atividades industriais refletiu-se, em grande parte, na redução desse poluente. Mais recentemente, como pode ser observado no **Gráfico 6.17**, que apresenta a evolução das concentrações médias anuais de fumaça na RMSP a partir de 2000, os ganhos ambientais devem ser atribuídos, principalmente, ao controle sobre as emissões veiculares, destacando-se os programas e ações desenvolvidos pela CETESB para redução de emissão da fumaça preta em veículos a diesel. Em 2023, a concentração média anual manteve-se no mesmo patamar dos últimos anos, apesar de as condições meteorológicas terem sido mais desfavoráveis do que em 2022.

Gráfico 6.17 – FMC – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP

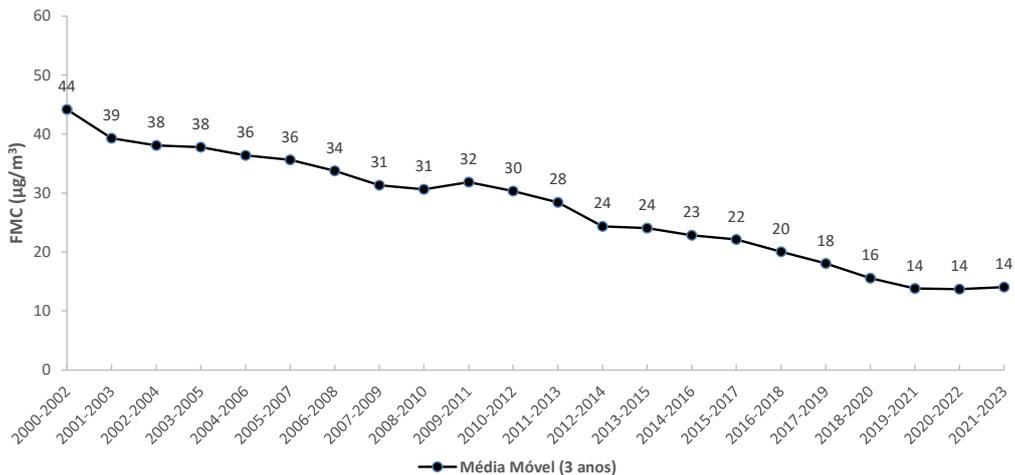
Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Campos Elíseos, Cerqueira César, Ibirapuera, Pinheiros e Tatuapé.

Em 2020, Ibirapuera não teve representatividade anual dos dados.

O **Gráfico 6.18**, a seguir, apresenta a evolução das médias móveis das concentrações médias anuais, obtidas em cada estação, considerando-se o intervalo de três anos. Os valores das médias móveis permanecem os mesmos desde o período 2019-2021.

Gráfico 6.18 – FMC – Evolução das médias móveis – RMSP

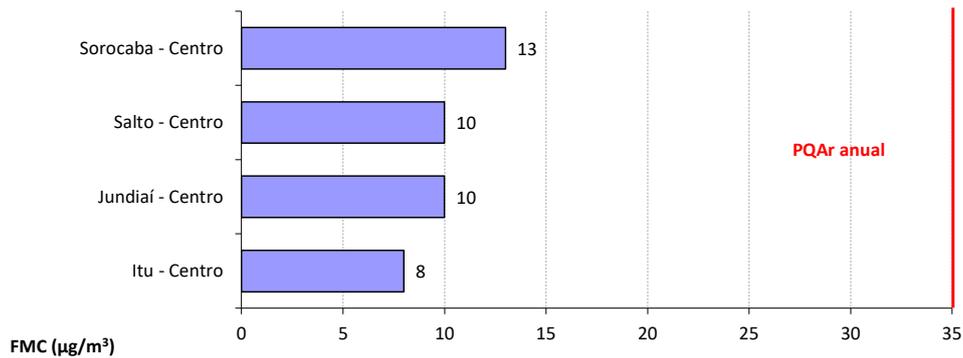
Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Campos Elíseos, Cerqueira César, Ibirapuera, Pinheiros e Tatuapé.

Em 2020, Ibirapuera não teve representatividade anual dos dados.

No interior (**Gráfico 6.19**) nenhuma estação registrou ultrapassagem do padrão anual, em 2023.

Gráfico 6.19 – FMC – Classificação das concentrações médias anuais – Interior – 2023

Fonte: CETESB (2024)

6.2.1.4 Partículas Totais em Suspensão – PTS

Na RMSP, não houve ultrapassagens do padrão de curto prazo de PTS (240 µg/m³).

Na Baixada Santista, a estação Cubatão-Vila Parisi apresentou 18 ultrapassagens do padrão diário, atingindo os valores máximos de 605 µg/m³ e 539 µg/m³ nos dias 18/03/23 e 23/05/23, respectivamente.

6.2.2 Ozônio – O₃

Na **Tabela 6.6**, a seguir, é apresentada a distribuição percentual da qualidade do ar para o ozônio na RMSP, nos últimos cinco anos. Observa-se que 2023 apresentou o menor percentual da qualidade do ar BOA dos últimos cinco anos, chegando a atingir a qualidade PÉSSIMA.

Tabela 6.6 – O₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2019 a 2023 – RMSP – Rede Automática

Ozônio (O ₃)							
Anos	Máxima média móvel de 8h					NU	
	Boa 0 - 100 µg/m³	Moderada >100 - 130 µg/m³	Ruim >130 - 160 µg/m³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m³	Péssima >200 µg/m³		
RMSP	2019	86,27%	9,92%	2,96%	0,82%	0,03%	41
	2020	84,99%	10,97%	3,29%	0,75%		52
	2021	86,20%	11,16%	2,22%	0,42%		41
	2022	88,50%	9,70%	1,50%	0,30%		35
	2023	84,89%	11,28%	3,25%	0,52%	0,05%	57

Fonte: CETESB (2024)

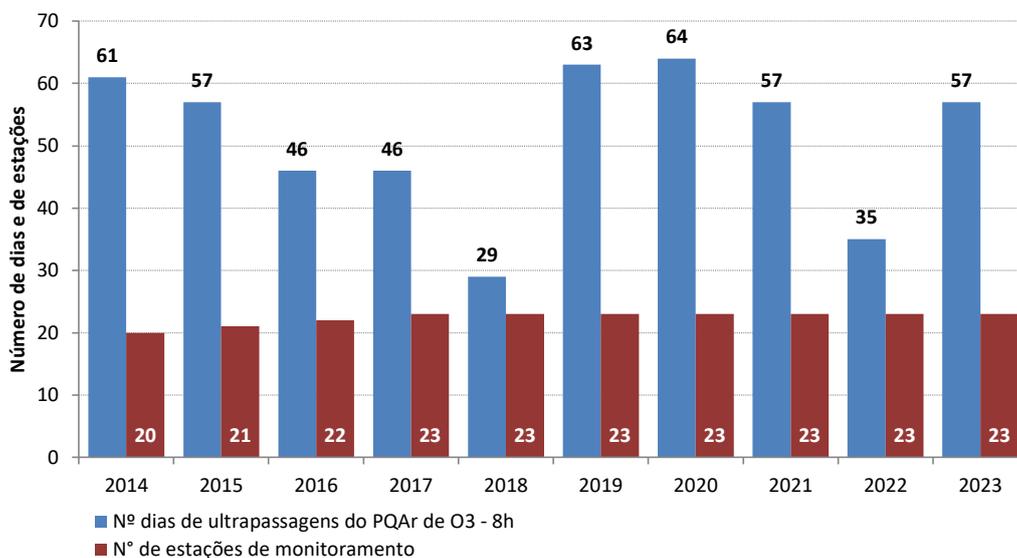
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 8 horas (até 2021 = 140 µg/m³, a partir de 2022 = 130 µg/m³). No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências de ultrapassagens concomitantes em mais de uma estação.

Base: Todas as estações fixas com representatividade anual.

O **Gráfico 6.20** apresenta o número de dias em que o padrão de 8 horas do ozônio ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3$) teria sido ultrapassado na RMSP, caso os padrões estaduais atuais estivessem vigorando desde 2014, para que se possa avaliar a evolução desse poluente ao longo dos anos. Deve-se considerar na análise, que houve um aumento do número de estações de medição desse poluente, conforme mostrado no **Gráfico 6.20**. Em 2023, o PQA_r foi ultrapassado em 57 dias na RMSP, dentre os quais o Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 8 h), que se reflete na qualidade PÉSSIMA, foi atingido em no dia 23/09/2023, nas estações Cid. Universitária USP-IPEN, Ibirapuera, São Bernardo do Campo-Centro e São Caetano do Sul, sendo declarado Estado de Atenção no boletim de qualidade do ar do dia 24/09/2023.

Gráfico 6.20 – O₃ – Evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão estadual e do número de estações de monitoramento – RMSP



Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas e móveis.

A RMSP apresenta um alto potencial de formação de ozônio, uma vez que há grande quantidade de emissão de seus precursores, principalmente de origem veicular. Porém, a maior ou menor frequência de ocorrência desse poluente está relacionada, sobretudo, às variações das condições meteorológicas. Além disso, em razão das complexas interações químicas e meteorológicas envolvidas nas reações atmosféricas de formação e transporte do ozônio, não é possível observar uma tendência na concentração desse poluente ao longo dos anos.

Em 2023, foram observados vários dias com altas concentrações de ozônio, principalmente nos meses de setembro, novembro e dezembro, quando ocorreram períodos prolongados em que o estado esteve sob atuação de massas de ar quente e seco ou de áreas de instabilidade continental, que ocasionaram altas temperaturas e muitas horas de incidência de radiação solar, propiciando condições para a formação desse poluente (vide item 5.2, sobre as condições meteorológicas nesse ano).

A **Tabela 6.7** apresenta o número de dias em que o padrão estadual de qualidade do ar de ozônio foi excedido nas estações da RMSP, para cada mês, em 2023. Observa-se que, de maneira geral, a maioria dos dias com ultrapassagem do padrão ocorreu nos meses de primavera e verão. No mês de dezembro, em que ocorreram 14 dias de ultrapassagens do padrão, a média das temperaturas das máximas ficou acima da média das máximas do período de referência (2005 a 2021) e o total de precipitações ficou abaixo do total do período de referência (vide item 5.2). Em novembro, em que ocorreram doze dias de ultrapassagens do padrão, houve o predomínio de massas de ar quente e seco por vários dias consecutivos, que influenciaram nas médias das máximas temperaturas, fazendo com que as mesmas fossem bastante elevadas em praticamente todas as regiões do estado, resultando em condições meteorológicas propícias para a formação de ozônio.

Tabela 6.7 – O₃ – Número de dias com ultrapassagem do padrão estadual – RMSP

	Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
PQAr-8h	2022	4	10	4	1	0	1	3	0	0	6	3	3	35
	2023	2	1	5	1	2	0	0	6	10	4	12	14	57

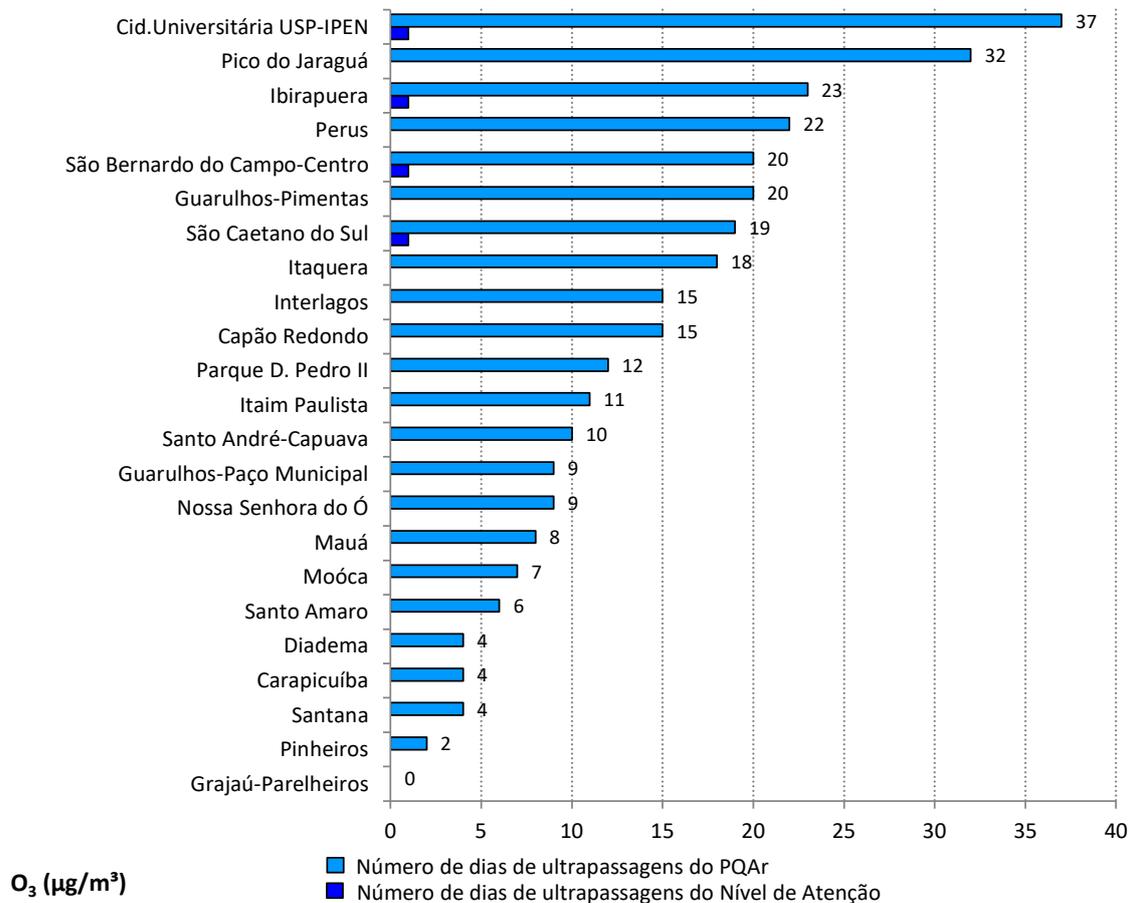
Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas

No **Gráfico 6.21**, é apresentada a classificação do número de dias em que o PQAr estadual ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$) foi ultrapassado nas estações da RMSP, em 2023. O Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 8\text{h}$), que se reflete na qualidade PÉSSIMA, foi ultrapassado nas estações Cid. Universitária USP-IPEN, Ibirapuera, São Bernardo do Campo-Centro e São Caetano do Sul, em 23/09/2023. Níveis semelhantes de concentração foram observados em outros anos: em 2014 (5 dias), 2015 (5 dias), 2016 (1 dia) e 2019 (2 dias) quando as concentrações médias de 8 horas superaram $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em alguma das estações de medição da RMSP.

Gráfico 6.21 – O₃ – Classificação do número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h
RMSP – 2023

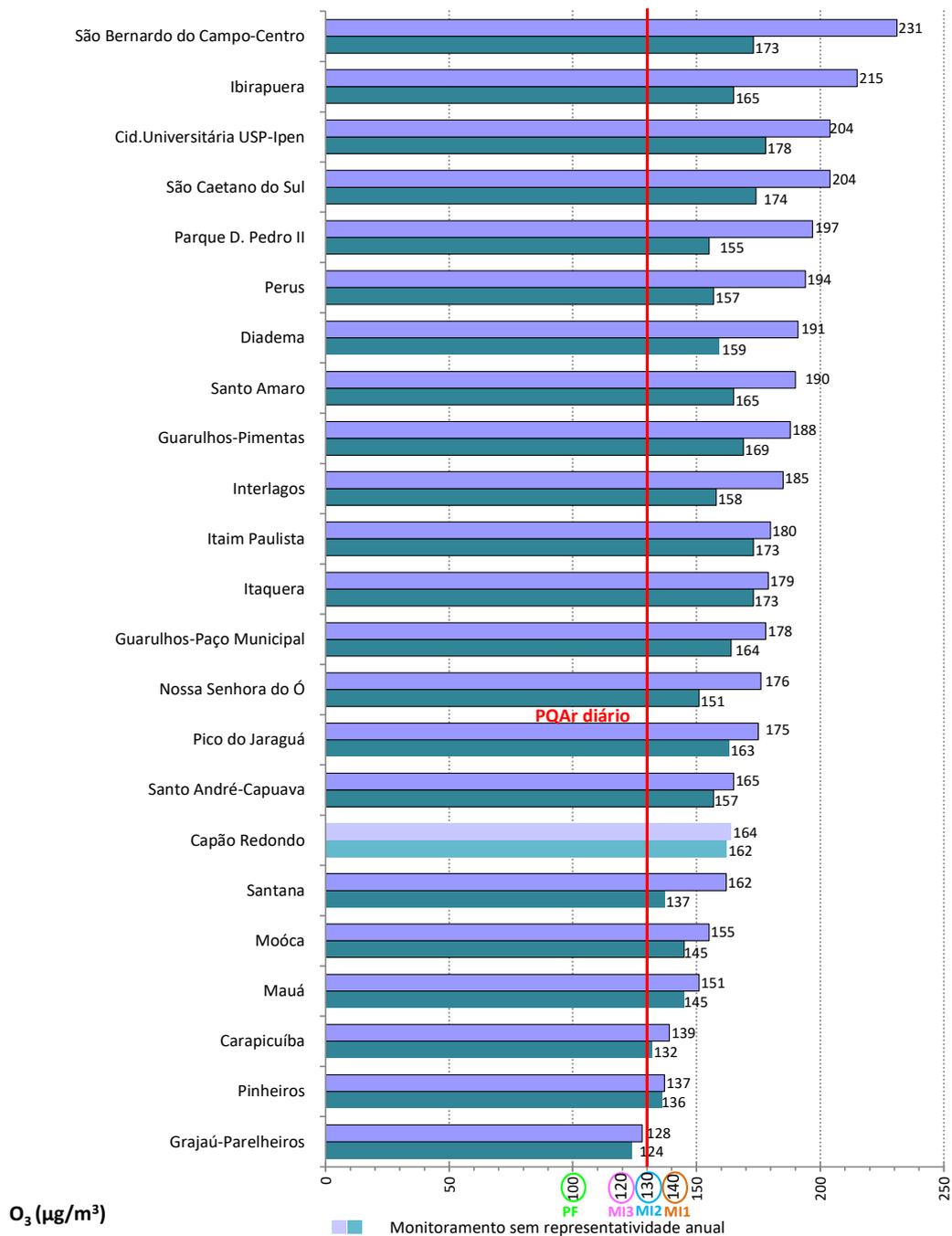


Fonte: CETESB (2024)

Obs: O número de dias de ultrapassagem do Nível de Atenção está incluso no número de dias de ultrapassagem do PQA.

Na estação Cid. Universitária-USP-IPEN, a maioria das concentrações mais elevadas é oriunda do transporte de ozônio ou de seus precursores de locais mais distantes, sendo transportados pela ação dos ventos do quadrante Este-Sul. Já a estação Pico do Jaraguá está localizada a 1.080 metros do nível do mar, dentro do Parque Estadual do Jaraguá, na extremidade oeste da RMSP, enquanto as demais estações estão localizadas no nível de superfície da área urbana (entre 700 a 800 metros do nível do mar), mais próximas às fontes de emissão dos poluentes. Uma vez que não existem fontes locais de emissão dos precursores de ozônio próximas à estação Pico do Jaraguá, os níveis desse poluente encontrados na mesma são decorrentes do transporte do ozônio ou de seus precursores provenientes, principalmente da área urbana da RMSP, em função do vento predominante do quadrante Este-Sul, e bem como, pelo transporte de poluentes carregados por ventos de outras direções, de menor frequência, provenientes dos quadrantes Norte-Oeste e Oeste-Sul. O fato de esta estação estar localizada em altitude e distante das fontes de emissão de monóxido de nitrogênio, que reage com ozônio, consumindo o mesmo, contribui para que as concentrações de ozônio sejam mais elevadas nesse local.

