

QUALIDADE DO AR NO ESTADO DE SÃO PAULO



2022

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

2022
SÉRIE RELATÓRIOS

São Paulo ▪ 2023

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

C418q CETESB (São Paulo)
Qualidade do ar no estado de São Paulo 2022 [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, 2023.
1 arquivo de texto (162 p.) : il. color., PDF ; 8 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 978-65-5577-058-2.

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 2023.
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345
Pinheiros – SP – Brasil – CEP 05459900

FICHA TÉCNICA

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Biol. 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. Orlando Ferreira Filho
Met. Clarice Aico Muramoto	Téc. Amb. Regina Giudici
Quím. Cristiane F. Fernandes Lopes	Est. Rosana Curilov
Quím. Daniele Patrícia R. de Carvalho	Fís. Thiago De Russi Colella
Met. Dirce Maria Pellegatti Franco	Quím. Viviane A. de Oliveira Ferreira
Téc. Amb. Israel Azevedo Anastacio	Est. Yoshio Yanagi
Quím. Jesuino Romano	Met. Carlos Ibsen Vianna Lacava
Quím. Maria Cristina N. de Oliveira	Quím. Cláudio Darwin Alonso
Quím. Maria Lucia Gonçalves Guardani	Eng. Cristiane Dias
	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
Departamento de Apoio Operacional
Setor de Avaliação de Emissões Veiculares
Divisão de 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

Phábrica de Produções

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

A CETESB tem como missão institucional desenvolver e acompanhar a execução das políticas públicas ambientais e de desenvolvimento sustentável, assegurando a melhoria contínua da qualidade do meio ambiente de forma a atender às expectativas da sociedade no Estado de São Paulo.

Dentre as formas de atendimento das expectativas da sociedade, podemos citar dois níveis. O primeiro se refere à proteção e controle ambiental em si. O segundo se revela na informação sobre a qualidade ambiental e na transparência com que as informações geradas são transmitidas à população.

A melhoria contínua da qualidade ambiental pressupõe o conhecimento das condições ambientais, por meio de sua avaliação. Neste sentido, as redes de monitoramento de qualidade ambiental da CETESB fornecem um diagnóstico de situação, indicando as áreas que necessitam de maior ou menor controle das fontes de poluição, orientando as ações de fiscalização. Identificam também áreas preservadas, cujo desenvolvimento deve ser efetuado de forma sustentável para que não sejam atingidos níveis indesejáveis de degradação.

Além disto, os dados gerados pelas redes de monitoramento permitem avaliar a evolução temporal da qualidade dos meios, a conformidade com a legislação ambiental, bem como subsidiar tomada de decisão, tais como aquelas relativas ao licenciamento ambiental e gestão dos recursos ambientais e políticas públicas relacionadas à qualidade do ar, das águas interiores, subterrâneas, litorâneas e costeiras.

A comunicação da situação da qualidade ambiental para a sociedade se dá intensamente, por intermédio de vários meios de comunicação como: sítio eletrônico, publicações, aplicativo para dispositivos móveis da CETESB. Neste último, por exemplo, podem ser consultados os dados de qualidade do ar em tempo real e as condições de balneabilidade das praias litorâneas.

Além da divulgação frequente dos dados de monitoramento da qualidade ambiental, estão sendo disponibilizadas na página da CETESB na internet as seguintes publicações: Relatório de Qualidade das Praias Litorâneas, de Qualidade das Águas Interiores, de Qualidade das Águas Costeiras, de Qualidade do Ar e o Boletim de Qualidade das Águas Subterrâneas, referentes ao ano de 2022. Estes documentos trazem maior detalhamento técnico, e são referência para especialistas e para áreas acadêmicas, em função de sua qualidade e da postura de vanguarda adotada pela CETESB, que confere ineditismo em análises ambientais no Brasil.

Novos desafios e oportunidades estão por vir e a CETESB, com a competência técnica acumulada ao longo de sua existência, dará continuidade ao seu trabalho na busca da melhoria contínua da qualidade do meio ambiente no Estado de São Paulo.

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.....	43
Tabela 2.2 – Fontes, características e efeitos dos principais poluentes não regulamentados na atmosfera.....	44
Tabela 2.3 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar.....	47
Tabela 2.4 – Critérios para episódios críticos de poluição do ar.....	48
Tabela 2.5 – Índice Geral.....	51
Tabela 2.6 – Qualidade do Ar e Prevenção de Riscos à Saúde.....	52
Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2022.....	54
Tabela 3.2 – Configuração da Rede Manual – 2022.....	59
Tabela 3.3 – Métodos de medição dos parâmetros.....	62
Tabela 4.1 – Estimativa da frota de veículos do estado de São Paulo em 2021.....	67
Tabela 4.2 – Estimativas de população, frota e emissão das fontes de poluição do ar no estado de São Paulo.....	70
Tabela 4.3 – Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2021.....	76
Tabela 4.4 – Estimativa de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP em 2021.....	78
Tabela 4.5 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2021.....	79
Tabela 5.1 – Médias mensais das mínimas diárias de umidade relativa e das máximas diárias de temperatura do ar – 2022.....	89
Tabela 6.1 – MP ₁₀ – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2018 a 2022 – RMSP.....	96
Tabela 6.2 – MP ₁₀ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática.....	101
Tabela 6.4 – MP _{2,5} – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2018 a 2022 – RMSP – Rede Automática.....	110
Tabela 6.5 – MP _{2,5} – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Interior, Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática.....	111
Tabela 6.6 – MP ₁₀ – Concentração média diária (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – RMSP.....	116
Tabela 6.7 – MP ₁₀ – Concentração média diária (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral.....	116
Tabela 6.8 – MP _{2,5} – Concentração média diária (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – RMSP, Interior e Baixada Santista.....	117
Tabela 6.9 – MP ₁₀ – Concentração média diária (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – RMSP.....	117
Tabela 6.10 – MP ₁₀ – Concentração média diária (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral.....	118
Tabela 6.11 – MP _{2,5} – Concentração média diária (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – RMSP, Interior e Baixada Santista.....	118
Tabela 6.12 – O ₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2018 a 2022 – RMSP.....	121
Tabela 6.13 – O ₃ – Número de dias com ultrapassagem do padrão estadual – RMSP.....	123
Tabela 6.14 – O ₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática.....	125
Tabela 6.15 – O ₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Interior – Rede Automática.....	126
Tabela 6.16 – O ₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – RMSP.....	128
Tabela 6.17 – O ₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m ³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral.....	129
Tabela 6.18 – NO ₂ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – RMSP - Rede Automática.....	130
Tabela 6.19 – SO ₂ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – RMSP, Baixada Santista e Interior – Rede Automática.....	137
Tabela 6.20 – SO ₂ – Evolução do teor de enxofre no diesel.....	140

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Relação entre a concentração de curto prazo, índice e classificação da qualidade do ar	50
Gráfico 4.1 – Evolução das emissões de poluentes veiculares no estado de São Paulo	68
Gráfico 4.2 – Evolução das emissões de poluentes veiculares nas Regiões Metropolitanas.....	69
Gráfico 4.3 – Emissões relativas por tipo de fonte – RMSP.....	80
Gráfico 5.1 – Número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes – RMSP	87
Gráfico 5.2 – Precipitação diária, umidade relativa e temperatura do ar – RMSP (maio a setembro – Mirante de Santana).....	88
Gráfico 6.1 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – RMSP – 2022	95
Gráfico 6.2 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais RMSP – 2022	97
Gráfico 6.3 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP	99
Gráfico 6.4 – MP ₁₀ – Evolução das médias móveis – RMSP	99
Gráfico 6.5 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – Baixada Santista e Litoral Norte – 2022	100
Gráfico 6.6 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais – Baixada Santista e Litoral Norte – 2022	101
Gráfico 6.7 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista	103
Gráfico 6.8 – MP ₁₀ – Concentrações máximas diárias – Interior – 2022	104
Gráfico 6.9 – MP ₁₀ – Concentrações médias anuais – Interior – 2022	106
Gráfico 6.10 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHIs 2 e 10	107
Gráfico 6.11 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHI 5.....	108
Gráfico 6.12 – MP ₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – Interior UGRHIs 4, 13, 15, 19, 21 e 22	108
Gráfico 6.13 – MP _{2,5} – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022	109
Gráfico 6.14 – MP _{2,5} – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022	112
Gráfico 6.15 – MP _{2,5} – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP	113
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	119
Gráfico 6.18 – FMC – Evolução das médias móveis – RMSP	120
Gráfico 6.19 – FMC – Classificação das concentrações médias anuais – Interior – 2022	120
Gráfico 6.20 – O ₃ – Evolução do número de dias de ultrapassagens do padrão estadual e do número de estações de monitoramento – RMSP	122
Gráfico 6.21 – O ₃ – Classificação do número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h – RMSP – 2022	123
Gráfico 6.22 – O ₃ – Evolução das médias móveis do 4º maior valor diário (máxima de 8 horas) – RMSP.....	124
Gráfico 6.23 – O ₃ – Classificação do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8h – Interior – 2022.....	127
Gráfico 6.24 – NO ₂ – Concentrações Médias Anuais – RMSP – 2022	131
Gráfico 6.25 – NO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Microescala	132
Gráfico 6.26 – NO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Demais escalas	132
Gráfico 6.27 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP - Microescala	134
Gráfico 6.28 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP – Demais escalas.....	134
Gráfico 6.29 – CO – Evolução das médias móveis das máximas diárias (média de 8 horas) – RMSP	135
Gráfico 6.30 – SO ₂ – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022	136
Gráfico 6.31 – SO ₂ – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022.....	138
Gráfico 6.32 – SO ₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP.....	139
Gráfico 6.33 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Americana – 2022.....	141
Gráfico 6.34 – Aldeídos - Perfil das concentrações diárias – Marginal Tietê-Ponte dos Remédios – 2022	142
Gráfico 6.35 – Benzeno – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022	143
Gráfico 6.36 – Benzeno – Classificação das concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022	143
Gráfico 6.37 – Tolueno - Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022	144
Gráfico 6.38 – Tolueno – Classificação das concentrações máximas médias de sete dias – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2022.....	144

LISTA DE MAPAS

Mapa 3.1 – Localização das estações da Rede Automática - 2022.....	57
Mapa 3.2 – Localização das estações e pontos de amostragem da Rede Manual – 2022.....	60
Mapa 4.1 – Regiões metropolitanas no estado de São Paulo.....	72
Mapa 4.2 – Localização das estações de monitoramento e dos focos de queimadas, observados por satélites ambientais, no estado de São Paulo – 2022.....	75
Mapa 5.1 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no primeiro trimestre.....	83
Mapa 5.2 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no segundo trimestre.....	84
Mapa 5.3 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no terceiro trimestre.....	85
Mapa 5.4 – Anomalias de precipitação (a) e de máximas temperaturas (b) no quarto trimestre.....	86
Mapa 7.1 – Municípios abrangidos pelas Regiões de Controle do PREFE 2021.....	150

Lista de Abreviaturas e Siglas

ARLA	Agente Redutor Líquido Automotivo
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
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 da 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 no Estado de São Paulo
QUALAR	Sistema de Informações de Qualidade do Ar
RC	Regiões de Controle
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
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USP	Universidade de São Paulo
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

Sumário

Resumo Executivo	15
1 • Introdução	39
2 • Parâmetros, Padrões e Índices	41
2.1 Poluentes	41
2.2 Padrões de Qualidade do Ar	45
2.2.1 Divulgação e Índices de Qualidade do Ar	48
3 • Redes de Monitoramento	53
3.1 As Redes	53
3.1.1 Rede Automática	53
3.1.2 Rede Manual	58
3.1.3 Avaliação Meteorológica Relacionada à Poluição	61
3.2 Metodologia de Monitoramento	61
3.3 Metodologia de Tratamento dos Dados	62
3.3.1 Representatividade de Dados	62
3.3.2 Representatividade espacial das estações	63
3.3.3 Observações sobre o monitoramento	64
4 • Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo	65
4.1 Considerações gerais sobre estimativas de emissão de fontes móveis e fontes estacionárias	65
4.2 Fontes de Poluição do Ar no Estado de São Paulo	66
4.3 Fontes de Poluição do Ar na RMSP	75
5 • Meteorologia no Estado de São Paulo	81
5.1 Aspectos Climáticos no Estado de São Paulo	81
5.2 Aspectos Meteorológicos no Estado de São Paulo em 2022	82
5.3 Aspectos meteorológicos na poluição do ar no Estado de São Paulo	86
5.3.1 Condições Meteorológicas para Dispersão de Poluentes – 2022	86
5.3.2 Condições Meteorológicas para Formação de Ozônio no Estado – 2022	90
6 • Qualidade do Ar no Estado de São Paulo	93
6.1 Resultados do Monitoramento da Qualidade do Ar	93
6.2 Resultados	94
6.2.1 Material Particulado	94
6.2.1.1 Partículas Inaláveis – MP ₁₀	94
6.2.1.2 Partículas Inaláveis Finas – MP _{2,5}	109
6.2.1.3 Fumaça – FMC	119
6.2.1.4 Partículas Totais em Suspensão – PTS	121
6.2.2 Ozônio – O ₃	121
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.....	140
6.2.6.1 Enxofre Reduzido Total - ERT	140
6.2.6.2 Aldeídos.....	141
6.2.6.3 Benzeno e Tolueno.....	142
6.2.7 Estudos Especiais.....	145
6.2.7.1 Avaliação dos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) na atmosfera do município de São Paulo (Cerqueira César) e de Santo André (Capuava).....	145
6.2.8 Síntese das Observações da Qualidade do Ar.....	145
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 2022. 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 2022, entraram em vigor no Estado de São Paulo padrões mais rigorosos de qualidade do ar, que correspondem a Meta Intermediária 2 (MI2) do Decreto Estadual nº 59.113/2013.

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, lançam 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 – Prévia da população com base nos dados do censo demográfico de 2022 coletados até o dia 25/12/2022.

População do Estado em 2022

Número de municípios por faixa populacional

Até 100.000 = 565 municípios.

De 100.000 a 400.000 = 64 municípios.

De 400.000 a 1.000.000 = 13 municípios.

Acima de 1.000.000 = 3 municípios.

Total do Estado = 645 municípios com 46.024.937 hab.

Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) = 39 municípios com 21.946.318 hab.

São Paulo Capital = 12.200.180 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 finalmente atingir aos "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 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 em 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 ano de 2022 foi mais seco que as respectivas normais climatológicas na maioria das regiões do estado de São Paulo, com exceção dos meses de janeiro, setembro e dezembro.

O período de maio a setembro é, geralmente, o mais desfavorável para a dispersão de poluentes primários no estado de São Paulo. Em 2022, houve 29 dias com condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes, correspondendo a 19% do período. Nesse período, o total mensal de chuvas ficou abaixo das médias mensais com exceção do mês de setembro. No entanto, houve boa ventilação em razão de passagens de sistemas frontais pelo litoral, com ausência de chuvas na parte continental do estado.

O ozônio apresenta, ao longo do ano, uma distribuição de episódios totalmente distinta 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 2022, houve vários dias com condições meteorológicas propícias à formação desse poluente, sendo que as maiores ocorrências de ultrapassagens do padrão se deram nos meses de fevereiro e outubro não sendo observadas ultrapassagens em maio, agosto e setembro. Essas ocorrências de maior concentração de ozônio estiveram associadas principalmente a dias com altas temperaturas e alta incidência de radiação solar. Destaca-se o mês de fevereiro, com 10 dias propícios à formação de altas concentrações de ozônio, em algumas localidades no estado, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), em razão da ocorrência de alta incidência de radiação solar e de altas temperaturas.

Dados de Qualidade do Ar

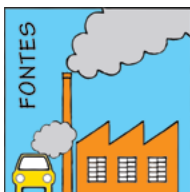
Inicialmente são apresentadas as características próprias do poluente. Em seguida, apresentam-se as tabelas com a “Distribuição Percentual da Qualidade do Ar” que são obtidas a partir dos valores diários de curto prazo. Juntamente, para os poluentes com padrões de longo prazo, são apresentadas as médias 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.

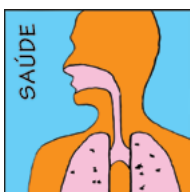
Ozônio - O₃



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 percentagem de dias em que a concentração observada se situa em uma das faixas de classificação associadas aos efeitos sobre a saúde.

Ozônio (O ₃) - 2022						
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	88,5%	9,7%	1,5%	0,3%		35
Capão Redondo	80,2%	16,3%	2,9%	0,6%		12
Carapicuíba	97,2%	2,5%	0,3%			1
Cid.Universitária-USP-Ipen	76,5%	19,4%	3,8%	0,3%		14
Diadema	90,5%	8,3%	0,9%	0,3%		4
Grajaú-Parelheiros	97,9%	1,8%	0,3%			1
Guarulhos-Paço Municipal	94,4%	5,0%	0,3%	0,3%		2
Guarulhos-Pimentas	91,5%	6,9%	1,6%			6
Ibirapuera	82,2%	15,2%	2,0%	0,6%		9
Interlagos	85,7%	12,2%	1,5%	0,6%		7
Itaim Paulista	89,0%	8,5%	2,5%			8
Itaquera	87,5%	10,2%	1,4%	0,9%		8
Mauá	93,9%	3,9%	1,4%	0,8%		8
Mooca	89,7%	8,8%	1,2%	0,3%		5
Nossa Senhora do Ó	90,2%	9,2%	0,6%			2
Parque D.Pedro II	90,1%	9,1%	0,8%			3
Perus	80,1%	17,0%	2,6%	0,3%		10
Pico do Jaraguá	74,9%	22,9%	2,2%			8
Pinheiros	96,1%	3,6%	0,3%			1
S.André-Capuava	91,2%	6,5%	1,7%	0,6%		8
S.Bernardo-Centro	84,9%	11,8%	2,8%	0,5%		12
Santana	94,8%	4,9%	0,3%			1
Santo Amaro	84,9%	13,2%	1,9%			5
São Caetano do Sul	90,7%	7,6%	1,4%	0,3%		6

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.

Ozônio (O ₃) - 2022							
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	95,1%	3,9%	1,0%			2
	Cubatão-Vale do Mogi	99,5%	0,5%				0
	Santos	99,5%	0,5%				0
	Santos-Ponta da Praia	99,1%	0,9%				0
	São Sebastião	99,5%	0,5%				0
Interior do Estado	Americana	72,4%	24,5%	3,1%			11
	Araçatuba	96,7%	3,3%				0
	Araraquara	87,2%	12,2%	0,6%			2
	Bauru	98,1%	1,9%				0
	Campinas-Taquaral	83,0%	14,0%	3,0%			9
	Campinas-V.União	96,5%	3,5%				0
	Catanduva	95,3%	4,7%				0
	Guaratinguetá	98,3%	1,7%				0
	Jacaréí	96,2%	3,8%				0
	Jaú	100,0%					0
	Jundiaí	83,3%	14,6%	1,8%	0,3%		7
	Limeira	90,1%	9,6%	0,3%			1
	Marília	94,2%	5,8%				0
	Paulínia	93,7%	6,0%	0,3%			1
	Paulínia-Sta Terezinha	83,7%	14,1%	1,9%	0,3%		7
	Piracicaba	96,3%	3,7%				0
	Presidente Prudente	98,9%	1,1%				0
	Ribeirão Preto	91,8%	7,9%	0,3%			1
	Rio Claro-Jd.Guanabara	93,7%	6,0%	0,3%			1
	S.José Campos	96,1%	3,9%				0
S.José Campos-Jd.Satélite	95,6%	4,4%				0	
São José do Rio Preto	90,0%	8,6%	1,4%			5	
Sorocaba	100,0%					0	
Tatuí	96,6%	3,4%				0	
Taubaté	96,8%	3,2%				0	

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.

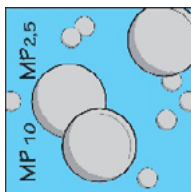
O monitoramento de ozônio foi realizado em 53 estações automáticas sendo 23 na RMSP e 30 no interior/litoral. A referência para o ozônio é a máxima média de 8 horas ocorrida em um dia. Considera-se apenas as estações com dados representativos. A qualidade "RUIM" foi atingida em 37% das estações do interior/litoral em contraposição aos 100% da RMSP. A qualidade "MUITO RUIM" foi atingida em 57% das estações na RMSP e em 7% no interior/litoral.

Quanto ao PQA, a estação alocada na Cidade Universitária teve 14 dias com ultrapassagem, enquanto nas estações do interior, a estação com maior número de eventos foi a de Americana, com 11 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. Apesar de o padrão vigente atualmente ($130 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ser mais restritivo que o vigente no ano passado ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$), o número de dias de ultrapassagens em 2022 foi menor do que o de 2021. Em 2022, ocorreram 35 dias de ultrapassagem de padrão na RMSP frente a 41 dias em 2021. No entanto, não há uma tendência de comportamento definida no caso deste poluente.

Material Particulado – MP



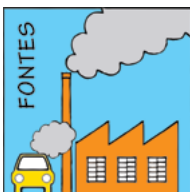
Constituído de pequenas partículas, sólidas ou líquidas, que pelo seu pequeno tamanho se mantêm suspensas na atmosfera. Não possui característica química única, mas a sua composição é definida pelas fontes de emissão. A agressividade à saúde se dá não apenas pela toxicidade de alguns de seus componentes,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



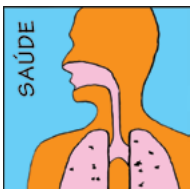
Dada a importância do tamanho da partícula na agressividade à saúde, as concentrações são medidas em vários tamanhos, destacando-se o MP_{10} e o $MP_{2,5}$.

$MP_{2,5}$ 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 ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares e respiratórias.



Provocam a sujeira 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) - 2022							
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	91,9%	8,0%	0,1%			4	26
Capão Redondo	93,2%	6,8%				0	22
Carapicuíba	90,3%	9,7%				0	25
Cerqueira César	97,2%	2,8%				0	23
Congonhas	94,4%	5,6%				0	26
Diadema	98,7%	1,3%				0	24
Grajaú-Parelheiros	84,9%	14,0%	1,1%			4	31
Guarulhos-Paço Municipal	91,9%	8,1%				0	26
Guarulhos-Pimentas	90,3%	9,7%				0	28
Interlagos	95,3%	4,7%				0	23
Itaim Paulista	92,7%	7,3%				0	25
Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	87,3%	12,4%	0,3%			1	29
Mauá	89,9%	10,1%				0	29
Nossa Senhora do Ó	96,0%	4,0%				0	24
Osasco	81,9%	18,1%				0	35
Parque D.Pedro II	88,3%	11,4%	0,3%			1	29
Perus	88,4%	11,6%				0	30
Pinheiros	88,6%	11,4%				0	28
S.André-Capuava	92,3%	7,7%				0	27
S.Bernardo-Paulicéia	95,0%	5,0%				0	25
Santo Amaro	98,0%	2,0%				0	20
São Caetano do Sul	94,9%	5,1%				0	25
Taboão da Serra	90,5%	9,5%				0	27

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) - 2022								
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	94,7%	5,3%				0	27
	Cubatão-Vale do Mogi	90,1%	9,9%				0	33
	Cubatão-Vila Parisi	40,1%	43,2%	13,9%	2,8%		60	66
	Santos	98,5%	1,5%				0	22
	Santos-Ponta da Praia	95,6%	4,1%	0,3%			1	24
	São Sebastião	98,0%	2,0%				0	21
Interior do Estado	Americana	86,0%	14,0%				0	28
	Araçatuba	92,1%	7,9%				0	25
	Araraquara	83,5%	16,5%				0	30
	Bauru	93,1%	6,9%				0	24
	Campinas-Centro	99,7%	0,3%				0	23
	Campinas-Taquaral	99,3%	0,7%				0	21
	Catanduva	82,4%	17,6%				0	31
	Guaratinguetá	96,7%	3,3%				0	26
	Jacareí	98,3%	1,7%				0	23
	Jaú	95,2%	4,8%				0	24
	Jundiaí	98,5%	1,5%				0	21
	Limeira	80,1%	19,9%				0	35
	Marília	97,5%	2,5%				0	20
	Paulínia	94,5%	5,5%				0	28
	Paulínia-Sta Terezinha	87,4%	12,6%				0	31
	Piracicaba	87,1%	12,9%				0	30
	Presidente Prudente	97,5%	2,5%				0	21
	Ribeirão Preto	82,7%	15,3%	2,0%			7	32
	Rio Claro-Jd.Guanabara	72,2%	26,1%	1,7%			6	40
	S.José Campos	99,3%	0,7%				0	24
	S.José Campos-Jd.Satélite	99,0%	1,0%				0	20
	Santa Gertrudes	57,6%	35,8%	6,6%			23	51
São José do Rio Preto	81,1%	18,9%				0	32	
Sorocaba	99,4%	0,6%				0	20	
Tatuí	96,6%	3,4%				0	19	
Taubaté	98,1%	1,9%				0	20	

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 do ano.

Partículas Inaláveis (MP ₁₀) - 2022								
Estação	N	Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	Repres.	Máximas 24 h (µg/m ³)				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
Interior do Estado	Cordeirópolis - Módolo	64	37	S	86	84	76	73
	Santa Gertrudes - Jd. Luciana	56	58	S	142	135	107	106
	Guarujá - Vicente de Carvalho	31	31	N	74	60	52	51
	Franca - Cidade Nova	51	23	S	120	79	46	41
	Jaboticabal - Jd. Kennedy	21	22	N	40	38	38	34

(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 59 estações sendo 22 na RMSP e 37 no interior/litoral. Na RMSP, das 21 estações com dados representativos, 3 não respeitaram o valor do padrão diário (100 µg/m³). Já no litoral, 2 dentre 5 estações, e no interior, 5 dentre 26, 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 5 estações com representatividade anual, principalmente em áreas com maior atividade industrial.

A média de MP₁₀ na RMSP em 2022 foi de 26 µg/m³, praticamente igual a observada em 2021 que foi de 27 µg/m³.

Em 2022, destaca-se a ocorrência de 81 dias de altas das concentrações de material particulado (qualidade do ar RUIM ou MUITO RUIM) no estado. Em 48 desses dias, as altas concentrações de MP₁₀ ocorreram apenas na estação Cubatão-Vila Parisi, que está localizada dentro da área industrial. Em apenas 4 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}) - 2022							
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	90,0%	9,8%	0,2%			9	14
Cid.Universitária-USP-Ipen	91,1%	8,9%				0	13
Congonhas	91,0%	8,4%	0,6%			2	16
Grajaú-Parelheiros	87,9%	11,8%	0,3%			1	14
Guarulhos-Paço Municipal	90,0%	10,0%				0	15
Guarulhos-Pimentas	89,1%	10,3%	0,6%			2	14
Ibirapuera	91,1%	8,9%				0	14
Itaim Paulista	89,1%	10,9%				0	14
Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	82,2%	17,0%	0,8%			3	18
Mauá	91,6%	8,4%				0	13
Mooca	92,0%	8,0%				0	14
Osasco	81,7%	17,2%	1,1%			4	19
Parque D.Pedro II	89,1%	10,6%	0,3%			1	15
Perus	91,3%	8,7%				0	15
Pico do Jaraguá	99,1%	0,9%				0	10
Pinheiros	85,8%	14,2%				0	15
S.Bernardo-Centro	95,1%	4,9%				0	13
Santana	88,7%	11,0%	0,3%			1	15
São Caetano do Sul	91,2%	8,8%				0	14

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}) - 2022								
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	93,4%	6,6%				0	14
	Guaratinguetá	99,0%	1,0%				0	12
	Jundiaí	95,6%	4,4%				0	12
	Limeira	97,6%	2,4%				0	12
	Paulínia-Sta Terezinha	95,7%	4,3%				0	14
	Piracicaba	96,9%	3,1%				0	11
	Ribeirão Preto	93,6%	6,4%				0	13
	Rio Claro-Jd.Guanabara	86,6%	13,1%	0,3%			1	15
	S.José Campos-Jd. Satélite	98,7%	1,3%				0	10
	Santa Gertrudes	88,8%	11,2%				0	16
	Santos-Ponta da Praia	97,5%	2,5%				0	12
	São José do Rio Preto	93,9%	6,1%				0	13
	São Sebastião	100,0%					0	8
	Taubaté	99,4%	0,6%				0	11

PQAr = 17 µg/m³.

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

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}) - 2022								
Estação	N	Média Anual ⁽¹⁾ (µg/m ³)	Repres.	Máximas 24 h (µg/m ³)				
				1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	
RMSB	Cerqueira César	57	13	S	33	31	30	27
	Santo Amaro	57	12	S	33	33	31	31
	Santo André - Capuava	59	14	S	32	29	29	29

(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 35 estações sendo 21 na RMSP e 14 no interior/litoral. Na RMSP, das 20 estações com dados representativos, foram observadas violações de padrão diário ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em 7 delas. No interior, das 14 estações, observou-se descumprimento do padrão diário em apenas 1 delas. Infere-se disso que as poeiras mais finas são mais presentes na RMSP, em contraposição às poeiras mais grossas, ressaltadas na análise do MP_{10} .