No **Gráfico 6.22** são apresentadas as máximas médias móveis de 8 horas diárias registradas nas estações da RMSP. Nessa região, em 2023, não houve ultrapassagens do padrão de qualidade do ar ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3$) apenas na estação Grajaú-Parelheiros, todas as demais estações registraram ultrapassagens do padrão diário de ozônio.

Gráfico 6.22 – O₃ – Concentrações máximas médias móveis de 8 horas diárias – RMSP – 2023

Fonte: CETESB (2024)

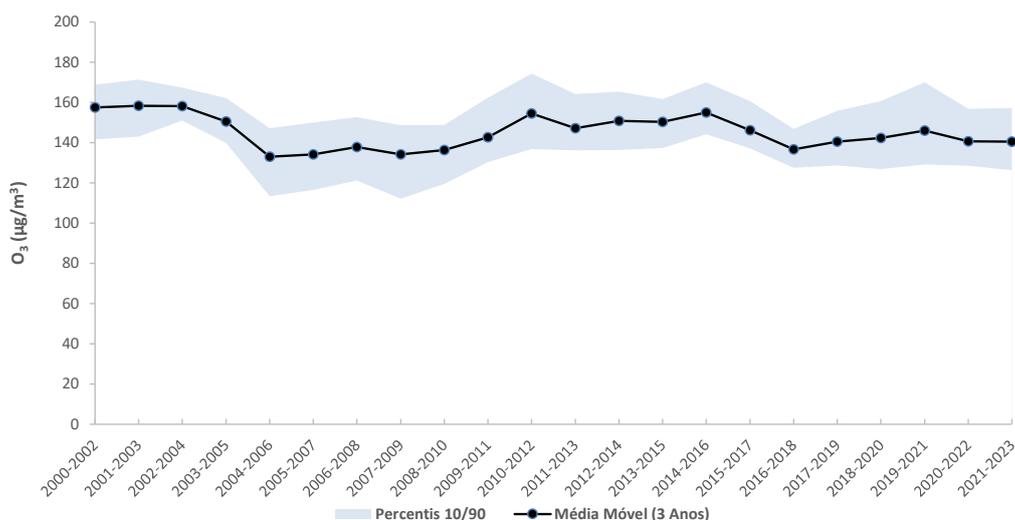
Nota:

MI1; MI2 = PQAr e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

Observa-se que, das 22 estações com representatividade anual dos dados, as máximas médias móveis de 8 horas de 19 estações ultrapassaram a Meta Intermediária 1 (MI1), duas a Meta Intermediária 2 (MI2); e uma a Meta Intermediária 3 (MI3). Nenhuma dessas estações atendeu ao Padrão Final (PF).

O **Gráfico 6.23** apresenta a evolução da média das médias móveis de três anos do 4º maior valor diário (máxima de 8 horas) de cada ano, obtidas em cada estação da RMSP, considerando a base de estações com monitoramento anual representativo. A média móvel de três anos foi utilizada de forma a atenuar as variações meteorológicas de ano para ano. A área hachurada em azul indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 10 (limite inferior) e 90 (limite superior).

Gráfico 6.23 – O₃ – Evolução das médias móveis do 4º maior valor diário (máxima de 8 horas) – RMSP



Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas com monitoramento anual representativo, exceto Osasco e São Miguel Paulista.

Na **Tabela 6.8**, a seguir, é apresentada a distribuição percentual da qualidade do ar para o ozônio nas estações da Baixada Santista e Litoral Norte, em 2023, quando todas as estações atenderam ao critério de representatividade anual. Observa-se que as estações Cubatão-Vale do Mogi e Santos-Ponta da Praia chegaram a atingir a qualidade RUIM, enquanto a estação Cubatão-Centro chegou a atingir as qualidades RUIM e MUITO RUIM.

Tabela 6.8 – O₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática

Ozônio (O ₃) - 2023						
Anos	Máxima média móvel de 8h					NU
	Boa 0 - 100 µg/m³	Moderada >100 - 130 µg/m³	Ruim >130 - 160 µg/m³	Muito Ruim >160 - 200 µg/m³	Péssima >200 µg/m³	
Litoral	Cubatão-Centro	89,8%	8,2%	1,0%	1,0%	6
	Cubatão-Vale do Mogi	97,5%	1,4%	1,1%		4
	Santos	98,9%	1,1%			0
	Santos-Ponta da Praia	97,8%	1,9%	0,3%		1
	São Sebastião	99,5%	0,5%			0

Fonte: CETESB (2024)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA_r de 8 horas de 130 µg/m³

Dados históricos, observados em Cubatão, mostram que as ocorrências sazonais de ultrapassagens do padrão de ozônio se concentram com maior frequência nos meses de verão e início de outono, comportamento este um pouco diferenciado do observado em outras regiões do estado, onde as ultrapassagens também são frequentes no período da primavera. Esses episódios de Cubatão podem estar associados às altas temperaturas que ocorrem na região da Baixada Santista, principalmente nos meses de janeiro a março, além das diferenças de comportamentos sazonais da intensidade dos ventos da brisa marítima e sua interação com o relevo.

Na **Tabela 6.9**, a seguir, são apresentadas as distribuições percentuais da qualidade do ar nas estações da rede automática do interior do estado em 2023. Nota-se que foram observados dias com qualidade RUIM na maioria das estações e MUITO RUIM nas estações Jacareí, Jundiáí, Paulínia-Santa Terezinha e São José dos Campos-Jd. Satélite. Essas ocorrências de qualidade RUIM e MUITO RUIM foram associadas, principalmente, ao período de dias com altas temperaturas e alta incidência de radiação solar que ocorreram durante os meses de setembro, novembro e dezembro.

Tabela 6.9 – O₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – Interior – Rede Automática

Ozônio (O ₃) - 2023						
Anos	Máxima média móvel de 8h					NU
	Boa 0 - 50 µg/m ³	Moderada >50 - 100 µg/m ³	Ruim >100 - 150 µg/m ³	Muito Ruim >150 - 250 µg/m ³	Péssima >250 µg/m ³	
Interior do Estado	Americana	85,3%	12,8%	1,9%		7
	Araçatuba	96,4%	3,6%			0
	Araraquara	90,2%	9,5%	0,3%		1
	Bauru	97,6%	2,4%			0
	Campinas-Taquaral	80,4%	16,2%	3,4%		6
	Campinas-V.União	91,5%	7,1%	1,4%		5
	Catanduva	91,2%	7,4%	1,4%		5
	Guaratinguetá	91,7%	7,2%	1,1%		4
	Jacareí	89,4%	7,4%	2,6%	0,6%	11
	Jaú	97,8%	2,2%			0
	Jundiáí	70,7%	17,4%	10,0%	1,9%	43
	Limeira	83,0%	15,9%	1,1%		4
	Marília	90,0%	9,7%	0,3%		1
	Paulínia	86,4%	12,7%	0,9%		3
	Paulínia-Sta Terezinha	82,8%	11,4%	5,5%	0,3%	21
	Piracicaba	86,8%	9,9%	3,3%		10
	Presidente Prudente	95,8%	4,2%			0
	Ribeirão Preto	99,7%	0,3%			0
	Rio Claro-Jd.Guanabara	89,0%	11,0%			0
	S.José Campos	91,9%	7,4%	0,7%		2
	S.José Campos-Jd.Satélite	84,4%	9,9%	5,4%	0,3%	20
	São José do Rio Preto	87,4%	11,2%	1,4%		5
	Sorocaba	100,0%				0
Tatuí	93,7%	6,3%			0	
Taubaté	91,5%	7,4%	1,1%		4	

Fonte: CETESB (2024)

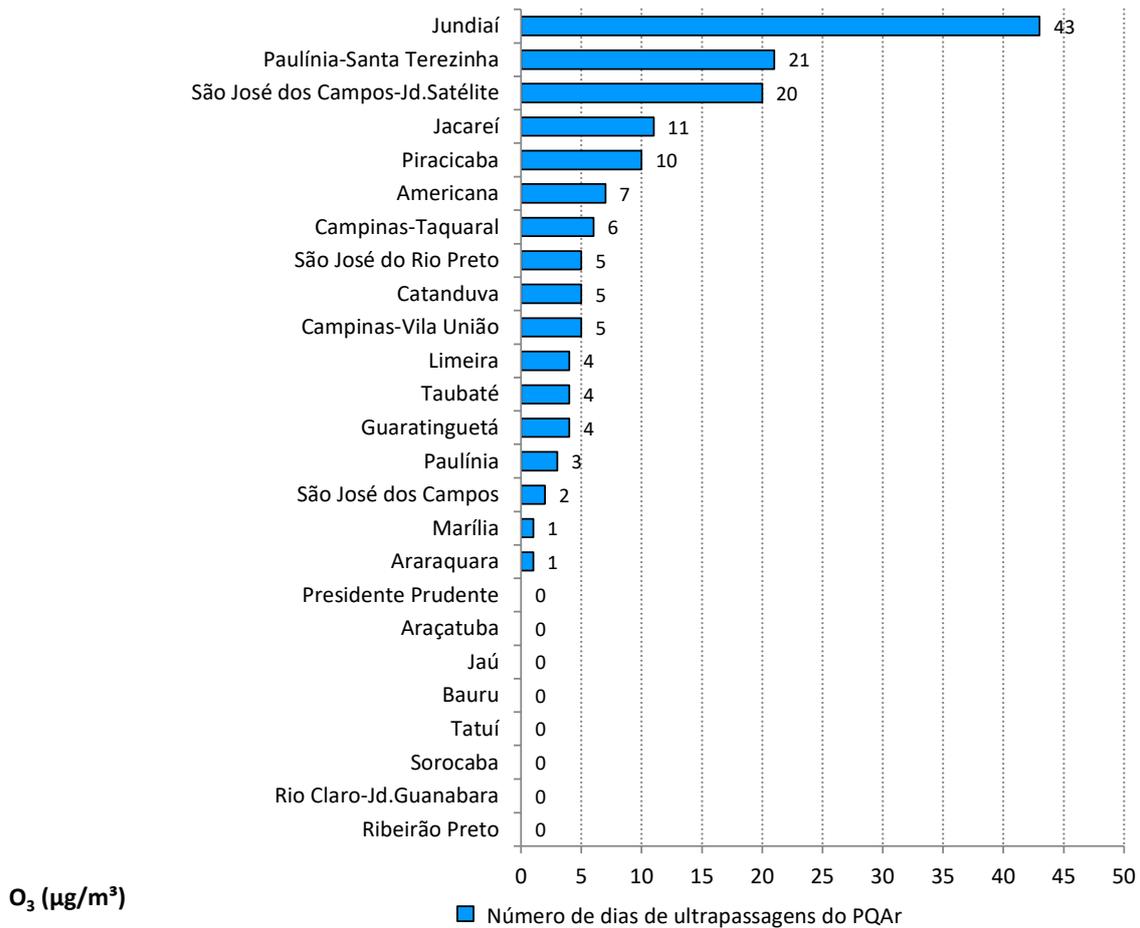
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 8 horas de 130 µg/m³

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

No **Gráfico 6.24**, a seguir, é apresentada a classificação do número de dias em que o PQAr estadual foi ultrapassado nas estações do interior do estado, em 2023. O Nível de Atenção não foi atingido em nenhuma delas. As estações que apresentaram maior número de dias de ultrapassagens do PQAr de 8h de ozônio foram Jundiaí, com 43 dias, e Paulínia-Santa Terezinha, com 21 dias.

Gráfico 6.24 – O₃ – Classificação do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8h Interior – 2023

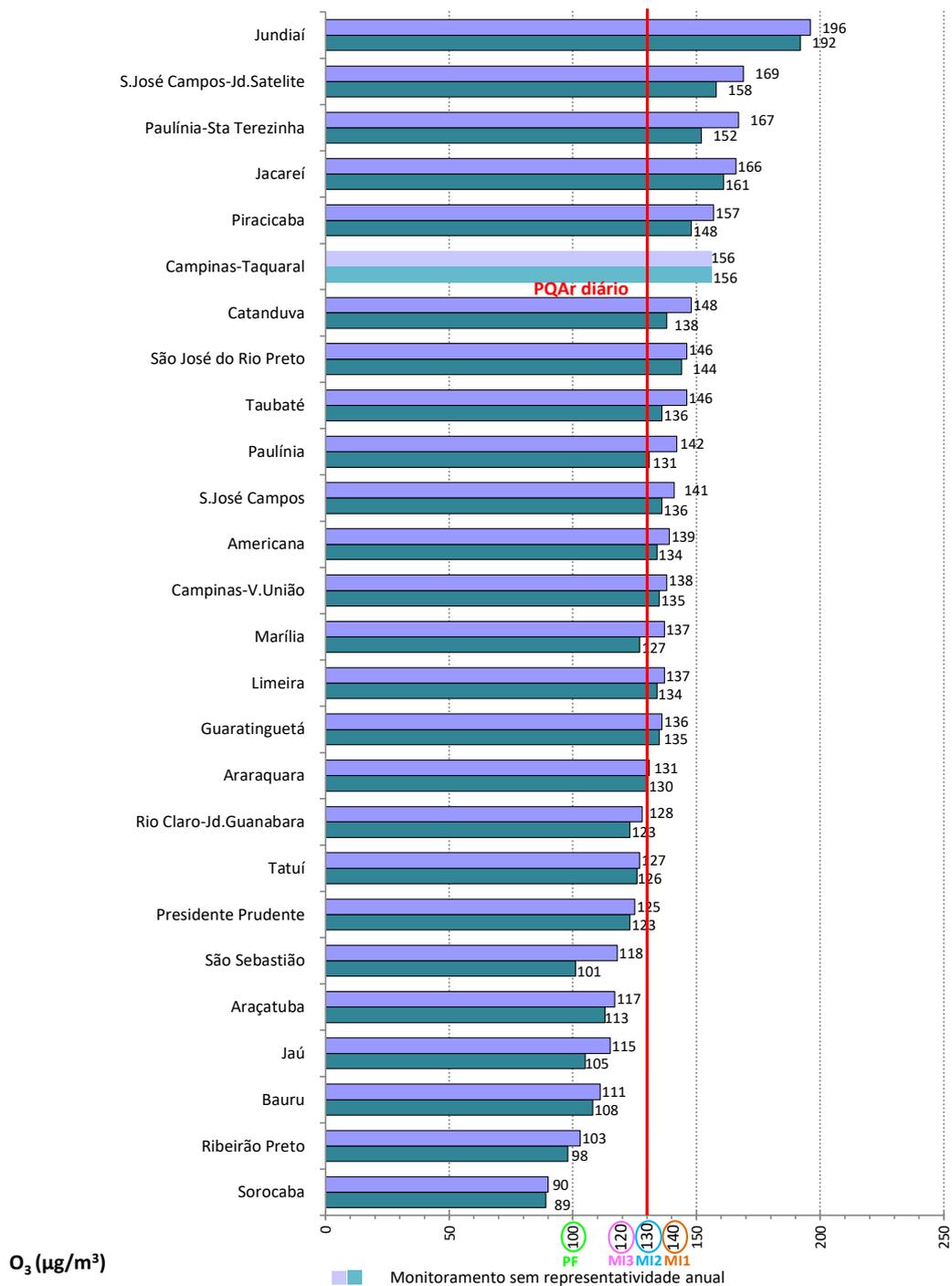


Fonte: CETESB (2024)

Os níveis de ozônio encontrados em Jundiaí podem ser, além das fontes locais de emissão de precursores de ozônio, decorrentes do transporte dos poluentes provenientes da RMSP, por esse município localizar-se a cerca de 50 km da região e na direção predominante dos ventos, e do transporte de poluentes oriundos da RMC, carregados por ventos provenientes do quadrante Norte-Oeste.

Em Paulínia-Santa Terezinha, as ultrapassagens do padrão podem estar associadas às emissões dos precursores de ozônio pelas fontes locais, bem como pela contribuição do transporte do poluente e de seus precursores provenientes da cidade de Campinas.

No **Gráfico 6.25** são apresentadas as máximas médias móveis de 8 horas diárias registradas nas estações do interior, onde ocorreram ultrapassagens do padrão de qualidade do ar (130 µg/m³) em 16 estações, das 25 estações com representatividade anual dos dados. A estação Campinas-Taquaral também teve ultrapassagem do padrão de qualidade para esse poluente, apesar de não ter tido representatividade anual dos dados.

Gráfico 6.25 – O₃ – Concentrações máximas médias móveis de 8 horas diárias – Interior – 2023

Observa-se que, das 25 estações com representatividade anual dos dados, as máximas médias móveis de 8 horas de dez estações ultrapassaram a Meta Intermediária 1 (MI1), seis a Meta Intermediária 2 (MI2); três a Meta Intermediária 3 (MI3); e cinco o Padrão Final (PF). Apenas a estação Sorocaba atendeu ao PF.

Episódios de Ozônio em 2023

Durante o ano de 2023 ocorreram quatro períodos de dias consecutivos em que ocorreram episódios de altas concentrações de ozônio. No primeiro período, entre 19/09 e 26/09 (**Tabela 6.10 e 6.11**), as altas concentrações desse poluente foram observadas na RMSP e ainda em outras regiões do estado. Nesse período houve o predomínio de massas de ar quente em todo o estado, com ocorrência de alta incidência de radiação solar e altas temperaturas. Em alguns locais do interior do estado, houve ocorrência de chuvas isoladas no final da tarde, que se formaram devido ao aquecimento. Essa situação meteorológica propiciou condições para formação de ozônio, principalmente na RMSP, onde se observou, no dia 23 de setembro, qualidade do ar PÉSSIMA em quatro estações, chegando a ser declarado ESTADO DE ATENÇÃO.

O segundo episódio ocorreu entre os dias 08 e 18/11 (**Tabelas 6.12 e 6.13**), quando houve dias consecutivos de predominância de massas de ar quente e seco, com altas taxas de insolação, que propiciaram condições de formação deste poluente, houve recordes nos valores de temperaturas máximas diárias, tanto na capital quanto em outras diversas regiões do estado.

Em dezembro, ocorreram dois episódios com dias consecutivos de ocorrências de altas concentrações deste poluente na RMSP e em diversas localidades do estado, entre os dias 01 e 07 e entre 13 e 19 (**Tabelas 6.12 e 6.13**). Nesses períodos houve o predomínio de áreas de instabilidade continentais, quando foram observados dias com altas temperaturas. Em alguns desses dias houve ocorrência de chuva no final da tarde ou início da noite, devido ao forte aquecimento.

Tabela 6.10 – O₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP

RMSP																								
Data	Capão Redondo	Carapicuíba	Cid. Universitária-USP-Ipen	Diadema	Grajaú-Parelheiros	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Ibirapuera	Interlagos	Itaim Paulista	Itaquera	Mauá	Mooca	Nossa Senhora do Ó	Parque D. Pedro II	Perus	Pico do Jaraguá	Pinheiros	S. André-Capuava	S. Bernardo-Centro	Santana	Santo Amaro	São Caetano do Sul	
19-set-23		124	143	127	90	102	118	141	124	92	119	96		94	118	131	139		68	111	95	123	96	
20-set-23		123	140	83	64	111	138	131	84	95	101	79		138	143	194			61	94	132	96	108	
21-set-23		102	157	114	85	116	114	158	118	101	109	79	92	115	138	135			60	99	113	145	125	
22-set-23		102	146	117	83	124		138	123	137	148	130	97	128	121	149			97	134	106	113	134	
23-set-23		139	204	191	124	178		215	185	173	173	133	143	176	197				108	231	162	190	204	
24-set-23		118	159	135	98	124		146	137	136	146	139	105	127	138				104	145	112	126	150	
25-set-23		101	124	75	55	93		111	83	87	89	73	72	97	106	117			50	90	82	93	92	
26-set-23		118	171	145	78	135			137	139	164	77	111	144	133				98	119	137	165	169	

Boa Moderada Ruim Muito Ruim Péssima

Fonte: CETESB (2024)

Tabela 6.11 – O₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral

Data	INTERIOR																				LITORAL									
	Americana	Araçatuba	Araraquara	Bauru	Campinas-Taquaral	Campinas-V. União	Catanduva	Guaratinguetá	Jacareí	Jau	Jundiaí	Limeira	Marília	Paulínia	Paulínia-Sta Terezinha	Piracicaba	Presidente Prudente	Ribeirão Preto	Rio Claro-Jd. Guanabara	S. José Campos	S. José Campos-Jd. Satélite	São José do Rio Preto	Sorocaba	Tatui	Taubaté	Cubatão-Centro	Cubatão-Vale do Mogi	Santos	Santos-Ponta da Praia	São Sebastião
19-set-23	97	90	96	94		78	105	101	130	87	137	110	101	96	114	140	95	72	94	121	148	103	67	122	116	95	40	59	83	80
20-set-23	127	102	106	101		89	116	131	128	91	192	124	116	122		133	114	82	116	113	146	120	63	102	136	73	39	67	74	80
21-set-23	123	111	109	103		83	107	94	140	101	140	123	126	111	134	136	123	68	109	99	143	104	74	124	111	64	25	49	62	82
22-set-23	120	94	104	102		87	108	118	156	96	160	122	118	115	134	137	103	75	98	129	158	99	84	127		94	31	74	87	80
23-set-23	133	105	119	111		96	123	136	157	115	165	137	127	142	167	157	115	98	116	141	169	120	71	116		99	36	63	83	84
24-set-23		113	119	105		90	131	111	146	101	161	123	137	121	145	142	125	94	108	120	146	131	80	126		130		62	63	80
25-set-23		108	123	104		90	134	135		102	158	128	123	125	152	138	104	103	103	119	153	134	56	100		64	44	64	71	82
26-set-23	132	97	131	99		82	148	105	161	98	172	133	113		142	143	97	96	115	114	156	144	64	111	110	53	34	41	54	75

Boa Moderada Ruim Muito Ruim

Fonte: CETESB (2024)

Tabela 6.12– O₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP

Data	RMSP																									
	Capão Redondo	Carapicuíba	Cid.Universitária-USP-Ipen	Diadema	Grajaú-Paraisópolis	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Ibirapuera	Interlagos	Itaim Paulista	Itaquera	Mauá	Mooca	Nossa Senhora do Ó	Parque D. Pedro II	Perus	Pico do Jaraguá	Pinheiros	S. André-Capuava	S. Bernardo-Centro	Santana	Santo Amaro	São Caetano do Sul			
08-nov-23	164	108	150	159	122	122	140	160	158	147	172	141	137	116	127			117	157	172	116		158			
09-nov-23	137	106	141		78	131	153	131	127	133	136		104	130	115			91	121	123	111		133			
10-nov-23	152	125	157		69	103	118	141	100	96	105	77	97	120	120		143	123	88	88	94	142	115			
11-nov-23	157	119	161		95	112	128		148	116	127	128	119	137	130	132	165	124	128	154	106	121	140			
12-nov-23	161	122	163		105	125	138		149	139	142	151	133	137	143	138	153	129	147	166	115	137	153			
13-nov-23	162	121	163		99	132			149	142	135		126	137	133	141	161	118	146	163	116		147			
14-nov-23	142	111	149		76	109			128	112	124		102	130		140	165	97	111	131	95		123			
15-nov-23		125	168		128	114			157	119	143	131	118	135		143	158		138	173	110		152			
16-nov-23		104	146		72	112	132	129	131	116	135	116		139			161	86	123	135	118		132			
17-nov-23		121			97	119	139	155	150	123	134	124	111	151		154	175	113	126	153	114		142			
18-nov-23		105	145		91	132	150	133	131	129	144	117	111	128	124	119	144	109	127	135	109		137			
19-nov-23		65	99		58	76	101	87	73	85	78	64	74	81	81	90	110	61	79	89	71		85			
20-nov-23		84	91		58	56	82	84	68	63	69	63	72	61	79	89	76	66	69	79	52		73			
21-nov-23	120	90	125		69	101	105	116	108	102	117	94	89	112	102	123	130	79	103	110	87	94	115			
22-nov-23	131	93	132		81	102	119	125	124	104	124	100	86	120	108	120	137	84	106	118	98	99	117			
23-nov-23	79	65	91		47	73	101	85	74	88	92	67	69	85	78	98	104	52	76	77	75	67	85			
24-nov-23	53	43	54		37	32	52	55	45	57	46	44	45	33	54	48	57	27	46	48	29	45	45			
25-nov-23	48	39	44		34	30	51	51	36	45	38	32	46	30	41	40	40	34	32	42		37	35			
26-nov-23	67	68	75		43	43	61	72	58	51	50	41	61	51	67	71	65	55	47	57		63	55			
27-nov-23	74	69	93		43	77	84	88	63	77	78	47	73	75	74	93	101	65	63	52		63	75			
28-nov-23	101	73	102		52	72	69	87	86	63	83	65	61	91	74	92	113	62	71	82	71	71	77			
29-nov-23	100	72	97		49	79	94	92	92	83	94	75	73	98	80	96		63	84	91	78	69	86			
30-nov-23	76	75	108		57	99	122	111	100	111	128	117	84	91	98	98	104	62	111	121	81	82	121			
01-dez-23	92	105	129		42	117	118	118	75	94	98		112	126	127	157	166	107	90	84	102	83	104			
02-dez-23	119	96	139		71	153	188	143	112	155	149	125	133	121	140	127	145	110	137	134	109	115	138			
03-dez-23	98	101	157		55	149	161	165	93	132	144	134	155	128		116	123	137	165	123	130	97	174			
04-dez-23	126	99	131		72	104	136	131	102	123	119	112	109	113		125	137	107	139	120	93	101	155			
05-dez-23	84	101	107		48	70	92	99	72	75	71	54	93			133	146	90	66	72	77	77	79			
06-dez-23	142	91	131		82	103	118	129	125	110	129	116	97			118	134	87	117	135	105	104	128			
07-dez-23	148	107	144		88	117	140	140	138	129	143	128	113		127		151	98	133	148	109	102	130			
08-dez-23	107	71	99		65	92	120	94	80	97	102	78	78		80		102	68	91	90	77	77	96			
09-dez-23	41	42	47		32	26	51	52	38	46	41	33	42		55	53	45	28	37	41	21	38	38			
10-dez-23	73	76	77		34	56	73	75	56	57	51	37	64		79		83	59	43	49	51	61	56			
11-dez-23	66	57	72		35	59	81	69	54	73	64	45	57		65		79	48	50	50	48	54	57			
12-dez-23	59	66	73		34	60	76	72	50	72	64	47	69		69	82	77	43	55	52	48	55	59			
13-dez-23	144	132	144		72	82	85	124	93	77	81	62	94		116	130	145	110	71	79	84	107				
14-dez-23	112	101	129		67	111	132	126	99	115	116	90	111		130	130	143	96	101	102	102	100				
15-dez-23	132	105	150		82	152	169	158	119	180	179	120	145		155	135	153	125	142	135	136	119				
16-dez-23	132	95	147		91	82	103	145	126	97	117	92	108		130	110	126	120	106	117	93	130				
17-dez-23	111	94	117		83	82	97	120	108	100	112	90	99		121	111	122	94	103	110	80	101				
18-dez-23	71	118	140		61	100	108	131	88	95	94	65	108		123	126	158	102	88	93	80	106				
19-dez-23	114	105	124		65	85	94	113	89	87	87	62	87		109	114		99	72	79	74	97				

Boa Moderada Ruim Muito Ruim

Fonte: CETESB (2024)

Tabela 6.13 – O₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral

Data	INTERIOR																				LITORAL										
	Americana	Araçatuba	Araraquara	Baur	Campinas-Taquaral	Campinas-V. União	Catanduva	Guaratinguetá	Jacareí	Jau	Jundiaí	Limeira	Marília	Paulínia	Paulínia-Sta Terezinha	Piracicaba	Presidente Prudente	Ribeirão Preto	Rio Claro-Jd. Guanabara	S. José Campos	S. José Campos-Jd. Satélite	São José do Rio Preto	Sorocaba	Tatuí	Taubaté	Cubatão-Centro	Cubatão-Vale do Mogi	Santos	Santos-Ponta de Praia	São Sebastião	
08-nov-23	102	87	95	86		107	86	94	141	79	151	105		103	131		108	70	97	111	141	86	89	113	108	104	77	62	75	86	
09-nov-23	113	83	89	87		89	90	117	143	82	151	110		115	135		91	71	106	114	140	91	69	93	122	82	70	55	84	93	
10-nov-23	132	94	110	99		88	114	135	166	97	150	134		124	133		98	86	116	136	154	109	75	66	146	65	64	56	59	76	
11-nov-23		102	106	95		100	108	107	128	90	145	110		109	127		106	78	113	99	130	97	86	119	113	83	81	60	63	91	
12-nov-23		104	106	99		101	113	110		85	149	114		110	131		98	80	109	110	139	111	90	117	112	128	104	57	76	90	
13-nov-23		90	104	97		101	109	119			156	116		115	140		92	82	118	111	149	112	89	123	130	96	79	59	75	76	
14-nov-23		92	111	95		94	109	116		97	153	124		117	136		97	90	120	106	144	108	78	102	125	76	57	57	76	76	
15-nov-23		89	106	96		92	109	110		90	167	132	105	127	144		92	95	113	107	134	90	78	105	107	103	87	62	64	72	
16-nov-23		91	107	97		83	105	114		89	158	117	121	124	138		103	85	113	94	119	106	68	100	110		96	88	94	88	
17-nov-23		85	127	92		85	107	114		105	151	119		115	134		90	89	116	103	136	105	79	114	115		84	55	73	81	
18-nov-23		85	105	90		70	99	112		88	147	115		108	130		88	88	106	101	128	108	66	97	105		88	99	113	70	
19-nov-23		78	83	74		84	86	81	81	72	104	86		74	83		78	82	77	73	93	90	52	79	75		55	67	89	73	
20-nov-23	97	78	101	94		91	82	86	80	107	94			78	87		85	80	88	63	85	101	56	61	70		58	55	61	75	
21-nov-23	105	87	104	97		94	102	119	102	142	103			99	115		106	82	87	86	112	101	57	94	106		39	45	60	69	
22-nov-23	95	87	107	88		103	94	84		94	130	95		88	106		101	77	77	69	101	93	60	84	86		81	48	70	74	
23-nov-23	103	73	90	82		108	83	95		91	134	102			113		77	69	85	76	112	80	59	77	93		39	50	61	84	
24-nov-23	65	56	79	41		48	77	73		52	63	66			56		58	57	61	33	58	86	36	40	53		24	45	51	63	
25-nov-23	60	74	81	68		46	94	49		70	43	77			59		57	44	74	30	42	102	40	42	40	21	18	19	24	49	
26-nov-23	89	73	91	66	101	85	97	67		68	91	89		89	99		50	40	90	55	65	108	48	43	67	55	41	52	64	64	
27-nov-23	92	86		90	88	95	76	68		76	110	77		84	95		92	33	65	73	97	85	59	79	70	32	21	36	46	53	
28-nov-23	103	82		85	90	94	87	79		84	100	89		83	96		93	40	84	72	111	84	56	86	84	51	29	40	52	63	
29-nov-23	98	74	85	75	80	83	74	84		80	102	83		67	80			35	79	59	89	71	50	71	88	71	78	56	77	72	
30-nov-23	94	79	83	72	119	116	82	99		65	118	87	81	101	120			44	73	87	115	80	48	58	95	105	88	72	80	92	
01-dez-23	132	75	102	84	156	138	88	90		86	196	126	81	131	135			58	128	88	99	83	53	61	98	47	34	39	45	67	
02-dez-23	107	77	130	99	125	120	95	116		105	139	125	92	120	138			70	116	108	134	90	69	85	121	71	77	48	56	77	
03-dez-23	134	77	101	89	156	135	99	111		89	146	125	90	131	144			64	105	111	135	96	61	89	112	94	87	64	76	75	
04-dez-23		66	99	86	115	132	89	110	103	87	152	105	84	102	124			40	96	91	117	82	70	100	104	63	62	50	67	58	
05-dez-23	103	65	90	93	90	106	80	84	67	78	151	106	70	84	92		76	49	91	62	74	71	46	65	88	40	34	45	59	57	
06-dez-23	100	76	97	90	124	114	98	89	107	86	138	98	83	92	100		92	52	94	77	106	99	60	93	95	63	60	45	46	60	
07-dez-23	92	84	89	100	127	106	88	97	102	86	141	86	97	90	106		91	44	87	83	106	90	70	93	92	192	105	118	141	92	
08-dez-23	109	75		78	113	107	101	101	115	78	109			71	106	116		69	62	88	100	124	110	54	79	116	69	56	57	76	93
09-dez-23	89	72	91	62	61	73	92	67	48	60	66	100	58	63	70		58	61	96	34	50	110	32	38	52	28	23	29	34	45	
10-dez-23	80	75		80	82	97	89	65	61	78	98	83	72	82	92		49	47	79	55	64	95	54	64	66	41	38	31	42	50	
11-dez-23	90	72	80	80	84	97	82	55	91	77	112	81	77	89	84		77	39	76	79	105	81	51	68	67	31	24	34	36	47	
12-dez-23	108	80	88	76	126	124	88	73	53	68	123	111	76	129	117		74	60	105	46	60	99	41	48	54	39	35	32	41	48	
13-dez-23	93	83	79	76	128	124	105	77		70	151	100	84	113			83	56	95	80	102	104	72	83	90	57	51	47	54	62	
14-dez-23	94	83		88	121	111	79	84	93	81	134	100	96	108			92	44	97	76	99	88	75	103	82	48	38	48	58	72	
15-dez-23	105	80	97	89	135	135	76	89	119	75	166	110	98	105	113		96	57	102	108	124	81	81	103	99	61	55	58	73	70	
16-dez-23		82	98	98	125	122	92	91	117	79	130	107	91	101	106		93	54	110	91	122	89	79	108	91	56	48	57	66	61	
17-dez-23		77	85		114	114	77	75	99	74	129	100	93	95	98		92	48	93	79	101	85	67	96	84	62	53	60	69	72	
18-dez-23	104	87	89		140	130	87	101	86	90	144	115	89	121			86	50	109	108	122	92	80	95	100	64	63	48	53	60	
19-dez-23	123	78	105		148	133	103	86	84	82	137	123	75	119		121	74	68	123	82	91	113	80	89	79	44	49	38	45	53	

Boa Moderada Ruim Muito Ruim

Fonte: CETESB (2024)

6.2.3 Dióxido de Nitrogênio – NO₂

As medições de dióxido de nitrogênio (NO₂), que também é precursor do ozônio, mostraram que, em 2023, não houve ultrapassagem do padrão horário (240 µg/m³) na RMSP. A máxima concentração horária registrada foi na estação Congonhas (228 µg/m³).

A distribuição percentual da qualidade do ar nas estações da RMSP, nos últimos cinco anos, é apresentada na **Tabela 6.14**, em que se verifica que, para esse poluente, a qualidade do ar tem se mantido predominantemente BOA.

Tabela 6.14 – NO₂ - Distribuição percentual da qualidade do ar de 2019 a 2023 – RMSP – Rede Automática

Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)						
Anos	Máxima média de 1h					NU
	Boa 0 - 200 µg/m ³	Moderada >200 - 240 µg/m ³	Ruim >240 - 320 µg/m ³	Muito Ruim >320 - 1130 µg/m ³	Péssima >1130 µg/m ³	
RMSP	2019	99,91%	0,09%			0
	2020	99,86%	0,14%			0
	2021	99,90%	0,10%			0
	2022	99,92%	0,04%	0,04%		2
	2023	99,86%	0,14%			0

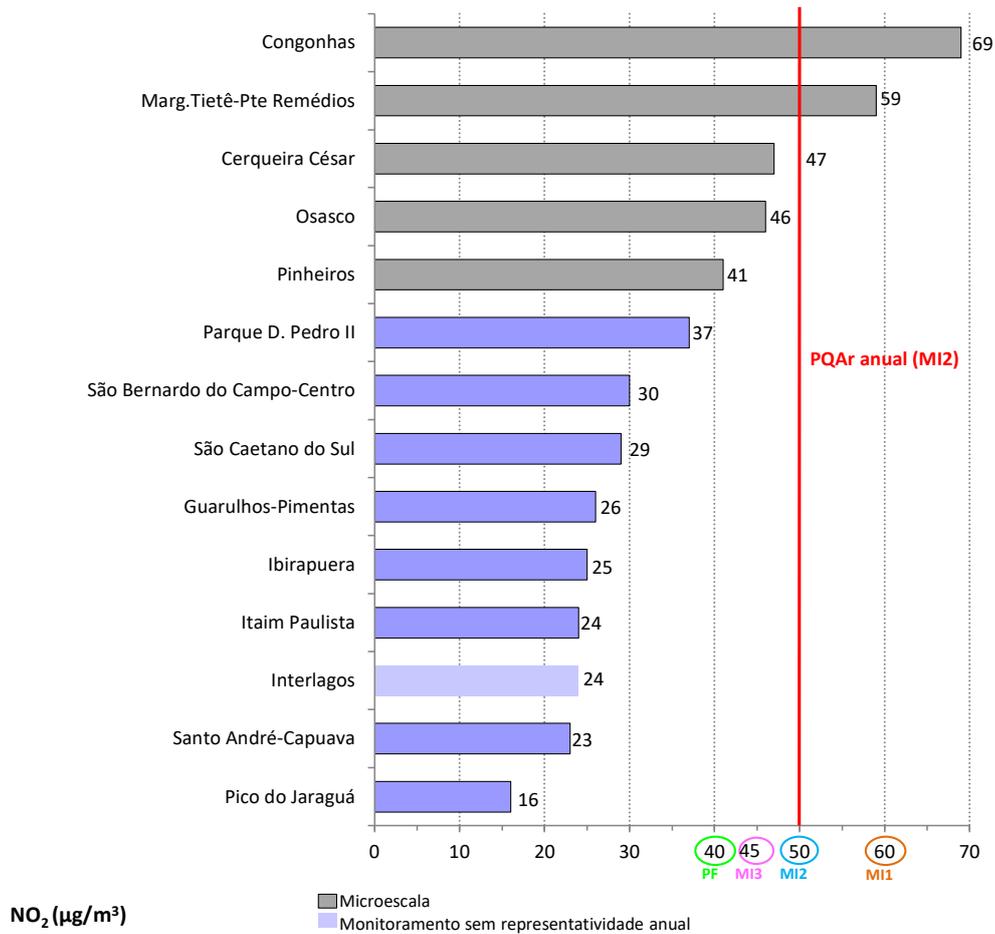
Fonte: CETESB (2024)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA_r de 1 hora (até 2021 = 260 µg/m³, a partir de 2022 = 240 µg/m³). No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências de ultrapassagens concomitantes em mais de uma estação.

Base: Todas as estações fixas com representatividade anual.