Em relação ao padrão anual, apenas 2 estações, ambas na RMSP e próximas a vias de tráfego, tiveram o padrão anual ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 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 - 2022								
	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	Campos Elíseos	47	12	S	26	26	26	25
	Cerqueira César	53	17	S	47	44	36	34
	Ibirapuera	52	10	S	32	29	26	22
	Pinheiros	54	17	S	66	47	45	44
	Tatuapé	52	18	S	53	50	50	42
Interior do Estado	Jundiaí	55	13	S	35	33	31	27
	Salto	55	10	S	26	25	22	19
	Itú	45	11	S	31	28	25	24
	Sorocaba	50	14	S	30	30	29	27

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 2022, 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 PTS expressa as medições do conjunto das partículas que se mantém suspensas na atmosfera, desde as menores que 10 μm (MP_{10} e $\text{MP}_{2,5}$) 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) - 2022								
Estação	N	Média Anual ⁽¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Repres.	Máximas 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
RMSP	Cerqueira César	49	45	S	148	135	116	115
	Osasco	47	80	S	220	202	186	174
	Pinheiros	43	46	S	223	137	127	124
	Santo Amaro	48	36	S	120	114	107	104
	Santo André - Capuava	47	41	S	120	97	94	94
	São Bernardo do Campo	49	44	S	167	115	111	105
Litoral	Cubatão - Vila Parisi	40	187	S	506	474	380	347

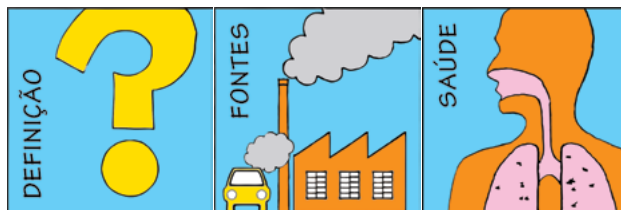
PQAr anual = 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (média geométrica). Em negrito, estação que ultrapassa o padrão.

N = Número de dias de amostragens válidas.

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

Em 2022, o monitoramento de PTS foi realizado em sete estações manuais, e houve representatividade de 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ quanto do anual de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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.

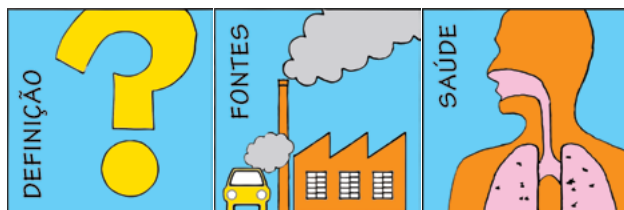
Monóxido de Carbono (CO) - 2022						
Estação	Distribuição percentual da qualidade do ar (Máxima média móvel de 8h)					NU
	Boa 0 - 9 µg/m ³	Moderada >9 - 11 µg/m ³	Ruim >11 - 13 µg/m ³	Muito Ruim >13 - 15 µg/m ³	Péssima >15 µg/m ³	
RMSP	Carapicuíba	100%				0
	Cerqueira César	100%				0
	Congonhas	100%				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 – Número de dias com ultrapassagem do PQAR de 8 horas = 9 ppm.

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

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 no material particulado na forma de sulfato.

Dióxido de Enxofre (SO ₂) - 2022								
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 - 365µg/ 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	3
	Interlagos	100,0%					0	2
	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	100,0%					0	2
	Osasco	100,0%					0	3
	S.André-Capuava	100,0%					0	2
	São Caetano do Sul	100,0%					0	2
Interior do Estado	Cubatão-Centro	93,9%	5,1%	1,0%			2	10
	Cubatão-Vale do Mogi	97,7%	2,3%				0	8
	Cubatão-Vila Parisi	92,4%	5,6%	2,0%			7	8
	Paulínia	100,0%					0	3
	Paulínia-Sta Terezinha	100,0%					0	4
	S.José Campos	100,0%					0	2
	Santos-Ponta da Praia	100,0%					0	2

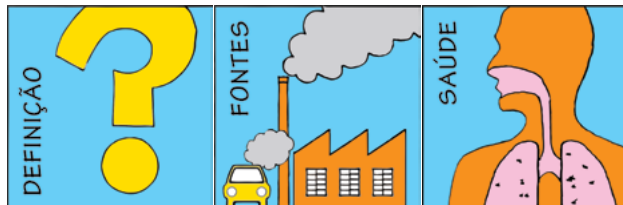
(1) PQAr anual = 30 µg/m³.

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 2022, 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 2 ultrapassagens do PQAr diário de 40 µg/m³, no Centro; e 7 em Vila Parisi. No entanto, o padrão anual (30 µg/m³) está sendo respeitado em todas as estações medidoras.

Dióxido de Nitrogênio - NO₂



Os óxidos de nitrogênio (NO_x=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) - 2022							
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	32
	Congonhas	99,1%	0,6%	0,3%		1	66
	Guarulhos-Pimentas	100,0%				0	26
	Ibirapuera	100,0%				0	25
	Interlagos	100,0%				0	22
	Itaim Paulista	100,0%				0	22
	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	100,0%				0	51
	Osasco	100,0%				0	47
	Parque D.Pedro II	100,0%				0	35
	Pico do Jaraguá	100,0%				0	17
	Pinheiros	100,0%				0	38
	S.André-Capuava	100,0%				0	24
	S.Bernardo-Centro	100,0%				0	24
	São Caetano do Sul	99,7%		0,3%		1	27
	Interior e Litoral do Estado	Araraquara	100,0%				0
Bauru		100,0%				0	14
Campinas-Taquaral		100,0%				0	10
Catanduva		100,0%				0	14
Cubatão-Centro		100,0%				0	32
Cubatão-Vale do Mogi		100,0%				0	38
Cubatão-Vila Parisi		99,7%		0,3%		1	44
Guaratinguetá		100,0%				0	11
Jacareí		100,0%				0	10
Jaú		100,0%				0	12
Jundiaí		100,0%				0	27
Limeira		100,0%				0	20
Marília		100,0%				0	10
Paulínia		100,0%				0	19
Paulínia-Sta Terezinha		100,0%				0	20
Piracicaba		100,0%				0	15
Presidente Prudente		100,0%				0	12
Ribeirão Preto		100,0%				0	10
S.José Campos		100,0%				0	19
S.José Campos-Jd.Satélite		100,0%				0	19
Santa Gertrudes		100,0%				0	29
Santos-Ponta da Praia	100,0%				0	30	
São José do Rio Preto	100,0%				0	19	
Sorocaba	100,0%				0	17	
Tatuí	100,0%				0	9	
Taubaté	100,0%				0	13	

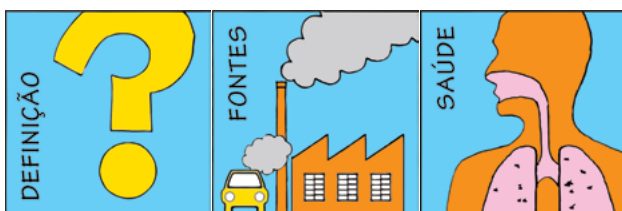
(1) PQAr anual = 50 µg/m³.

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 NO_2 foi realizado em 40 estações automáticas sendo 14 na RMSP e 26 no interior/litoral. Considerando os dados com representatividade anual, das 12 estações com dados representativos na RMSP, 2 apresentaram ultrapassagem do padrão horário ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Já no interior/litoral, das 19 estações com dados representativos, apenas a estação Cubatão-Vila Parisi, localizada em área industrial, violou o padrão horário. Em relação ao padrão anual, observa-se que o padrão anual vigente ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado nas estações Congonhas e Marginal Tietê-Ponte dos Remédios, na RMSP. 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 estáveis nos últimos anos.

Compostos de Enxofre Reduzido Total (ERT)



Os compostos de enxofre reduzido mais frequentes e abundantes são sulfeto de hidrogênio (H_2S) 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 H_2S de 5 ppb.

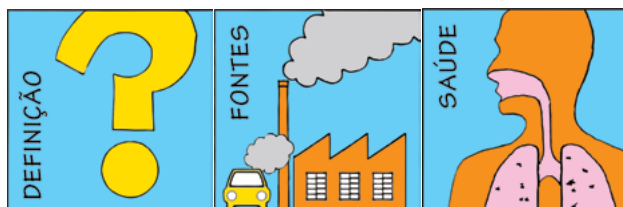
Enxofre Reduzido Total (ERT) - 2022								
Estação		Faixa de concentração (média horária)				Nh	Repr.	
		< 5 ppb	> 5 -30 ppb	> 30 -100 ppb	> 100 -200 ppb			> 200ppb
Interior	Americana	84,23%	11,53%	3,67%	0,53%	0,04%	8071	S

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 é notável a persistência do componente. Valores acima de 30, 100 e até de 200 ppb foram observados.

Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

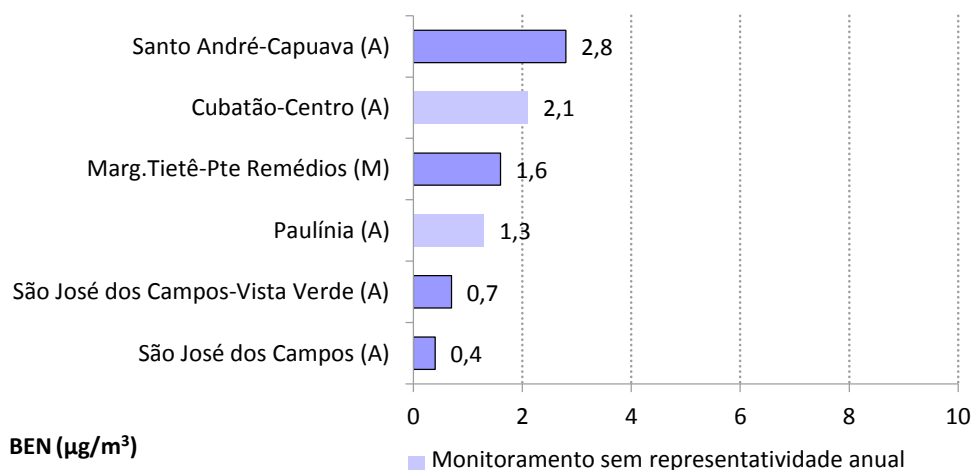
Benzeno e Tolueno



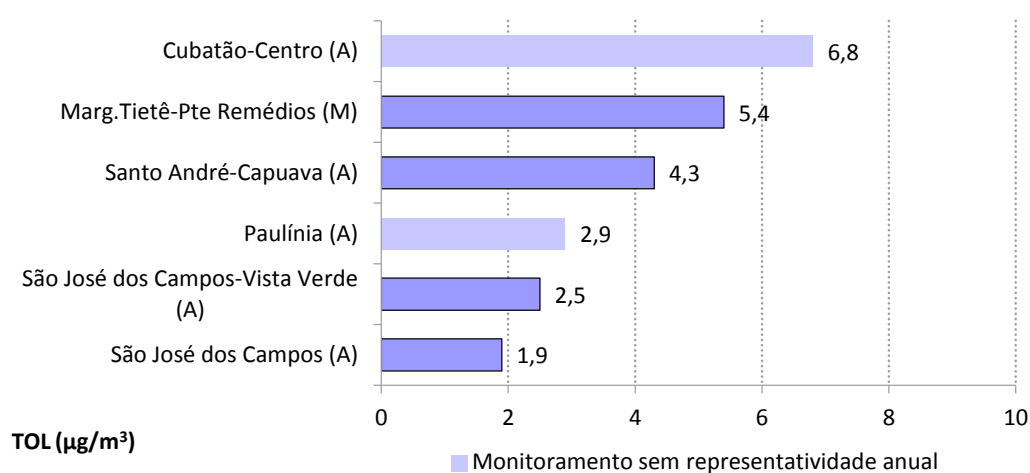
O benzeno e tolueno são compostos orgânicos voláteis classificados como perigosos, sendo as principais fontes de emissão os veículos a gasolina, quer pela emissão pelo escapamento, quer pela evaporação em diferentes partes do veículo e, de maneira indireta, pelos processos de distribuição de combustível. 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

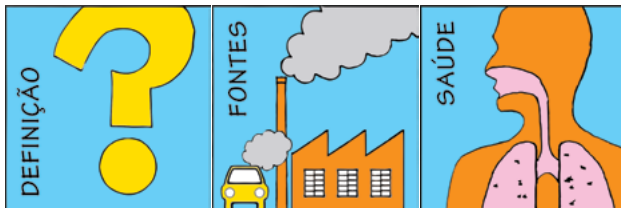


Tolueno - Médias Semanais



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 ($6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), foi observada na estação Cubatão - Centro.

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 - 2022							
Estação Marg. Tietê-Ponte dos Remédios (RMSP)	N	Média Anual (ppb)	Repres.	Máximas 24 h (ppb)			
				1ª	2ª	3ª	4ª
Acetaldeído	48	2,7	S	7,8	7,2	5,6	4,7
Formaldeído	48	3,4	S	6,2	6,0	6,0	5,2

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.
- **SO_2** - 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.
- **NO_2** - 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 sujeira 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 no interior/litoral, sobretudo em áreas com maior atividade industrial. No caso do $MP_{2,5}$, há um comportamento mais igualitário entre a RMSP e o interior.

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 2022, de 63 estações automáticas, além de 23 manuais, totalizando 86 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. Mais recentemente foi lançado um boletim mensal eletrônico.

Nos relatórios há sempre a comparação dos dados obtidos com os padrões de qualidade do ar vigentes. Desta forma, ressalta-se um fato importante de caráter administrativo, que foi a Decisão do Conselho Estadual do Meio Ambiente nº 04/2021 (SÃO PAULO, 2021), que com base em estudos realizados pela CETESB, tornou os padrões de qualidade do ar mais restritivos, com vigência a partir de janeiro de 2022.

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: <ul style="list-style-type: none"> • Chaminés. • Pilhas de material seco. • Vias públicas (pavimentadas ou não).
Processos Atmosféricos	Físicos: <ul style="list-style-type: none"> • Diluição e transporte pela ação de ventos. • Remoção pela ação das chuvas. • Deposição seca. 	Químicos: <ul style="list-style-type: none"> • Reação direta entre poluentes. • Reações fotoquímicas (necessitam radiação solar).
Receptores	Ambientais: <ul style="list-style-type: none"> • 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 universalmente. 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, podendo ir desde o branco gesso, um composto de cálcio, até as fumaças pretas emitidas por veículos movidos a óleo diesel, os compostos de carbono.

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 sujeira 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 (2023)

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 (2023)

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 IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e aprovados pelo CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente (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 Decreto Estadual nº 59.113, de 23/04/2013 (SÃO PAULO, 2013). Seguindo 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).

- 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.

MI1 - Valores de concentração poluentes atmosféricos vigentes de 24/04/2013 a 31/12/2021.

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).

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.

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.

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 2022 (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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MI 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
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 (2023) 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 MI1 dos Padrões Estaduais

Padrão nacional de curto prazo para SO₂ (BRASIL, 2018b): PI1=125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PI2=50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PI3=30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e PF=20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

A Resolução CONAMA nº 491/ 2018, à 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 (2023) adaptado do Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013)

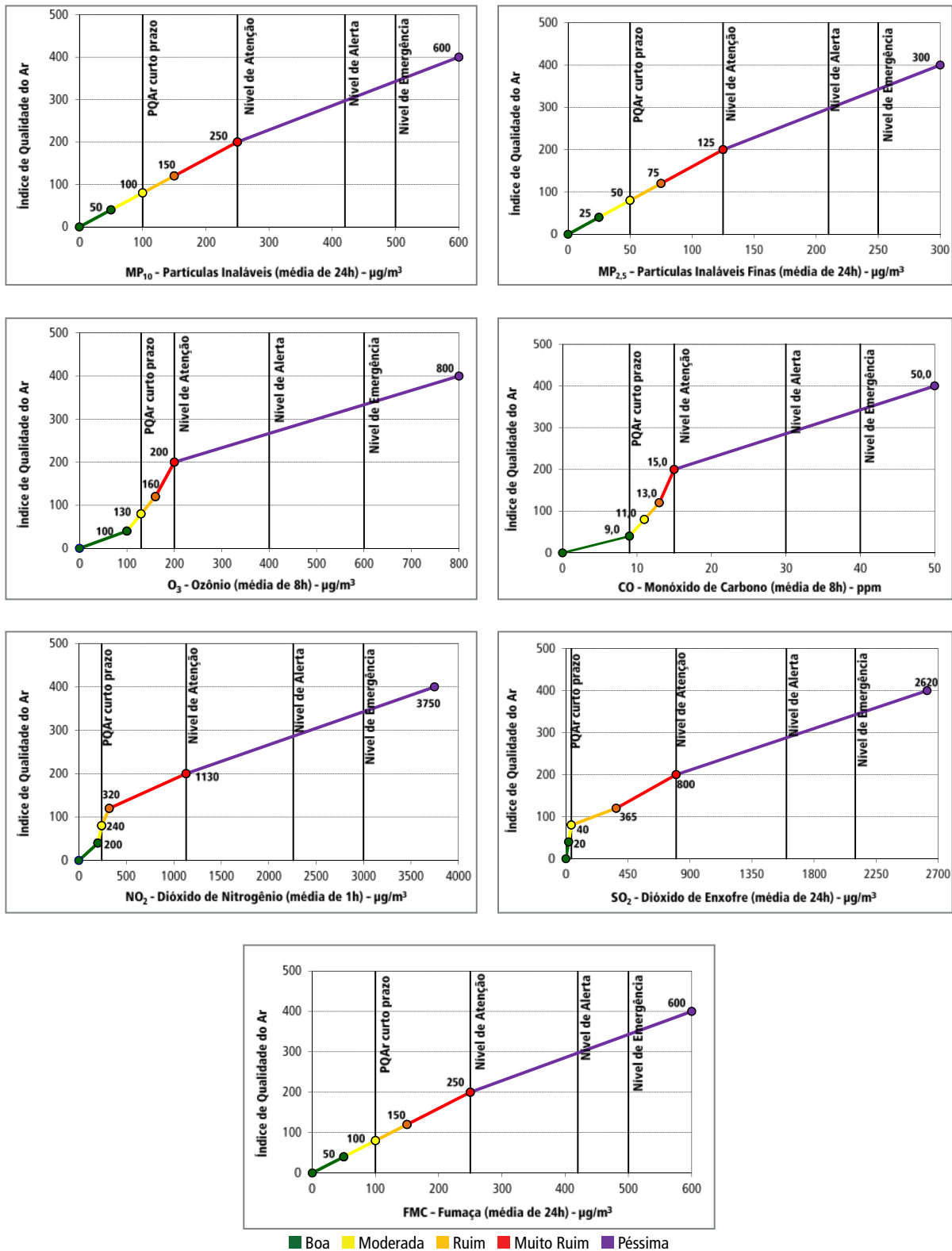
Valores de referência internacionais são apresentados no **Apêndice 1**, especificamente os padrões adotados pela Agência Ambiental Americana (USEPA, 2017), os valores de referência adotados pela Comunidade Europeia (UNIÃO EUROPEIA, 2008) e os valores-guia recomendados pela Organização Mundial da Saúde (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



Fonte: CETESB (2023)

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 (2023)

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 (2023)

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 9.034 de dezembro de 1994. 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 2022, é apresentada a seguir:

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 25/12/2022.

3.1.1 Rede Automática

Em 2022, a rede automática foi composta por 62 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



Estação Telemétrica



Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2022 (continua)

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	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	
ESTAÇÕES FIXAS																			
2	Guaratinguetá	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X	
	Jacareí		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X	
	São José dos Campos		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X			
	São José dos Campos - Jd. Satélite	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X
	São José dos Campos - Vista Verde									X	X		X	X	X	X	X	X	X
	Taubaté	X	X		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	

Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2022 (continua)

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	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
3	São Sebastião	X	X						X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 3		1	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	X	
	Campinas - Centro		X					X				X	X					
	Campinas - Taquaral		X		X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X
	Campinas - V. União	X							X			X	X	X	X	X	X	X
	Jundiaí	X	X		X	X	X		X			X	X	X	X			
	Limeira	X	X		X	X	X		X					X	X	X	X	X
	Paulínia		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X
	Paulínia - Sta. Terezinha	X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	X	
	Piracicaba	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X		
	Rio Claro - Jd. Guanabara	X	X						X				X	X	X	X	X	X
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
	Carapicuíba		X					X	X			X	X	X	X	X	X	X
	Cerqueira César		X	X	X	X	X	X										
	Cid. Universitária - USP - IPEN	X							X									
	Congonhas	X	X	X	X	X	X	X										
	Diadema		X						X									
	Grajaú-Parelheiros	X	X					X	X				X	X				
	Guarulhos - Paço Municipal	X	X						X				X	X	X	X	X	X
	Guarulhos - Pimentas	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
	Ibirapuera	X			X	X	X	X	X				X	X			X	
	Interlagos		X	X	X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	Itaim Paulista	X	X		X	X	X		X						X	X		
	Itaquera								X									
	Marg. Tietê - Pte dos Remédios	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X
	Mauá	X	X						X									
	Moóca	X							X	X					X	X		
	Nossa Senhora do Ó		X						X				X	X				
	Osasco	X	X	X	X	X	X	X							X	X		
	Parque D. Pedro II	X	X		X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X
	Pico do Jaraguá	X			X	X	X		X				X	X	X	X		
	Pinheiros	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
	Santana	X							X						X	X		
	Santo Amaro		X						X	X					X	X		
S. André - Capuava		X	X	X	X	X		X	X	X				X	X			
S. Bernardo - Centro	X			X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	
S. Bernardo - Paulicéia		X																
S. Caetano	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X		
Taboão da Serra		X						X				X	X					

Tabela 3.1 – Configuração da Rede Automática – 2022 (conclusão)

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	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
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 6		17	21	8	14	14	14	15	22	2	2	1	15	15	17	17	10	8
7	Cubatão - Centro		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	
	Cubatão - Vale do Mogi		X	X	X	X	X		X				X	X	X	X		X
	Cubatão - V. Parisi		X	X	X	X	X								X	X		
	Santos		X						X				X	X	X	X	X	X
	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	1	1	4	4	5	5	3	3		
10	Sorocaba		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
	Tatuí		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 10		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	
13	Araraquara		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
	Bauru		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	Jaú		X		X	X	X		X				X	X	X	X		
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 13		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	
15	Catanduva		X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
	São José do Rio Preto	X	X		X	X	X		X				X	X	X	X	X	X
TOTAL MONITORES FIXOS UGRHI 15		1	2	2	2	2	2	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	1	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	1	1	1	1	1	1
22	Presidente Prudente		X		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	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL MONITORES FIXOS		31	53	15	40	40	40	18	52	6	6	2	47	47	50	50	34	30
ESTAÇÕES MÓVEIS																		
6	Perus	X	X						X									
TOTAL MONITORES MÓVEIS		1	1						1									
TOTAL GERAL		32	54	15	40	40	40	18	53	6	6	2	47	47	50	50	34	30

Fonte: CETESB (2023)

Nota:

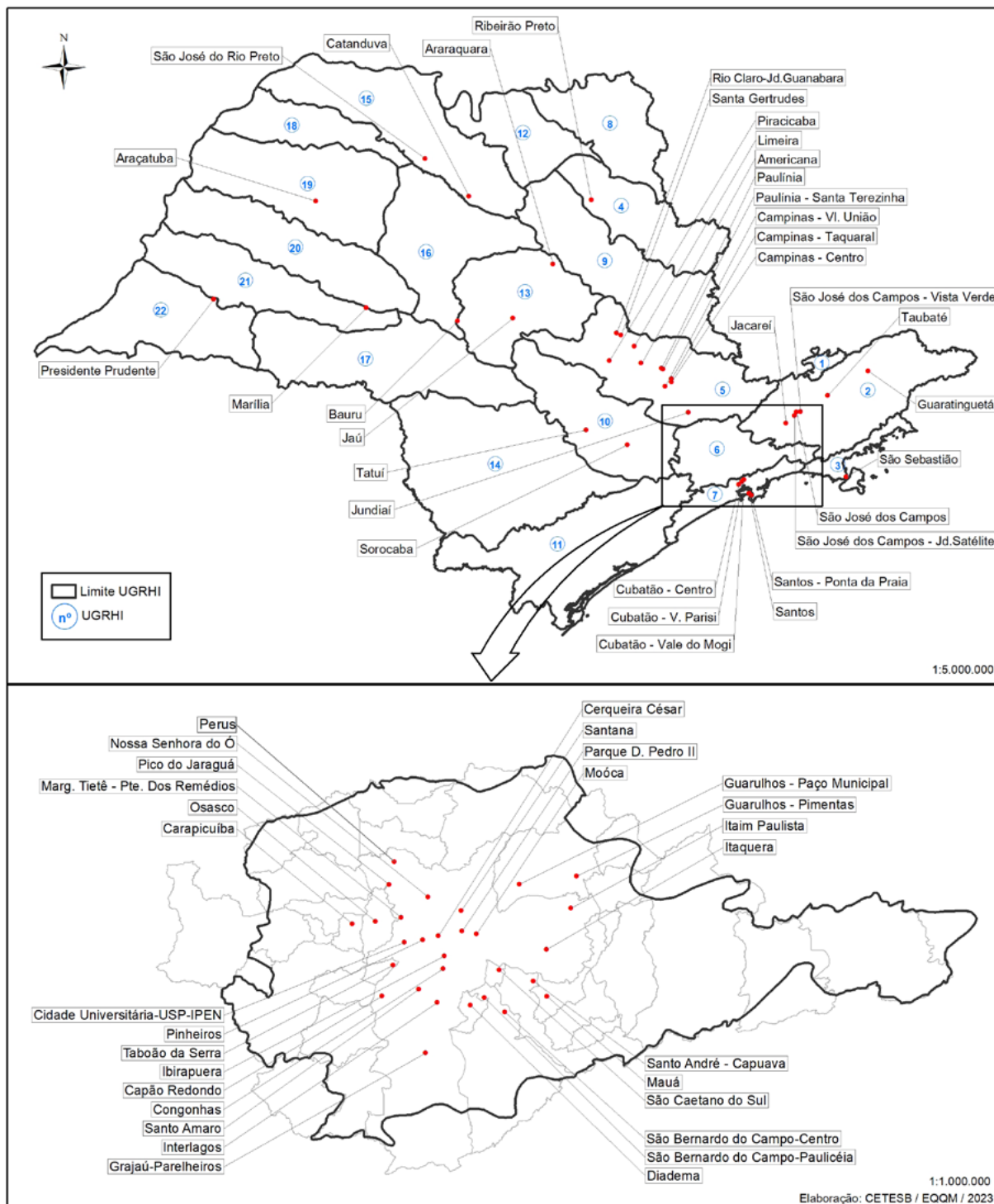
MP_{2,5} Partículas inaláveis finas
 MP₁₀ Partículas inaláveis
 SO₂ Dióxido de enxofre
 NO Monóxido de nitrogênio
 NO₂ Dióxido de nitrogênio
 NO_x Óxidos de nitrogênio

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 - 2022



Fonte: CETESB (2023)

3.1.2 Rede Manual

Em 2022, a rede manual foi composta por 23 estações, que monitoraram em 16 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 – 2022

UGRHI	LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES	PARÂMETROS								
		MP _{2,5}	MP ₁₀	FMC	SO ₂	PTS	ACETAL	FORMAL	BEN	TOL
5	Cordeirópolis - Módolo		X							
	Jundiaí - Centro			X						
	Paulínia - Bairro Cascata				X					
	Paulínia - João Aranha				X					
	Piracicaba - Algodão		X							
	Salto - Centro			X	X					
	Santa Gertrudes - Jd. Luciana		X							
TOTAL UGRHI 5			3	2	3					
6	Campos Elíseos			X	X					
	Cerqueira César	X		X	X	X				
	Marg. Pinheiros - Pontes dos Remédios						X	X	X	X
	Ibirapuera			X						
	Osasco					X				
	Pinheiros			X	X	X				
	Santo Amaro	X				X				
	Santo André - Capuava	X				X				
	São Bernardo do Campo					X				
	Tatuapé			X	X					
TOTAL UGRHI 6		3		5	4	6	1	1	1	1
7	Cubatão - Vila Parisi					X				
	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						
	Sorocaba - Centro			X						
TOTAL UGRHI 10				2						
TOTAL MONITORES		3	6	9	7	7	1	1	1	1

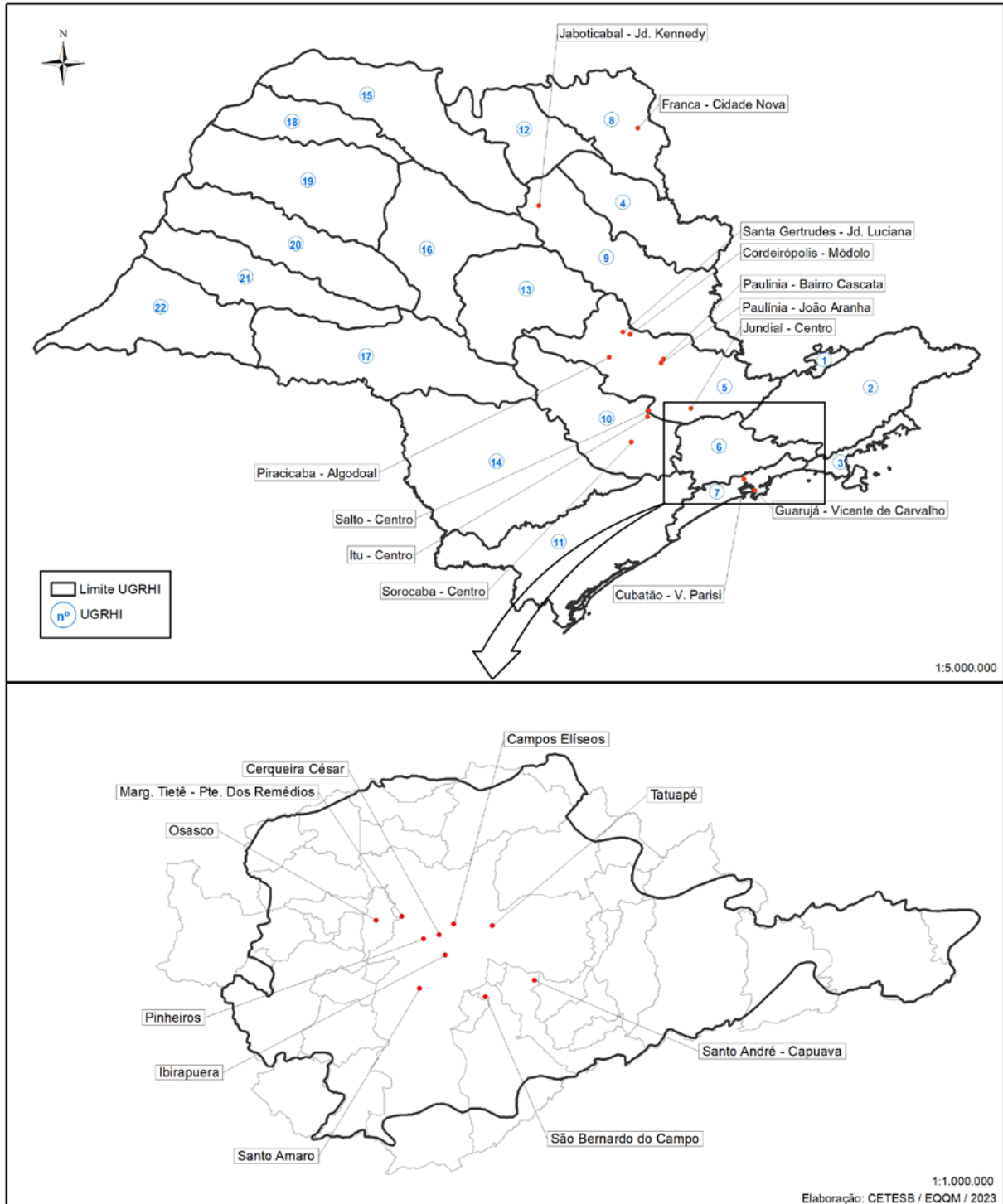
Fonte: CETESB (2023)

Nota:

MP _{2,5}	Partículas inaláveis finas	ACETAL	Acetaldeído
MP ₁₀	Partículas inaláveis	FORMAL	Formaldeído
FMC	Fumaça	BEN	Benzeno
SO ₂	Dióxido de enxofre	TOL	Tolueno
PTS	Partículas totais em suspensão		

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 – 2022



Fonte: CETESB (2023)

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	

FFonte: CETESB (2023)

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).