Em 2023, na RMSP, houve ultrapassagem do padrão anual/MI2 (50 µg/m³) nas estações Congonhas e Marginal Tietê-Ponte dos Remédios (**Gráfico 6.26**), estações de microescala, portanto, próximas das vias de tráfego. Comparando-se as médias anuais obtidas em 2023, com os valores de referência estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013, observa-se que na RMSP todas as estações distantes das vias de tráfego atenderam ao Padrão Final, que é a última etapa das metas progressivas a ser atingida. Nota-se que, das cinco estações com representatividade espacial de microescala, nenhuma atendeu ao Padrão Final. Dessas estações, Congonhas superou a Meta Intermediária 1 (MI1), Marginal Tietê-Ponte dos Remédios superou a Meta Intermediária 2 (MI2/PQA_r), enquanto, Cerqueira César e Osasco atenderam ao valor da Meta Intermediária 2 (MI2), e Pinheiros, atendeu ao da Meta Intermediária 3 (MI3).

Gráfico 6.26 – NO₂ – Concentrações Médias Anuais – RMSP – 2023

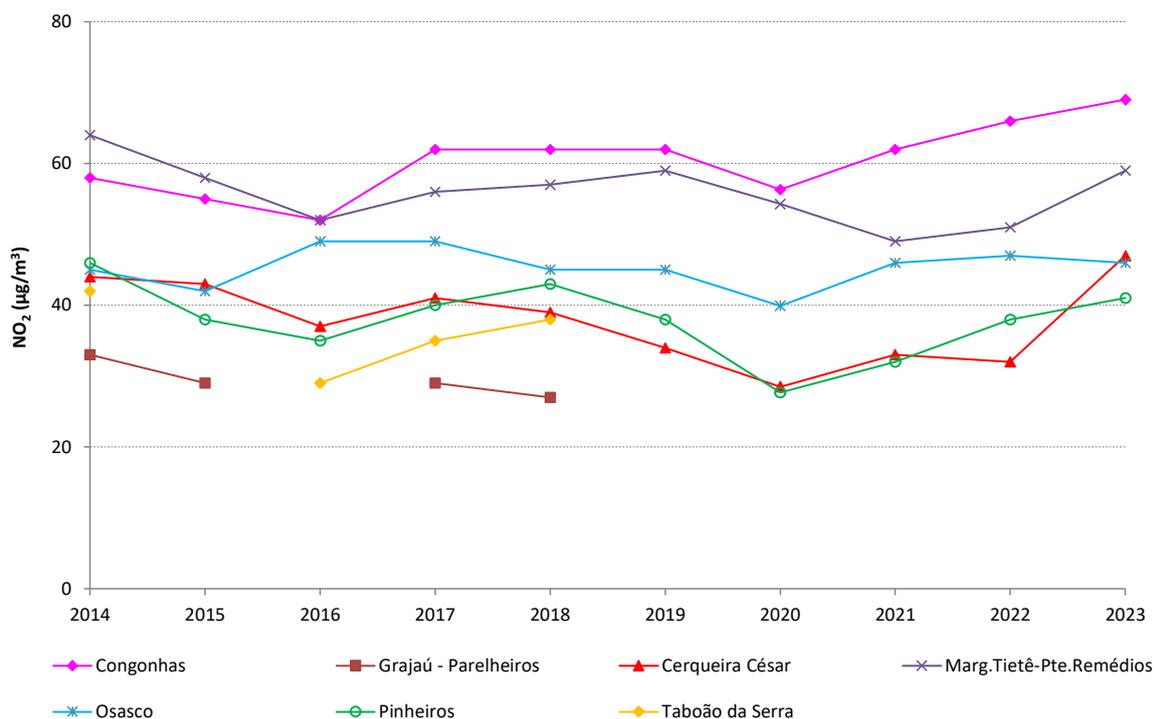
Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQAr e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

O **Gráfico 6.27** apresenta a evolução das concentrações médias anuais desse poluente na RMSP, para as estações com representatividade espacial de microescala, mais próximas às vias de tráfego, e o **Gráfico 6.28** apresenta a mesma evolução para as estações com as demais escalas de representatividade espacial (ver seções 3.3.2 e 4.2 e **Apêndice 5**), mais distantes das vias de tráfego.

Gráfico 6.27 – NO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Microescala

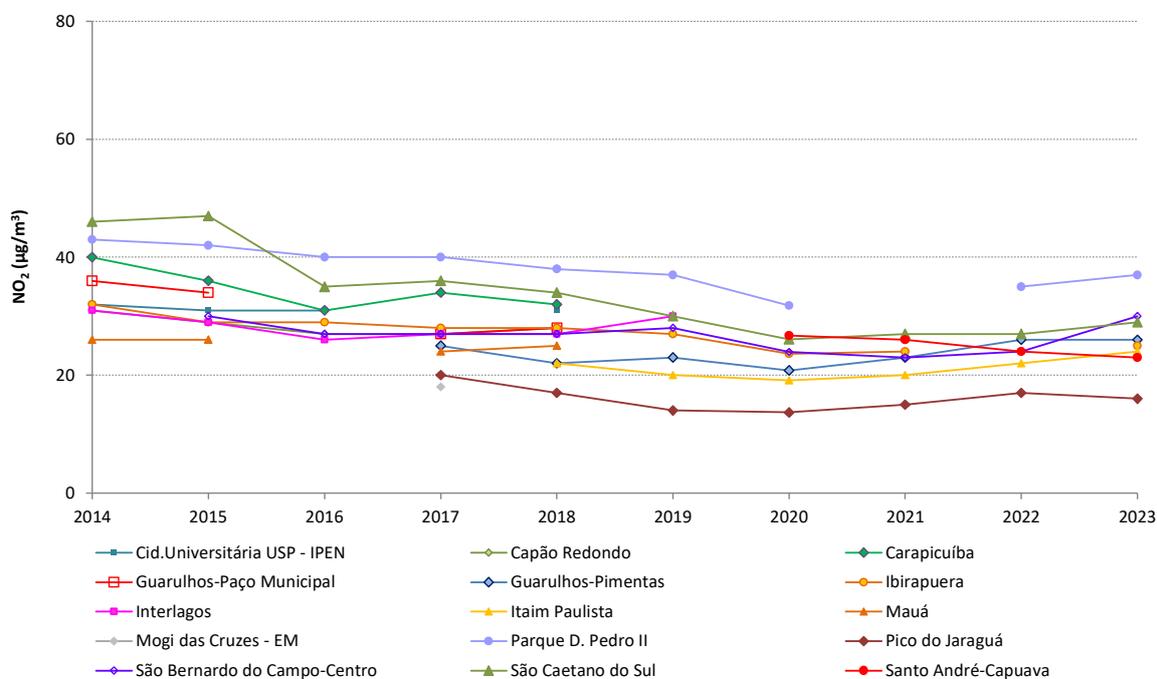


Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Estações fixas com representatividade anual.

Gráfico 6.28 – NO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Demais escalas



Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Estações fixas com representatividade anual.

De maneira geral, na RMSP, os níveis observados nas estações próximas de vias de tráfego foram maiores do que nas estações mais distantes das vias. Houve aumento das concentrações médias anuais em 2023, em relação a 2022, na maioria das estações da RMSP.

Em relação à Baixada Santista, não houve ultrapassagens do padrão de curto prazo, de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O padrão de longo prazo de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ foi ultrapassado somente na estação Cubatão-Vila Parisi, com média anual de $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como consequência das atividades industriais e de transporte ocorridas na região. As máximas concentrações horárias registradas em cada estação foram: $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão-Vila Parisi, $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão-Vale do Mogi e $144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Santos-Ponta da Praia.

Nas estações do interior do estado, as concentrações se mantiveram abaixo dos padrões, tanto de curto prazo quanto de longo prazo. As máximas concentrações horárias registradas foram: Paulínia-Santa Terezinha ($151 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Paulínia ($145 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Jundiá ($134 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Limeira ($124 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

De maneira geral, as concentrações médias têm se mantido estáveis na maioria das estações do interior nos últimos anos.

Na Baixada Santista e no interior, à exceção da estação Cubatão-Vila Parisi, cuja média anual superou à Meta Intermediária 2 (MI2/PQAr), todas as demais estações apresentaram médias anuais menores que o Padrão Final para esse poluente em 2023.

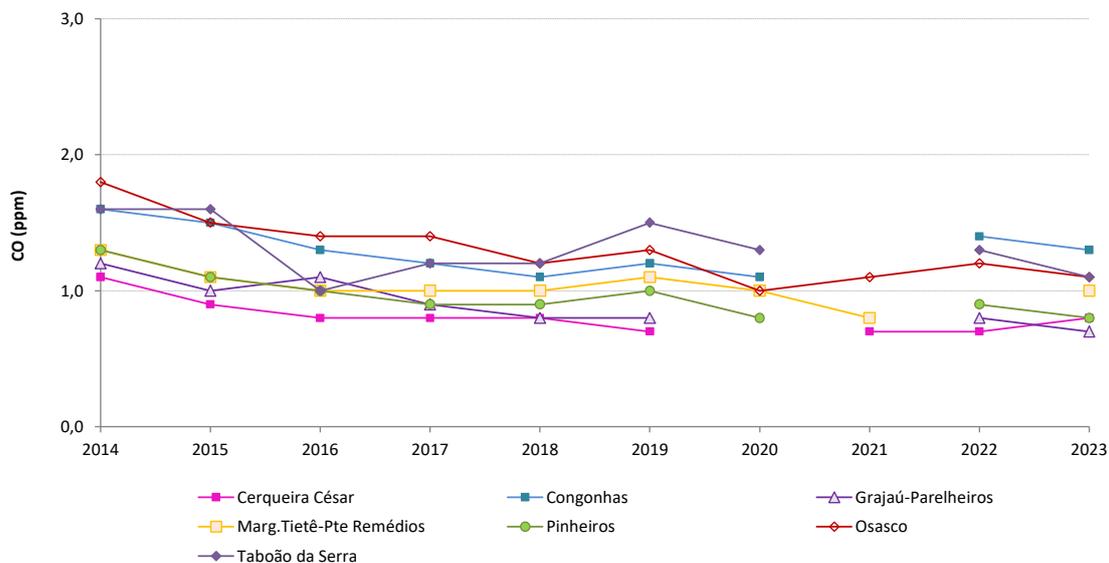
6.2.4 Monóxido de Carbono – CO

Desde 2008, não tem ocorrido ultrapassagem do padrão de qualidade do ar de 8 horas para o monóxido de carbono (9 ppm) em nenhuma das estações da RMSP. Em 2023, a qualidade do ar foi classificada como BOA em todas as

medições realizadas nas 15 estações que monitoraram esse poluente na RMSP. A maior concentração média de 8 horas observada foi 4,4 ppm, na estação Congonhas, seguida pelas estações Taboão da Serra (4,2 ppm) e Grajaú-Parelheiros (4,0 ppm).

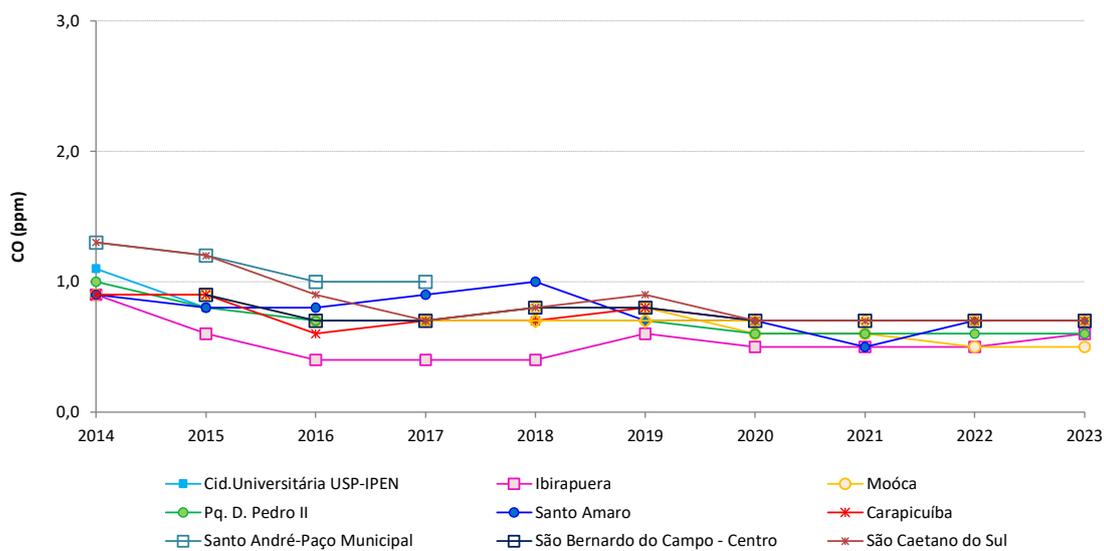
Observa-se, nos **Gráfico 6.29** e **6.30**, a evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) desse poluente na RMSP, para as estações com representatividade espacial de microescala e estações com demais escalas de representatividade, respectivamente. Pode-se observar que as reduções das concentrações ao longo do tempo na RMSP se deram de forma mais significativa em estações localizadas próximas a vias de tráfego intenso (microescala) (**Gráfico 6.29**) do que em estações que estão mais distantes desse tipo de via (demais escalas de representatividade espacial) (**Gráfico 6.30**). As médias anuais das concentrações máximas diárias em 2023 foram maiores do que em 2022 nas estações Cerqueira César e Ibirapuera, provavelmente influenciadas pelo aumento do número de dias com condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão desse poluente. No entanto, de maneira geral essas concentrações em 2023 se mantiveram no mesmo patamar de 2022.

Gráfico 6.29 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP - Microescala



Fonte: CETESB (2024)

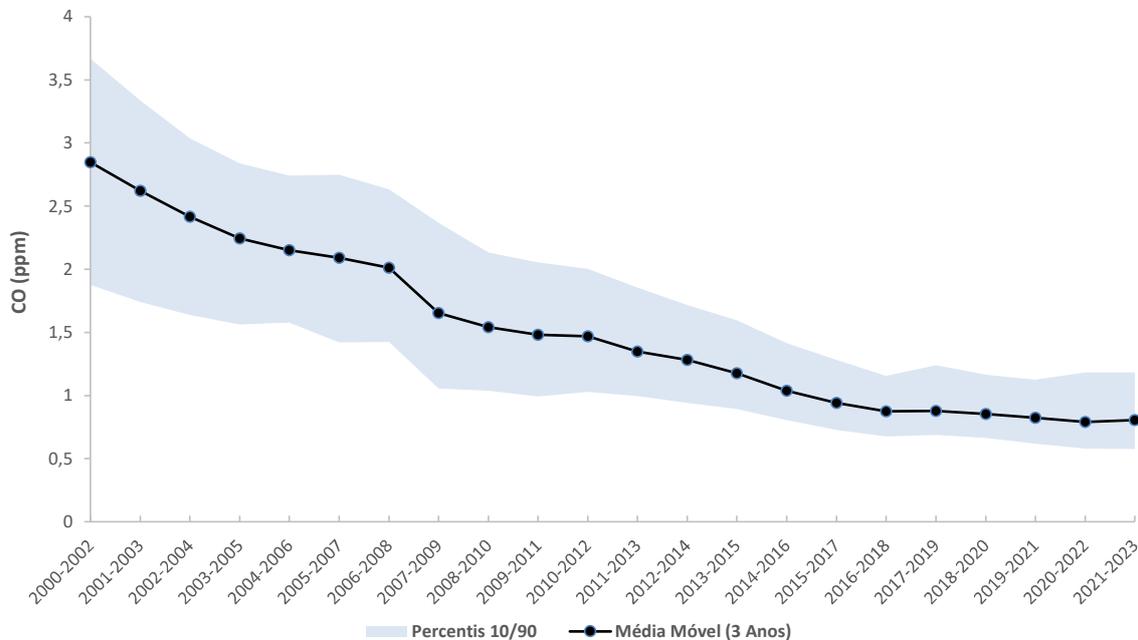
Gráfico 6.30 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP – Demais escalas



Fonte: CETESB (2024)

No **Gráfico 6.31**, é apresentada a evolução da média das médias móveis de três anos, obtidas para as estações da RMSP, calculada a partir das médias anuais das concentrações máximas diárias (média de 8 horas) de CO, considerando a base de estações com monitoramento anual representativo. A média móvel de três anos foi utilizada de forma a atenuar a influência das variações meteorológicas de ano a ano. A área hachurada em azul do gráfico indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 10 (limite inferior) e 90 (limite superior). Nesse caso, o percentil 90 indica que 90% das estações consideradas apresentaram média móvel de três anos abaixo do valor apresentado no gráfico. Apesar do aumento da frota de veículos ao longo dos anos, as concentrações atuais são menores que as observadas na década de 2000, principalmente devido à redução das emissões dos veículos leves novos, em atendimento aos limites cada vez mais rígidos do PROCONVE e do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), associada à renovação da frota existente. Essa queda, que foi mais acentuada no início da década de 2000, tem se dado de maneira mais lenta, tendendo à estabilidade nos últimos anos.

Gráfico 6.31 – CO – Evolução das médias móveis das máximas diárias (média de 8 horas) – RMSP



Fonte: CETESB (2024)

Base RMSP: Todas as estações com monitoramento anual representativo, exceto Lapa.

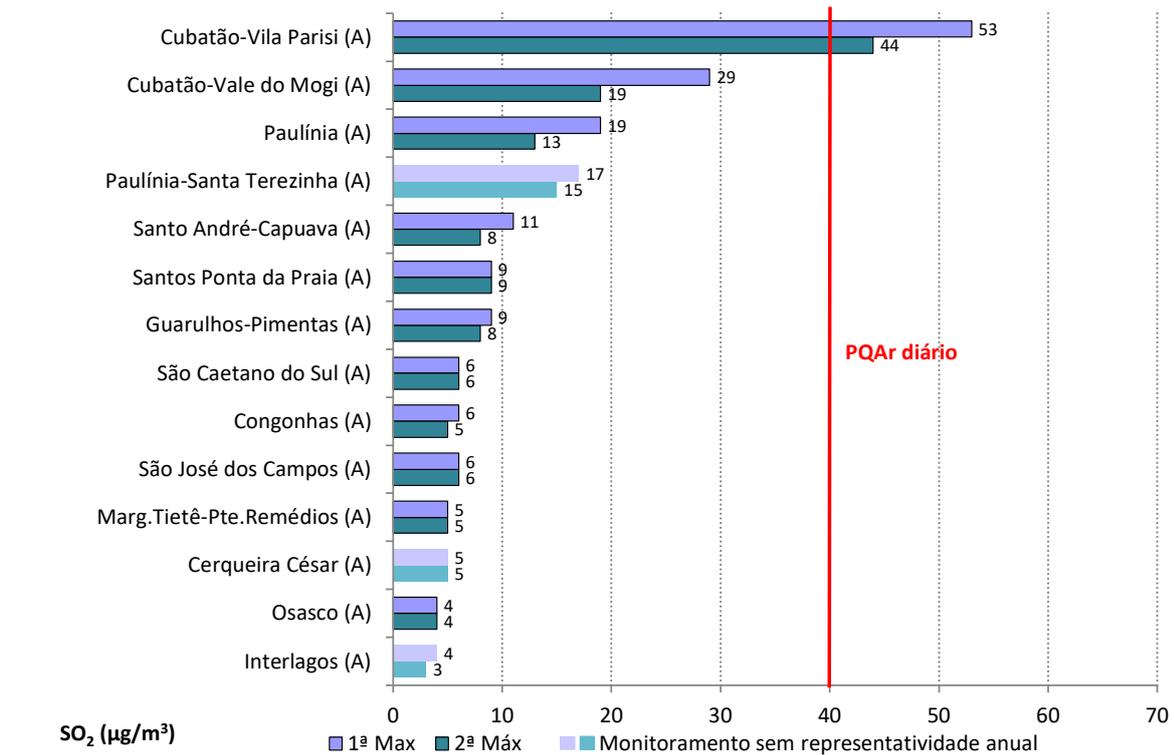
Em 2022, que é o ano de referência das emissões veiculares, os veículos foram responsáveis por cerca de 96 % das emissões de CO na RMSP (ver seção 4.3), dessa forma, há uma correlação estatística muito alta, entre as médias anuais das concentrações máximas diárias das estações da RMSP no período de 2006 a 2022, e a estimativa da evolução das emissões veiculares de CO para a RMSP (vide **Gráfico 4.2**).

Em 2023, além das estações de monitoramento da RMSP, o monóxido de carbono foi monitorado nas estações Campinas-Centro, Ribeirão Preto e São José dos Campos-Jd. Satélite, alcançando as concentrações máximas de 8 horas de 1,8 ppm, 1,0 ppm e 1,5 ppm, respectivamente, valores esses bem abaixo do PQAr (9 ppm).

6.2.5 Dióxido de Enxofre – SO₂

Observa-se no **Gráfico 6.32** que, em 2023, não houve ultrapassagem do PQAr diário (40 µg/m³) de dióxido de enxofre (SO₂) em nenhuma das estações da RMSP que monitoram esse poluente. Na RMSP, a qualidade do ar foi classificada como BOA em todas as medições de curto prazo realizadas. As concentrações máximas diárias foram registradas nas estações automáticas de Santo André-Capuava (11 µg/m³), Guarulhos-Pimentas (9 µg/m³), São Caetano do Sul e Congonhas (6 µg/m³). Na Baixada Santista houve quatro ultrapassagens do PQAr diário, na estação Cubatão-Vila Parisi, sendo que a máxima diária foi de 53 µg/m³.

Gráfico 6.32 – SO₂ – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2023



A **Tabela 6.15** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações da RMSP, Baixada Santista e interior do estado, em 2023. A qualidade RUIM foi observada, nos quatro dias em que houve ultrapassagem do PQAr, na estação Cubatão-Vila Parisi.

Tabela 6.15 – SO₂ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2023 – RMSP, Baixada Santista e Interior – Rede Automática

Dióxido de Enxofre (SO ₂) - 2023						
Estação	Média de 24h					NU
	Boa 0 - 20 µg/m ³	Moderada >20 - 40 µg/m ³	Ruim >40 - 365 µg/m ³	Muito Ruim >365 - 800 µg/m ³	Péssima >800 µg/m ³	
RMSP	100,0%					0
Cubatão-Vale do Mogi	99,7%	0,3%				0
Cubatão-Vila Parisi	94,9%	4,0%	1,1%			4
Paulínia	100,0%					0
Paulínia-Sta Terezinha	100,0%					0
S.José Campos	100,0%					0
Santos-Ponta da Praia	100,0%					0

Fonte: CETESB (2024)

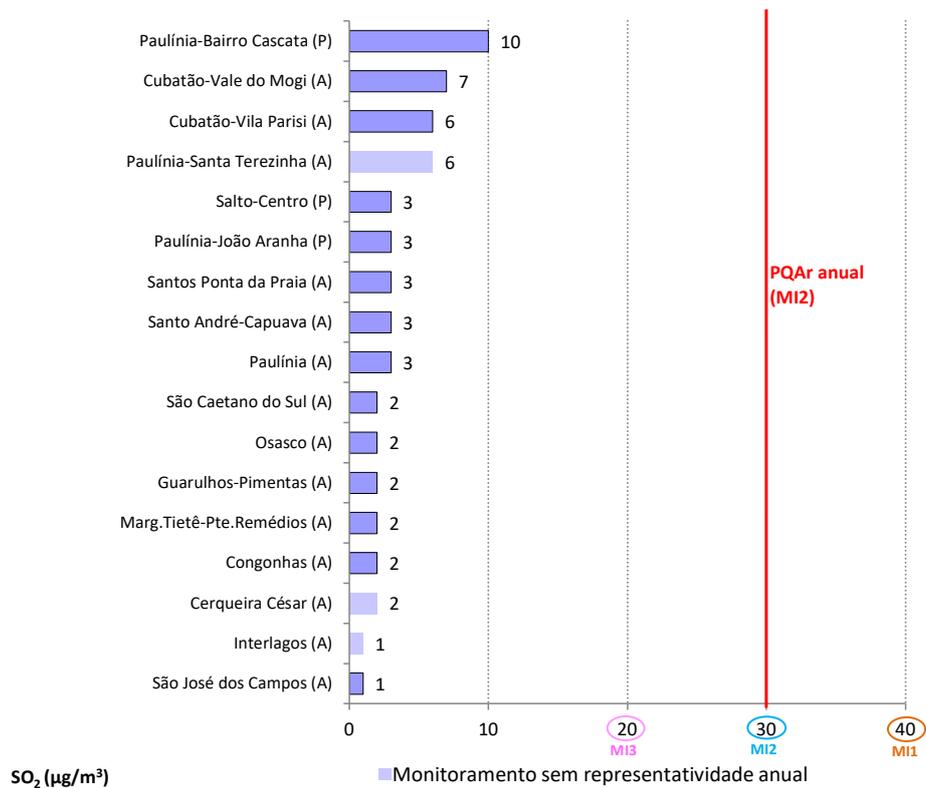
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 24 horas (até 2021 = 60 µg/m³, a partir de 2022 = 40 µg/m³). No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências de ultrapassagens concomitantes em mais de uma estação

Cor mais clara indica que o monitoramento não atende ao critério de representatividade anual dos dados

No **Gráfico 6.33**, observa-se que não houve ultrapassagem do PQAr anual (30 µg/m³) nas estações da RMSP, Baixada Santista e no interior do estado. As maiores médias anuais nas estações automáticas foram registradas em Cubatão-Vale do Mogi (7 µg/m³) e Cubatão-Vila Parisi (6 µg/m³), na Baixada Santista. Nas estações manuais com amostradores passivos e com representatividade anual dos dados, a estação Paulínia-Bairro Cascata, no interior, registrou a maior média anual (10 µg/m³). Observa-se também que, em 2023, todas as estações atenderam à Meta Intermediária 3 (MI3) que, conforme o Decreto Estadual nº 59.113/2013, é a última etapa a ser atingida para as concentrações médias anuais desse poluente.

Gráfico 6.33 – SO₂ – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2023



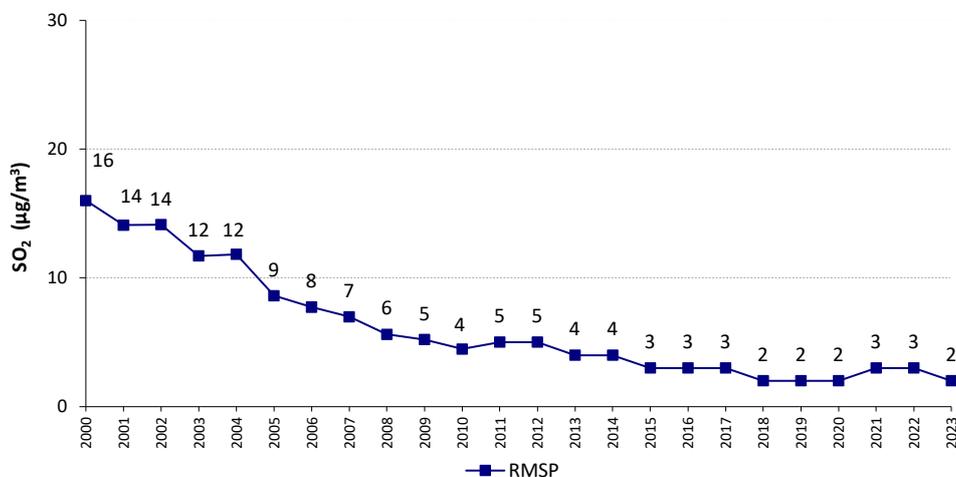
Fonte: CETESB (2024)

Nota:

MI1; MI2 = PQA e MI3 = Metas Intermediárias, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013

No **Gráfico 6.34**, observa-se que os níveis de dióxido de enxofre na RMSP vinham sendo reduzidos ao longo dos anos, como resultado, principalmente, do controle exercido sobre as fontes fixas e da redução do teor de enxofre dos combustíveis, tanto industrial como automotivo. Desde 2015 as médias anuais se mantêm praticamente estáveis, apesar das variações das condições meteorológicas.

Gráfico 6.34 – SO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP



Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base RMSP: Estações automáticas e amostradores passivos com monitoramento anual representativo.

A **Tabela 6.16** exemplifica algumas das principais alterações dos teores de enxofre no diesel comercializado no Brasil, desde 2006. A utilização do diesel com baixo teor de enxofre, tais como S-50 e S-10, foi obrigatória para poder viabilizar a introdução das novas tecnologias de controle, mas também permitiu a redução da emissão de alguns poluentes nos veículos mais antigos. Pelo mesmo motivo, a partir de 2014, a gasolina passou a ter teor máximo de enxofre de 50 mg/kg em substituição ao limite de 800 mg/kg, vigente até então, o que também contribuiu para a redução das concentrações de SO₂ na atmosfera.

Tabela 6.16 – SO₂ – Evolução do teor de enxofre no diesel

Ano	Enxofre Máximo Limite em mg/kg		Observação
	Metropolitano	Interior	
2006	500	2000	
2009	500	1800	A partir de 01/01/2009 o diesel S-50 (teor máximo de 50 mg/kg de enxofre), passou a ser fornecido para as frotas cativas da cidade de São Paulo, em substituição ao diesel S-500 (com teor até 500 mg/kg de enxofre).
2010	500	1800	A partir de 01/01/2010 o fornecimento do diesel S-50 foi estendido para as frotas cativas de toda a RMSP.
2012	50/500	1800	A partir de 01/01/2012 o diesel S-50 passou a ser fornecido em diversos postos de abastecimento do país, incluindo a RMSP e outras cidades do Estado de São Paulo.
2013	10/500	500/1800	A partir de 01/01/2013 o diesel S-10 (com teor até 10 mg/kg de enxofre) passou a ser fornecido em diversos postos de abastecimento do país, em substituição ao diesel S-50.
2014	10	500	A partir de 01/01/2014 o diesel S-500 passou a ser fornecido em todo o país, em substituição ao diesel S-1800; e nas regiões metropolitanas passou a ser fornecido o diesel S-10.

Fonte: CETESB (2024) adaptado de CETESB (2024b)

6.2.6 Outros Poluentes

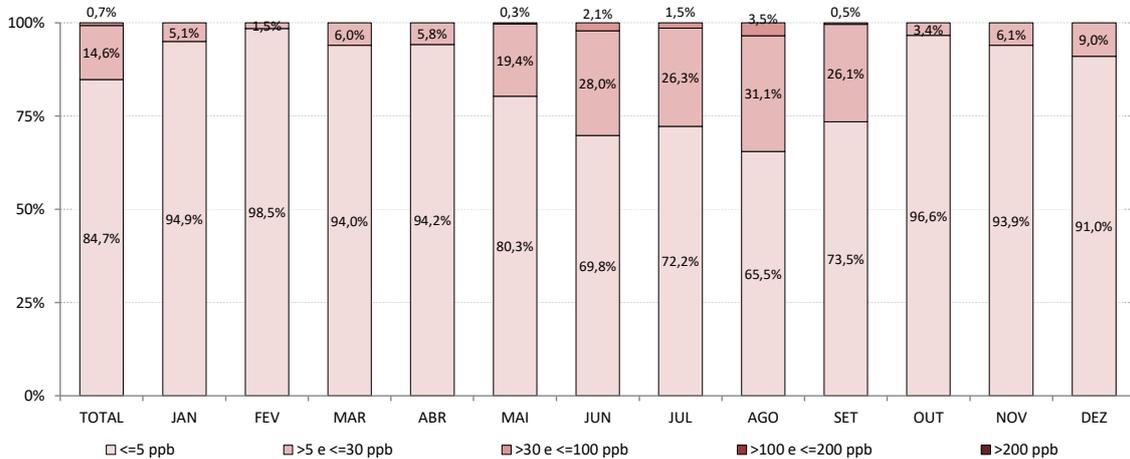
Nesta seção, são apresentados os resultados dos monitoramentos de poluentes que não possuem padrões de qualidade do ar estabelecidos nas legislações nacional e estadual vigentes.

6.2.6.1 Enxofre Reduzido Total - ERT

Os compostos de enxofre reduzido mais frequentes e abundantes são: sulfeto de hidrogênio (H₂S), metil-mercaptana (CH₃SH), dimetil-sulfeto ((CH₃)₂S) e dimetil-dissulfeto ((CH₃)₂S₂). Esses compostos se caracterizam por produzir odor desagradável, semelhante ao de ovo podre ou repolho, mesmo em baixas concentrações. Além de emissões industriais diretas para a atmosfera, condições de degradação dos corpos hídricos, devido ao lançamento de efluentes sanitários, fazem com que os corpos de água possam apresentar condições que favorecem a decomposição anaeróbia da matéria orgânica e a redução biológica dos sulfatos carregados pelo rio, ocasionando a emissão de compostos de enxofre reduzido para a atmosfera.

Na RMSF, o ERT é monitorado na estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios. O **Gráfico 6.35** apresenta a distribuição percentual mensal, por faixa de concentração, calculada com base nos dados horários válidos em 2023. Em razão das concentrações horárias obtidas nesse local, pode haver, em determinadas ocasiões, incômodo por odor, principalmente nos meses de inverno.

Gráfico 6.35 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Marginal Tietê – Ponte dos Remédios – 2023



Fonte: CETESB (2024)

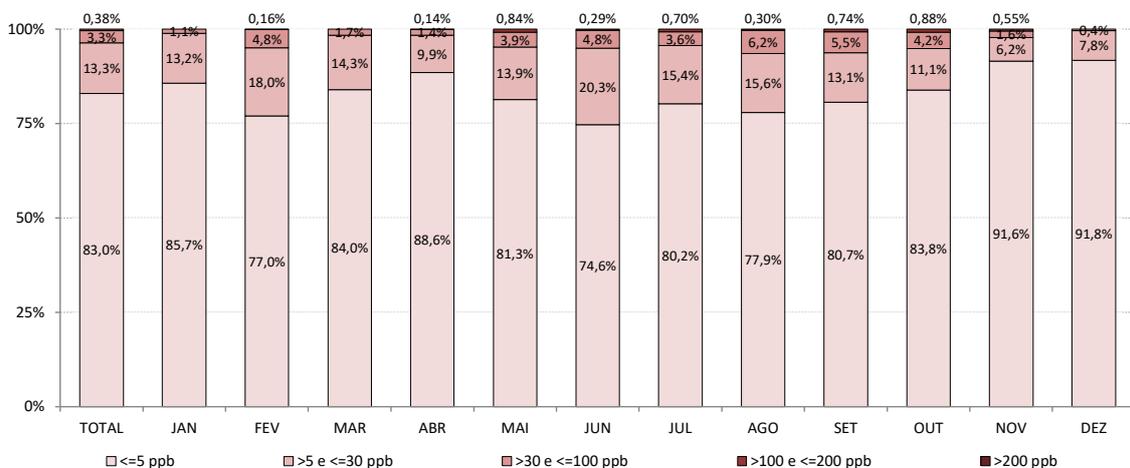
Nota:

Base: Dados de ERT com arredondamento.

Alguns bairros residenciais, na cidade de Americana, localizam-se na área de influência de indústrias, cujos processos são passíveis de emitir compostos de enxofre reduzido para a atmosfera. Em razão disso, a CETESB tem monitorado no município, por meio de convênio firmado com indústria da região, as concentrações de Enxofre Reduzido Total (ERT) na atmosfera.

O **Gráfico 6.36** apresenta a distribuição percentual mensal, por faixa de concentração, calculada com base nos dados horários válidos obtidos em Americana em 2023.

Gráfico 6.36 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Americana – 2023



Fonte: CETESB (2024)

Nota:

Base: Dados de ERT com arredondamento.

No Brasil não há padrão de qualidade do ar para ERT. Também não existe limite de percepção de odor para os compostos de enxofre total reduzido como um todo, e sim para seus componentes individuais. Dentre esses compostos, o limite de percepção de odor para H_2S é de 5 ppb (SULLIVAN, 1969). Por outro lado, algumas mercaptanas possuem limites de percepção de odor ainda menores. Há vários fatores que afetam a sensibilidade ao odor, e mesmo o odor originado com concentrações de 30 ppb de H_2S , que é o padrão de qualidade do ar adotado na Califórnia (AMOORE, 1985), pode não ser detectado por uma parcela da população.

6.2.6.2 Aldeídos

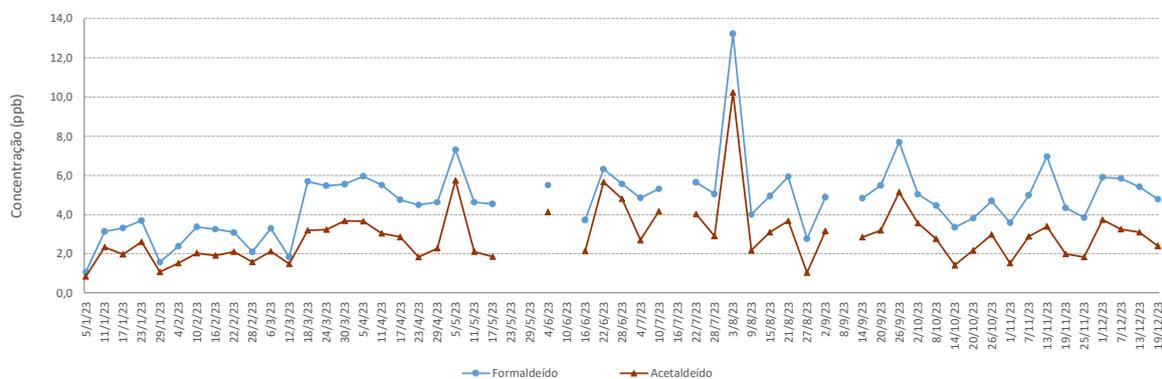
Os aldeídos são emitidos diretamente para a atmosfera por diversas fontes, das quais se destacam os veículos automotores. Podem ainda ser formados na atmosfera por meio de reações químicas, mediante a oxidação de hidrocarbonetos e desempenham papel de relevância na química da atmosfera, pois podem afetar a qualidade do ar de forma direta ou indireta, sendo precursores de ozônio e precursores na formação de aerossol orgânico em áreas urbanas.

Não existe padrão de qualidade do ar para esses poluentes na legislação nacional vigente. Segundo a OMS (WHO, 2000), a menor concentração de formaldeído, que está associada a irritações no nariz e garganta após exposições de curto prazo (30 min.) é $100 \mu g/m^3$ (81,4 ppb). Não há valor de referência estabelecido pela OMS para o acetaldeído. Como exemplo, cita-se o Canadá, cujo Ministério do Meio Ambiente de Ontário publicou uma lista de contaminantes e limites de concentração baseados na proteção à saúde e ao meio ambiente: Ambiente Air Quality Criteria (AAQC) (ONTARIO, 2020). Para a proteção da saúde, o valor adotado para a média de 24h de acetaldeído é $500 \mu g/m^3$ (277,5 ppb).