3.3.3 Observações sobre o monitoramento

Para apresentar resultados representativos da poluição atmosférica, o monitoramento deve atender a uma série de critérios técnicos e ser realizado de maneira periódica e contínua para avaliar as condições mais diversas. A ocorrência de interferências no entorno da estação ou falhas no monitoramento afetam a interpretação dos dados obtidos. As principais ocorrências e observações registradas foram:

- Grajaú-Parelheiros (UGRHI 6): há movimentação de veículos pesados, na via próxima à estação, com transporte de resíduos sólidos para aterro;
- Cubatão (UGRHI 7): em 2022 houve a manutenção da paralisação parcial de alguns processos industriais de empresas locais.

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 2021” (CETESB, 2022a), que traz os dados de emissões da frota circulante do período de 2006 a 2021.

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 2021, 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, do município de Presidente Prudente; em 2012, de Bauru; em 2014, da RMSP; em 2015, de Jaú e Piracicaba; em 2016, de São José do Rio Preto; em 2018, de Araraquara, Guaratinguetá, Sorocaba e Taubaté; em 2019, de Marília; em 2020, de Cubatão, Jundiá e Limeira; em 2021, de Araçatuba, Campinas e Tatuí; em 2022, de Catanduva, Jacareí, Ribeirão Preto e São José dos Campos.

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 46,6 milhões de habitantes (IBGE, 2021), 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

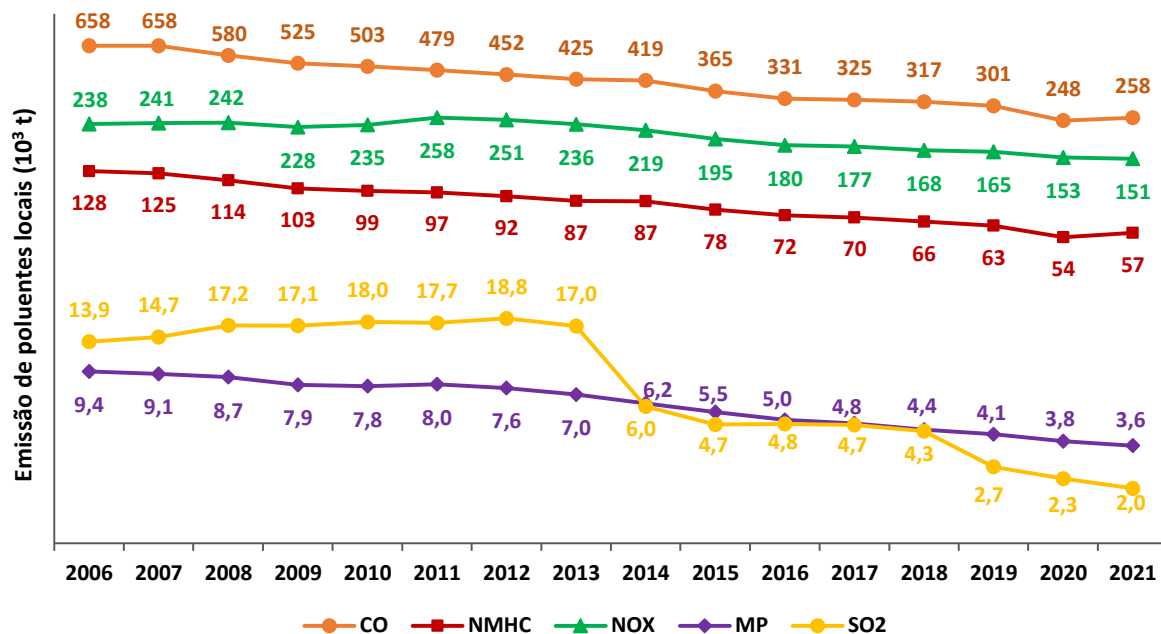
Gertrudes. A **Tabela 4.1** apresenta a estimativa da frota circulante no estado de São Paulo em dezembro de 2021. A frota circulante no estado apresentou novamente uma leve queda no volume geral, em torno de 1%, repetindo o comportamento de 2020. Uma queda mais acentuada na categoria automóveis, seguida pelos ônibus e um aumento de quase 2% nas categorias caminhões e motocicletas (CETESB, 2022a).

Tabela 4.1 – Estimativa da frota de veículos do estado de São Paulo em 2021

Categoria		Combustível	Frota Circulante
Automóveis		Gasolina C	2.159.950
		Etanol Hidratado	139.026
		<i>Flex-fuel</i>	7.916.311
Comerciais leves		Gasolina C	306.944
		Etanol Hidratado	13.070
		<i>Flex-fuel</i>	797.266
		Diesel	544.131
Caminhões	Semileves	Diesel	28.941
	Leves		97.848
	Médios		56.665
	Semipesados		116.194
	Pesados		147.153
Ônibus	Urbanos	Diesel	61.460
	Micro-ônibus		16.042
	Rodoviários		28.190
Motocicletas		Gasolina C	1.667.979
		<i>Flex-fuel</i>	921.653
TOTAL			15.018.822

Fonte: CETESB (2023) adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2021 (CETESB, 2022a)

O **Gráfico 4.1** apresenta a evolução das emissões veiculares de poluentes locais no período de 2006 a 2021 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 SO₂ 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, nos últimos anos, está associada ao aumento do consumo do diesel S10, em comparação ao diesel S500. Desse modo, com a renovação natural da frota e a introdução de veículos novos que demandam combustível com baixo teor de enxofre, o uso do diesel S10 será intensificado, levando a redução gradativa da emissão de SO₂ (CETESB, 2022a).

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

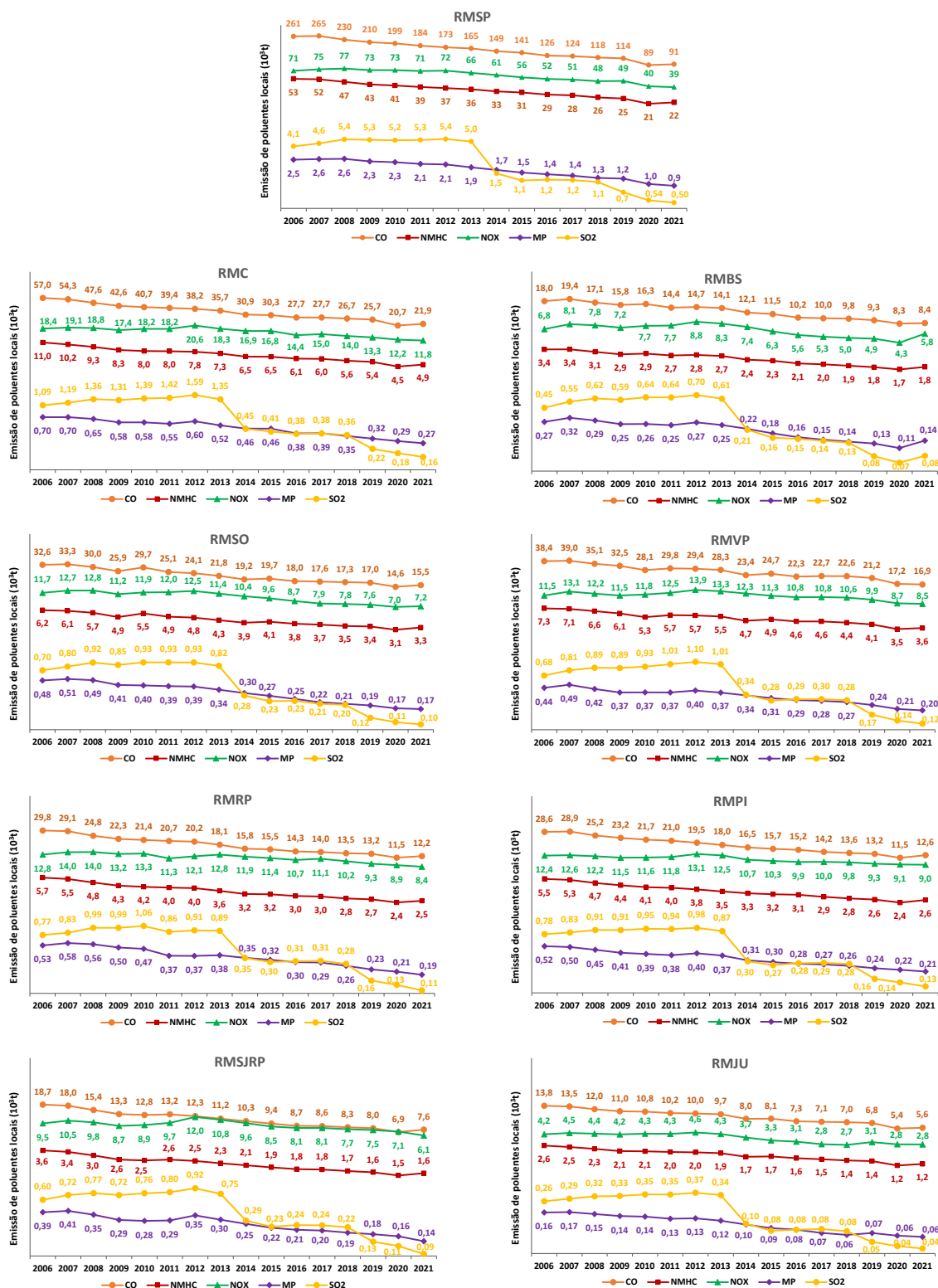
Fonte: CETESB (2023) adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2021 (CETESB, 2022a)

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 2021 houve um pequeno aumento na emissão de alguns poluentes, quando comparado ao ano de 2020, em razão do aumento do uso dos automóveis. Em 2020 o uso havia sido drasticamente reduzido em razão da pandemia de COVID-19. Esse aumento em 2021 não inverte, 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 40% das emissões totais desse poluente no estado de São Paulo (CETESB, 2022a).

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 (continua)

UGRHI	Locais com monitoramento automático			Emissão (1000 t/ano)					
	Município	População ¹	Frota ²	Fontes	CO	HC	NO _x	MP	SO _x
2	Guaratinguetá	116.847	37.557	Fixa (3 ind.)	0,003	0,28	0,40	0,08	0,06
				Móvel	0,93	0,19	0,70	0,02	0,01
	Jacareí	251.591	69.457	Fixa (10 ind.)	2,99	0,51	2,10	1,02	0,93
				Móvel	1,28	0,28	0,86	0,02	0,01
	São José dos Campos	725.419	227.231	Fixa (4 ind.)	2,98	0,75	3,69	0,36	3,77
				Móvel	4,28	0,94	1,74	0,04	0,03
Taubaté	311.912	106.541	Fixa (2 ind.)	0,07	0,02	0,05	< 0,01	--	
			Móvel	2,43	0,50	0,66	0,02	0,01	
3	São Sebastião	87.939	22.404	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	0,54	0,11	0,16	<0,01	<0,01
4	Ribeirão Preto	702.739	281.449	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	5,34	1,09	2,45	0,05	0,03
5	Região Metropolitana de Campinas	3.275.246	1.212.923	Fixa (36 ind.)	2,61	6,39	9,88	1,97	13,53
				Base de combustível líquido (12 emprend.)	--	2,30 ³	--	--	--
				Móvel	21,80	4,85	11,84	0,27	0,16
	Jundiaí	459.789	181.694	Fixa (2 ind.)	0,24	0,23	0,07	0,31	0,01
				Móvel	3,62	0,78	1,74	0,04	0,02
	Limeira	305.169	111.011	Fixa (3 ind.)	--	0,01	0,84	2,08	0,78
				Móvel	2,45	0,50	1,69	0,04	0,02
	Piracicaba	434.432	156.067	Fixa (6 ind.)	0,02	0,39	1,83	1,08	0,18
				Móvel	3,39	0,70	1,68	0,04	0,02
	Rio Claro	206.950	82.525	Fixa	--	--	--	--	--
Móvel				2,39	0,44	0,77	0,02	0,01	
Santa Gertrudes	23.721	8.572	Fixa	--	--	--	--	--	
			Móvel	0,13	0,03	0,22	0,010	0,003	
6	Região Metropolitana de São Paulo	21.946.318	7.093.993	Fixa (nº indústrias)	4,18 ⁴ (62)	5,6 ⁵ (124)	26,1 ⁵ (162)	3,57 ⁵ (193)	5,59 ⁴ (146)
				Base de combustível líquido (9 emprend.)	--	3,68 ⁵	--	--	--
				Móvel	91,43	21,65	38,52	0,94	0,50
7	Cubatão	128.645	27.858	Fixa (20 ind.)	1,03	0,55	2,43	0,51	4,95
				Móvel	--	--	--	--	--
	Santos	414.029	154.484	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	2,04	0,43	1,47	0,04	0,02

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

UGRHI	Locais com monitoramento automático			Emissão (1000 t/ano)					
	Município	População ¹	Frota ²	Fontes	CO	HC	NO _x	MP	SO _x
10	Tatuí	122.991	43.262	Fixa (4 ind.)	--	0,02	0,92	1,06	0,63
				Móvel	1,08	0,21	0,47	0,01	0,01
	Sorocaba e Votorantim	875.447	297.876	Fixa (8 ind.)	0,60	0,07	0,24	0,39	0,30
				Móvel	5,74	1,22	1,63	0,04	0,02
13	Araraquara	250.304	88.947	Fixa (5 ind.)	--	--	2,10	1,95	--
				Móvel	1,85	0,38	1,39	0,03	0,02
	Bauru	388.686	144.970	Fixa (1 ind.)	--	--	0,01	0,05	--
				Móvel	2,98	0,61	1,16	0,03	0,01
	Jaú	132.351	49.503	Fixa (2 ind.)	--	--	0,52	0,27	--
				Móvel	1,01	0,20	0,36	0,01	0,01
15	Catanduva	114.953	48.277	Fixa (4 ind.)	--	--	1,31	1,09	< 0,01
				Móvel	1,12	0,22	0,74	0,02	0,01
	São José do Rio Preto	475.643	197.151	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	3,94	0,80	2,38	0,05	0,03
19	Araçatuba	213.929	81.233	Fixa (3 ind.)	--	--	0,43	0,73	< 0,01
				Móvel	1,86	0,36	1,07	0,02	0,01
21	Marília	238.605	87.498	Fixa	--	--	--	--	--
				Móvel	1,70	0,35	0,83	0,02	0,01
22	Presidente Prudente	226.692	86.325	Fixa (2 ind.)	--	< 0,01	0,28	0,28	< 0,01
				Móvel	2,23	0,44	1,10	0,03	0,02

Fonte: CETESB (2023)

Nota 1:

1 – Prévia da população com base nos dados do censo demográfico de 2022 coletados até o dia 25/12/2022, adaptado de (IBGE, 2022).

2 - Estimativa de frota: 2021, adaptado de (CETESB, 2022a).

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: 2021 CETESB (2022a).

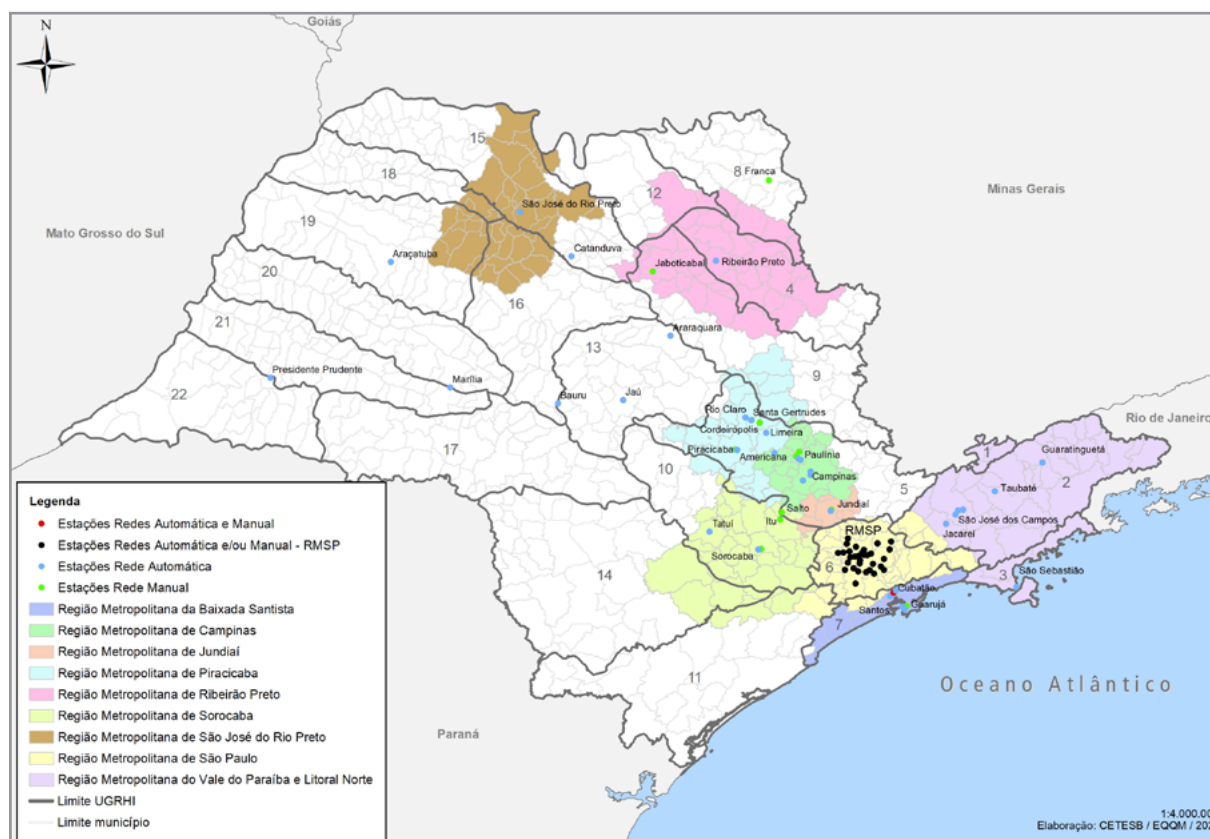
Nota 3: Estimativas de fontes fixas: informações disponibilizadas pelas Agências Ambientais da CETESB: em 2010, Presidente Prudente e RMC; em 2012, de Bauru; em 2014, da RMSP; em 2015, de Jaú e Piracicaba; em 2016, de São José do Rio Preto; em 2018, de Araraquara, Guaratinguetá, Sorocaba e Taubaté; em 2019, de Marília; em 2020, de Cubatão, Jundiaí e Limeira; em 2021, de Araçatuba, Campinas e Tatuí; em 2022, de Catanduva, Jacareí, Ribeirão Preto e São José dos Campos.

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 75% 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 (2023)

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 725 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 3,3 milhões de habitantes e uma frota aproximada de 1,21 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 1,63 milhão de habitantes e uma frota veicular aproximada de 528 mil veículos. A Região Metropolitana de Jundiaí (RMJU) é composta por 7 municípios, com população estimada de cerca de 880 mil habitantes e frota veicular aproximada de 306 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 na seção seguinte.

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 2,25 milhões de habitantes e uma frota veicular aproximada de 729 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 574 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 965 mil habitantes, com uma frota veicular aproximada de 343 mil veículos. Nas UGRHIs 21 e 22, há predomínio da atividade pecuária, com emissões pouco significativas de poluentes regulamentados, mas também

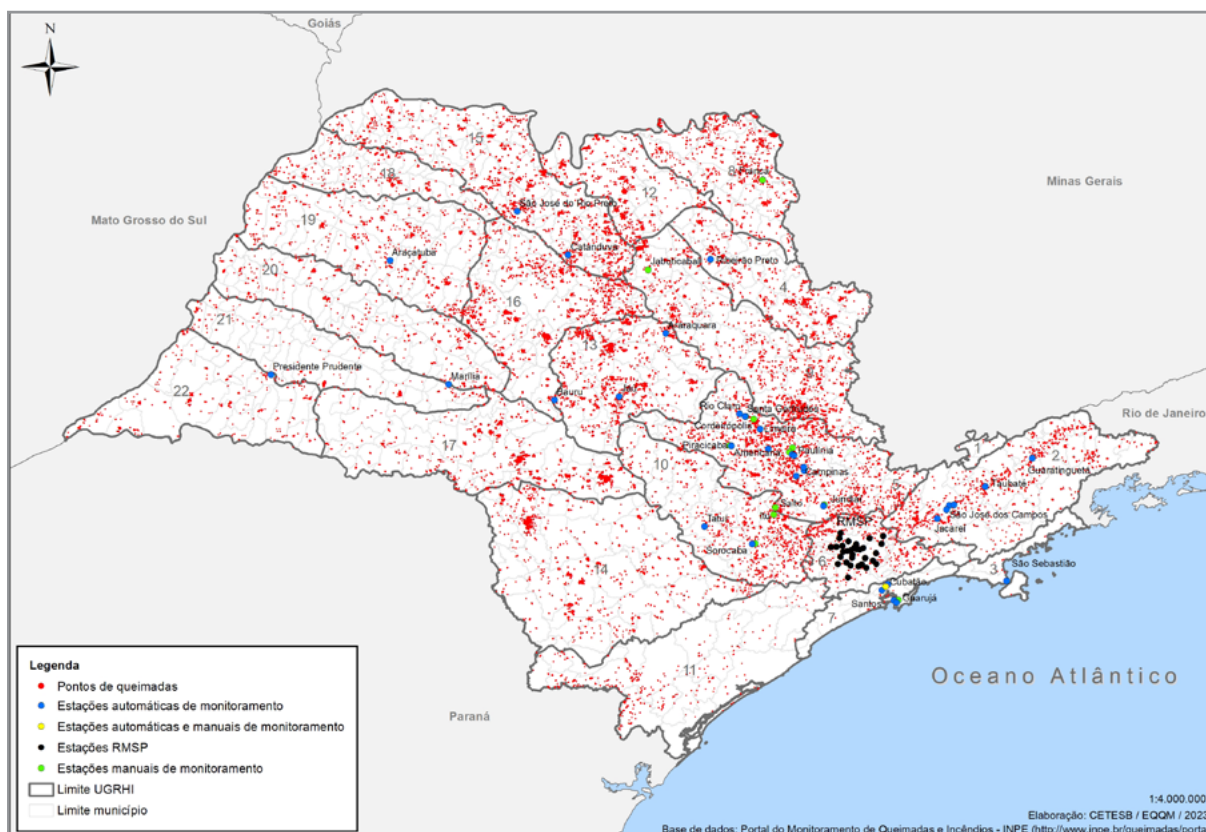
existem áreas de plantio de cana-de-açúcar e usinas de produção de álcool e açúcar que podem contribuir para as emissões atmosféricas.

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 45% da produção nacional, na safra 2021/2022 (CONAB, 2022). Em 2022 (safra 2021/2022), a área de colheita de cana no estado foi de 5,09 milhões de hectares, total igual à safra 2020/2021. Da área total de colheita, cerca de 1.694 hectares tiveram autorização para queima da palha de cana-de-açúcar, ou seja, estima-se que nessa última safra, 99,96% da colheita da cana-de-açúcar das usinas e fornecedores de cana signatários ao Protocolo Etanol Mais Verde foram realizadas sem o emprego de fogo (São Paulo, 2022a). A queima de palha de cana-de-açúcar é uma atividade que gera a emissão de poluentes e de gases de efeito estufa.

Após 15 anos de implementação do Protocolo Etanol Verde (2007-2017) e Protocolo Etanol Mais Verde (após 2017), que antecipam 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, houve uma redução significativa dos impactos que eram causados por essa queima na qualidade do ar no estado. As autorizações para a queima da palha de cana-de-açúcar vêm sofrendo uma redução gradativa ao longo dos anos, sendo que essas autorizações se baseiam na legislação vigente, no Protocolo Etanol Mais Verde (SÃO PAULO, 2023a), 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, 2023b). Em 2022, houve redução de cerca de 25% das autorizações para queima de palha de cana-de-açúcar, em relação a 2021.

No **Mapa 4.2** são mostrados os focos de queimada observados por satélites ambientais no estado de São Paulo, em 2022 (INPE, 2022). 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 2022, houve 71% de redução do número de focos de queimada em todo o estado de São Paulo, em relação a 2021, sendo que as maiores ocorrências se deram nos meses de julho, agosto e setembro, correspondendo a 57% do total de focos registrados no ano. Agosto se destacou com o menor número já registrado dentre os meses de agosto, desde o início do monitoramento por satélite, em 1998.

Mapa 4.2 – Localização das estações de monitoramento e dos focos de queimadas, observados por satélites ambientais, no estado de São Paulo – 2022



Fonte: CETESB (2023) adaptado da base de dados do INPE (2022)

Relata-se também que em setembro de 2022, houve diversos registros de ocorrência de eventos de fumaça, proveniente de queimadas na região amazônica, que foi transportada para as regiões Centro-Oeste e Sudeste por ventos em níveis médios de altitude. Essa fumaça, predominantemente material particulado, foi observada em diversos locais do estado de São Paulo, sendo também registrada na cidade de São Paulo no dia 09/09/22.

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 2021. Nota-se que a RMSP concentrou 47% da frota do estado em apenas 3,2% do território. Agrava o fato que, na RMSP, residem cerca de 21,9 milhões de habitantes (IBGE, 2022), que corresponde a 48% da população total do estado.

Tabela 4.3 – Estimativa da frota de veículos da RMSP em 2021

Categoria		Combustível	Frota Circulante na RMSP	% Frota RMSP/Estado
Automóveis		Gasolina C	1.199.981	56%
		Etanol Hidratado	56.355	41%
		<i>Flex-fuel</i>	3.883.801	49%
Comerciais leves		Gasolina C	173.613	57%
		Etanol Hidratado	4.981	38%
		<i>Flex-fuel</i>	352.837	44%
		Diesel	234.878	43%
Caminhões	Semileves	Diesel	11.269	39%
	Leves		38.105	39%
	Médios		22.134	39%
	Semipesados		45.616	39%
	Pesados		57.749	39%
Ônibus	Urbanos	Diesel	32.090	52%
	Micro-ônibus		8.501	53%
	Rodoviários		14.746	52%
Motocicletas		Gasolina C	680.325	41%
		<i>Flex-fuel</i>	277.010	30%
TOTAL			7.093.993	47%

Fonte: CETESB (2023), adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2021 (CETESB, 2022a)

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 95,6 mil t/ano de monóxido de carbono, 30,9 mil t/ano de hidrocarbonetos, 64,6 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, 70% 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 (18,8%). 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, mesmo

tendo frota menor, também tem participação significativa na emissão de CO e HC (15% 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 43,5% da emissão total, sendo a maior entre as fontes. Progressivamente, a partir de 2023, este segmento deverá ser 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 dessa redução deverá ocorrer apenas em meados da década de 2030, quando o volume de veículos em circulação fabricados sob o regramento da P8 deverá ser significativo na frota circulante, perspectiva baseada na evolução atual da frota P7 que, mesmo após 10 anos de lançamento, sequer atingiu 50% de participação.