O monitoramento de formaldeído e acetaldeído na RMSP teve início em 2022, na estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios. Em 2023, a média das concentrações de formaldeído foi 4,7 ppb, com máximas diárias de 13,2 ppb em 03/08; 7,7 ppb em 26/09 e 7,3 ppb em 05/05, enquanto a média das concentrações de acetaldeído foi de 2,9 ppb, com máximas diárias de 10,2 ppb em 03/08 e 5,7 ppb em 05/05 e 22/06, conforme **Tabelas S e T do Apêndice 4**.

No **Gráfico 6.37** é apresentado o perfil das concentrações diárias de aldeídos observados em 2023, na estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios.

Gráfico 6.37 – Aldeídos - Perfil das concentrações diárias – Marginal Tietê-Ponte dos Remédios – 2023



Fonte: CETESB (2024)

6.2.6.3 Benzeno e Tolueno

Benzeno e tolueno são compostos orgânicos voláteis que constam da lista de poluentes atmosféricos classificados como perigosos (USEPA, 2016).

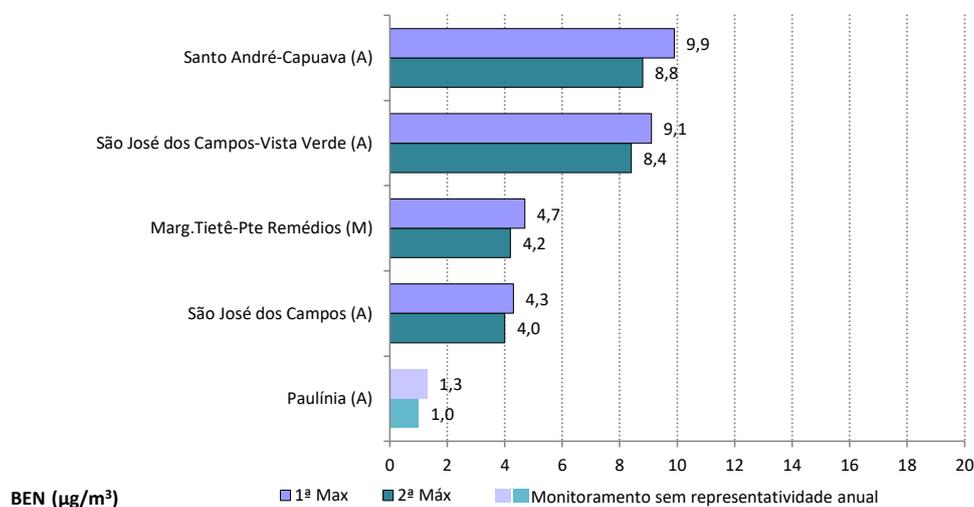
Algumas das principais fontes de emissão desses compostos são os veículos a gasolina, quer pela emissão de produtos não queimados pelo escapamento, quer pela evaporação em diferentes partes do veículo e de maneira indireta pelos processos de distribuição de combustível, além das instalações industriais, como refinarias de petróleo e instalações de armazenamento da indústria petroquímica.

O Brasil não possui padrão de qualidade do ar para esses poluentes. A União Europeia adota o valor de referência para o benzeno de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média aritmética anual (UNIÃO EUROPEIA, 2008), enquanto a OMS indica o valor-guia de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de tolueno, média semanal, para a proteção à saúde da população (WHO, 2000).

No município de São José dos Campos, em 2015, iniciou-se o monitoramento automático de benzeno e tolueno nas estações São José dos Campos e São José dos Campos-Vista Verde. Em 2017, esse monitoramento foi estendido para as estações Pinheiros e Santo André-Capuava, na RMSP; para Cubatão-Centro, no litoral, e para Paulínia, no interior.

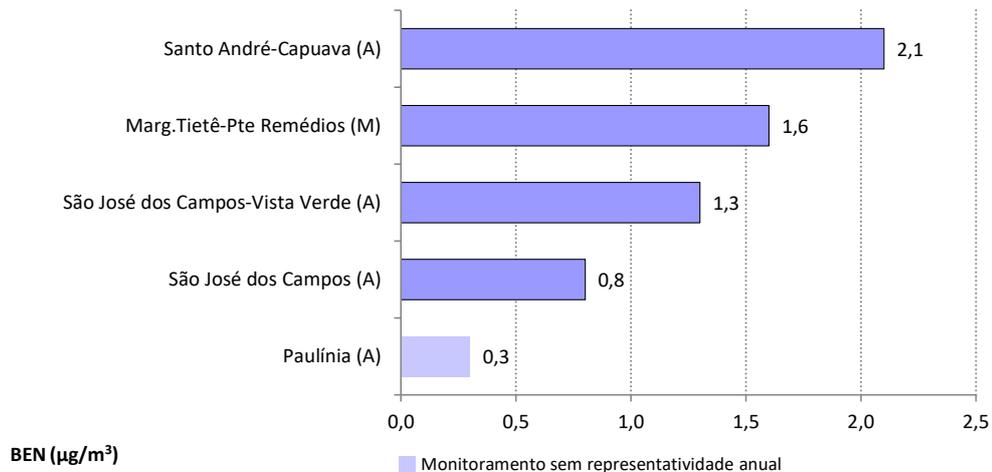
O **Gráfico 6.38** apresenta a classificação das concentrações máximas diárias de benzeno em 2023, nas estações da RMSP e do interior do estado. Não houve monitoramento na estação Cubatão-Centro em 2023, por problemas técnicos.

Gráfico 6.38 – Benzeno – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP e Interior – 2023



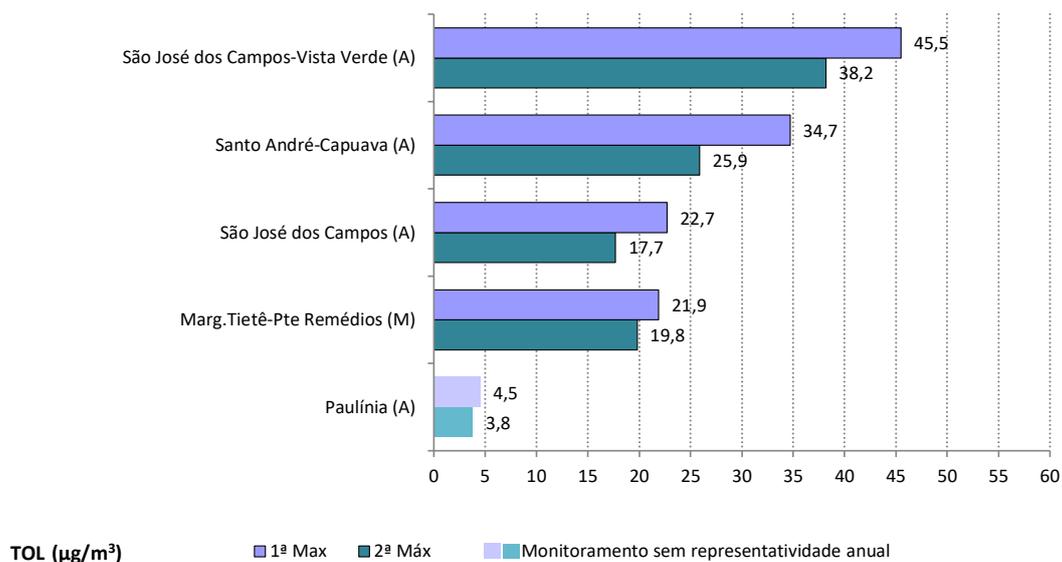
Fonte: CETESB (2024)

O **Gráfico 6.39** apresenta as concentrações médias anuais de benzeno em 2023, nas estações da RMSP e do interior. As concentrações médias anuais de benzeno, tanto em áreas industriais quanto urbanas, ficaram abaixo do valor de referência adotado pela União Europeia para benzeno, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – média anual.

Gráfico 6.39 – Benzeno – Classificação das concentrações médias anuais – RMSP e Interior – 2023

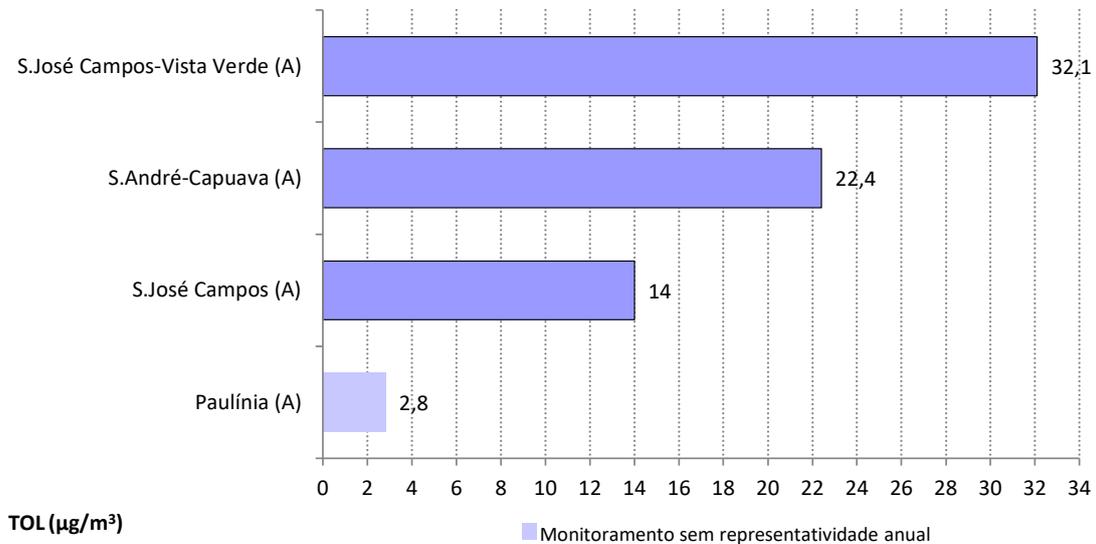
Fonte: CETESB (2024)

O **Gráfico 6.40** apresenta a classificação das concentrações máximas diárias de tolueno em 2023, nas estações da RMSP e do interior do estado.

Gráfico 6.40 – Tolueno - Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP e Interior – 2023

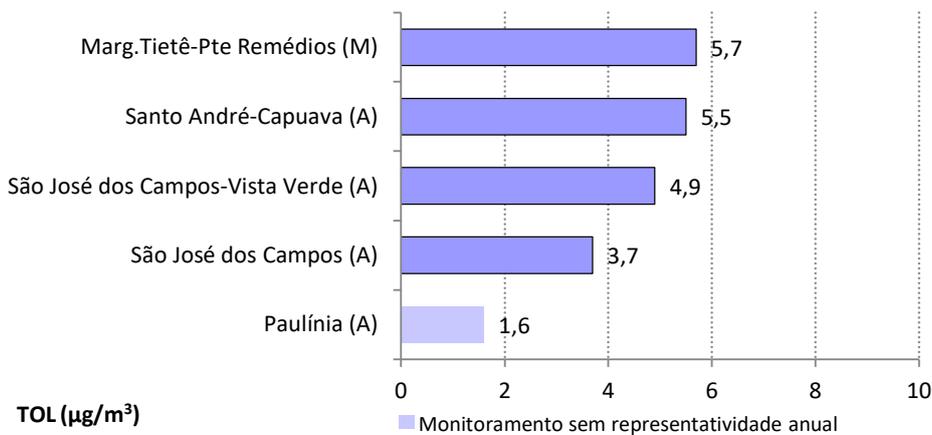
Fonte: CETESB (2024)

O **Gráfico 6.41** apresenta as concentrações máximas médias móveis de sete dias de tolueno em 2023, nas estações da RMSP e do interior do estado. As concentrações máximas médias móveis de sete dias de tolueno detectadas, tanto em áreas industriais quanto urbanas, ficaram muito abaixo do valor guia da OMS (260 µg/m³, média semanal).

Gráfico 6.41 – Tolueno – Classificação das concentrações máximas médias de sete dias – RMSP e Interior - 2023

Fonte: CETESB (2024)

O **Gráfico 6.42** apresenta as concentrações médias anuais de tolueno em 2023, nas estações da RMSP, da Baixada Santista e do interior do estado.

Gráfico 6.42 – Tolueno – Classificação das concentrações médias anuais – RMSP e Interior – 2023

Dentre as estações de monitoramento de benzeno e tolueno, a estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios sofre influência significativa das fontes de emissões veiculares, estando muito próxima de vias de tráfego intenso e não possui fontes industriais emissoras desses poluentes em seu entorno. As demais estações possuem características locais distintas, com influência de fontes de emissões industriais nas proximidades.

6.2.7 Estudos Especiais.

Nesta seção, são apresentados os resultados do estudo da comparação da determinação do carbono elementar no $MP_{2,5}$ por diferentes métodos, e o de concentrações de carbono orgânico e carbono elementar no $MP_{2,5}$, realizado na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo.

6.2.7.1 Carbono Elementar no Material Particulado Inalável Fino (MP_{2,5}): Comparação da Determinação por Método Termo-Óptico e de Refletância

A fração fina do material particulado suspenso na atmosfera (MP_{2,5}) possui dentre seus principais componentes o carbono, nas formas elementar e orgânica, que merece especial atenção em virtude de seu impacto na saúde. Possui a característica de adsorver compostos gasosos, levando-os ao sistema respiratório associados às partículas. A organização Mundial da Saúde recomenda a medição principalmente do "Black Carbon", assemelhado às fumaças, e muito relacionado com o carbono elementar. As principais fontes emissoras são os processos de combustão, destacando na Região Metropolitana em São Paulo a queima de óleo diesel por veículos pesados.

O objetivo deste trabalho foi o de utilizar os recursos disponíveis na CETESB para aumentar sua capacidade de realização da medição em tela. Para tanto foram coletadas amostras em 2020 e 2021, na Região Metropolitana de São Paulo, especificamente, nas estações Santo André-Capuava; São Caetano do Sul; Osasco; Santo Amaro e Cerqueira César. Foram comparados dois métodos de medição, visando realizar em um mesmo tipo de filtro a análise de carbono, além de outras medições rotineiras. Utilizaram-se os resultados de carbono elementar obtidos por método termo-óptico, onde se quantifica as concentrações de carbono elementar (C.E.) e carbono orgânico (C.Org.) em amostras coletadas em filtro de fibra de quartzo, especialmente obtidas para este experimento. Estes dados foram comparados com o índice de obscurecimento medidos em filtros de teflon obtidos em amostras paralelas.

Obteve-se alta correlação entre os métodos indicando a possibilidade de se estimar a concentração de carbono elementar pelo método óptico, sendo muito mais simples e barato

O estudo foi publicado, em 2023, no relatório "Carbono Elementar no Material Particulado Inalável Fino MP_{2,5}: Comparação da Determinação por Método Termo-Óptico e de Refletância" (CETESB, 2023).

6.2.7.2 Concentrações de Carbono Orgânico e Carbono Elementar no Material Particulado Inalável Fino (MP_{2,5}) na Atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo

O material carbonáceo em ambientes urbanos e remotos é um dos mais importantes componentes do material particulado com tamanho menor que 2,5 µm (MP_{2,5}) e está relacionado com o impacto do aerossol na saúde, visibilidade e clima. Desta forma, é importante conhecer os teores de material carbonáceo presentes na atmosfera, bem como avaliar seu comportamento.

A fração carbonácea do material particulado consiste em carbono elementar (C.E.) e uma variedade de carbonos orgânicos (C.Org.). O carbono elementar tem uma estrutura similar ao grafite e é emitido diretamente para a atmosfera em processos de combustão. Os aerossóis de carbono orgânico formam-se durante a combustão incompleta, que representa a principal fonte primária de emissão. Também podem ser formados na atmosfera por meio de reações fotoquímicas.

Os teores de carbonos orgânico e elementar, nas partículas inaláveis finas (MP_{2,5}) foram medidos nas estações de Cerqueira César, Santo Amaro, Osasco, São Caetano do Sul e Santo André – Capuava, pertencentes a rede de avaliação da qualidade do ar da CETESB, nos anos de 2020 e 2021. As amostragens foram realizadas a cada seis dias durante 24 horas. Os resultados desse monitoramento foi publicado no relatório "Concentrações de Carbono Orgânico e Carbono Elementar no Material Particulado Fino (MP_{2,5}) na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo" (CETESB, 2024c)

Na **Tabela 6.17** são apresentadas as concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ e das diferentes frações de material carbonáceo, orgânico (C. Org.), elementar (C.E.) e total (C.T.).

Tabela 6.17 – Concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ e frações de carbono

Estação	Ano	Nº (nº de dados)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
			MP _{2,5}	C. Org.	C.E.	C.T.
Cerqueira César	2020	50	14	5,0	2,3	7,3
	2021	54	13	5,4	1,8	7,2
Santo Amaro	2020*	37	13	6,4	2,1	8,5
	2021	47	12	4,9	1,5	6,4
Santo André - Capuava	2020	45	16	5,6	1,9	7,5
	2021	52	14	5,4	1,4	6,8
S. Caetano do Sul	2020*	37	16	6,9	2,4	9,3
	2021	51	14	5,9	1,6	7,5
Osasco	2020	45	18	7,1	3,8	10,9
	2021	47	18	8,0	4,1	12,1

Fonte: CETESB (2024)

*Não atende ao critério de representatividade anual dos dados

Observou-se que as médias anuais de carbono orgânico foram maiores que as de carbono elementar, em todas as estações e as maiores concentrações médias anuais, tanto de $MP_{2,5}$ quanto de material carbonáceo, foram obtidas na estação Osasco.

A porcentagem média de carbono total representa, no período monitorado, de 45 a 65% do material particulado fino ($MP_{2,5}$) na RMSP. Em relação ao comportamento sazonal do C.Org. e C.E. observou-se um aumento das concentrações de carbono orgânico nos meses de inverno e início da primavera enquanto o carbono elementar apresenta menor variação sazonal, com maior valor no mês de julho.

As correlações entre $MP_{2,5}$ e carbono orgânico mostraram-se muito fortes, em todas as estações, maiores que as correlação entre $MP_{2,5}$ e carbono elementar. Nas estações Santo Amaro, São Caetano do Sul e Santo André – Capuava, foram observadas forte correlação entre carbono orgânico e elementar indicando que as fontes de poluição de ambos são similares. Nas estações Cerqueira César e Osasco, estações de microescala, as correlações foram menores, sendo apenas moderada em Osasco.

Em que pese a comparação dos resultados ser complexa, uma vez que foram utilizadas diferentes condições, como métodos de amostragem e análise, bem como diferentes períodos de monitoramento, e locais de amostragem com características distintas, os valores de C.Org. e C.E., na RMSP, foram, de maneira geral, da mesma ordem de grandeza dos obtidos em cidades dos EUA e da União Europeia.

6.2.8 Síntese das Observações da Qualidade do Ar

Uma vez apresentado o comportamento individual dos poluentes, é importante ressaltar a situação da poluição do ar no estado de São Paulo de maneira integrada.

Os poluentes gasosos primários SO_2 , NO_2 e CO são emitidos principalmente nos processos de combustão, tanto de combustíveis fósseis, como de biomassa. As fontes de combustão são um dos principais focos no combate à poluição do ar. Cada combustível, dadas as suas características, emite diferentes proporções de cada um desses gases. A queima ocorre em condições diversas, sendo os controles também distintos. A apresentação de alguns exemplos concretos caracteriza melhor essa afirmação. O SO_2 foi reduzido com o controle do teor de enxofre nos óleos combustíveis, industriais e veiculares. Já o CO teve emissões diminuídas com o uso de catalisadores e injeção eletrônica nos automóveis. As emissões de NO_2 foram abrandadas com a melhoria tecnológica dos veículos movidos a diesel, que implicaram, entre outras ações, o uso de compostos específicos (Agente Redutor Líquido Automotivo-ARLA) no catalisador.