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 próxima 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 em 2021

Categoria		Combustível	Emissão (1000 t/ano)					
			CO	HC	NO _x	MP	SO _x	
MÓVEIS	Automóveis	Gasolina C	17,95	3,99	2,49	0,01	0,04	
		Etanol Hidratado	8,46	1,55	0,67	nd	nd	
		Flex-Gasolina C	16,79	5,68	1,61	0,03	0,08	
		Flex-Etanol Hidratado	20,98	4,77	1,61	nd	nd	
	Comerciais Leves	Gasolina C	3,04	0,88	0,32	0,002	0,01	
		Etanol Hidratado	0,65	0,15	0,06	nd	nd	
		Flex-Gasolina C	1,77	0,64	0,19	0,003	0,01	
		Flex-Etanol Hidratado	2,35	0,50	0,19	nd	nd	
		Diesel	0,62	0,16	2,74	0,12	0,06	
	Caminhões	Semileves	Diesel	0,12	0,04	0,64	0,03	0,01
		Leves		0,57	0,15	3,11	0,11	0,04
		Médios		0,38	0,11	2,10	0,09	0,02
		Semipesados		0,88	0,18	5,48	0,13	0,09
		Pesados		0,96	0,21	6,16	0,13	0,09
	Ônibus	Urbanos	Diesel	1,40	0,24	7,09	0,16	0,01
		Micro-ônibus		0,21	0,05	1,19	0,04	0,002
		Rodoviários		0,37	0,08	2,31	0,04	0,03
	Motocicletas	Gasolina C	11,73	1,85	0,44	0,03	0,005	
		Flex-Gasolina C	1,09	0,17	0,05	0,005	0,001	
		Flex Etanol Hidratado	1,11	0,24	0,06	nd	nd	
Total Emissão Veicular (2021)			91,43	21,65	38,52	0,94	0,50	
FIXA	Operação de Processo Industrial (2008) (Número de indústrias inventariadas)		4,18 ¹ (62)	5,6 ² (124)	26,1 ² (162)	3,57 ² (193)	5,59 ¹ (146)	
	Base de Combustível Líquido (2008) (9 empreendimentos)		-	3,68 ²	-	-	-	
TOTAL GERAL			95,61	30,93	64,62	4,51	6,09	

Fonte: CETESB (2023)

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 2021 (CETESB, 2022a).

b) Ano de referência do Inventário de fontes móveis: 2021.

Tabela 4.5 – Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2021

Categoria		Combustível	Poluentes (%)					
			CO	HC	NO _x	MP ₁₀ ¹	SO _x	
MÓVEIS	Automóveis	Gasolina C	18,77	12,91	3,85	0,57	0,58	
		Etanol Hidratado	8,85	5,02	1,04	nd	nd	
		Flex-Gasolina C	17,57	18,37	2,50	1,30	1,35	
		Flex-Etanol Hidratado	21,94	15,43	2,49	nd	nd	
	Comerciais Leves	Gasolina C	3,18	2,83	0,50	0,08	0,12	
		Etanol Hidratado	0,68	0,49	0,09	nd	nd	
		Flex-Gasolina C	1,85	2,09	0,30	0,13	0,18	
		Flex-Etanol Hidratado	2,45	1,63	0,30	nd	nd	
		Diesel	0,65	0,50	4,24	5,18	1,01	
	Caminhões	Semileves	Diesel	0,12	0,12	1,00	1,15	0,14
		Leves		0,59	0,50	4,81	4,74	0,69
		Médios		0,39	0,36	3,25	3,98	0,41
		Semipesados		0,93	0,59	8,49	5,64	1,40
		Pesados		1,00	0,67	9,54	5,51	1,42
	Ônibus	Urbanos	Diesel	1,46	0,78	10,97	6,86	0,17
		Micro-ônibus		0,22	0,15	1,85	1,52	0,03
		Rodoviários		0,39	0,25	3,57	1,87	0,54
	Motocicletas	Gasolina C	12,27	5,97	0,68	1,26	0,08	
		Flex-Gasolina C	1,15	0,56	0,08	0,22	0,02	
		Flex Etanol Hidratado	1,17	0,78	0,09	nd	nd	
% Emissão Veicular (2021)			95,63	70,00	59,61	40,00	8,14	
FIXAS	Operação de Processo Industrial (2008)		4,37	18,10	40,39	10,00	91,86	
	Base de Combustível Líquido (2008)		-	11,90	-	-	-	
OUTRAS	Ressuspensão de Partículas		-	-	-	25,00	-	
	Aerossóis Secundários		-	-	-	25,00	-	
TOTAL			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Fonte: CETESB (2023)

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.

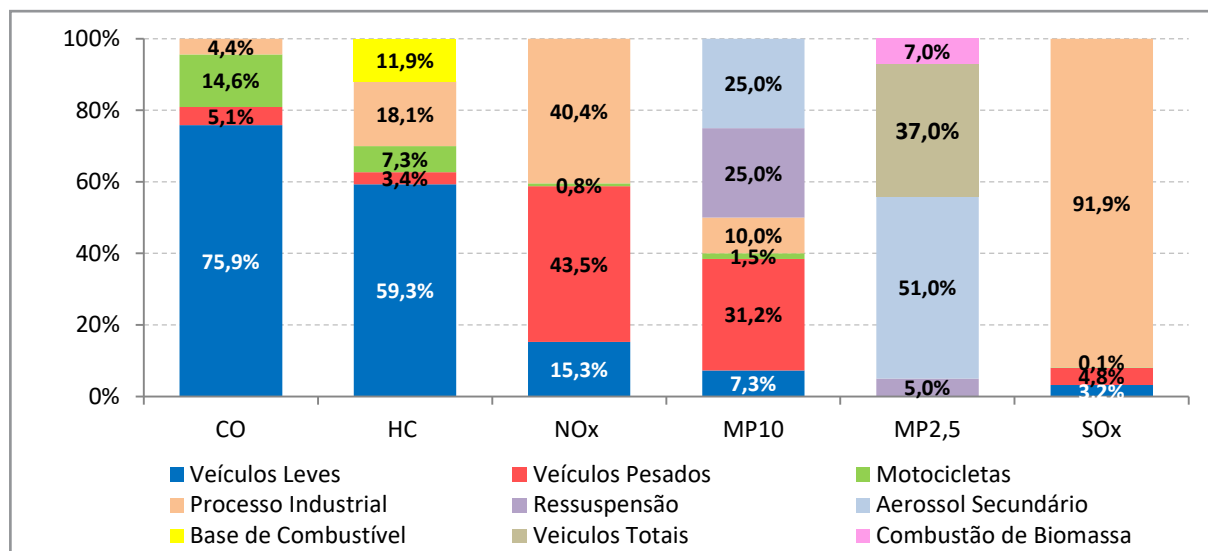
Nota 2:

Adaptado do relatório Emissões Veiculares no estado de São Paulo 2021 (CETESB, 2022a).

Ano de referência do Inventário de fontes móveis: 2021.

O **Gráfico 4.3** apresenta as estimativas de emissões relativas dos diversos poluentes por tipo de fonte. Para o cálculo das contribuições relativas de MP_{10} 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 (2023)

Nota 1: MP_{10} - 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 2022

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 2022, foram utilizadas as informações sobre precipitação pluviométrica e temperatura disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022a) e informações de variáveis meteorológicas medidas pela rede de estações automáticas da qualidade do ar da CETESB (CETESB, 2023). Além dessas informações, foram utilizadas as análises dos boletins Prognósticos Climáticos (INMET, 2022b) 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); relatórios de Síntese Climática Mensal do INPE/CPTEC (INPE, 2023); e Notas Técnicas do INMET (INMET, 2022b).

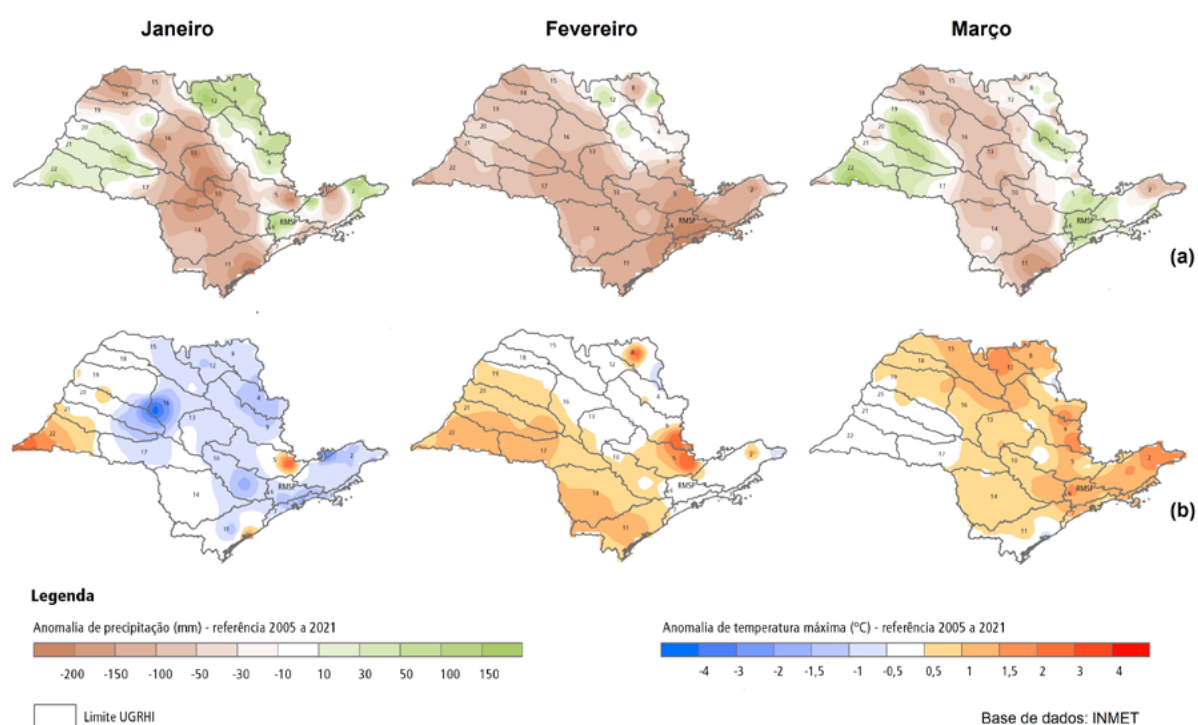
Durante todo o ano de 2022, as temperaturas das águas oceânicas do Oceano Pacífico Equatorial se mantiveram mais frias do que a média climatológica, predominando as condições de La Niña. O resfriamento das águas superficiais na costa do Pacífico reduz as atividades convectivas nessa região e, conseqüentemente, influenciam o regime de chuva em algumas regiões do Brasil. Além disso, a La Niña favorece a organização de sistemas de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que formam um corredor aéreo de transporte de umidade da região amazônica para a Região Sudeste do país, geralmente intensificando a ocorrência de chuvas na região. Neste ano, o posicionamento dessas ZCAS ao longo do litoral do Sudeste do país fez com que as frentes frias ficassem semiestacionárias no oceano, impedindo o deslocamento das massas de ar frio pós-frontal e fazendo com que as mesmas permanecessem mais tempo ao longo do litoral paulista, mantendo as temperaturas mais amenas na parte continental do estado de São Paulo.

A seguir serão apresentadas, por trimestre, as condições meteorológicas que predominaram em 2022 sobre o estado de São Paulo. Para tanto foram elaborados 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 a 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 resultam da interpolação dos dados de 38 estações de monitoramento do INMET no estado, mais algumas estações de estados vizinhos, próximas à fronteira. Para interpolação foi utilizado o método de ponderação pelo inverso da distância.

No primeiro trimestre, ocorreram quatro episódios de ZCAS, dois em janeiro e dois em fevereiro, que se posicionaram no setor mais ao norte da região Sudeste. 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

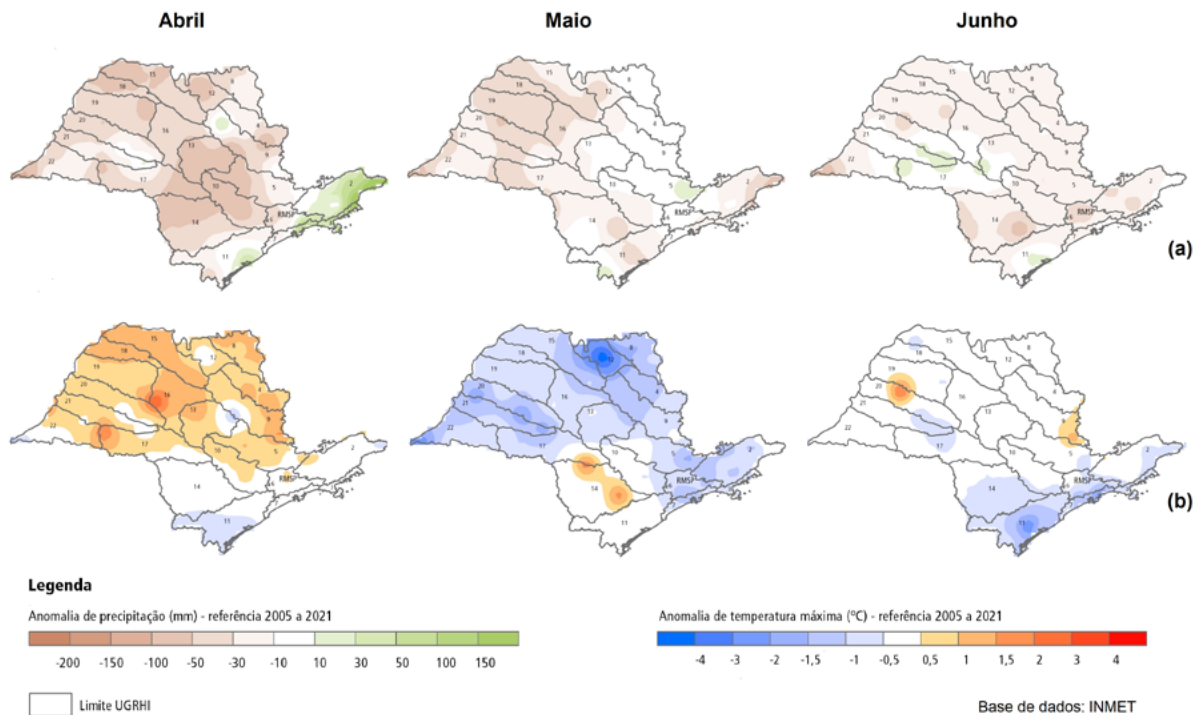
todo o trimestre, a maior parte dos municípios do interior teve precipitação inferior ao período de referência, inclusive a RMSP em fevereiro. Nos meses de janeiro e março, as chuvas na RMSP foram superiores às dos respectivos períodos de referência. Quanto às temperaturas (**Mapa 5.1b**), as médias mensais das máximas foram inferiores ou próximas às do período de referência na maior parte do estado em janeiro e superiores em fevereiro e 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 (2023)

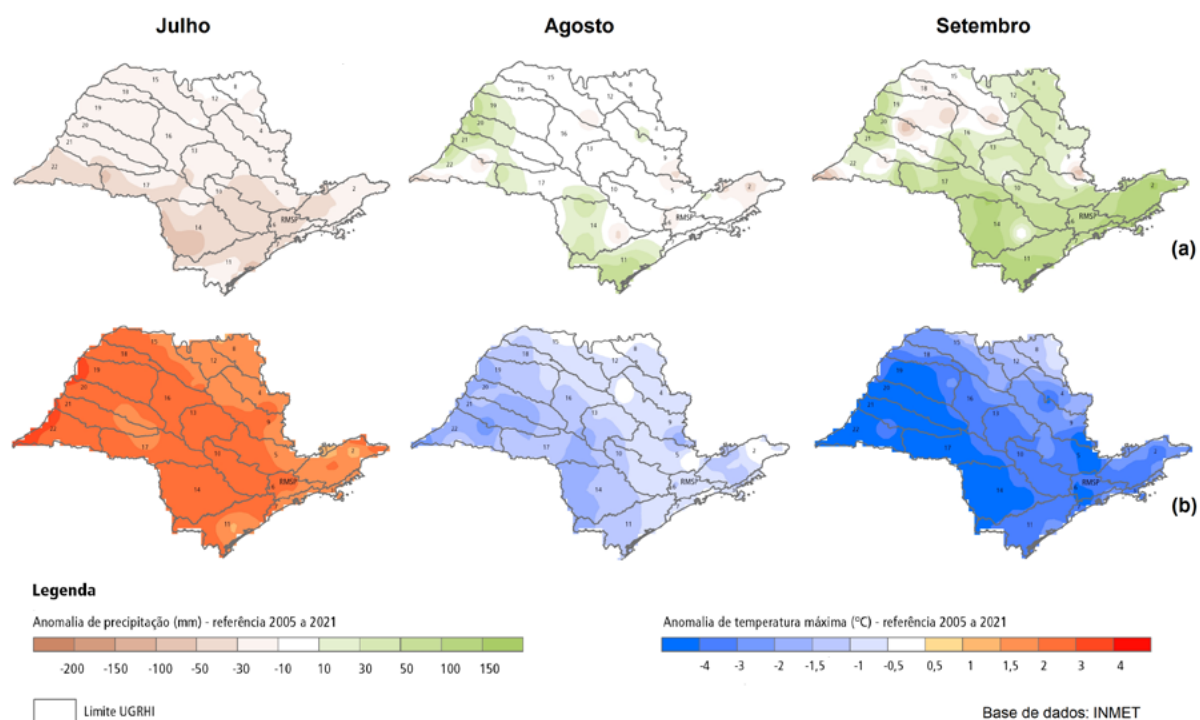
No segundo trimestre os acumulados mensais de chuvas foram inferiores ou próximos aos dos respectivos períodos de referência em praticamente todo o estado (**Mapa 5.2a**), inclusive na RMSP. Apesar do pouco volume de chuvas, as mesmas foram ocasionadas por áreas de instabilidades associadas à passagem de frentes frias pelo litoral paulista. Quanto às médias mensais das máximas temperaturas (**Mapa 5.2b**), em abril foram superiores ou próximas ao respectivo período de referência na maior parte do estado e inferiores em maio e junho, inclusive na RMSP. 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 (2023)

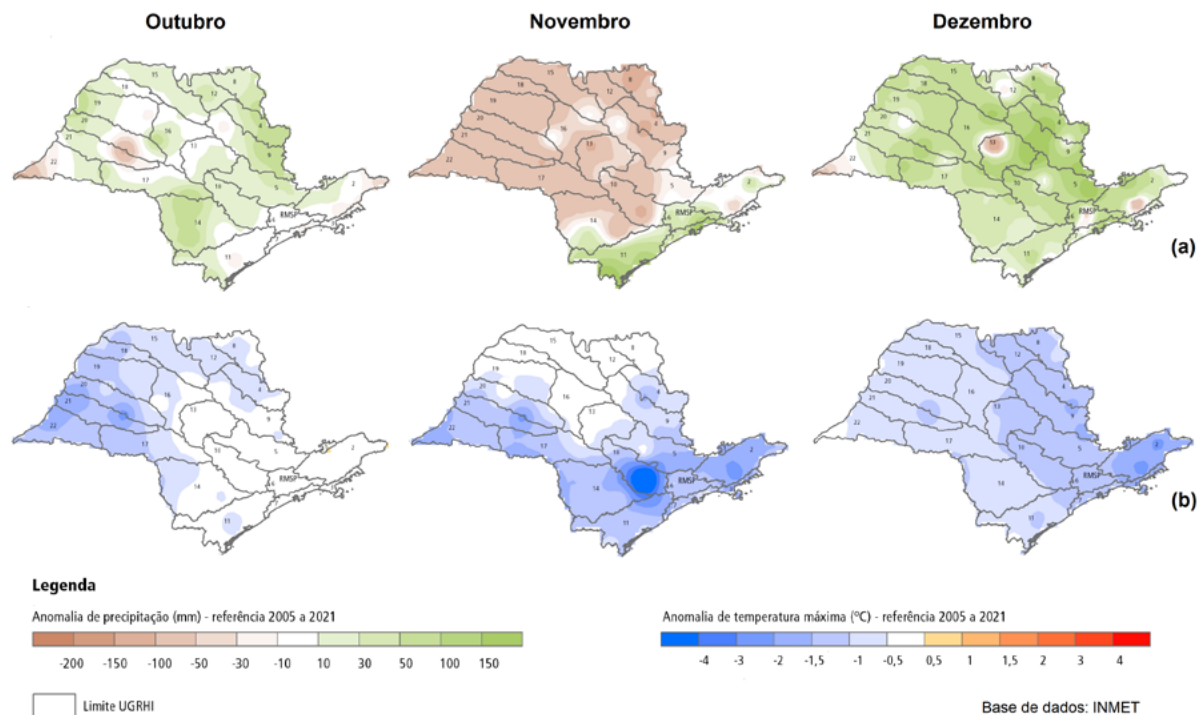
No terceiro trimestre, julho foi um mês seco, com chuvas inferiores ao respectivo período de referência em todo o estado (**Mapa 5.3a**). Em agosto, os acumulados de chuvas ficaram abaixo ou próximos dos do período de referência, com exceção das regiões Oeste, Sudoeste e Sul do estado. Apesar do baixo volume pluviométrico houve passagens de quatro frentes frias pelo litoral paulista, que causaram instabilidade atmosférica, e atuação de massas de ar frio, subsequentes às frentes. Em setembro, os acumulados de chuva da maioria das regiões do estado ficaram acima dos do período de referência, com exceção da região Noroeste do estado. As chuvas estiveram associadas a passagem de quatro frentes frias pelo litoral paulista, que causaram instabilidade atmosférica em todo o estado. Subsequentes às frentes, houve atuação de massas de ar frio que mantiveram as temperaturas mais amenas. As médias mensais das máximas temperaturas (**Mapa 5.3b**) em todo o estado foram superiores às do respectivo período de referência em julho, com anomalias acima de 3°C em grande parte do estado. Climaticamente, o mês de julho e agosto estão entre os mais frios e secos do ano, no entanto, neste julho, foram observados períodos longos de atuação de massas de ar quente e seca, que influíram para a elevação das médias das máximas temperaturas do mês. Nos meses de agosto e setembro, as médias mensais das máximas temperaturas foram inferiores aos respectivos períodos de referência, principalmente em setembro.

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



Fonte: CETESB (2023)

No quarto trimestre (**Mapa 5.4**), ocorreram quatro episódios de ZCAS, três em novembro e um em dezembro, que se posicionaram no setor mais ao norte da região Sudeste. Em outubro e dezembro, os acumulados de chuva da maioria das regiões do estado ficaram acima dos acumulados dos respectivos períodos de referência (**Mapa 5.4a**). Em novembro, foram inferiores ao respectivo período de referência, com exceção da baixada santista. A maior parte das chuvas foi ocasionada pela atuação de áreas de instabilidades associadas a sistemas frontais que passaram pelo litoral paulista e causaram instabilidade atmosférica em todo o estado. Durante todo o trimestre, as médias mensais das máximas temperaturas (**Mapa 5.4b**) foram inferiores ou próximas às dos respectivos períodos de referência. 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, principalmente no mês de dezembro.

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

Fonte: CETESB (2023)

De forma geral, pode-se dizer que 2022 foi mais seco do que o período de referência (2005 a 2021) na parte mais oeste do estado, influenciado principalmente pelo primeiro semestre. Em relação às máximas temperaturas, foi mais frio que o período de referência, principalmente no segundo semestre, com exceção de julho.

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

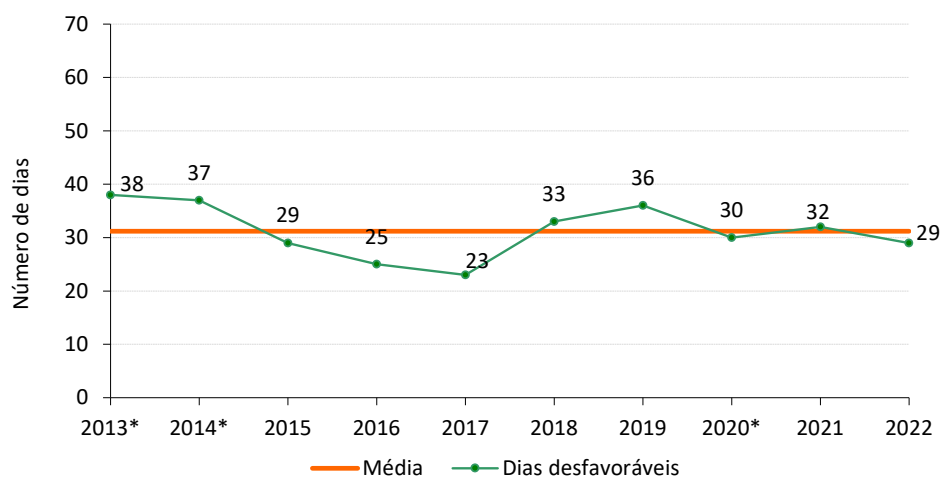
Neste item, serão apresentadas as condições meteorológicas para dispersão de poluentes e para a formação de ozônio no estado de São Paulo.

5.3.1 Condições Meteorológicas para Dispersão de Poluentes – 2022

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 2013 a 2021. 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 2022, houve 29 dias com condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes primários, que correspondem a 19% dos dias de maio a setembro, ficando ligeiramente abaixo 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



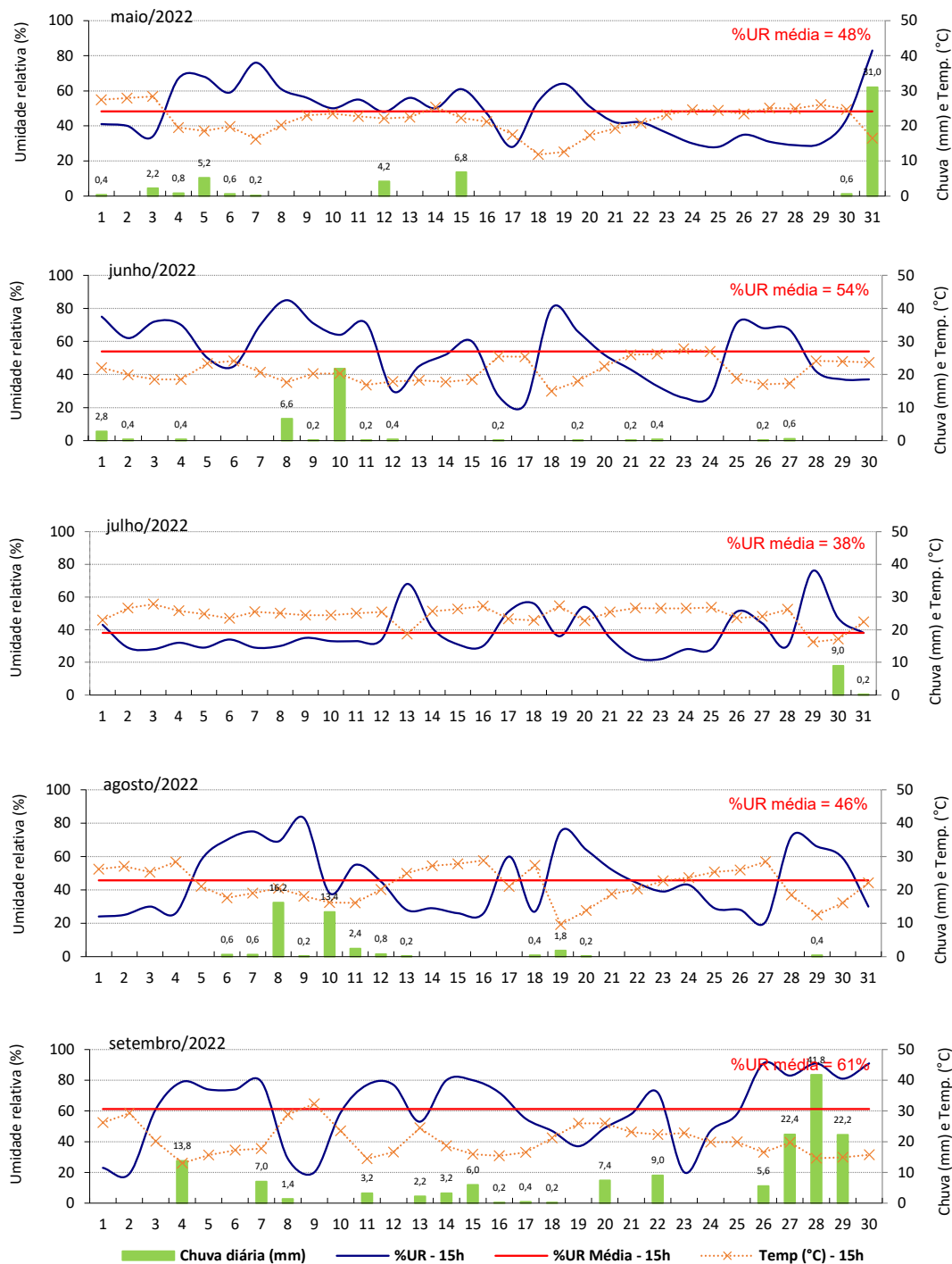
Fonte: CETESB (2023)

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

Embora o número de dias desfavoráveis à dispersão de poluentes em 2022 tenha ficado ligeiramente abaixo da média dos últimos dez anos (**Gráfico 5.1**), os totais de chuvas observados na RMSP ficaram abaixo ou próximos dos observados nos respectivos períodos de referência (médias mensais de 2005 a 2021), com exceção de setembro. Além disso, as chuvas de maio a agosto se concentraram em poucos dias. O mês de julho foi o mês mais seco, com ocorrência de chuvas somente nos dois últimos dias do mês. Essa situação de baixa pluviosidade no período do inverno também foi observada em todo o estado. Vale salientar que na segunda quinzena de julho, entre os dias 22 e 26, houve um período quente e seco em todo o estado que propiciou condições para ocorrência de focos de queimada em diversas localidades.

Para exemplificar, 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 2022, foram observados dias consecutivos com a umidade relativa abaixo de 40 % em todo o período de maio a setembro, sendo que os meses de julho e agosto apresentaram dias com percentuais de umidade relativa abaixo de 30 %. 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)



Fonte: CETESB (2023) adaptado de INMET (2022a)

A fim de ilustrar essa situação, **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 2022. 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 o mês de julho foi mais seco 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 – 2022

UGRHI	ESTAÇÕES	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro	
		URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)	URmin (%)	Tmax (°C)
2	Guaratinguetá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jacareí	56	-	59	-	44	-	48	-	-	-
	São José dos Campos	47	24,6	51	24,0	37	27,0	42	25,0	51	24,0
	São José dos Campos-Jd.Satélite	47	23,9	51	23,7	-	27,0	-	-	-	-
	São José dos Campos-Vista Verde	47	-	51	-	39	26,0	41	25,0	49	24,7
	Taubaté	45	25,1	48	24,6	34	27,6	39	25,3	50	24,8
3	São Sebastião	57	25,4	65	23,4	56	26,3	61	24,0	62	23,8
4	Ribeirão Preto	38	27,6	36	28,5	26	30,7	28	29,6	34	31,4
5	Campinas-Taquaral	-	24,9	-	24,9	-	27,5	-	25,7	-	25,6
	Campinas-V. União	40	25,3	42	25,2	31	27,8	35	25,8	44	25,7
	Jundiaí	47	23,7	49	23,7	36	26,4	42	24,1	49	24,4
	Limeira	40	26,0	42	26,0	30	28,8	34	26,8	45	26,6
	Paulínia	-	26,1	-	26,2	-	28,9	-	26,8	-	26,6
	Paulínia-Sta Terezinha	41	25,6	43	25,9	30	28,6	35	26,6	44	26,4
	Piracicaba	41	26,0	44	25,8	31	28,5	35	27,1	45	26,5
	Rio Claro-Jd. Guanabara	37	27,0	40	26,9	28	29,7	34	27,4	45	27,0
	Santa Gertrudes	37	26,6	39	26,6	28	29,5	33	27,2	45	26,7
6	Capão Redondo	-	-	-	21,9	-	25,0	-	21,5	-	21,4
	Carapicuíba	-	22,5	-	22,1	39	25,2	-	22,8	-	21,6
	Guarulhos-Paço Municipal	-	22,8	-	22,3	-	25,5	-	23,9	-	22,5
	Guarulhos-Pimentas	50	22,2	55	21,5	41	24,7	46	22,6	56	22,0
	Marg. Tietê-Pte dos Remédios	47	22,8	50	22,5	36	25,6	42	23,2	53	22,3
	Parque D. Pedro II	46	23,7	49	23,3	35	26,6	42	24,2	54	22,7
	Pico do Jaraguá	-	20,1	-	19,8	-	22,9	-	20,5	-	19,5
	Pinheiros	45	-	49	-	35	-	42	-	52	-
	São Caetano do Sul	45	23,9	52	22,2	36	26,4	44	23,8	55	22,3
7	Cubatão-Centro	55	26,2	66	23,9	53	27,8	-	-	-	-
	Cubatão-Vale do Mogi	-	26,1	-	23,9	-	27,4	-	24,9	-	23,6
	Santos	64	25,8	77	23,5	64	26,5	65	24,6	75	23,3
	Santos-Ponta da Praia	-	-	-	-	-	-	-	24,6	-	23,6
10	Sorocaba	43	24,6	49	23,8	35	27,0	39	25,1	49	24,3
	Tatui	43	24,5	52	23,6	35	26,8	40	25,0	55	24,1
13	Araraquara	39	25,2	39	25,7	28	27,8	31	26,8	41	27,3
	Bauru	50	25,9	51	26,3	38	29,2	45	26,9	52	26,9
	Jaú	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Catanduva	46	26,2	43	26,8	32	29,4	36	28,4	44	29,3
	São José do Rio Preto	48	27,9	50	28,2	35	31,1	39	29,8	48	30,6
19	Araçatuba	51	27,9	56	27,8	38	31,3	47	29,1	54	29,9
21	Marília	-	24,8	-	24,9	-	28,2	-	25,8	-	26,2
22	Presidente Prudente	44	26,0	45	26,6	31	29,6	40	26,9	48	26,6

Fonte: Qualar (CETESB, 2023)

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 2022 foi meteorologicamente um pouco mais favorável à dispersão dos poluentes do que 2021. Em 2022, a baixa pluviosidade observada nos meses de inverno, associada aos eventos de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, principalmente em julho e agosto, influenciou nos níveis de concentração de material particulado, sobretudo no interior do 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 – 2022

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 18 dias de ultrapassagens do padrão desse poluente, sendo quatro dias em janeiro, dez em fevereiro e quatro 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 junho.

No terceiro trimestre, houve condições meteorológicas mais propícias à formação de ozônio nos meses de julho e setembro, que ocasionaram três dias de ultrapassagens do padrão desse poluente em julho e seis em setembro. Em julho, as ocorrências se deram em dias com atuação de massas de ar seco (subtropical). Em agosto, 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 setembro, as ultrapassagens ocorreram em dias com atuação de áreas de instabilidade continental, com altas temperaturas, alta incidência de radiação solar e baixa pluviosidade.

No quarto trimestre, houve condições meteorológicas propícias à formação de ozônio, que ocasionaram 19 dias de ultrapassagens do padrão desse poluente, sendo nove dias em outubro, sete dias em novembro e três em dezembro. A maioria dos dias de ultrapassagens do padrão ocorreu em dias com altas temperaturas e alta incidência de radiação solar, quando o estado se encontrava sob a atuação de uma área de instabilidade continental.

De modo geral, durante o ano de 2022, houve dias meteorologicamente propícios à formação de altas concentrações de ozônio, resultando em 49 dias com ultrapassagens do padrão quando se considera todo o estado. Os meses de fevereiro, outubro e novembro foram os que apresentaram as maiores ocorrências de ultrapassagens do padrão desse poluente, enquanto que, nos meses de maio e agosto, o limite legal não foi excedido no estado. Vale ressaltar que em 2022 os padrões de qualidade do ar se tornaram mais restritivos do que os vigentes até 2021.

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 2022, 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, 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, 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, de acordo com critérios específicos estabelecidos no Decreto. Caso haja interesse nesse mesmo tipo de análise para valores de curto prazo, sugere-se consultar o Sistema de Informações de Qualidade do Ar - QUALAR.

Neste relatório também são apresentados, para avaliação de tendência de comportamento na RMS, 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, 2022b). Essa classificação também está disponível para consulta, na sua versão vigente, no endereço eletrônico da CETESB (CETESB, 2022c).

6.2 Resultados

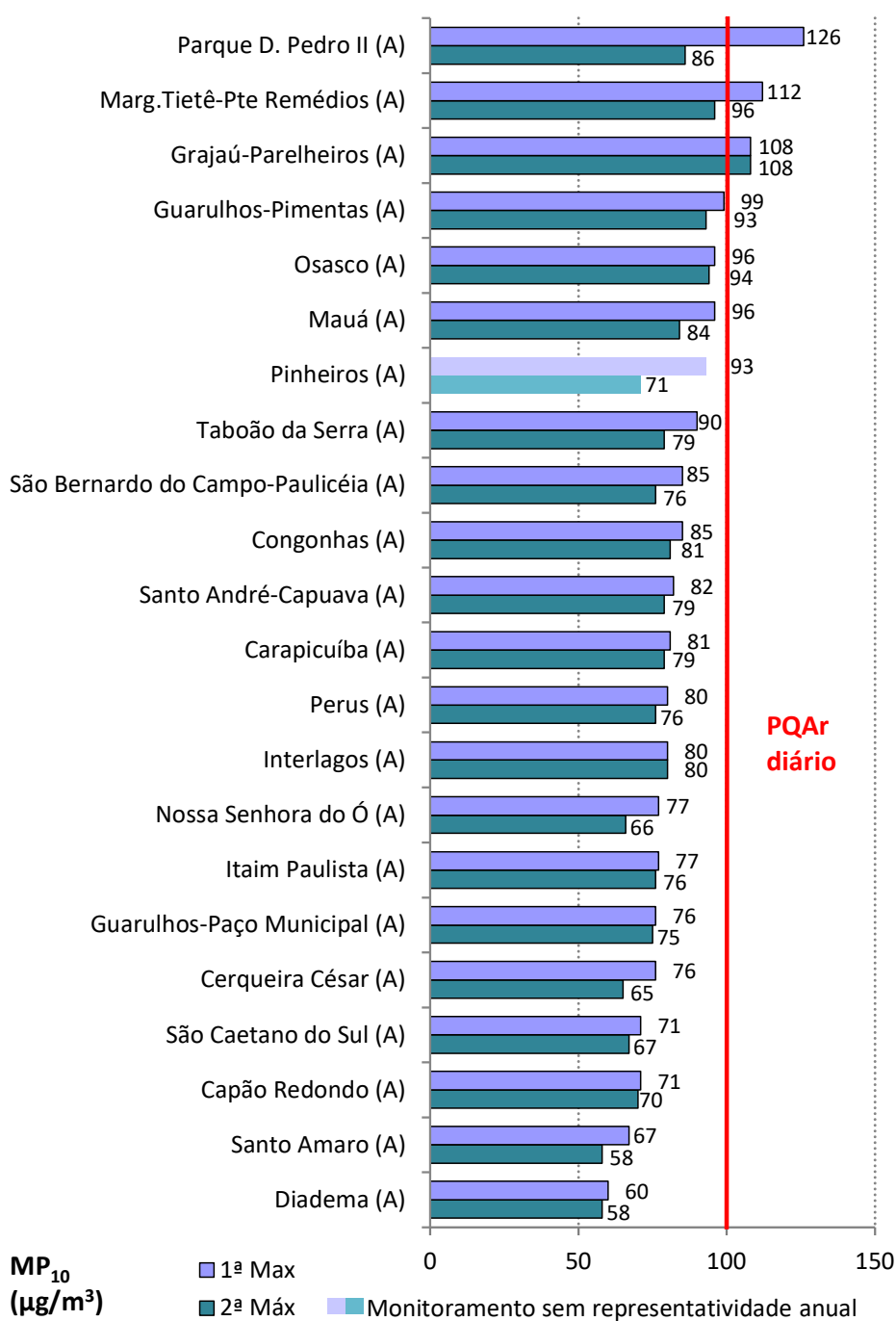
6.2.1 Material Particulado

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}

Na RMSP, em 2022, houve ultrapassagens do padrão de qualidade do ar de curto prazo ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nas estações Parque D. Pedro II (1), Marg. Tietê-Pte dos Remédios (1) e Grajaú-Parelheiros (4). No **Gráfico 6.1** são apresentadas as máximas concentrações diárias registradas nas estações da RMSP.

Gráfico 6.1 – MP₁₀ – Concentrações máximas diárias – RMSP – 2022



Fonte: CETESB (2023)

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 que, em 2022, o percentual de qualidade BOA foi o mais alto dos últimos cinco anos alcançando 91,90% e as qualidades MODERADA e RUIM registraram queda nos percentuais. A qualidade RUIM foi registrada nas estações Grajaú-Parelheiros, Marg. Tietê-Pte. dos Remédios e Parque Dom Pedro II. Apesar de o inverno na RMSP ter sido seco, principalmente no mês de julho, influenciando nas condições de dispersão dos poluentes atmosféricos, não houve registro de qualidade MUITO RUIM em 2022, diferente do ocorrido em 2021.

Tabela 6.1 – MP_{10} – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2018 a 2022 – 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	2018	89,93%	9,62%	0,43%	0,02%	10
	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

Fonte: CETESB (2023)

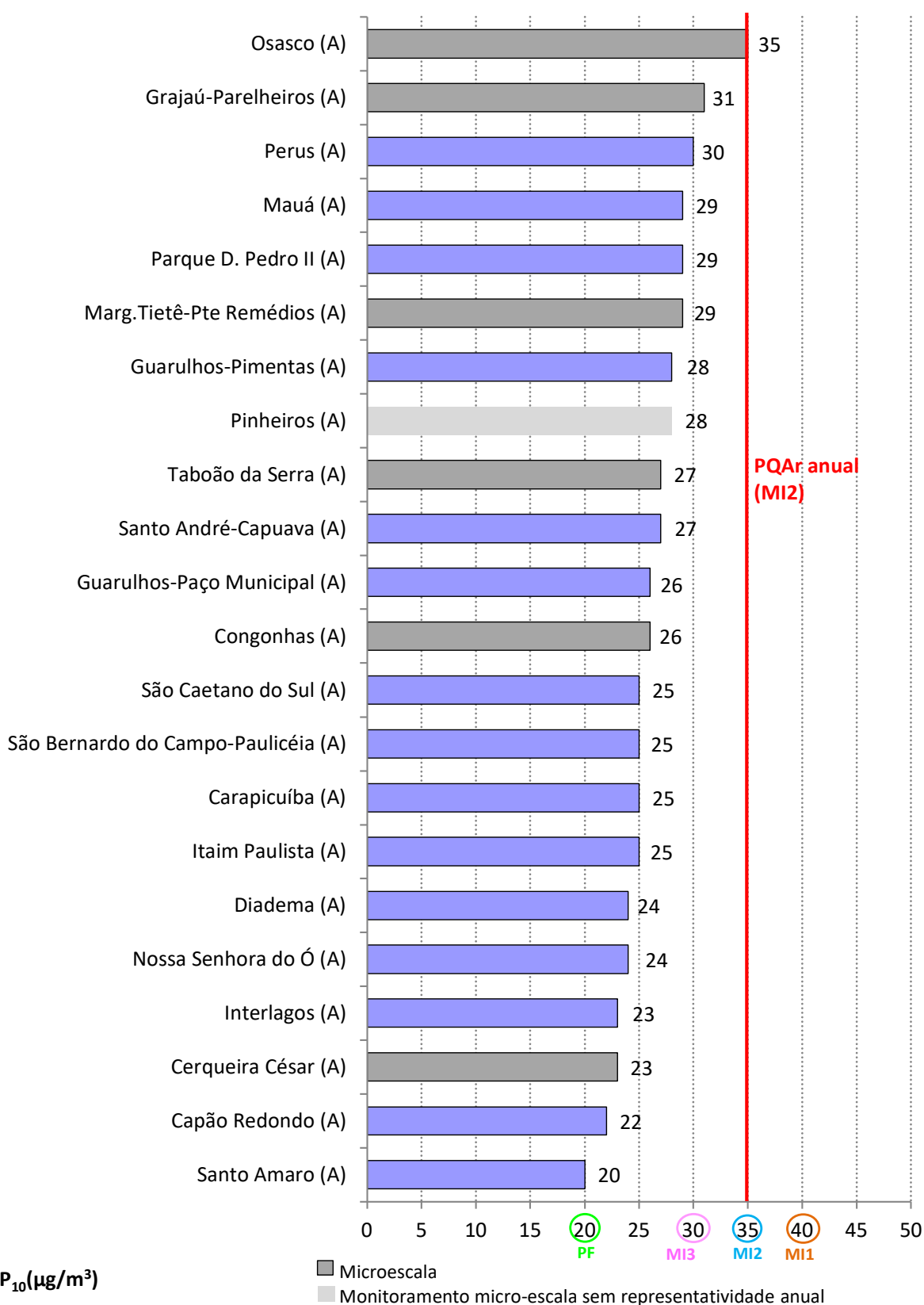
Nota:

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 2022 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 2022, 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 – 2022

Fonte: CETESB (2023)

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 2022, apenas a estação Santo Amaro atendeu ao Padrão Final (PF), que é a última etapa a ser atingida das metas progressivas, conforme o Decreto. Nota-se que, das 20 estações com representatividade anual restantes, as médias anuais atenderam à Meta Intermediária 3 (MI3) em 18 locais e nenhuma estação superou a Meta Intermediária 2 (MI2), padrão de qualidade do ar vigente no ano em questão.

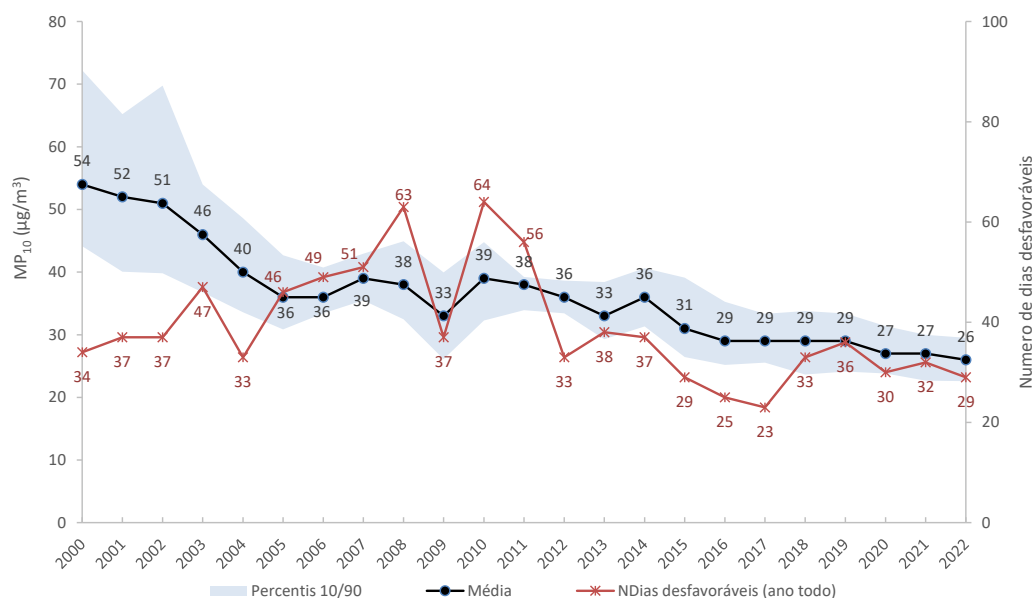
O **Gráfico 6.3** apresenta a evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} na RMSP, no período de 2000 a 2022, e o número de dias meteorologicamente desfavoráveis à dispersão dos poluentes, em cada ano. A área hachurada em azul do gráfico indica o intervalo delimitado entre os valores dos percentis 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 2022 foi meteorologicamente um pouco mais favorável à dispersão dos poluentes do que 2021, observando-se ligeira queda da concentração média em relação ao 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 – MP₁₀ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP



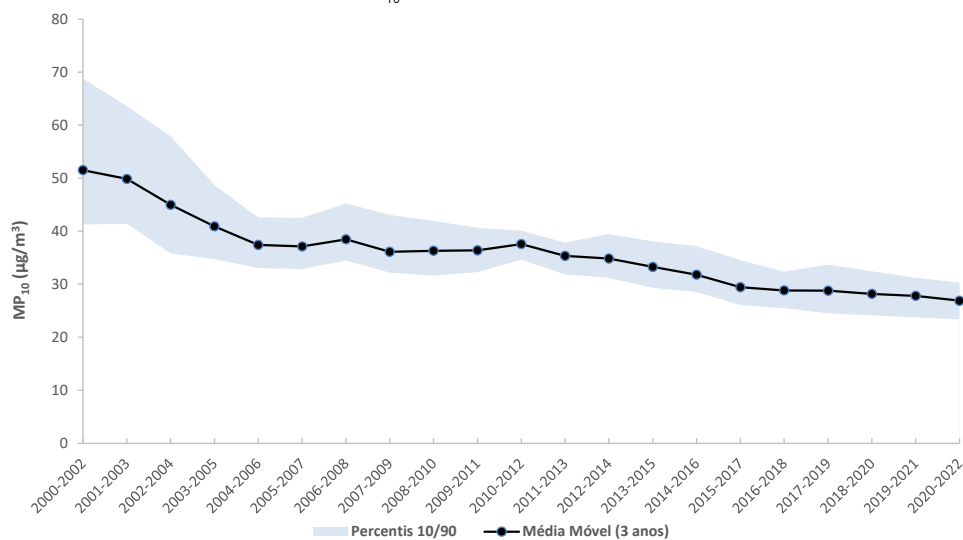
Fonte: CETESB (2023)

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 – MP₁₀ – Evolução das médias móveis – RMSP



Fonte: CETESB (2023)

Nota:

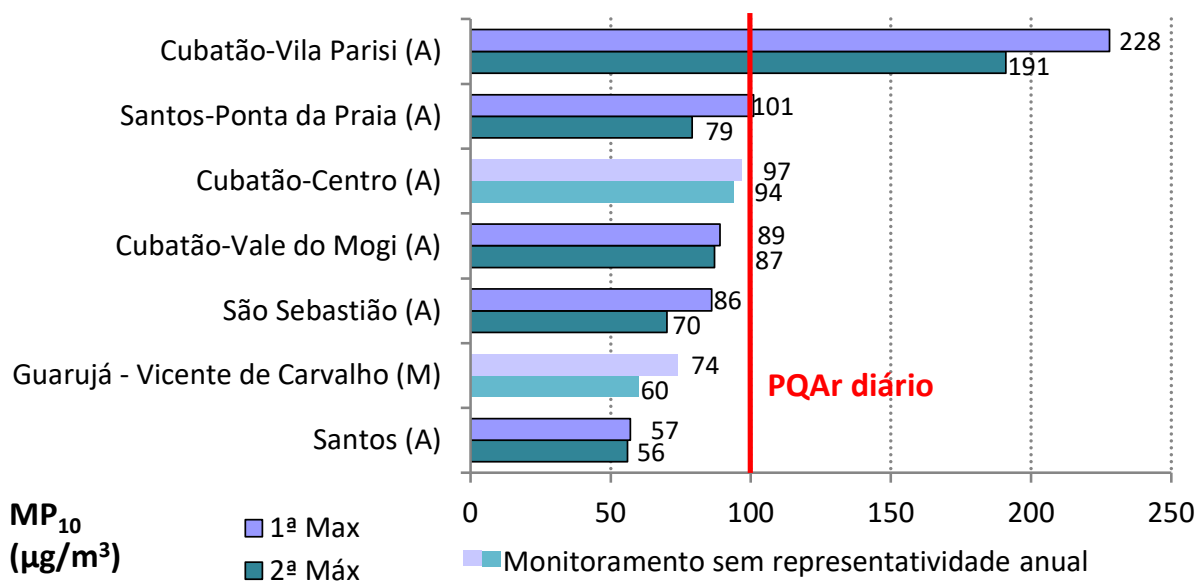
Base RMSP: Todas as estações com monitoramento representativo no ano, exceto: Centro, Cambuci, Guarulhos, Itaquera, Lapa, Mogi das Cruzes-EM, Pinheiros e São Miguel Paulista.

Nas estações localizadas na Baixada Santista (**Gráfico 6.5**), as maiores concentrações foram observadas na área industrial de Cubatão. O PQAr diário ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado 60 vezes em Cubatão-Vila Parisi, sem atingir o Nível de Atenção ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em nenhuma ocasião. Não houve ultrapassagens do padrão diário de MP_{10} nas estações Cubatão – Vale do Mogi e Cubatão-Centro, no entanto, essa última não teve representatividade anual dos dados. 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 período em que houve monitoramento.

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 – MP_{10} – Concentrações máximas diárias – Baixada Santista e Litoral Norte – 2022



Fonte: CETESB (2023)

A **Tabela 6.2** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações automáticas da Baixada Santista e do Litoral Norte em 2022. Verifica-se que neste ano foram registradas, em alguns dias, qualidade RUIM nas estações Cubatão-Vila Parisi e Santos-Ponta da Praia e qualidade MUITO RUIM na estação Cubatão-Vila Parisi.

Tabela 6.2 – MP_{10} – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática

Litoral Norte - Rede Automática Partículas Inaláveis (MP_{10}) - 2022						
Estação	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Litoral	Cubatão-Centro	94,7%	5,3%			0
	Cubatão-Vale do Mogi	90,1%	9,9%			0
	Cubatão-Vila Parisi	40,1%	43,2%	13,9%	2,8%	60
	Santos	98,5%	1,5%			0
	Santos-Ponta da Praia	95,6%	4,1%	0,3%		1
	São Sebastião	98,0%	2,0%			0

Fonte: CETESB (2023)

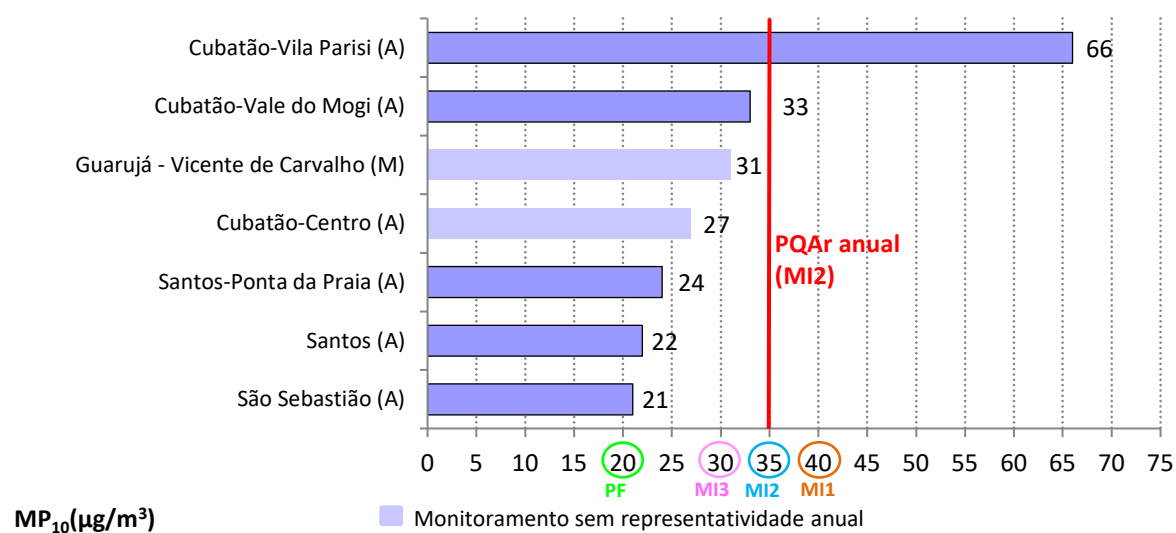
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA de 24 horas de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Em 2022, na Baixada Santista o padrão de qualidade do ar de longo prazo 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 – 2022



Fonte: CETESB (2023)

Nota:

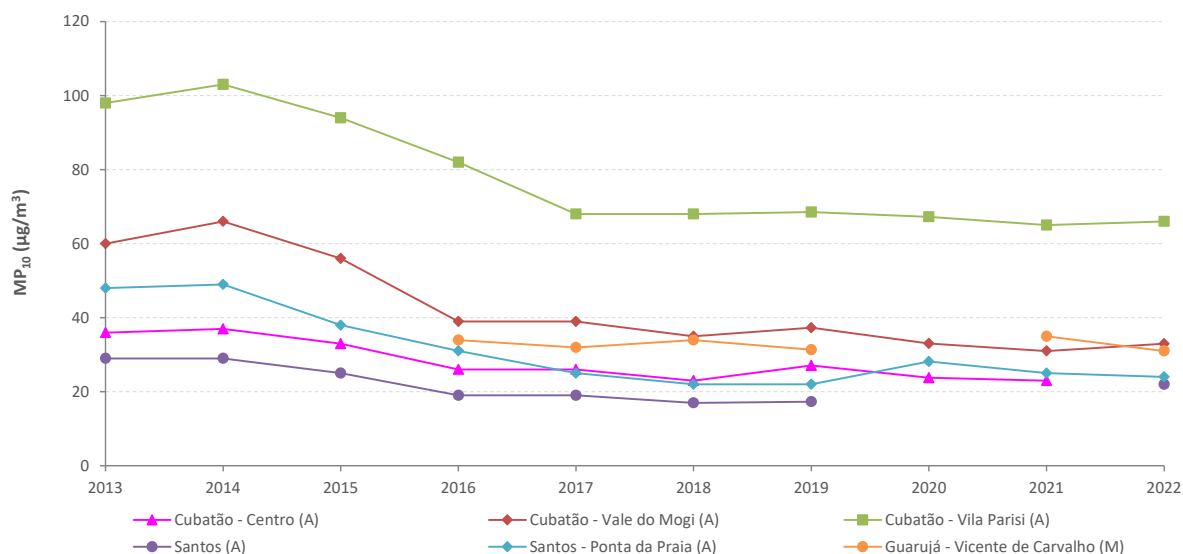
MI1; MI2 = PQA e MI3 = Metas Intermediárias; PF = Padrão Final, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013.

Considerando-se as estações da Baixada Santista que tiveram representatividade anual dos dados em 2022, observa-se que nenhuma estação atendeu ao Padrão Final (PF). Na cidade de Santos, as estações Santos e Santos-Ponta da Praia, atenderam ao valor da Meta Intermediária 3 (MI3). Em Cubatão, com duas estações com representatividade anual, a estação Vale do Mogi, atendeu à Meta Intermediária 2 (MI2), enquanto a estação de Vila Parisi ultrapassou o padrão vigente (MI2) e ainda 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 de partículas inaláveis têm se mantido elevadas ao longo dos anos na região da Vila Parisi, em razão principalmente das emissões do polo industrial, com os valores médios superiores aos da região do Vale do Mogi.