Ou seja, diversas medidas contribuíram para a melhoria da qualidade do ar ao longo do tempo. Dentre os programas e atividades que a CETESB desenvolve para o controle da poluição destacam-se, entre outros, o Plano de Redução da Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE) e o Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV), com destaque para a fiscalização e o controle das emissões industriais, programa de fiscalização de fumaça emitida pelos veículos a diesel. Citam-se também o PROCONVE e o PROMOT, programas federais que contam com a participação da CETESB, nos quais os veículos novos têm limites de emissão cada vez mais reduzidos, melhoria nos combustíveis, melhorias técnicas dos veículos, renovação da frota veicular, entre outros.

O **CO**, desde 2008, obedece a valores menores que os estabelecidos como Padrão Final. O **SO₂** apresenta médias anuais bastante baixas. Apesar disso, em 2023 ocorreram quatro ultrapassagens do padrão diário em Cubatão-Vila Parisi. Esses eventos mais indicam algum descontrole pontual de alguma fonte do que um problema de poluição constante. No caso do **NO₂**, ocorreram ultrapassagens do padrão anual nas estações Congonhas e Marginal Tietê-Ponte dos Remédios, na RMSP, que têm forte influência das emissões veiculares. Houve ainda ultrapassagem do padrão anual no litoral, na estação Cubatão-Vila Parisi que se encontra na área do polo industrial. O padrão de curto prazo foi respeitado em todas as estações monitoradas. Entretanto, esse poluente merece atenção e deve ser sempre controlado, pois, além de efeitos à saúde, participa no processo de formação dos oxidantes fotoquímicos, tipicamente o ozônio.

O **ozônio** depende dos óxidos de nitrogênio e de COVs para a sua formação, fazendo-se necessário o controle de ambos. É um controle complexo, pois a teoria indica que há situações em que o controle de apenas um dos precursores pode levar a um aumento das concentrações de ozônio. No estado de São Paulo, no ano de 2023, foi verificada a ocorrência de ultrapassagens de padrão desse poluente tanto na RMSP como no interior/litoral. A RMSP possui condições mais propícias à formação do ozônio que nas outras áreas do estado, devido ao tamanho de sua frota, portanto da magnitude de suas emissões. Verifica-se assim maior frequência de eventos na RMSP que no interior. Tem-se atribuído à sua característica de poluente secundário, dependente de precursores e da radiação solar, o comportamento variável desse poluente, não permitindo uma consistente análise de tendência.

O ozônio faz parte de um conjunto de substâncias que resultam do processo fotoquímico. Dentre elas, destaca-se a formação de compostos orgânicos na forma de partículas. Juntamente com esse material particulado secundário também se encontram os sulfatos, provenientes do SO_2 e os nitratos, provenientes do NO_2 . Esses artefatos secundários compõem uma das frações mais importantes do material particulado fino. Devido ao seu pequeno tamanho, essas partículas são bastante agressivas à saúde, por penetrarem profundamente no trato respiratório.

O Material Particulado, em 2023, medido nas diversas frações de tamanho, apresentou-se com valores elevados em algumas localidades. Considerando-se ambas as redes, das 17 estações da RMSP com representatividade anual dos dados observa-se que o padrão anual vigente ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) do MP_{10} foi atendido em todas elas. Em contraposição, no interior/litoral o padrão anual foi ultrapassado em quatro das 34 estações, todas em áreas com presença de atividade industrial. Em relação aos valores diários, duas das 17 estações da RMSP não respeitaram ao padrão diário ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto no interior/litoral oito das 34 estações apresentaram violação do padrão diário. Considerando-se as medições de $\text{MP}_{2,5}$, o padrão anual ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado em duas estações da RMSP (Osasco e Marginal Tietê-Ponte dos Remédios) que são estações com forte influência veicular e não houve ultrapassagem no interior/litoral. Quanto aos valores diários, das 16 estações da RMSP com representatividade anual dos dados, foram observadas ultrapassagens do padrão diário ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em dez estações. No interior/litoral não se observou descumprimento do padrão diário em nenhuma das 13 estações. Dessa forma conclui-se que as partículas no interior são primordialmente mais grossas que as da RMSP, o que é corroborado pelas menores relações $\text{MP}_{2,5}/\text{MP}_{10}$ observadas, de maneira geral no interior/litoral. Essa é uma indicação de como devem ser feitos os controles nas duas regiões, pois possuem características distintas.

Das análises efetuadas de forma integrada, com todos os poluentes, pode-se concluir que tanto a RMSP como o interior/litoral possuem desconformidades tanto no ozônio como no material particulado. No entanto, de modo geral, o ozônio é mais presente na RMSP que no interior enquanto que no interior/litoral, o material particulado é mais relevante em algumas localidades.

Assim, o grupo de poluentes com concentrações ambientais praticamente controladas – CO e SO_2 – continuam sendo considerados de menor preocupação. O NO_2 sempre merece atenção por ser formador de ozônio. O ozônio e o material particulado são prioridades, pois, independentemente do padrão considerado, se apresentam em concentrações mais elevadas.

7 • Medidas de Gestão das Fontes de Poluição Atmosférica

Nesta seção, são apresentadas as principais medidas implementadas ou em fase de implementação, visando aprimorar o controle das fontes estacionárias e móveis de poluição atmosférica, no estado de São Paulo.

7.1 Fontes Estacionárias

A CETESB desenvolve uma série de ações de rotina para o controle preventivo de emissões por meio do licenciamento ambiental e corretivo baseado na fiscalização rotineira das fontes estacionárias.

Além disso, a CETESB adota medidas de gestão por meio de programas de controle de emissões de fontes estacionárias de forma a mitigar a poluição atmosférica gerada na atividade industrial.

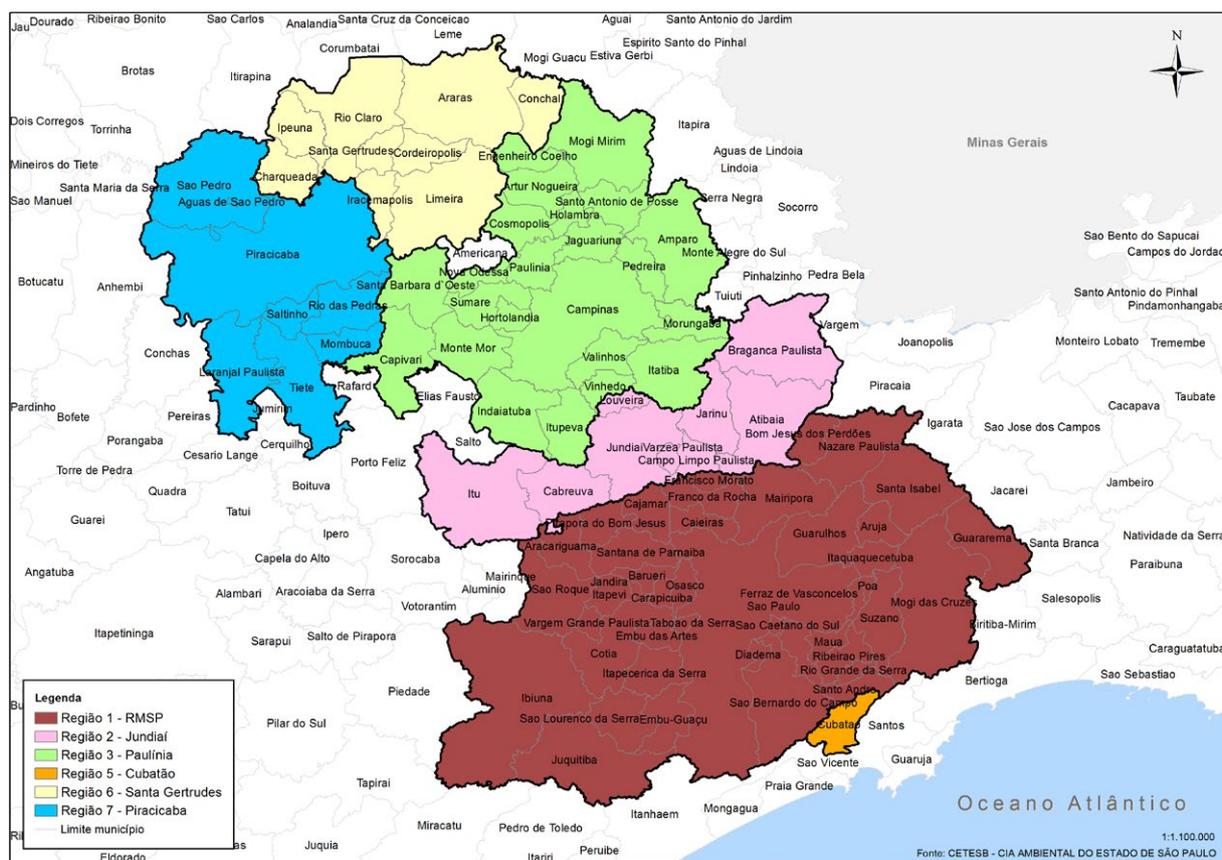
O Decreto Estadual nº 59.113/13 estabeleceu que caberia a CETESB a implantação de um Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE), a ser atualizado a cada três anos.

O PREFE é um conjunto de ações que tem como objetivo final reduzir, proporcionalmente, a contribuição das fontes industriais na poluição atmosférica para o pleno atendimento aos padrões vigentes de qualidade do ar no estado de São Paulo. O primeiro PREFE foi elaborado pela CETESB e aprovado pela Decisão de Diretoria nº 289/2014/P. Porém, considerando que a condição da qualidade do ar é dinâmica e que o Decreto Estadual nº 59.113 prevê a revisão e atualização do PREFE, esse plano foi revisado e atualizado em 2021, sendo então aprovado pela Decisão de Diretoria da CETESB no 118/2021//C e denominado PREFE 2021.

Considerando os dados e as informações da rede de monitoramento de qualidade do ar da CETESB, a abrangência das áreas administrativas do Estado e as características regionais das fontes de emissão foram revisadas as áreas de abrangência de cada Região de Controle (RC) e conseqüentemente os empreendimentos envolvidos, com o objetivo de racionalizar os esforços necessários na implementação das ações de controle, de forma a reduzir a emissão de poluentes nas áreas que não atendem aos padrões de qualidade do ar vigentes.

A seguir, o **Mapa 7.1** apresenta os municípios abrangidos pelas Regiões de Controle do PREFE 2021.

Mapa 7.1– Municípios abrangidos pelas Regiões de Controle do PREFE 2021



Fonte: Decisão de Diretoria CETESB nº 118/2021/IC

O PREFE estabelece metas e ações de redução de emissões e para isso adota os seguintes instrumentos e diretrizes como:

- Classificação das estações de monitoramento da qualidade do ar com relação aos padrões;
- Lista de empreendimentos de maior contribuição para a condição de criticidade da qualidade do ar nas sub-regiões, considerando as informações disponíveis no inventário de fontes e no licenciamento ambiental;
- Acompanhamento das melhores práticas nacionais ou internacionais para a melhoria da qualidade do ar e o estudo de viabilidade de implantação dessas práticas.

O PREFE consiste em uma primeira etapa para o estabelecimento das estratégias e ações de controle das fontes de emissão nas áreas críticas.

Tendo em vista que as ações de mitigação foram estabelecidas em etapas gradativas e sequenciais, as fontes de emissão das empresas integrantes do plano, que possuem emissões acima da linha de corte estabelecido no PREFE, foram convocadas para apresentação de planos de redução das emissões de poluentes considerando o estágio tecnológico do processo produtivo e as operações realizadas e do sistema de controle de emissões atmosféricas de cada empresa.

No escopo dos planos setoriais visando ao controle de emissões de um conjunto de atividades de uma determinada região, a CETESB, por meio da Decisão de Diretoria nº 120/2021/I/C (CETESB, 2021a), ampliou a área de abrangência do “Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – Setor das Indústrias de Pisos Cerâmicos e Mineração de Argila” aprovado pela Decisão de Diretoria da CETESB 192/2016/C (CETESB, 2016b).

Ainda dentro do escopo dos planos setoriais, foi aprovado pela Decisão de Diretoria da CETESB 119/2021/I/C o “Plano Setorial de Controle de Emissões de Compostos Orgânicos Voláteis e Semivoláteis” provenientes de Unidades de Armazenamento, Distribuição e Comércio Atacadista de Combustíveis (CETESB, 2021b).

7.2 Fontes Móveis

As ações de controle de poluição veicular no estado de São Paulo são previstas no Plano de Controle da Poluição Veicular (PCPV). O plano, elaborado desde 2011, é atualizado a cada três anos.

O PCPV para o período 2023 a 2025 considera como base os dados da frota circulante e da emissão veicular publicados no Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo – 2021 (CETESB, 2022a) e a classificação da qualidade do ar aprovada pela Deliberação CONSEMA nº 26/2022 (SÃO PAULO, 2022). As regiões central e leste do Estado, que concentram a população e a atividade econômica, apresentam ultrapassagens do padrão de qualidade do ar para o poluente ozônio e são prioritárias para as políticas de controle.

As propostas previstas no PCPV 2023-2025 concentram-se em três grandes abordagens: ações de controle sobre veículos novos, ações de controle sobre veículos em uso e ações institucionais e tecnológicas. As propostas de atualização dos programas PROCONVE e PROMOT para veículos novos favorecem a redução da emissão de poluentes não apenas em São Paulo, mas em todo país. As ações sobre veículos em uso incluem a fiscalização de veículos movidos a diesel pelas equipes da CETESB e ainda a proposta de programa de inspeção ambiental, dependente da aprovação no poder legislativo. Já a série de propostas institucionais e tecnológicas objetiva melhorar a capacidade da CETESB e do Estado de operar nas diversas tarefas, aprimorando suas ferramentas administrativas, seus laboratórios e seus contratos.

Considerações Gerais

No estado de São Paulo, destacam-se algumas áreas críticas em termos de poluição do ar, especialmente a RMSP e os polos industriais, alguns dos quais vêm ganhando relevância nos últimos anos. A seguir, são apresentadas algumas considerações sobre a RMSP, Cubatão e Santa Gertrudes.

RMSP

Na Região Metropolitana de São Paulo, os problemas de qualidade do ar ocorrem especialmente em razão dos poluentes provenientes dos veículos, motivo pelo qual se enfatiza a importância das medidas de redução das emissões veiculares.

Os programas federais de controle da poluição do ar por veículos e por motocicletas, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT), têm sido responsáveis por levar os fabricantes a adotarem tecnologias progressivamente mais avançadas para atender aos limites de emissão de poluentes cada vez mais restritivos. Entretanto, mesmo com limites de emissão mais restritivos e a renovação natural da frota, a redução da carga de poluentes pode ser influenciada por outros fatores, como o aumento da frota, o aumento do uso dos veículos, as condições de manutenção dos veículos, o tipo de combustível e os congestionamentos.

As características dos combustíveis vêm melhorando de forma a garantir o atendimento aos limites estabelecidos pelos programas de controle, o que também contribui para mitigar a emissão de poluentes atmosféricos.

Veículos novos, leves e pesados, com novos limites de emissão mais restritivos, começaram a ser produzidos a partir de 2022 e devem propiciar ganhos em médio e longo prazos. Iniciativas adicionais sobre a frota circulante, tais como programas de inspeção e fiscalização, são importantes para a manutenção dessas emissões nos níveis desejados. Também podem ser adotadas medidas que busquem a renovação acelerada da frota e a introdução de tecnologias mais limpas, de baixa emissão ou emissão zero de poluentes tóxicos e de gases de efeito estufa.

No caso do ozônio, o quadro reinante conduz à necessidade de maior controle dos compostos orgânicos voláteis (COV) e óxidos de nitrogênio (NO_x), precursores da formação desse poluente por processos fotoquímicos.

Nesse sentido, as novas fases do PROCONVE estabelecem um maior controle sobre as emissões de NO_x e COV, incluindo o controle nos veículos das emissões evaporativas de abastecimento. No entanto, benefícios mais significativos em termos de qualidade do ar são esperados ao longo dos anos, com a gradual renovação da frota. No caso das fontes fixas, melhorias nos controles sobre o armazenamento e transferência de combustíveis também deverão trazer reduções importantes nas emissões de COV.

Além do ozônio, os processos fotoquímicos ainda geram uma gama de substâncias agressivas, denominadas genericamente de oxidantes fotoquímicos, e contribuem para a formação de aerossóis secundários, que em razão de seu pequeno tamanho podem penetrar profundamente no sistema respiratório, afetando a saúde.

A atual situação da poluição do ar na RMSP requer também medidas complementares que viabilizem a redução do número de viagens motorizadas e dos congestionamentos, como a redução das distâncias a serem percorridas, a maior oferta de transporte público, a redução da emissão do transporte público e de carga, a melhoria da gestão do sistema viário complementada com ações de planejamento do uso do solo voltado para a redução do impacto da mobilidade e da logística.

Dessa forma, a redução dos níveis de poluição do ar não deve se basear, exclusivamente, em medidas tecnológicas para a redução das emissões dos veículos isoladamente, mas numa ação integrada dos diversos setores da sociedade.

Cubatão

A qualidade do ar em Cubatão é determinada, principalmente, por fontes industriais, caracterizando um problema totalmente diferente dos grandes centros urbanos. É importante ressaltar que as altas concentrações de poluentes em Cubatão são observadas quase que exclusivamente na área industrial, e que os níveis de concentração da maioria dos poluentes monitorados permanentemente na área central são semelhantes aos observados em alguns bairros da RMSP.

Na área central de Cubatão, em 2023, ocorreram seis dias de ultrapassagens do padrão de qualidade do ar pelo poluente ozônio, e não houve ultrapassagens do padrão para material particulado.

A principal preocupação em Vila Parisi, na área industrial, são as altas concentrações de material particulado. Em 1984, o Plano de Prevenção de Episódios Agudos de Poluição do Ar foi implementado na área, observando-se em muitas ocasiões a declaração de estados de Alerta e Emergência.

Os níveis de material particulado caíram significativamente nos anos 1980 e 1990, mas ainda se mantêm acima dos padrões de qualidade do ar. Nos últimos seis anos, as concentrações médias de material particulado das estações Cubatão-Vale do Mogi e Cubatão-Vila Parisi vinham se mantendo praticamente estáveis, no entanto, em 2023, houve um aumento das concentrações de MP_{10} em Vila Parisi. Os altos níveis desse poluente observados na estação Cubatão-Vila Parisi se devem, principalmente às atividades industriais, às poeiras fugitivas, às atividades de transporte, incluindo, devido a movimentação intensa de caminhões, a ressuspensão da poeira depositada no solo, a qual é resultante das atividades desenvolvidas na região.

Na área industrial, em 2023, os níveis de SO_2 ultrapassaram quatro vezes o padrão diário de qualidade do ar para esse poluente, na estação Cubatão-Vila Parisi, em razão de alguns eventos pontuais associados à atividade produtiva. Deve-se considerar que a redução nas emissões de SO_2 , além de diminuir os níveis atmosféricos desse poluente, também propicia a redução do teor de sulfatos secundários, que contribuem para a formação do material particulado na região. Outra razão para se controlar as emissões de SO_2 é a proteção da vegetação da área, uma vez que estudos têm mostrado que curtas exposições a altas concentrações desse poluente podem causar danos à vegetação.