Nos últimos cinco anos, as concentrações médias das estações Cubatão-Vila Parisi e Cubatão-Vale do Mogi mantiveram-se praticamente estáveis. A queda ocorrida nos anos anteriores, bem como a manutenção nos últimos anos, 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 em 2022 se manteve praticamente igual a de 2021. 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 (SANTOS PORT AUTHORITY, 2023), em 2022, houve aumento de 9% da exportação de soja a granel e de 80% da exportação de milho a granel, em relação a 2021. 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 2022, o total de chuvas em Santos foi inferior à média climatológica anual, porém acima do observado em 2021 (SÃO PAULO, 2022c). Na maioria dos meses, as precipitações ficaram abaixo das respectivas médias climatológicas mensais, com exceção de janeiro e dezembro. Em Cubatão, o total de chuvas em 2022 foi semelhante ao registrado em 2021, com menores índices pluviométricos nos meses de maio a agosto (DAEE, 2023). Essas chuvas se deram de forma bem distribuída ao longo dos meses, mesmo nos meses de inverno em que os acumulados mensais foram baixos. Essa regularidade na distribuição das chuvas esteve associada à atuação de anticiclones polares marítimos e aos efeitos de brisa marítima atuando mais intensamente nas áreas mais próximas às encostas da Serra do Mar, como é o caso de Cubatão.

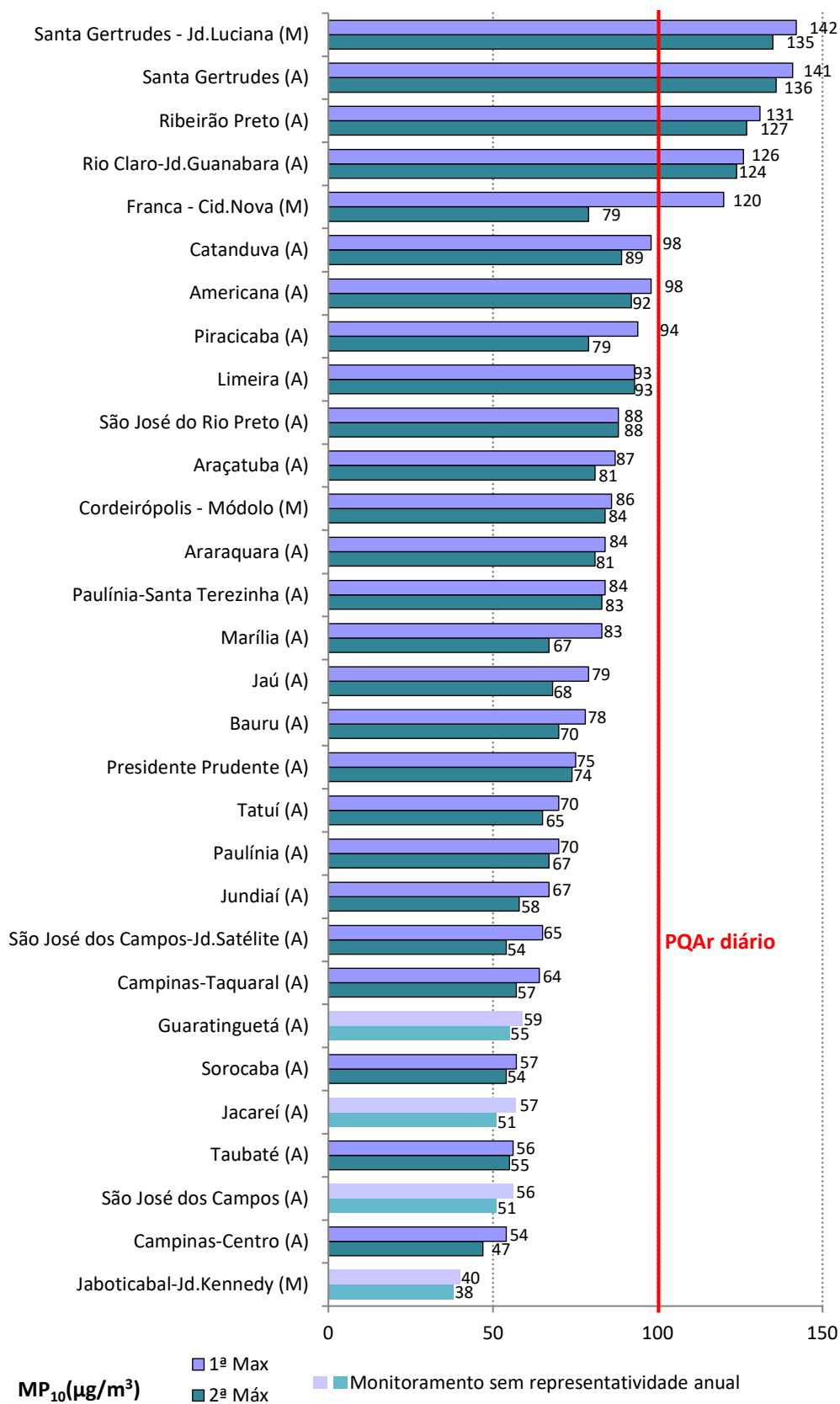
Gráfico 6.7 – MP_{10} – Evolução das concentrações médias anuais – Baixada Santista

Fonte: CETESB (2023)

Em relação às estações de monitoramento localizadas nos diversos municípios do interior do estado (**Gráfico 6.8**), em 2022, nas estações de monitoramento manual foram observadas sete ultrapassagens do padrão diário de partículas inaláveis ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na estação Santa Gertrudes-Jd. Luciana e uma na estação Franca-Cid. Nova. Nas estações automáticas, houve ultrapassagens do padrão diário nas seguintes estações: em Santa Gertrudes (23), Ribeirão Preto (7) e Rio Claro-Jd. Guanabara (6). 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 que ocasionaram estabilidade atmosférica e baixa 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 – 2022



Fonte: CETESB (2023)

A **Tabela 6.3** apresenta as distribuições percentuais da qualidade do ar nas estações automáticas do interior do estado, em 2022. Nota-se que foram observados alguns dias com qualidade RUIM nas estações Ribeirão Preto, Rio Claro-Jd. Guanabara e Santa Gertrudes. Essas ocorrências de qualidade RUIM foram associadas, principalmente, ao período do final de julho e início de agosto, quando houve atuação de uma massa de ar quente, causando estabilidade atmosférica e dificultando a dispersão de poluentes.

Tabela 6.3 – MP₁₀ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Interior – Rede Automática

Estação		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	86,0%	14,0%				0
	Araçatuba	92,1%	7,9%				0
	Araraquara	83,5%	16,5%				0
	Bauru	93,1%	6,9%				0
	Campinas-Centro	99,7%	0,3%				0
	Campinas-Taquaral	99,3%	0,7%				0
	Catanduva	82,4%	17,6%				0
	Guaratinguetá	96,7%	3,3%				0
	Jacareí	98,3%	1,7%				0
	Jaú	95,2%	4,8%				0
	Jundiá	98,5%	1,5%				0
	Limeira	80,1%	19,9%				0
	Marília	97,5%	2,5%				0
	Paulínia	94,5%	5,5%				0
	Paulínia-Sta Terezinha	87,4%	12,6%				0
	Piracicaba	87,1%	12,9%				0
	Presidente Prudente	97,5%	2,5%				0
	Ribeirão Preto	82,7%	15,3%	2,0%			7
	Rio Claro-Jd.Guanabara	72,2%	26,1%	1,7%			6
	S.José Campos	99,3%	0,7%				0
	S.José Campos-Jd.Satélite	99,0%	1,0%				0
	Santa Gertrudes	57,6%	35,8%	6,6%			23
	São José do Rio Preto	81,1%	18,9%				0
	Sorocaba	99,4%	0,6%				0
Tatuí	96,6%	3,4%				0	
Taubaté	98,1%	1,9%				0	

Fonte: CETESB (2023)

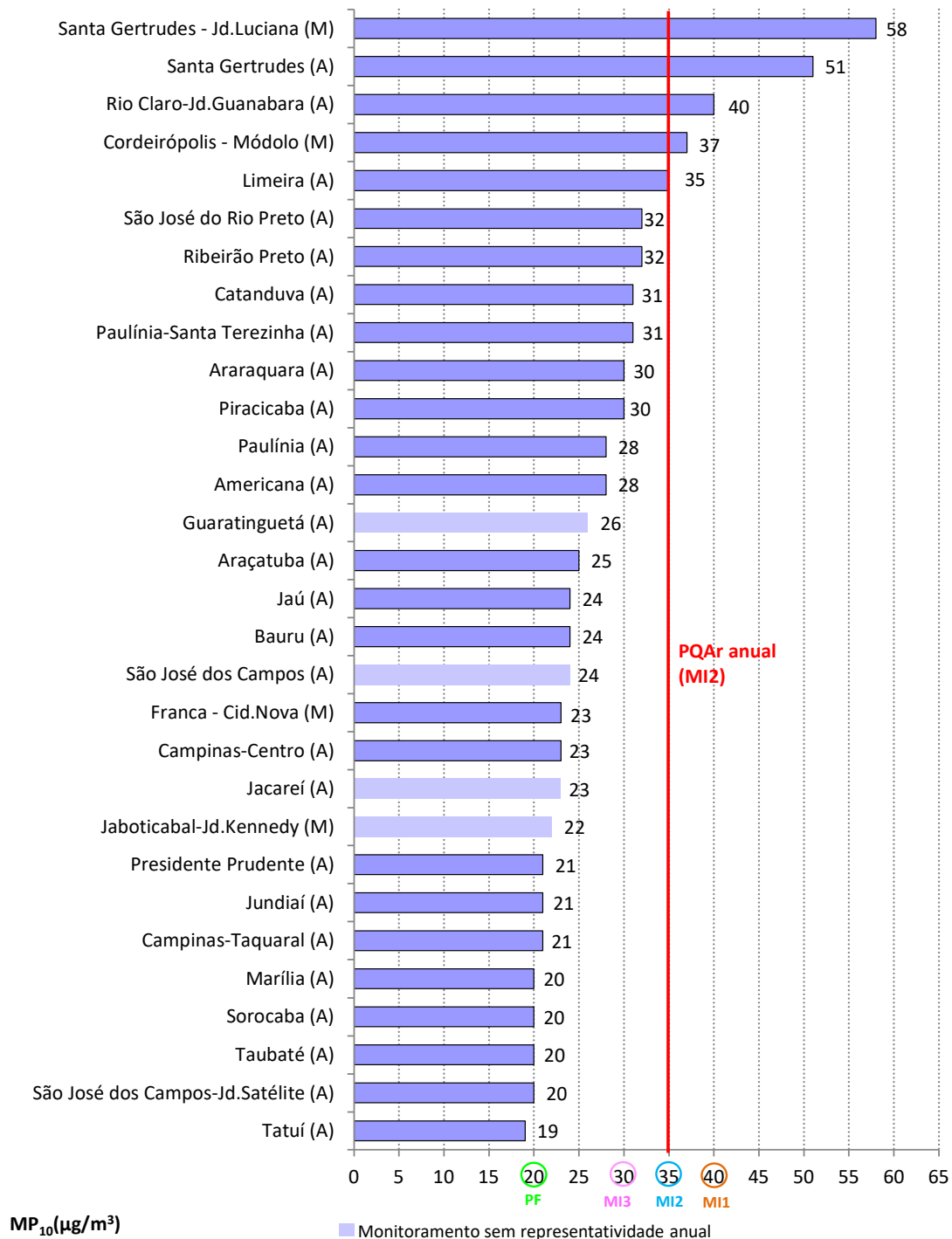
Nota:

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

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

O padrão de longo prazo de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Gráfico 6.9**) foi ultrapassado nas estações manuais, Santa Gertrudes-Jd. Luciana e Cordeirópolis-Módolo, e nas estações automáticas Santa Gertrudes e Rio Claro-Jd. Guanabara. 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 – 2022



Fonte: CETESB (2023)

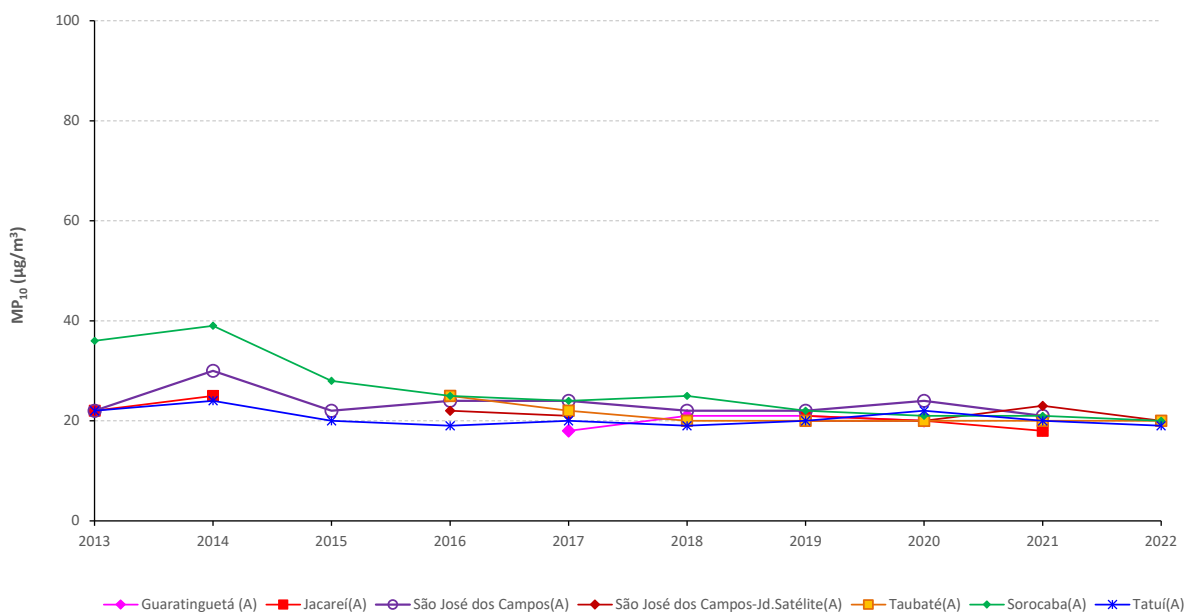
Nota:

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 2022 com os valores de referência, estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013, observa-se que em 2022 as médias anuais das estações Tatuí, São José dos Campos-Jd Satélite, Taubaté, Sorocaba e Marília não ultrapassaram o Padrão Final, que é a última etapa das metas progressivas a ser atingida. Das 21 estações restantes que atenderam ao critério de representatividade anual no interior do estado, a Meta Intermediária 3 (MI3) foi atendida em 12 estações, enquanto a Meta Intermediária 2 (MI2) foi atendida em outros cinco locais. As demais, Santa Gertrudes-Jd. Luciana, Santa Gertrudes, Cordeirópolis-Módolo e Rio Claro-Jd. Guanabara 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 duas estações de Santa Gertrudes a Meta Intermediária 1 (MI1) também não foi respeitada.

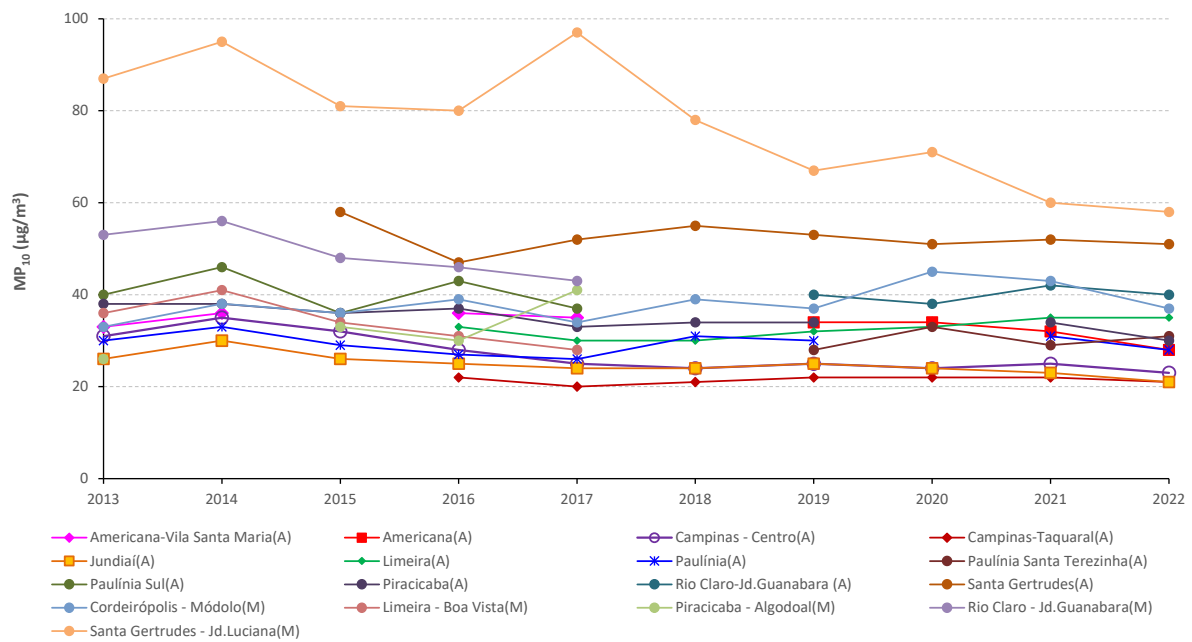
Os **Gráficos 6.10, 6.11 e 6.12** mostram a evolução das concentrações médias anuais de MP_{10} das estações do interior do estado nos últimos dez anos, considerando o critério de representatividade anual dos dados. Observa-se que, quando comparadas as médias anuais de 2022 com as de 2021, as médias anuais em 2022 se mantiveram ou tiveram uma ligeira diminuição na maioria das estações do interior do estado o que pode estar associado às melhores condições meteorológicas para dispersão dos poluentes, observadas no último ano. A única exceção é a estação Paulínia Santa Terezinha.

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



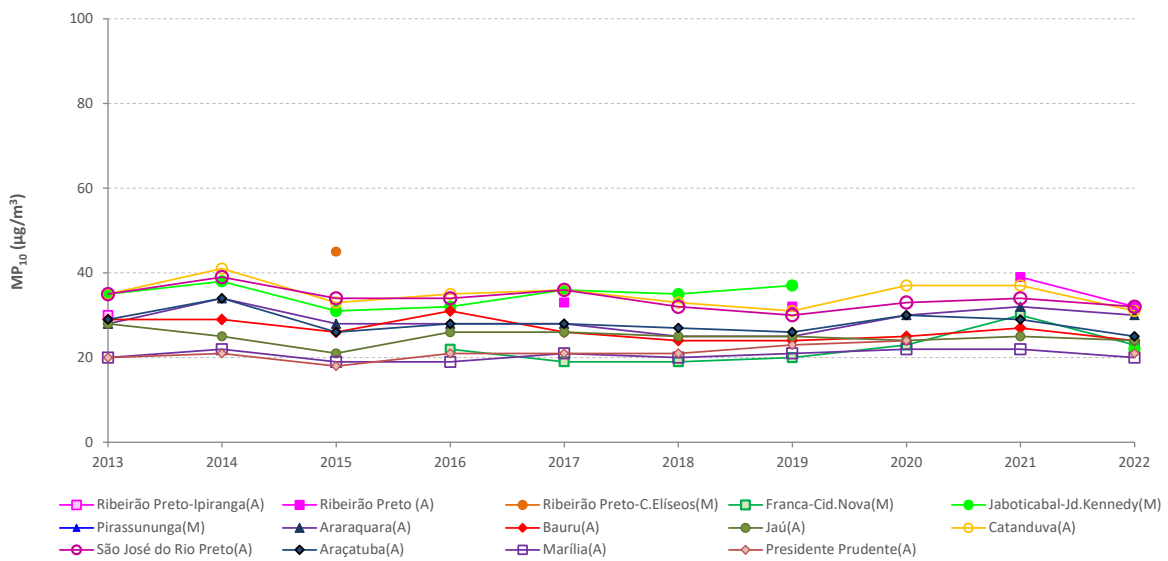
Fonte: CETESB (2023)

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



Fonte: CETESB (2023)

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

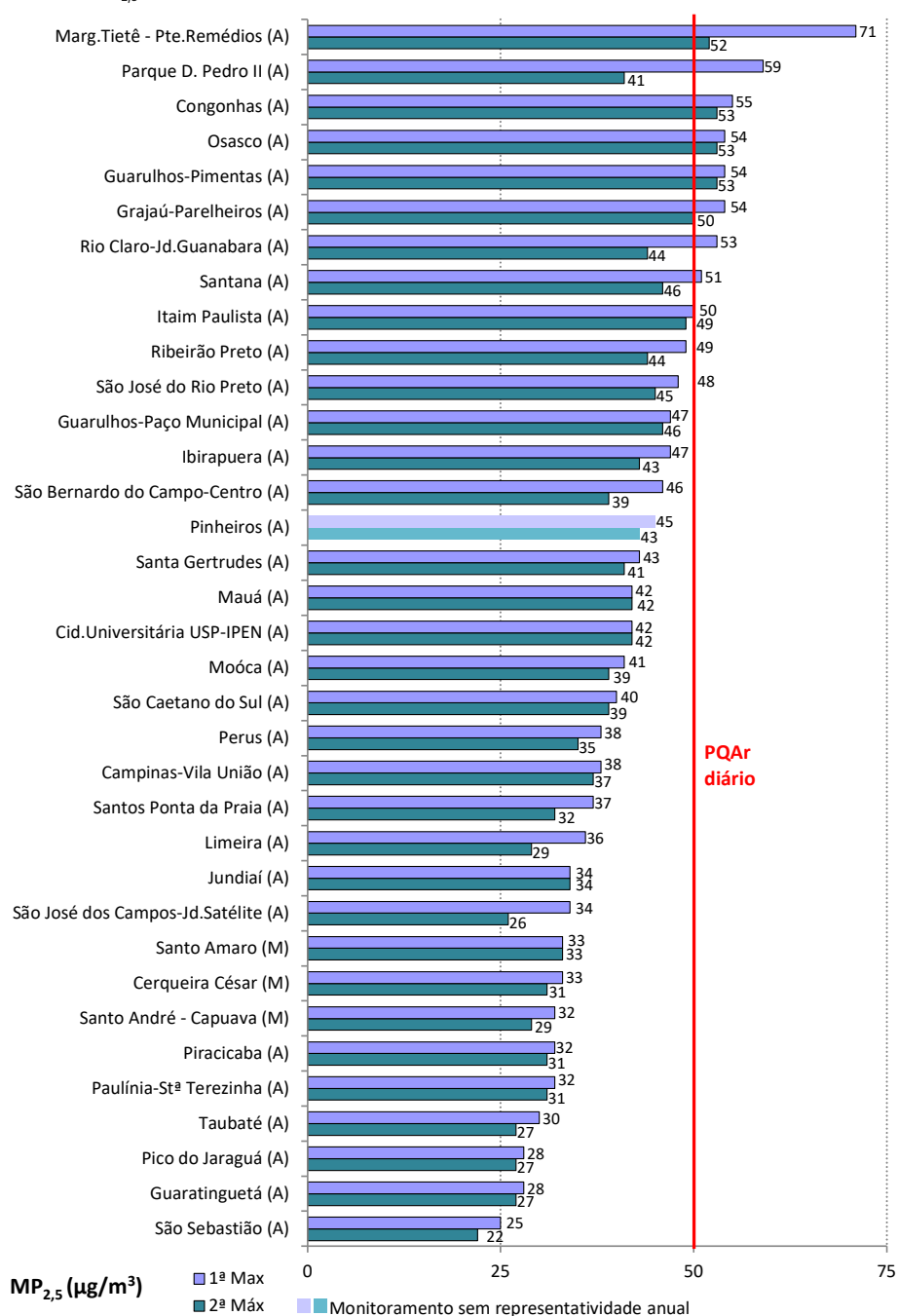


Fonte: CETESB (2023)

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 2022 nas estações manuais e automáticas do estado. Na RMSP, houve ultrapassagens do padrão diário de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nas seguintes estações: Congonhas (2), Grajaú-Parelheiros (1), Marginal Tietê-Ponte Remédios (3), Parque D. Pedro II (1), Santana (1), Guarulhos- Pimentas (2) e Osasco (4); no interior houve uma ultrapassagem apenas na estação Rio Claro-Jd. Guanabara. Nas demais estações da RMSP, bem como da Baixada Santista 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 e Interior – 2022



Fonte: CETESB (2023)

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 2022, em comparação com o ano anterior houve aumento do percentual de qualidade BOA e redução das qualidades MODERADA e RUIM. Não foram registradas as qualidades MUITO RUIM e PÉSSIMA, ao contrário do que ocorreu em 2021.

Tabela 6.4 – $MP_{2,5}$ – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2018 a 2022 – RMSP – Rede Automática

Partículas Inaláveis Finas ($MP_{2,5}$)							
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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
RMSP	2018	83,66%	14,87%	1,37%	0,10%	14	
	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%	0,09%	0,02%	9
	2022	90,00%	9,80%	0,20%			9

Fonte: CETESB (2023)

Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA_r 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 2022. Neste ano foi observada a qualidade RUIM em somente um dia, na estação Rio Claro-Jd. Guanabara.

Tabela 6.5 – $MP_{2,5}$ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Interior, Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática

Partículas Inaláveis Finas ($MP_{2,5}$) - 2022						
Estação	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	93,4%	6,6%			0
	Guaratinguetá	99,0%	1,0%			0
	Jundiaí	95,6%	4,4%			0
	Limeira	97,6%	2,4%			0
	Paulínia-Sta Terezinha	95,7%	4,3%			0
	Piracicaba	96,9%	3,1%			0
	Ribeirão Preto	93,6%	6,4%			0
	Rio Claro-Jd.Guanabara	86,6%	13,1%	0,3%		1
	S.José Campos-Jd.Satélite	98,7%	1,3%			0
	Santa Gertrudes	88,8%	11,2%			0
	Santos-Ponta da Praia	97,5%	2,5%			0
	São José do Rio Preto	93,9%	6,1%			0
	São Sebastião	100,0%				0
	Taubaté	99,4%	0,6%			0

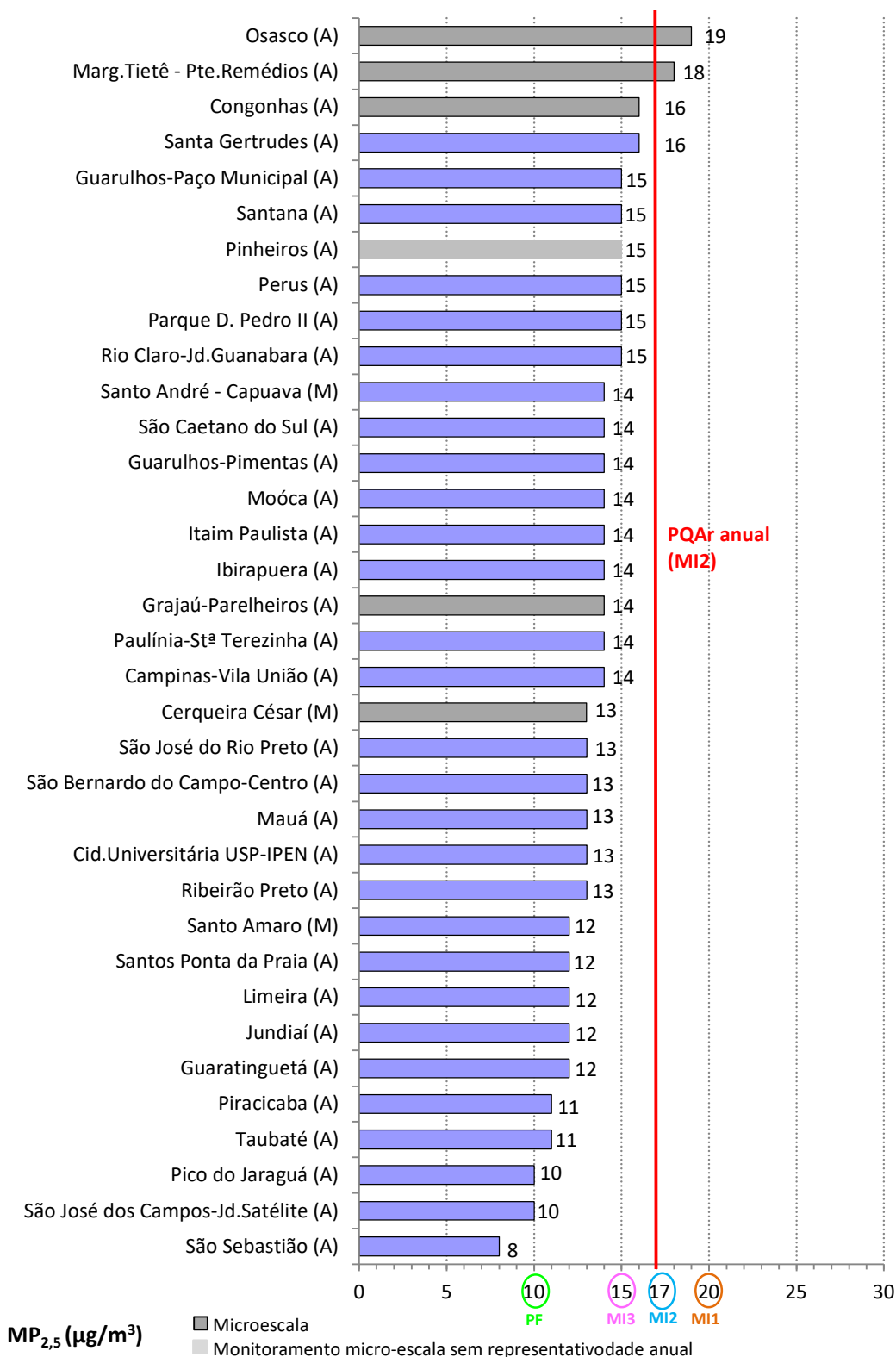
Fonte: CETESB (2023)

Nota:

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

No **Gráfico 6.14**, são apresentadas as concentrações médias anuais de $MP_{2,5}$ observadas em 2022. Houve ultrapassagem do padrão anual de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nas estações Osasco e Marginal Tietê-Ponte Remédios, na RMSP. As demais estações da RMSP, do interior e da Baixada Santista 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 3 estações. A Meta Intermediária 3 (MI3) foi atendida em 27 locais, enquanto outras 2 estações atenderam à Meta Intermediária 2 (MI2).

Gráfico 6.14 – MP_{2,5} – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022



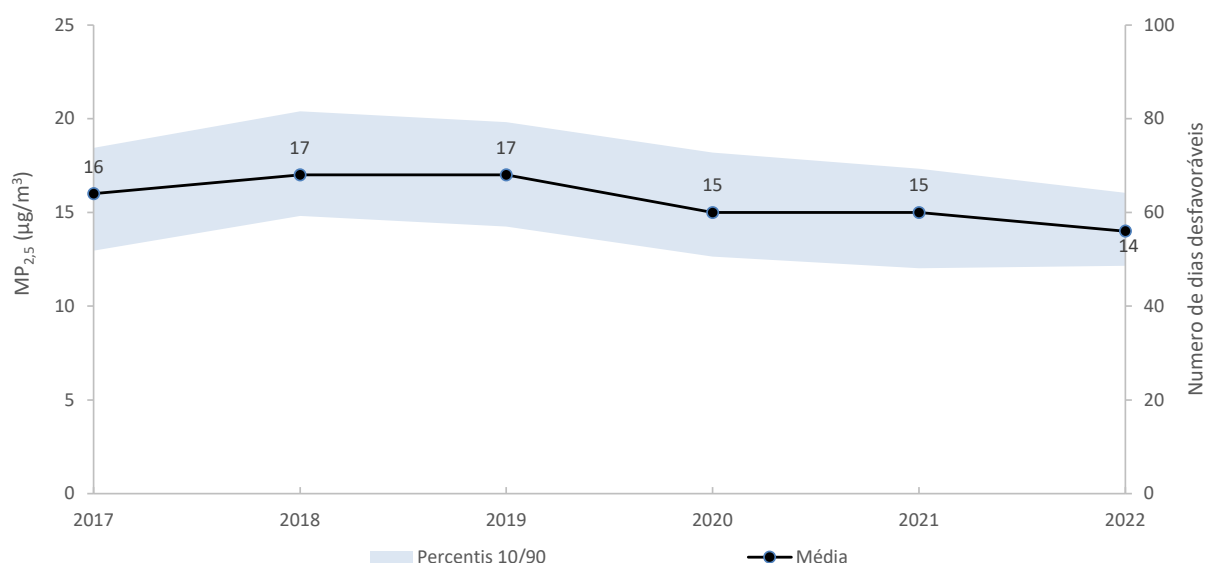
Fonte: CETESB (2023)

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 2022. 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 seis 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. Observa-se ligeira queda da concentração média anual em 2022 em relação aos anos anteriores que pode estar associada às condições meteorológicas um pouco mais favoráveis à dispersão dos poluentes observadas neste ano.

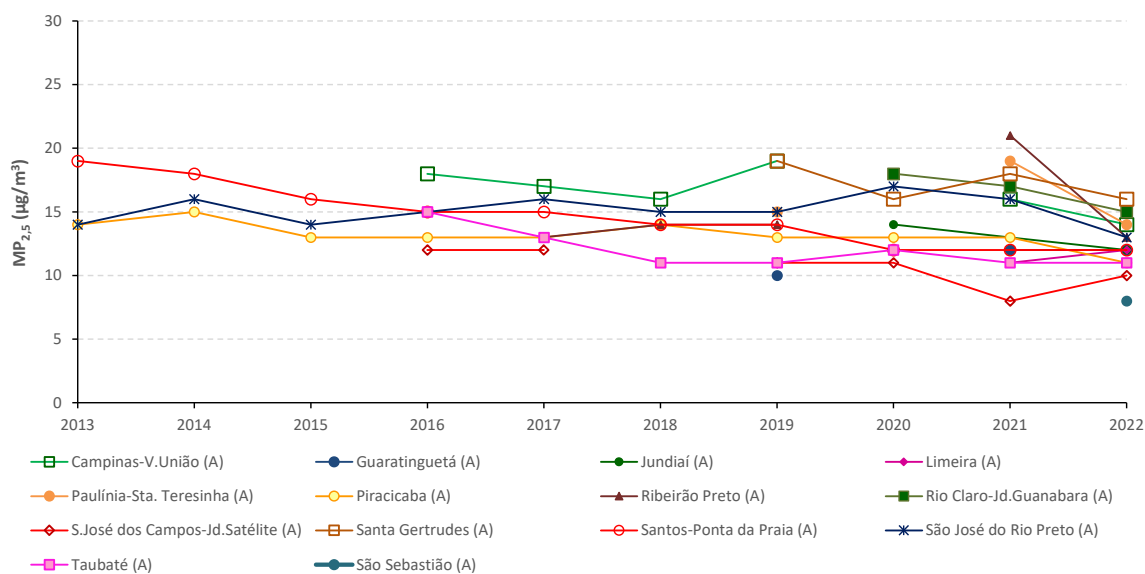
Gráfico 6.15 – $MP_{2,5}$ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP



Fonte: CETESB (2023)

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 nas estações Limeira e São José dos Campos-Jd. Satélite e se mantiveram nas estações Guaratinguetá, Santos-Ponta da Praia e Taubaté. Nas demais estações, as concentrações médias tiveram redução, que podem estar associadas às condições meteorológicas mais favoráveis à dispersão de poluente, bem como, à redução de queimadas.

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

Fonte: CETESB (2023)

Quanto à relação $MP_{2,5}/MP_{10}$, as medições realizadas na RMSP desde 1987, pela CETESB, mostraram 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 2022, a relação média do $MP_{2,5}/MP_{10}$ foi de cerca de 0,3 na estação Santa Gertrudes, de cerca de 0,4 nas estações Limeira, Piracicaba, Rio Claro-Jd. Guanabara, São José do Rio Preto e São Sebastião, e de cerca de 0,5 em Guaratinguetá, Ribeirão Preto, Santos-Ponta da Praia, indicando condições locais diferentes das encontradas na RMSP. Em Jundiaí e Taubaté, 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, 2006), 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).

Episódios de Material Particulado em 2022

Durante o inverno de 2022, ocorreram dois períodos de dias consecutivos em que foram registradas concentrações elevadas de partículas inaláveis (MP_{10}) e partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$).

No primeiro período, entre os dias 24/06 e 12/07, as concentrações desses poluentes foram elevadas na RMSP e ainda em outras regiões do estado. Nesse período, houve o predomínio de massa de ar quente e seco em todo o estado, devido a atuação do sistema de alta pressão subtropical, que ocasionou dias com estabilidade atmosférica, baixa ventilação, alta porcentagem de calmaria e ausência de chuvas na maior parte do período, dificultando a dispersão de poluentes. Nesse período, a qualidade do ar se manteve predominantemente MODERADA, com ocorrências de qualidade do ar RUIM para MP_{10} e $MP_{2,5}$ em algumas estações da RMSP (Grajaú-Parelheiros, Congonhas, Guarulhos-Pimentas e Osasco); e do interior, em Santa Gertrudes e Rio Claro, e RUIM e MUITO RUIM na estação Cubatão-V. Parisi, no litoral. A partir do dia 08/07, com a passagem de uma frente fria pelo litoral paulista, apesar da ausência de chuvas na parte continental do estado, houve melhora nas condições de dispersão de poluentes.

No segundo período, de 21/07 a 07/08, as concentrações mais elevadas de MP_{10} e $MP_{2,5}$ ocorreram com predominância no interior do estado, com alguns poucos dias na RMSP. Entre os dias 21 e 28/07, houve atuação de uma massa de ar seco e quente que ocasionou estabilidade atmosférica e baixa ventilação, dificultando a dispersão de poluentes. A passagem de uma frente fria pelo litoral, entre os dias 29 e 30/7, ocasionou chuvas na faixa leste do estado, porém, nas demais regiões do estado, perdurou a estiagem que se iniciou no final do mês de junho. Entre os dias 31/07 e 07/08, houve atuação de massas de ar quente, intercalando com passagens de frentes frias pelo litoral paulista, sem muita atividade no interior do estado. Essa situação meteorológica manteve a qualidade do ar predominantemente MODERADA na maioria das estações, sendo observado alguns dias com qualidade RUIM por MP_{10} e $MP_{2,5}$ em estações da RMSP (Grajaú-Parelheiros, Guarulhos-Pimentas, Marg.Tietê-Ponte dos Remédios e Santana). No interior, houve vários dias consecutivos de qualidade do ar RUIM por MP_{10} e $MP_{2,5}$ em Santa Gertrudes, Rio Claro e Ribeirão Preto. No litoral, observou-se qualidade do ar RUIM por MP_{10} na estação Cubatão-V. Parisi. A partir do dia 08/08, houve atuação de uma frente fria que ocasionou chuvas em todo o estado, conseqüentemente, melhorando a qualidade do ar e finalizando esse período de altas concentrações de material particulado.

As classificações da qualidade do ar por MP_{10} e $MP_{2,5}$, nesses dois eventos, com suas respectivas concentrações médias diárias, podem ser observadas nas **Tabelas 6.6 a 6.11**

Tabela 6.6 – MP₁₀ – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP

Data	RMSP																						
	Capão Redondo	Carapicuíba	Cerqueira César	Congonhas	Diadema	Grajaú-Parelhinhos	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Interlagos	Itaim Paulista	Marg.Tietê- Ponte dos Remédios	Mauá	Nossa Senhora do Ó	Osasco	Parque D.Pedro II	Perus	Pinheiros	S. André-Capuava	S. Bernardo-Paulicéia	Santo Amaro	São Caetano do Sul	São Sebastião	Taboão da Serra
24-jun-22	57	57	63	81	60	99	74	99	80	76	76	96	59	78	86	57	61	76	85	55		40	
25-jun-22	35	33	39	39	40	45	47	77	42	75	51	57	40	49	59	33	42	68	49	33	55	20	44
26-jun-22	6	9	6	10	12	10	8	10	7	7	7	13	8	13	9	10	10	9	7	5	8	8	8
27-jun-22	16	21	20	19	14	21	24	22	18	16	27	16	21	33	24	33	22	16	19	14	17	9	20
28-jun-22	36	43	43	43	37	70	44	45	42	36	54	52	40	58	56	54	44	45	39	35	39	32	49
29-jun-22	46	51	45	54	44	69	49	61	48	51	69	67	49	71	65	55	54	56	57	38	51	47	60
30-jun-22	29	39	40	36	33	37	55	55	27	44	55	44	44	47	49	52	37	48	37	31	41	38	40
01-jul-22	45	61	62	54	47	57	57	51	50	45	81	61	52	74	73	66	60	56	53	41	55	23	53
02-jul-22	57	60	45	43	41	84	47	50	50	41	65	51	49	77	57	61	47	48	41	42	44	33	58
03-jul-22	66	66	42	37	37	72	55	50		47	61	50	47	72	51	57	42	44	42	39	41	29	61
04-jul-22	57	56	48	48	50	85	57	59	43	62	91	69	50	75	72	45	61	54	57	46	52	34	70
05-jul-22	52	63	47	56	50	87	55	73		76	72	79	54	77	67	51	57	68	61	46	60	30	62
06-jul-22	55		55	67	52	106	65	85		77		84	57	79	71	60	65	82	76	47	67	27	66
07-jul-22	51		41	53	48	89	53	60	53	53	64	70	47	84	55	56	53	57	61	44	57	26	67
08-jul-22	42		50	59	44	80	54	64	52	55	77	54	44	72	66	57	63	54	49	49	47	59	63
09-jul-22	33		36	34	33	40	46	49	35	34	44	34	40	41	43	47	34	39	35	28	35	28	32
10-jul-22	39		27	31	32	64	36	41	40	55	38	48	28	50	34	38	29	44	36	30	43	23	35
11-jul-22	39		30	31	34	73	35	39	40	39	40	47	27	55	40	31	33	42	38	33	41	23	33
12-jul-22	35		32	33	29	51	39	44	35	33	44		36	60	43	33	35	37	32	28	31	55	30

Boa Moderada Ruim

Fonte: CETESB (2023)

Tabela 6.7 – MP₁₀ – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – Interior e Litoral

Data	INTERIOR																				LITORAL														
	Americana	Araçatuba	Araçatuba	Bauri	Campinas-Centro	Campinas-Tequaral	Catanduva	Cordeirópolis - Módulo (M)	Franca - Cidade Nova (M)	Guaratinguetá	Jaboticabal - Jd Kennedy (M)	Jacareí	Jalá	Jundiaí	Limeira	Marília	Paulínia	Paulínia-Sta Terezinha	Piracicaba	Presidente Prudente	Ribeirão Preto	Rio Claro-Jd Guanabara	S. José Campos	S. José Campos-Jd.Satélite	Santa Gertrudes	Santa Gertrudes - Jd. Luciana (M)	São José do Rio Preto	Sorocaba	Tatui	Taubaté	Cubatão-Centro	Cubatão-Vale do Mogi	Cubatão-Vila Parisi	Guarujá - Vrcente de Canhalho (M)	Santos
24-jun-22	59	43	53	47	35	35	49				34	37	41	72	26	47	56	63	31	56	78	37	116	52	44	40	50	55	87	168	34	40			
25-jun-22	63	34	64	32	31	31	45				26	30	30	72	24	45	46	49	26	60	76	32	110	48	33	21	26	23	32	64	18	21			
26-jun-22	11	19	21	11	14	8	22				11	19	8	22	10	14	11	13	15	25	25	11	33	29	6	3	7	12	16	7	11				
27-jun-22	25	28	43	20	20	14	38				16	23	15	56	14	23	23	33	16	44	44	21	61	40	19	14	15	30	22	28	9	17			
28-jun-22	44	51	52	45	30	33	59	62	30		29	37	34	70	38	47	44	43	36	63	71	32	88	103	58	38	29	29	40	41	77	31	29	27	
29-jun-22	63	43	52	44	35	41	74				49	47	49	71	37	55	58	59	33	75	75	39	91	56	39	42	48	28	49	119	27	34			
30-jun-22	62	31	54	30	35	35	46				30	38	37	52	24	50	63	43	26	58	64	33	105	41	39	23	51	30	30	85	21	24			
01-jul-22	71	43	54	43	40	38	60				38	45	41	70	31	57	61	52	33	75	88	41	122	61	45	39	43	35	41	78	31	38			
02-jul-22	58	52	57	59	35	38	67				41	50	38	69	50	48	56	61	45	64	75	41	79	65	47	54	48	34	43	112	41	50			
03-jul-22	54	41	45	49	33	38	61				37	39	36	63	41	47	53	53	39	47	72	39	74	48	49	51	48	42	39	70	51	62			
04-jul-22	62	41	51	49	35	37	53	64			41	58	37	69	39	49	57	47	36	68	76	44	98	106	57	44	43	44	33	65	101	52	35	46	
05-jul-22	65	42	42	43	39	40	51				49	41	38	58	37	54	69	52	41	57	81	40	86	51	45	50	40	48	50	184	42	50			
06-jul-22	60	39	58	49	33	38	49				40	47	38	61	32	56	70	48	45	54	92	47	86	51	46	46	39	47	47	154	57	66			
07-jul-22	51	47	55	62	30	31	54				39	49	34	64	34	50	56	48	34	57	85	42	73	56	41	51	36	48	54	191	46	53			
08-jul-22	64	46	53	54	34	47	56				38	46	38	75	31	48	52	53	34	63	87	42	98	56	41	41	39	38	50	110	45	44			
09-jul-22	52	51	49	39	28	31	61				26	39	33	63	41	47	42	49	44	44	77	27	82	58	27	28	39	28	32	61	21	23			
10-jul-22	46	40	37	40	24	26	46	40			35	34	27	48	37	34	29	45	40	36	59	32	29	49	47	32	33	42	30	27	66	47	36	41	
11-jul-22	39	42	54	65	25	23	44				43	42	25	64	39	35	29	45	42	54	52	29	28	44	45	39	49	34	34	38	137	20	51		
12-jul-22	37	39	70	56	33	43	46				51	52	39	65	40	49	51	59	35	64	65	35	58	49	32	51	32	89	228	29	32				

Boa Moderada Ruim Muito Ruim

Fonte: CETESB (2023)

Tabela 6.8 – MP_{2,5} – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSF, Interior e Baixada Santista

Data	RMSF																	INTERIOR e LITORAL																	
	Cerqueira César (M)	Cid.Universitária-USP-Ipen	Congonhas	Grajaú-Parelheiros	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Ibirapuera	Itaim Paulista	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	Mauá	Moooca	Osasco	Parque D.Pedro II	Perus	Pico do Jaraguá	Pinheiros	S.Bernardo-Centro	Santana	Santo Amaro (M)	Santo André - Capuava (M)	São Caetano do Sul	Campinas-V União	Guaratinguetá	Jundiaí	Limeira	Paulínia-Sta Terezinha	Piracicaba	Ribeirão Preto	Rio Claro-Jd.Guanabara	S.José Campos-Jd.Satélite	Santa Gertrudes	Santos-Ponta da Praia	São José do Rio Preto	São Sebastião	Taubaté
24-jun-22	42	53	47	41	53	43		46	32	41	46	40		15	45	46	33				34	17	26	19	22	22	21	35	22	31	18	23	15	22	
25-jun-22	29	34	21	33	45	31		35	22	30	32	32		12		30	27				37	32	17	23	23	23	19	20	29	17	31	14	23	11	14
26-jun-22	4	7	5	5	6	5		6		5	5	6		5		8	7				5	7	8	6	8	6	6	10	9	6	11	4	11	2	5
27-jun-22	10	12	10	12	11	11		15		10	17	13		9	13	7	12				11	12	11	8	12	8	12	15	15	7	18	8	18		8
28-jun-22	23	19	23	28	24	24	21	30		22	30	26		12	25	19	21		19	25	21	21	14	20	19	18	19	23	29	17	26	12	24	6	15
29-jun-22	23	28	24	22	25	22		33	23	23	33	28		16	24	24	23				26	18	17	26	23	22	20	26	30	17	25	15	22	12	22
30-jun-22	18	23	17	34	30	21		29	24	23	26	26		16	24	21	28				27	25	24	23	14	25	17	23	28	16	22	13	16	6	30
01-jul-22	35	38	31	38	33	39		50	27	35	52	40		19	40	35	42				36	33	22	27	23	26	21	24	39	22	28	16	29	10	24
02-jul-22	26	24	34	32	26	25		39	19	26	45	28		17	28	25	28				23	26	22	22	23	24	20	21	28	21	28	30	29	16	24
03-jul-22	26	23	29	32	27	25	30	39	26	24	53	27		16	27	22	29				23	27	20	20	22	25	19	17	29	20	24	32	20	14	22
04-jul-22	25	30	27	34	30	31	27	39	50	26	28	46	33		14	36	25	27	33	26	26	23	19	23	20	23	18	22	29	24	29	25	20	17	20
05-jul-22	27	34	31	24	36	25	49	39	34	27	38	28	18	12	29	31	23				29	29	16	23	13	29	18	18	29	24	24	24	17	12	17
06-jul-22	29	37	39	33	45	30	50	41	27	32	41	31	24	10	38	34	26				37	24	18	20	20	25	17	16	41	24	25	29	17	10	18
07-jul-22	24	28	29	23	24	21	29	35	18	22	41	22	23	11	26	21	16				28	21	18	16	14	17	13	17	31	18		22	21	9	17
08-jul-22	38	33	32	28	33	27	37	44	20	30	39	33	25	16	36	26	30				26	25	21	23	23	19	18	21	35	16		19	20	13	18
09-jul-22	20	22	18	29	28	23	25	27	15	22	25	24	24	22	21	19	27				20		25	21	20	18	18	17	31	20		10	19	12	17
10-jul-22	15	15	22	28	21	27	24	45	26	30	21	29	20	19	10	16	24	19	20	29	32		16	17	13	12	15	15	21	16		19	14	11	19
11-jul-22	12	11	26	15	17	18	24	21	19	14	16	16	11	7	13	17	13				17		11	10	11	12	11	18	16	13		16	14	8	13
12-jul-22	10	11	12	11	13	10	11	17		9	10	19	11	9	10	12	9	9			9	20	9	15	10	14	15	20	17	13		16	14	9	10

Boa Moderada Ruim

Fonte: CETESB (2023)

Tabela 6.9 – MP₁₀ – Concentração média diária (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSF

Data	RMSF																						
	Capão Redondo	Carapicuíba	Cerqueira César	Congonhas	Diadema	Grajaú-Parelheiros	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Interlagos	Itaim Paulista	Marg.Tietê-Ponte dos Remédios	Mauá	Nossa Senhora do Ó	Osasco	Parque D.Pedro II	Perus	Pinheiros	S.André-Capuava	S.Bernardo-Paulicéia	Santo Amaro	São Caetano do Sul	São Sebastião	Taboão da Serra
21-jul-22	34	39	30	31	28	42	39	39	33	30	40	48	30	47	26	46	37	39	36	26	33	13	29
22-jul-22	52	58	48	44	38	71	68	82	48	56	73		45	77	81	60	55	50	45	48	46	20	66
23-jul-22	51	54	56	64	45	84	66	93	68	63	68		51	65		58	58	69	57	52	53	20	57
24-jul-22	56	62	45	48	41	75	76	74	67	67	67		53	63	79	67	55	51	59	44	57	32	53
25-jul-22	54	62	50	53	44	75	58	67	60	50	68		54	68	72	63	54	59	54	50	52	33	55
26-jul-22	39	65	48	61	39	47	71	67	40	59	72	54	57	71	62	80	51	49	48	36	47	38	44
27-jul-22	49	62	49	54	39	61	60	62	45	47	53	37	47	62	52	71	48	53	53	38	47	38	39
28-jul-22	70	81	65	67	55	85	74	81	64	73	80	54	64	81		71	67	60	62	54	61	37	79
29-jul-22	30	44	35	39	30	41	40	46	35	39	45	34	38	52	36	46	36	39	31	29	36	33	45
30-jul-22	14	20	12	21	16	17	26	29	15	18	21	19	23	27	26	27	22	24	19	13	20	22	18
31-jul-22	24	28	24	23	20	25	35	30	24	22	27	18	23	29	23	30	24	24	26	18	22	17	22
01-ago-22	37	42	37	37		50	39	47	39	39	45	37	34	45	52	47	37	53	35	31	32	26	34
02-ago-22	49	54	53	58		64	55	67	56	55	64	79	66	68	82	70	57	64	57	44	57	33	52
03-ago-22	45	57	49	48		48	67	66	35	48	60	46	52	59	68	73	51	53	44	30	49	24	44
04-ago-22		73	58	56		108	49	60	56	56	74	53	54	81	67	70	69	59	55	52	51	29	59
05-ago-22	45	51	42	47		52	65	62	41	45	59	49	48	67	67	56	46	52	49	34	49	86	46
06-ago-22	13	25	17	19		23	21	21	14	22	18	10	21		24	33	20	15	16	12	17	19	18
07-ago-22		25	19	18		24	18	21	17	17	18	19	18		30	20	20	15	20	12	18	18	16

Boa Moderada Ruim

Fonte: CETESB (2023)

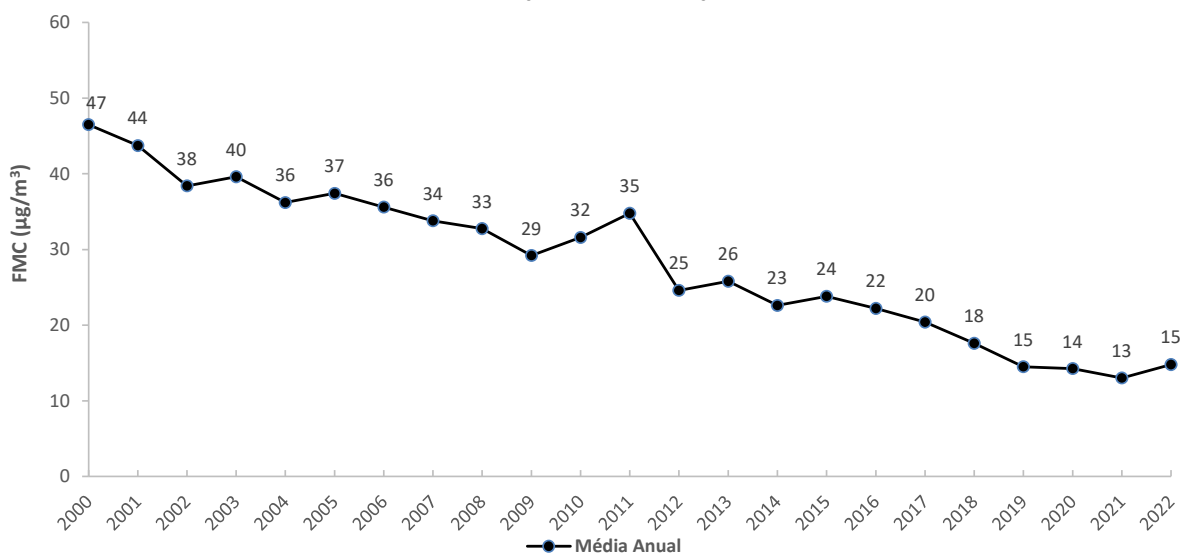
6.2.1.3 Fumaça – FMC

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 2022, 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 2022 houve um leve aumento das concentrações médias anuais em relação aos dois anos anteriores, apesar de as condições meteorológicas terem sido mais favoráveis. Um dos motivos pode ser que em 2022 já não havia mais restrições em razão da pandemia de COVID-19, influenciando no aumento de emissão desse poluente.

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



Fonte: CETESB (2023)

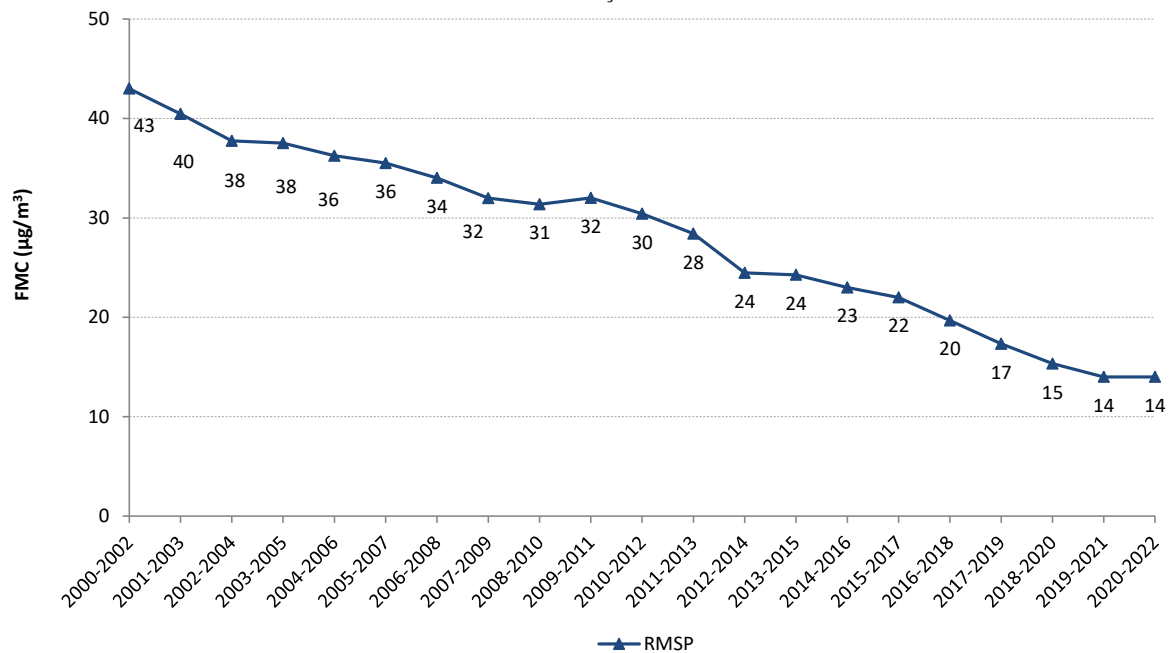
Nota:

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.

Gráfico 6.18 – FMC – Evolução das médias móveis – RMSP



Fonte: CETESB (2023)

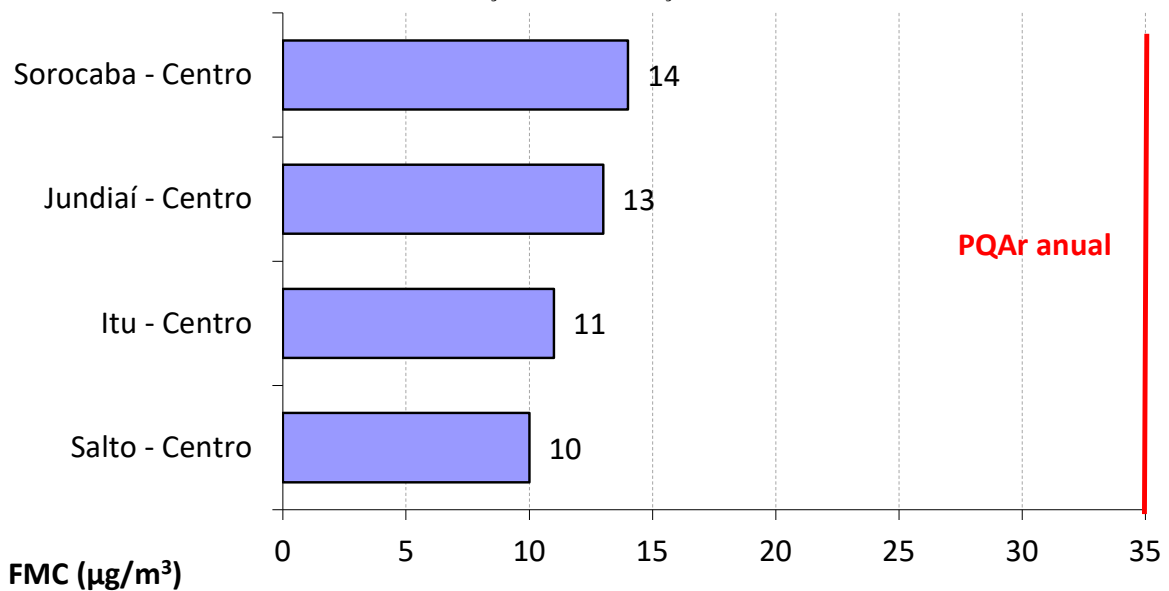
Nota:

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

Em 2020, Ibirapuera não teve representatividade anual.