O problema de poluição do ar em Cubatão, a despeito de sua complexidade, tem seu equacionamento encaminhado e parte dos planos de controle já foi consolidada e ações estão previstas no PREFE. Além da ênfase ao cumprimento das metas de controle estabelecidas, deve-se ressaltar que foi estabelecido um programa de manutenção das reduções obtidas. Dada a grande quantidade de equipamentos de controle instalados, é de fundamental importância um programa de vigilância das condições de seu funcionamento, uma vez que tão importante quanto a instalação do sistema de controle é a sua operação e manutenção adequadas.

Polo Cerâmico de Santa Gertrudes

O Polo Cerâmico de Santa Gertrudes destaca-se pela concentração da atividade ceramista de fabricação de pisos de revestimento a partir da argila, sendo responsável por uma parcela considerável da produção nacional de piso cerâmico. Esse polo engloba principalmente Santa Gertrudes e outros municípios do entorno onde essa atividade é desenvolvida, como Cordeirópolis, Rio Claro, Ipeúna, Iracemápolis e Limeira.

Nesse polo, as atividades de extração, beneficiamento e transporte de matéria-prima constituem-se nas principais fontes de emissão de material particulado (MP), notadamente por emissões fugitivas, e a concentração da atividade nos municípios faz com que os impactos na qualidade do ar sejam significativos. Merece atenção o município de Santa Gertrudes, onde as estações de monitoramento da qualidade do ar da CETESB registram elevadas concentrações de partículas inaláveis (MP_{10}).

Visando à redução das desconformidades registradas na qualidade do ar no que se refere ao material particulado, em face da concentração de atividades desse setor inseridas na região, a CETESB estabeleceu, no âmbito do PREFE, um plano específico para o Setor de Indústrias de Pisos Cerâmicos e Mineração de Argila,

que inicialmente incluía os municípios de Santa Gertrudes, Rio Claro, Ipeúna e Cordeirópolis, empresas do setor dos municípios de Limeira e Piracicaba (CETESB, 2016b), e em 2022 passou a incluir outros municípios (CETESB, 2021a).

O Plano possui um conjunto de ações a serem implementadas pelos empreendimentos, com prazos definidos, para cada tipo de fonte de emissão de material particulado (MP): áreas de secagem de argila; áreas de mineração de argila; armazenamento temporário de argila; transporte de argila; setores de armazenamento, transferência e beneficiamento; e pátios de carga e descarga nas unidades industriais, visando à redução das emissões em fontes pontuais e operações não pontuais.

As ações desenvolvidas pela CETESB, até o momento, já resultaram na eliminação da maior parte dos pátios de secagem do entorno de núcleos urbanos, na implantação de cortina vegetal em áreas de mineração, na implantação de equipamentos de controle em fornos de monoqueima para controle de fluoretos, adequação de cobertura de veículos para transporte de argila, armazenamento de argila em galpões fechados nas indústrias, pavimentação dos pátios de movimentação de máquinas e veículos nas indústrias, implantação de equipamentos de controle nas áreas de beneficiamento (moagem, peneiramento, prensagem) de argila nas indústrias, implantação de enclausuramento e equipamentos de controle nos pontos de transferências de esteiras transportadoras e implantação de sistema de lavagem dos veículos, após descarga da argila nas indústrias.

Embora sejam atividades licenciadas e fiscalizadas pelos municípios, a CETESB realizou ações em alguns pátios de logística, de caminhões que transportam os produtos cerâmicos, tendo como resultado a pavimentação e relocação de alguns pátios na área urbana.

Dando continuidade a essas ações, no início de 2022, foi firmado um Termo de Compromisso entre a CETESB e a Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento (ASPACER), com anuência do estado de São Paulo. Nesse Termo foi estabelecido um Plano Contingencial, com medidas mitigadoras, dentre as quais encontram-se: paralisação e retorno de algumas atividades, dependendo da qualidade do ar por MP_{10} ocorrida nas 24 horas anteriores, divulgada no Boletim Diário da CETESB; e atividades permanentes de mitigação dos impactos como alteração do trajeto de caminhões de argila, umectação de vias não pavimentadas e implantação de tecnologia alternativa de secagem a secagem ao ar livre.

As Agências Ambientais da CETESB desenvolveram ações concentradas para acompanhamento do cumprimento ao Termo de Compromisso, sendo realizadas inspeções em todos os empreendimentos fornecedores de argila, em todos os dias em que qualidade do ar MP_{10} atingiu o nível RUIM, garantindo que as atividades previstas fossem paralisadas e assim permanecessem até a recuperação da qualidade do ar.

Referências

AMOORE, John E. **The perception of hydrogen sulfide odor in relation to setting an ambient standard.** Berkeley, CA: California Air Resources Board, 1985. 54 p., tab. p&b, PDF. ARB Contract A4-046-33. Disponível em: <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/research/apr/past/a4-046-33.pdf>. Acesso em: mai. 2024.

BRASIL. MMA. CONAMA. **Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990.** Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília, DF: MMA, 1990. Com complementação e revogação posteriores. Publicada originalmente no Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil: seção 1: Poder Executivo, Brasília, DF, p. 15937-15939, 22 ago. 1990. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=100. Acesso em: mai. 2024.

BRASIL. MMA. CONAMA. Resolução no 490, de 16 de novembro de 2018. Estabelece a Fase PROCONVE P8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE para o controle das emissões de gases poluentes e de ruído para veículos automotores pesados novos de uso rodoviário e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1: Poder Executivo, Brasília, DF, n. 223, p. 153-155, 21 nov. 2018a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-490-de-16-de-novembro-de-2018-51058604>. Acesso em: mai. 2024.

BRASIL. MMA. CONAMA. Resolução no 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre qualidade do ar. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1: Poder Executivo, Brasília, DF, n. 223, p. 155-156, 21 nov. 2018b. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=766. Acesso em: mai. 2024.

BRASIL. MMA. CONAMA. Resolução no 492, de 20 de dezembro de 2018. Estabelece as fases PROCONVE L7 e PROCONVE L8 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário, altera a Resolução CONAMA nº 15/1995 e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1: Poder Executivo, Brasília, DF, ano 155, n. 246, p. 141-145, 24 dez. 2018c. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=765. Acesso em: mai. 2024.

BRASIL. MMA. CONAMA. Resolução nº 493, de 24 de junho de 2019. Estabelece a Fase PROMOT M5 de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos similares - PROMOT para controle de emissões de gases poluentes e de ruído por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, altera as Resoluções CONAMA nºs 297/2002 e 432/2011, e dá outras providências. **Diário Oficial da União:** República Federativa do Brasil: seção 1: Poder Executivo, Brasília, DF, ano 157, n. 121, p. 96-97, 26 jun. 2019. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=785. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. **Modelo receptor**: estudo de caracterização de aerossóis na Região Metropolitana de São Paulo: Cerqueira César. São Paulo: CETESB, 2002. 28 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. **Plano de redução de emissão de fontes estacionárias**: PREFE 2014. São Paulo: CETESB, 2014. 199 p. Anexo único a que se refere o inciso I da Decisão de Diretoria nº 289/2014/P, de 08/10/2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2015/09/PREFE_2014.pdf. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. Classificação expedita da representatividade espacial das estações de monitoramento da qualidade do ar da CETESB no estado de São Paulo: terceira etapa. São Paulo: CETESB, 2016a. 29 p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Relat%C3%B3rio-Classifica%C3%A7%C3%A3o_Terceira-Etapa.pdf. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. Decisão de Diretoria n. 192/2016/C, de 30-8-2016. Aprova o “Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – Setor das Indústrias de Pisos Cerâmicos e Mineração de Argila” – região de controle 06 do PREFE 2014 - e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v. 126, n. 167, p. 85, 3 set. 2016b. Disponível em: https://www.imprensaoficial.com.br/Certificacao/Certificador.aspx?caderno=Executivo%20I&link=/2016/executivo%20secao%20i/setembro/03/pag_0085_8AVGL26V6G5V4e78730T7M13C5N.pdf. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. Decisão de Diretoria n. 120/2021/I/C, de 26 nov. 2021. Dispõe sobre a ampliação da área de abrangência do Plano de redução de emissão de fontes estacionárias – setor das indústrias de pisos cerâmicos e mineração de argila. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v. 131, n. 228, p. 107, 1 dez. 2021a. Disponível em: https://www.imprensaoficial.com.br/Certificacao/Certificador.aspx?caderno=Executivo%20I&link=/2021/executivo%20secao%20i/dezembro/01/pag_0107_186826f78bd35bbf800bc95ccf0ef8da.pdf. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. Decisão de Diretoria n. 119/2021/I/C, de 26 de novembro de 2021. Dispõe sobre o plano setorial de controle de emissão de compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis provenientes de unidade de armazenamento, distribuição e comércio atacadista de combustíveis. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v.131, n. 232, p.137-140. 7 dez. 2021b. Disponível em: https://www.imprensaoficial.com.br/Certificacao/Certificador.aspx?caderno=Executivo%20I&link=/2021/executivo%20secao%20i/dezembro/07/pag_0137_259d522d9a67ca0a6ca2e79230e7244c.pdf. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. Decisão de Diretoria n. 118/2021/I/C, de 26 de novembro de 2021. Dispõe sobre a aprovação do “Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – PREFE 2021”. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v.131, n. 234, p. 68, 9 dez. 2021c. Disponível em: https://www.imprensaoficial.com.br/Certificacao/Certificador.aspx?caderno=Executivo%20I&link=/2021/executivo%20secao%20i/dezembro/09/pag_0068_ebd696acf3218d34ddb9dee90530dad7.pdf. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. **Emissões veiculares no estado de São Paulo 2021**. São Paulo: CETESB, 2022a. 235 p. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2023/01/Relatorio-Emissoes-2021-completo.pdf>. Acesso em: mai. 2024.

CETESB. **Classificação de municípios do estado de São Paulo**: relativa à qualidade do ar observada: efetiva de 23/12/2023 até 2025. São Paulo: CETESB, 2022b. 18 p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2023/01/Classificacao_dos_municipios_2022.pdf. Acesso em: mai.2024.

CETESB. **Carbono Elementar no Material Particulado Inalável Fino MP_{2,5}: Comparação da Determinação por Método Termo-Óptico e de Refletância**. São Paulo: CETESB, 2023. 19p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2023/05/CARBONO-ELEMENTAR-NO-MATERIAL-PARTICULADO-INALAVEL-FINO-MP2-5-COMPARACAO-DA-DETERMINACAO-POR-METODO-TERMO-OTICO-E-DE-REFLETANCIA.pdf>. Acesso em: mai.2024.

CETESB. **QUALAR**: sistema de informações da qualidade do ar. São Paulo: CETESB, 2024a. 1 banco de dados eletrônicos. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em: mar. 2024.

CETESB. **Emissões veiculares no estado de São Paulo 2022**. São Paulo: CETESB, 2024b. 128 p. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2024/04/Relatorio-emissoes-veiculares-2022.pdf>. Acesso em: abr. 2024.

CETESB. **Concentrações de Carbono Orgânico e Carbono Elementar no Material Particulado Fino (MP_{2,5}) na atmosfera da Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2024c. 41 p. (Série Relatórios). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2024/01/Relatorio-Concentracoes-de-Carbono-Organico-e-Carbono-Elementar-no-Material-Particulado-Fino-MP25-na-atmosfera-da-Regiao-Metropolitana-de-Sao-Paulo-2024.pdf>. Acesso em: abr.2024.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar [Safr2022/2023]**. Brasília, v.10, n.4, abr.2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/47205_4d3411e94856841a815af389cab22b93. Acesso em: mai.2024

DAEE. **Boletim Mensal da Sala de Situação SP**. São Paulo. 2023. 1 base de dados eletrônicos. Período jan.-dez. 2023. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/0B4yicqLa_Dj8VFFVb3B4bW5xZkk?resourcekey=0-9rWDTUK16xaKOQnDIPFlnw. Acesso em: mai. 2024.

IBGE. **Censo Demográfico 2022 [Tabela 2_1_Populacao_residente_Area_territorial_Densidade_demografica – Primeiros Resultados]**. [Rio de Janeiro]: IBGE, 22/12/2023. 1 base de dados eletrônicos. Censo Demográfico. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html?edicao=37225&t=resultados>. Acesso em: mar. 2024.

INMET. **Dados históricos anuais**. Brasília, DF: INMET, 2023a.1 base de dados eletrônicos. Período: 2005-2023 (Automática). Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: mar. 2024.

INMET. **Previsão Climática Sazonal [Prognóstico Climático do CPTEC/INMET/FUNCEME]**. Brasília, DF: INMET, 2023b. Período: jan.-dez. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/boletinsprog>. Acesso em: mar. 2024.

INMET. **Notas técnicas**. Brasília, DF: INMET, 2023c. Período: jan.-dez. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas>. Acesso em: mar. 2024.

INPE.CPTEC. **Condições atuais do ENOS: Caracterização do El-Niño**. 2023. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: mar.2024.

INPE. **Programa Queimadas**. São José dos Campos: INPE, 2023a. 1 base de dados eletrônicos. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/estatisticas/estatisticas_estados/. Acesso em: fev. 2024.

INPE. **Painel El Niño 2023-2024 [Boletim Mensal]**. São José dos Campos: INPE, n.01-05, 2023b. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/sp/sao-paulo>. Acesso em: fev. 2024.

ONTARIO. Ministry of the Environment, Conservation and Parks. Human Toxicology and Air Standards Section. Technical Assessment and Standards Development Branch. **Ambient air quality criteria (AAQC)**. Toronto, ON: MECP, 2020. 45 p., il., PDF. ISBN 978-1-4868-4499-9. Disponível em: <https://files.ontario.ca/mecp-ambient-air-quality-criteria-list-en-2020-05-01.pdf>. Acesso em: fev. 2024.

AUTORIDADE PORTUÁRIA DE SANTOS. **Mensário estatístico [do Porto de Santos]**. Santos: APS, 2024. Período jan.-dez. 2023. Arquivos eletrônicos. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>. Acesso em: fev. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas: São Paulo: ALESP, 2002. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v.112, n.180, p. 2, 20 set. 2002. Disponível em: <http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20020920&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=2>. Acesso em: mai. 2024.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013**. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. São Paulo: ALESP, 2013. Com retificações posteriores. Publicado originalmente no DOE, São Paulo, v. 123, n. 76, p. 1-4, 24 abr. 2013. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html>. Acesso em: mai. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v. 126, n. 234, 15 dez. 2016. Seção 1, p. 1-10. Disponível em: https://www.imprensaoficial.com.br/DO/BuscaDO2001Documento_11_4.aspx?link=%2f2016%2fexecutivo%2520secao%2520i%2fdezembro%2f15%2fpagnot_0001_92N1548A9FTU7e5AFF24IAFI3LA.pdf&pagina=I&data=15/12/2016&caderno=Executivo%20I&paginaordenacao=1. Acesso em: mai.2024.

SÃO PAULO (Estado). SIMA. Deliberação CONSEMA 4, de 19-5-2021. 399ª Reunião Ordinária do Plenário do CONSEMA - Convalida o estudo técnico da CETESB para avaliação e proposta de início de vigência da meta intermediária etapa 2 (MI2). **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v. 131, n. 100, p. 38-42, 26 maio 2021. Disponível em: https://www.imprensaoficial.com.br/Certificacao/Certificador.aspx?caderno=Executivo%20I&link=/2021/executivo%20secao%20i/maio/26/pag_0038_c662ea5f9e-30871f740f0b1063279bab.pdf. Acesso em: mai. 2024.

SÃO PAULO (Estado). SIMA. Deliberação CONSEMA 26/2022 de 21 dez. 2022. 418ª Reunião Ordinária do Plenário do CONSEMA. Aprova a classificação da qualidade do ar: relação de Municípios e dados de monitoramento proposta pela CETESB. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v.132, n.255, p. 70-73, 23 dez. 2022. Disponível em: http://diariooficial.imprensaoficial.com.br/nav_v6/index.asp?c=32786&e=20221223&p=1. Acesso em: mai. 2024.

SÃO PAULO (Estado). SEMIL. **Etanol mais verde: 15 anos de compromisso com a sustentabilidade**. São Paulo: SEMIL, 2022. 15 p. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/sites/28/2022/06/etanol-mais-verde-15-anos-website-etanol.pdf>. Acesso em: fev. 2024.

SÃO PAULO (Estado). CEPDEC. **Meteorologia**. São Paulo: Defesa Civil, 2023. Dados observados. Disponível em: <http://www.defesacivil.sp.gov.br/meteorologia/>. Acesso em: maio. 2024.

SÃO PAULO (Estado). SEMIL. Etanol mais verde. **Resultados das Safras**. São Paulo: SEMIL, 2023. 14 p. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/sites/28/2023/08/apresentacao-resultados-etanol-mais-verde-safra-2022_23.pdf. Acesso em: fev. 2024.

SÃO PAULO (Estado). SEMIL. Sistema Estadual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais: **Balanco – 2023**. São Paulo: SEMIL, dez. 2023b. 31 p. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/2001/2023/12/Operacao-SP-Sem-Fogo-2023_Balanco_2023_Site.pdf. Acesso em: fev. 2024.

SÃO PAULO (Estado). SEMIL. **Programa Etanol mais verde**. São Paulo: SEMIL, 2024a. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/sma/etanolverde/>. Acesso em: fev. 2024.

SÃO PAULO (Estado). SEMIL. SIGAM. **Eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar**: safra 2023/2024. São Paulo: SEMIL, 2024b. 1 base de dados eletrônicos. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=123>. Acesso em: fev.2024.

SÃO PAULO (Estado). SEMIL. Sistema Estadual de Prevenção e Combates a Incêndios Florestais (OPERAÇÃO SÃO PAULO SEM FOGO). São Paulo: SEMIL, 2024c. Disponível em <https://semil.sp.gov.br/sma/sp-sem-fogo/>. Acesso em: fev.2024.

SULLIVAN, Ralph J. **Air pollution aspects of odorous compounds**. Bethesda, Maryland: Litton Systems, 1969. 261 p., tab. p&b, PDF. (NTIS PB 188 089). Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/910080KZ.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=Prior%20to%201976&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C70THRU75%5CTXT%5C00000008%5C910080KZ.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=261&slide#>. Acesso em: mai. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004**. Relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente. Edição em Português. Jornal Oficial da União Europeia, L 23, 26.01.2005, p. 3-16. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107&from=EM>. Acesso em: mai. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio de 2008**. Relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. Luxemburgo: União Europeia, 2008. Publicada originalmente no Jornal Oficial da União Europeia: Directivas, Luxemburgo, L 152, p.1-44, 11 jun. 2008. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0050>. Acesso em: mai. 2024.

USEPA. **Initial list of hazardous air pollutants with modifications**. Washington, DC: EPA, 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications>. Acesso em: mai. 2024.

USEPA. **NAAQS table**. Washington, DC: EPA, 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>. Acesso em: mar. 2024.

WHO. **Air quality guidelines for Europe**. 2nd ed., Copenhagen: WHO, 2000. 273 p. (WHO regional publications, European Series, n. 91). Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107335>. Acesso em: mai. 2024.

WHO. **WHO air quality guidelines global update 2005: report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005**. Copenhagen: WHO, 2005. 30 p. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/349878/WHO-EURO-2005-4244-44003-62046-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: mai. 2024.

WHO. **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide**. Bonn: WHO, 2021. 300 p. ISBN 978-92-4-003422-8. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>. Acesso em: mai. 2024.



Secretaria de  **SÃO PAULO**
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística GOVERNO DO ESTADO

Acompanhe as redes sociais da CETESB:

-  Site: cetesb.sp.gov.br
-  Facebook: facebook.com/cetesbsp
-  LinkedIn: linkedin.com/company/cetesb
-  Instagram: instagram.com/cetesbsp
-  SoundCloud: soundcloud.com/cetesbsp