No interior (**Gráfico 6.19**) nenhuma estação registrou ultrapassagem do padrão anual, em 2022.

Gráfico 6.19 – FMC – Classificação das concentrações médias anuais – Interior – 2022



Fonte: CETESB (2023)

6.2.1.4 Partículas Totais em Suspensão – PTS

Na RMSP, não houve ultrapassagens do padrão de curto prazo de PTS ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Na Baixada Santista, a estação Cubatão-Vila Parisi apresentou 21 ultrapassagens do padrão diário, atingindo os valores máximos de $474 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $506 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nos dias 26/10/22 e 24/03/22, respectivamente.

6.2.2 Ozônio – O_3

Na **Tabela 6.12**, a seguir, é apresentada a distribuição percentual da qualidade do ar para o ozônio na RMSP, nos últimos cinco anos. Observa-se que 2022 apresentou maior percentual da qualidade do ar BOA e menores percentuais das qualidades MODERADA, RUIM e MUITO RUIM, quando comparado com 2021.

Tabela 6.12 – O_3 – Distribuição percentual da qualidade do ar de 2018 a 2022 – RMSP

Ozônio (O_3)							
Anos	Máxima média móvel de 8h					NU	
	Boa 0 - 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moderada >100 - 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ruim >130 - 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Muito Ruim >160 - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Péssima >200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
RMSP	2018	90,90%	8,02%	0,99%	0,09%		18
	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

Fonte: CETESB (2023)

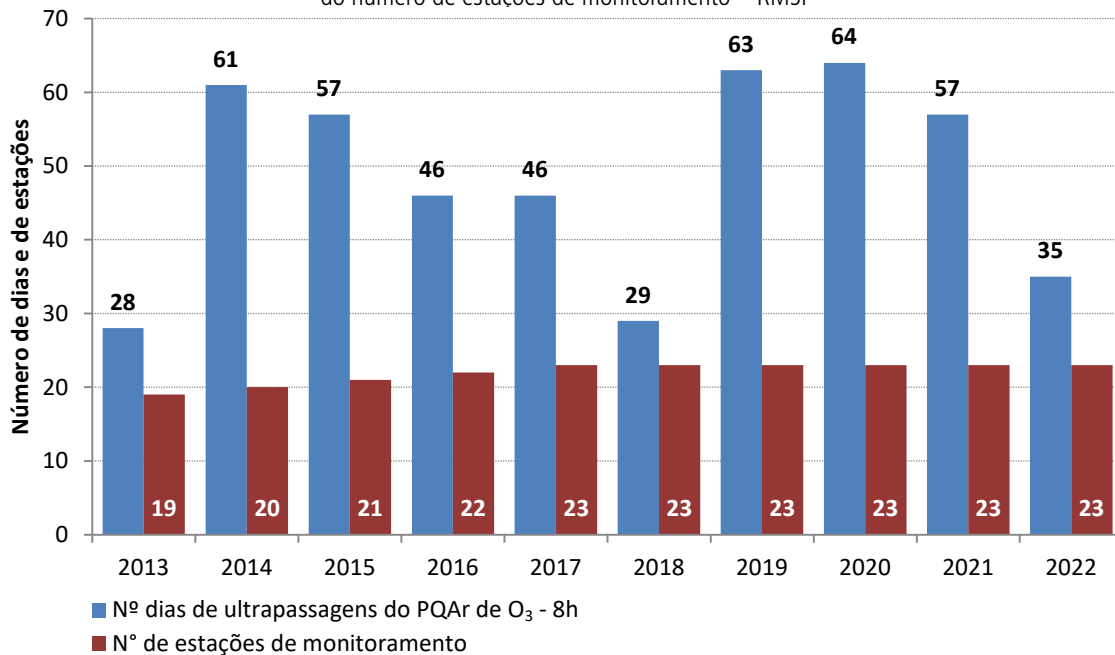
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQAr de 8 horas (até 2021 = $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a partir de 2022 = $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$). No totalizado para RMSP, contabiliza-se apenas um dia no caso de ocorrências de ultrapassagens concomitantes em mais de uma estação.

Base: 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 2013, 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 2022, o PQAr estadual de 8 horas foi ultrapassado em 35 dias na RMSP, sem atingir o Nível de Atenção ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - 8 h).

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



Fonte: CETESB (2023)

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 2022, foram observados vários dias com altas concentrações de ozônio, principalmente nos meses de fevereiro e outubro, devido à alta incidência de radiação solar e às altas temperaturas, que propiciaram condições meteorológicas para a formação desse poluente (vide item 5.3, sobre as condições meteorológicas nesse ano)

A **Tabela 6.13** 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 2022. Observa-se que, de maneira geral, a maioria dos dias com ultrapassagem do padrão ocorreu nos meses de primavera e verão. No mês de fevereiro, em que ocorreram dez dias de ultrapassagens do padrão, a média das temperaturas máximas ficou acima da média das máximas do período de referência (2005 a 2021), sendo o menos chuvoso em 38 anos, segundo o INMET (INMET 2022b). Em outubro, mês no qual foram registradas precipitações próximas das do período de referência na RMSP e temperaturas ligeiramente mais altas, ocorreram seis dias de ultrapassagens do padrão.

Tabela 6.13 – O₃ – Número de dias com ultrapassagem do padrão estadual – RMSP

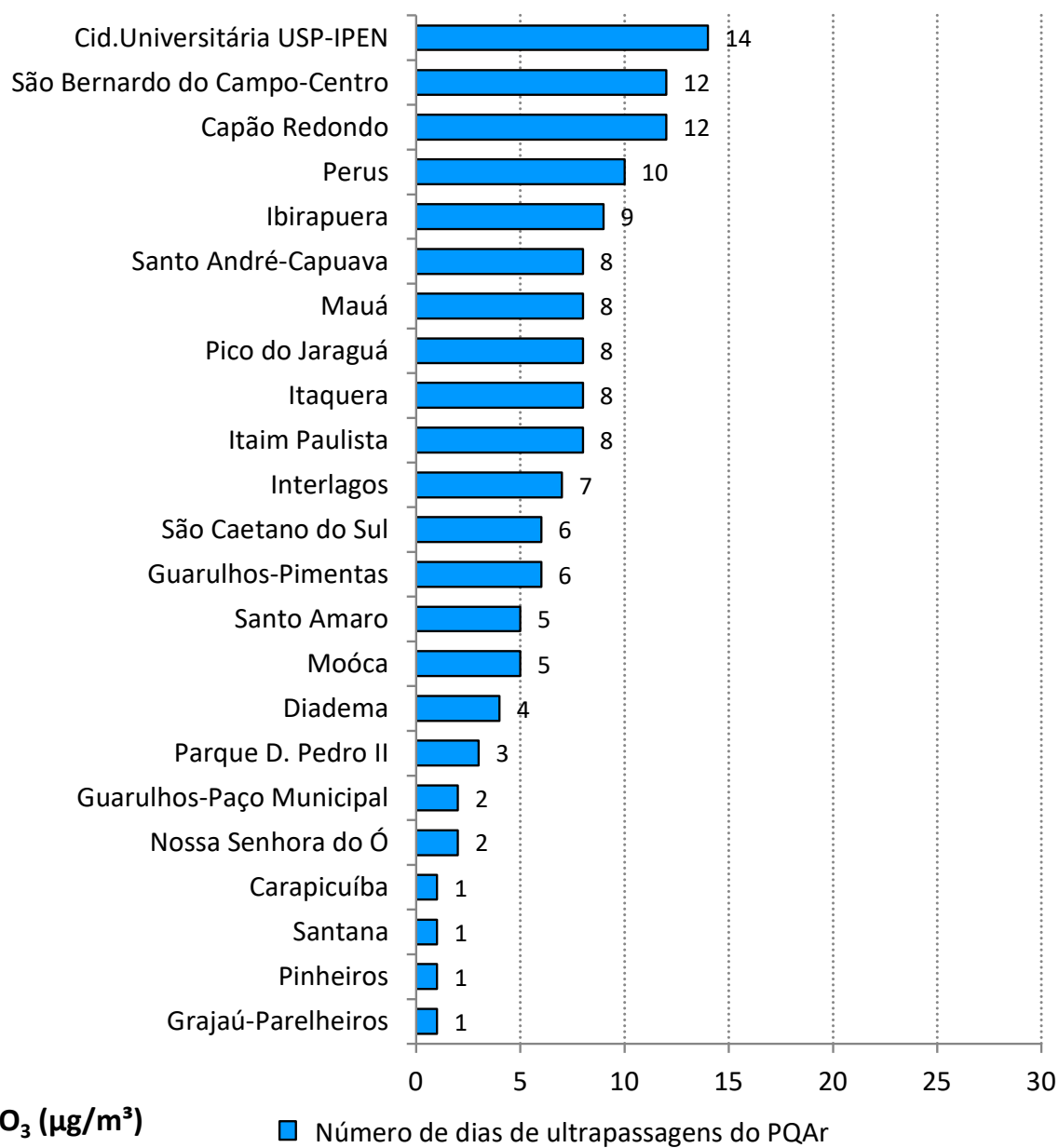
	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
PQAr-8h	2022	4	10	4	1	0	1	3	0	0	6	3	3	35

Fonte: CETESB (2023)

Nota:

Base RMSP: Todas as estações fixas.

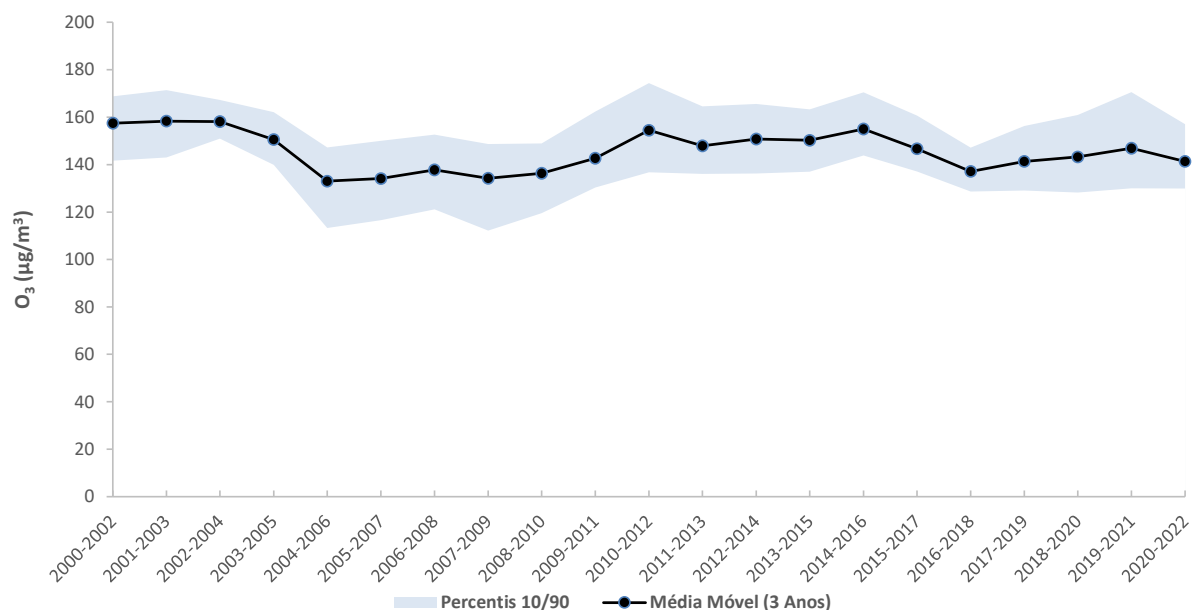
No **Gráfico 6.21**, é apresentada a classificação do número de dias em que o PQAr estadual (130 µg/m³ – 8h) foi ultrapassado nas estações da RMSP, em 2022.

Gráfico 6.21 – O₃ – Classificação do número de dias com ultrapassagens do padrão de 8h – RMSP – 2022

Fonte: CETESB (2023)

O **Gráfico 6.22** 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 6.22 – O₃ – Evolução das médias móveis do 4º maior valor diário (máxima de 8 horas) – RMSP



Fonte: CETESB (2023)

Nota:

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

Na **Tabela 6.14**, a seguir, é apresentada a distribuição percentual da qualidade do ar para o ozônio nas estações da Baixada Santista e Litoral Norte, em 2022. Observa-se que todas as estações que atenderam ao critério de representatividade anual dos dados tiveram percentual da qualidade do ar BOA acima de 99% para este poluente. A estação Cubatão-Centro não teve representatividade anual dos dados, no entanto, no período de monitoramento, chegou a atingir a qualidade do ar RUIM.

Tabela 6.14 – O₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Baixada Santista e Litoral Norte – Rede Automática

Ozônio (O ₃) - 2022							
Estação	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	95,1%	3,9%	1,0%			2
	Cubatão-Vale do Mogi	99,5%	0,5%				0
	Santos	99,5%	0,5%				0
	Santos-Ponta da Praia	99,1%	0,9%				0
	São Sebastião	99,5%	0,5%				0

Fonte: CETESB (2023)

Nota:

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

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

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 6.15**, a seguir, são apresentadas as distribuições percentuais da qualidade do ar nas estações da rede automática do interior do estado em 2022. Nota-se que foram observados dias com qualidade RUIM em várias estações e MUITO RUIM nas estações Jundiá e Paulínia-Santa Terezinha. 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 fevereiro, outubro e novembro.

Tabela 6.15 – O₃ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – Interior – Rede Automática

Ozônio (O ₃) - 2022						
Estação	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	
Interior e Litoral do Estado	Americana	72,4%	24,5%	3,1%		11
	Araçatuba	96,7%	3,3%			0
	Araraquara	87,2%	12,2%	0,6%		2
	Bauru	98,1%	1,9%			0
	Campinas-Taquaral	83,0%	14,0%	3,0%		9
	Campinas-V.União	96,5%	3,5%			0
	Catanduva	95,3%	4,7%			0
	Guaratinguetá	98,3%	1,7%			0
	Jacareí	96,2%	3,8%			0
	Jaú	100,0%				0
	Jundiaí	83,3%	14,6%	1,8%	0,3%	7
	Limeira	90,1%	9,6%	0,3%		1
	Marília	94,2%	5,8%			0
	Paulínia	93,7%	6,0%	0,3%		1
	Paulínia-Sta Terezinha	83,7%	14,1%	1,9%	0,3%	7
	Piracicaba	96,3%	3,7%			0
	Presidente Prudente	98,9%	1,1%			0
	Ribeirão Preto	91,8%	7,9%	0,3%		1
	Rio Claro-Jd.Guanabara	93,7%	6,0%	0,3%		1
	S.José Campos	96,1%	3,9%			0
S.José Campos-Jd.Satélite	95,6%	4,4%			0	
São José do Rio Preto	90,0%	8,6%	1,4%		5	
Sorocaba	100,0%				0	
Tatuí	96,6%	3,4%			0	
Taubaté	96,8%	3,2%			0	

Fonte: CETESB (2023)

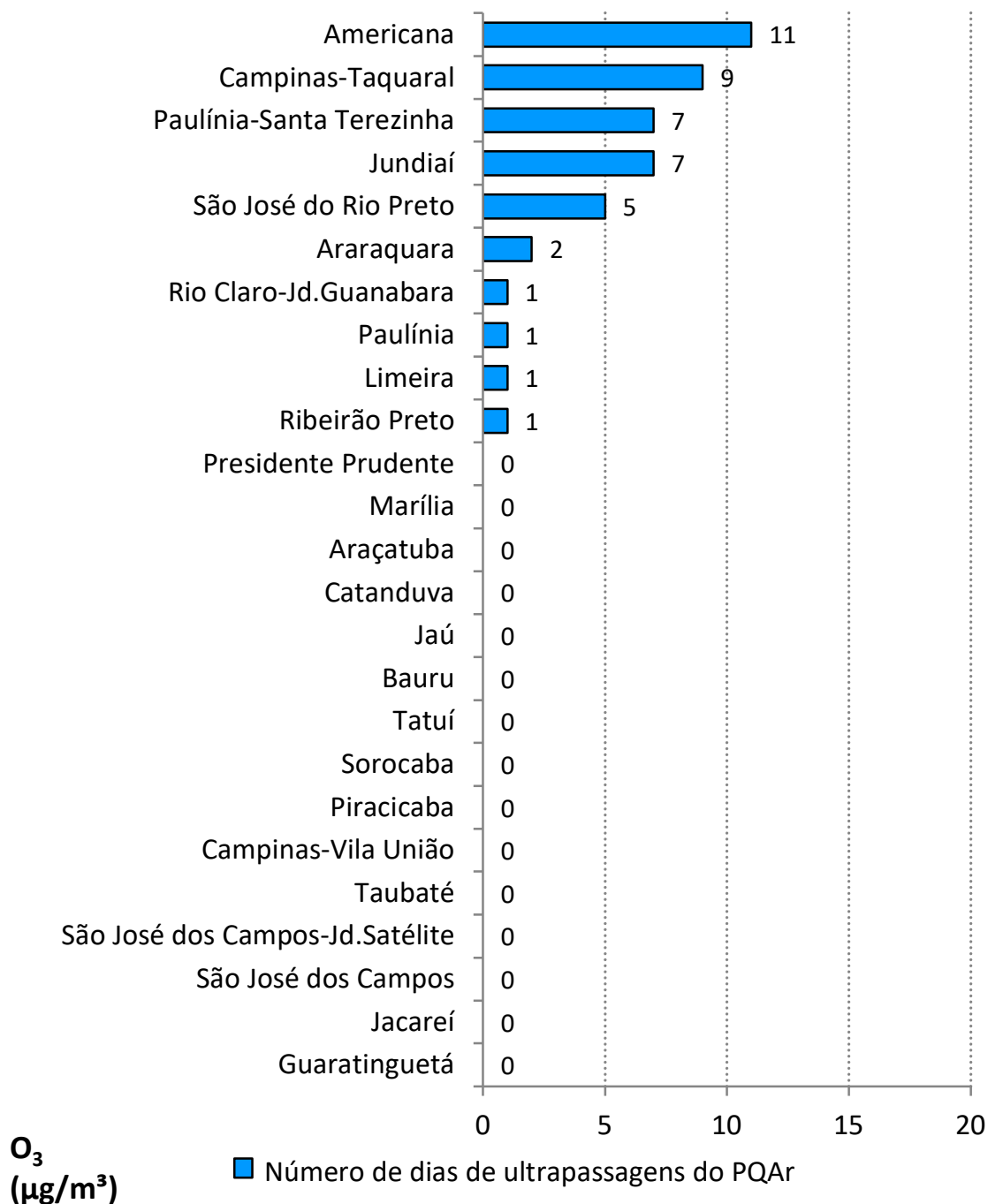
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA_r 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 6.23**, a seguir, é apresentada a classificação do número de dias em que o PQAr estadual foi ultrapassado nas estações do interior do estado, em 2022. 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 Americana e Campinas-Taquaral, com onze e nove dias de ultrapassagens, respectivamente.

Gráfico 6.23 – O₃ – Classificação do número de dias de ultrapassagens do padrão de 8h – Interior – 2022



Fonte: CETESB (2023)

Em Americana, os níveis estão associados principalmente às emissões de precursores de ozônio oriundas tanto de emissões de fontes móveis quanto de fontes fixas locais, bem como do transporte de poluentes provenientes das regiões de Paulínia e de Campinas.

Além das fontes locais de emissão de precursores de ozônio, os níveis de ozônio encontrados em Jundiá podem ser 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.

Caso haja interesse nas análises para valores de curto prazo de ozônio e dos demais poluentes, em relação às Metas Intermediárias e Padrão Final do Decreto Estadual nº 59.113/2013, sugere-se consultar o Sistema de Informações de Qualidade do Ar – QUALAR (CETESB, 2023).

Episódios de Ozônio em 2022

As Tabelas 6.16 e 6.17 mostram as concentrações máximas diárias (média de 8 horas) e qualidade do ar do período em que ocorreram episódios de altas concentrações de ozônio, observados de 14/02 até 10/03.

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 e, em alguns dias, chuvas convectivas no final da tarde devido ao aquecimento. Essa situação meteorológica propiciou condições para formação desse poluente, principalmente na RMSP.

Tabela 6.16 – O₃ – Concentrações máximas diárias – médias de 8 horas (µg/m³) e classificação da qualidade do ar – RMSP

Data	RMSP																						
	Capão Redondo	Carapicuba	Cid. Universitária-USP-Ipen	Diadema	Grajaú-Paraisópolis	Guarulhos-Paço Municipal	Guarulhos-Pimentas	Ibirapuera	Interlagos	Itaim Paulista	Itaquera	Mauá	Mooça	Nossa Senhora do Ó	Parque D. Pedro II	Perus	Pico do Jaraguá	Pinheiros	S. André-Capuaçu	S. Bernardo-Centro	Santana	Santo Amaro	São Caetano do Sul
14-fev-22	118	77	144	110	84	125	144	134		159		155	143	108	125	111	111	102	152	132	98	109	134
15-fev-22	72	75		62	55	84	97	92	41	91	82	72	104	90	96	131	128	77	81	72	73	70	76
16-fev-22	92	99	105	64	57	79	80	109	43	80	76	64	105	100	98	141	128	95	73	67	90	81	80
17-fev-22	87	56		63	60	61	75	79	41	82	81	74	75	68	67	78	77	48	73	74	70	62	74
18-fev-22	74	70		63	57	77	89	91		90	83	74	112	110	107	139	126	74	82	72	93	71	77
19-fev-22	114	73		108	104	94	87	117		97	109	93	113	98	105	111	104	90	102	113	95	113	102
20-fev-22	103	71		96	81	72	90	103		86	87	94	95	90	94	94	91	82	96	102	81	91	93
21-fev-22	126	86		121	102	96	113	136		129		151	130	107	117	122	119	97	146	148	108	120	129
22-fev-22	123	80	144	123	104	105	142	132		150	166	159	142	110	127	125	125	91	133	158	112	122	123
23-fev-22	91	64	109	76	74	81	99	99	54	104	110		91	80	85	96	99	60	102	102	74	74	81
24-fev-22	115	140	184	88	72	111	109	146	107	109	96		125	134	125	172	155	123	88	94	125	104	100
25-fev-22	140	102	158	105	86	101	103	137	124	102	106		122	120	120	140	142	114	98	107	102	125	97
26-fev-22	128	106		96	87	110	112	126	115	113	108	82	124	119	115	131	130		105	106	109	110	111
27-fev-22	128	78	148	110	96	100	99	136	119	107	112	83	124	100	125	104	107		111	121	109	114	110
28-fev-22	109	71	119	98	76	92	111	108	107	116		101	107	99	95	100	101		117	116	95	74	104
01-mar-22	101	66	114	76	68	71	91	95	97	92	87	71	86	87	80	96	92	73	92	86	76	80	81
02-mar-22	120	77		107	96	72	97	115		96		89	90	88	85	91	106	80	103	123	79	81	83
03-mar-22	119	83		98	90	79	95	106	117	95	105	95	94	86	90	100	107	84	112	121	81	98	92
04-mar-22	105	69	116	78	85	69	88	101	93	91	92	69	83	87	79	101	103	69	91	89	73		83
05-mar-22	132	75	129	116	98		95	114	120	103	117	99	111	92	98		110	89	119	130	85	110	110
06-mar-22		69	109	99	80	85	100	96	100	99	102	92	96	90	92		99	76	107	108	78	90	95
07-mar-22		72		108	85	89	113	119	123	130		142	111	98	105		119	81	142	146	89	100	114
08-mar-22	181	113		158	141	117	141	166	179	152	177	166	148	121	145	138	160	123	172	195	123	132	148
09-mar-22	148	76	125	110	116	86	99	121	134	106	117	87	104	92	104	106	118	89	117	122	91	130	114
10-mar-22	116	70	122	90	75	77	96	109	102	96	95	70	95	103	92	99	108	67	89	100	93	81	87

Boa Moderada Ruim Muito Ruim

Fonte: CETESB (2023)

Tabela 6.17 – 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.Únião	Catanduva	Guaratinguetá	Jacarei	Jau	Jundiá	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 da Praia
14-fev-22	131	82	84	69	103	62	96	120	100	78	93	102	94	73	72	93	84	87	66	80	91	56	95	68	54	63	53		
15-fev-22	130	78	124	83	106	71	82	134	112	84	111	95	81	93	105	76	75	82	51	60	59	48	28	32	36	43			
16-fev-22	120	93	101	80	103	69	61	72	132	97	80	85	91	89	86	94	92	82	73	67	67	65	65	38	22	28	30	36	
17-fev-22	88	77	86	69	66	56	61	69	64	67	70	76	49	52	71	83	70	78	67	67	61	64	73	61	38	23	32	29	56
18-fev-22	118	82	92	91	92	62	69	66	76	85	93	88	87	98	81	97	71	94	75	71	63	63	74	41	29	37	41	54	
19-fev-22	106	80	99	80	77	72	68	81	81	112	91	89	71	82	79	87	82	80	88	89	72	73	86	59	57	37	56	48	48
20-fev-22	89	53	88	63	69	51	69	77	63	79	68	58	67	67	66	73	74	75	82	50	58	69	67	71	50	53	42	73	
21-fev-22	96	38	74	43	41	65	85	47	103	79	57	60	70	61	48	59	67	76	78	40	60	70	57	124	78	80	54	73	
22-fev-22	128	52	101	58	54	89	102	55	122	117	56	114	128	101	47	81	114	108	103	61	77	107	93	88	54	69	72	73	
23-fev-22	115	59	96	78	54	104	91	69	104	84	65	88	90	85	62	88	93	96	95	57	71	98	105	64	40	44	53	59	
24-fev-22	142	53	106	81	55	84	70	84	154	117	75	99	106	113	64	85	104	96	84	62	74	92	88	64	40	42	44	45	
25-fev-22	133	76	99	94	57	83	98	81	121	113	97	89	91	91	82	84	114	89	97	67	82	96	80	67	38	44	49		
26-fev-22	132	71	95	80	140	58	93	89	81	131	108	89	112	124	102	85	83	107	113	110	64	93	93	97	80	55	60	59	
27-fev-22	101	63	93	71	97	54	78	101	68	98	88	89	72	83	80	79	79	89	109	105	55	63	85	86	67	40	49	39	53
28-fev-22	99	65	91	58	92	52	70	71	60	92	83	72	65	79	70	63	80	82	78	74	53	64	75	68	95	58	54	47	75
01-mar-22	89	58	84	57	81	54	69	75	58	89	76	57	59	68	61	58	75	68	80	75	56	47	55	70	69	50	64	55	113
02-mar-22	85	53	78	47	85	51	67	70	53	80	78	51	61	71	65	49	70	68	77	78	52	55	49	68	113	66	95	73	80
03-mar-22	86	60	78	63	80	56	79	91	65	80	75	63	55	64	76	58	67	75	93	104	59	71	87	90	87	46	58	58	71
04-mar-22	117	63	96	75	130	58	97	86	63	106	104	68	89	104	91	68	84	93	96	96	61	67	89	83	51	27	57	56	58
05-mar-22	101	68	99	92	59	79	82	79	93	85	95	63	92	67	81	83	89	84	68	75	76	62	35	56	49	51			
06-mar-22	89	52	82	83	50	71	74	65	90	77	68	59	75	65	69	73	76	73	51	69	84	66	94	66	74	58	64		
07-mar-22	99	64	88	68	100	53	74	106	62	103	79	67	68	69	57	76	70	93	98	55	64	81	83	132	93	89	107	66	
08-mar-22	121	76	116	87	119	57	77	119	76	132	101	81	105	115	101	73	81	113	122	128	61	87	76	85	133	79	63	79	73
09-mar-22	107	73	94	82	97	57	74	124	65	101	83	82	75	77	85	80	88	82	106	119	53	69	89	93	64	45	45	51	
10-mar-22	92	66	90	64	86	58	62	72	63	85	72	68	59	71	67	70	70	72	74	74	50	59	63	67	79	39	56	51	86

Boa Moderada Ruim

Fonte: CETESB (2023)

6.2.3 Dióxido de Nitrogênio – NO₂

As medições de dióxido de nitrogênio (NO₂), que também é precursor do ozônio, mostraram que, em 2022, houve ultrapassagem do padrão horário (240 µg/m³) nas estações Congonhas e São Caetano do Sul, na RMSP. A máxima concentração horária foi na estação São Caetano do Sul (273 µg/m³), seguida por Congonhas (267 µg/m³).

A distribuição percentual da qualidade do ar nas estações da RMSP, nos últimos cinco anos, é apresentada na **Tabela 6.18**, em que se verifica que, para esse poluente, a qualidade do ar foi predominantemente BOA, embora tenha sido registrada, em poucas ocasiões, a qualidade RUIM, em 2022.

Tabela 6.18 – NO₂ - Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – 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	2018	99,93%	0,06%	0,01%		0
	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

Fonte: CETESB (2023)

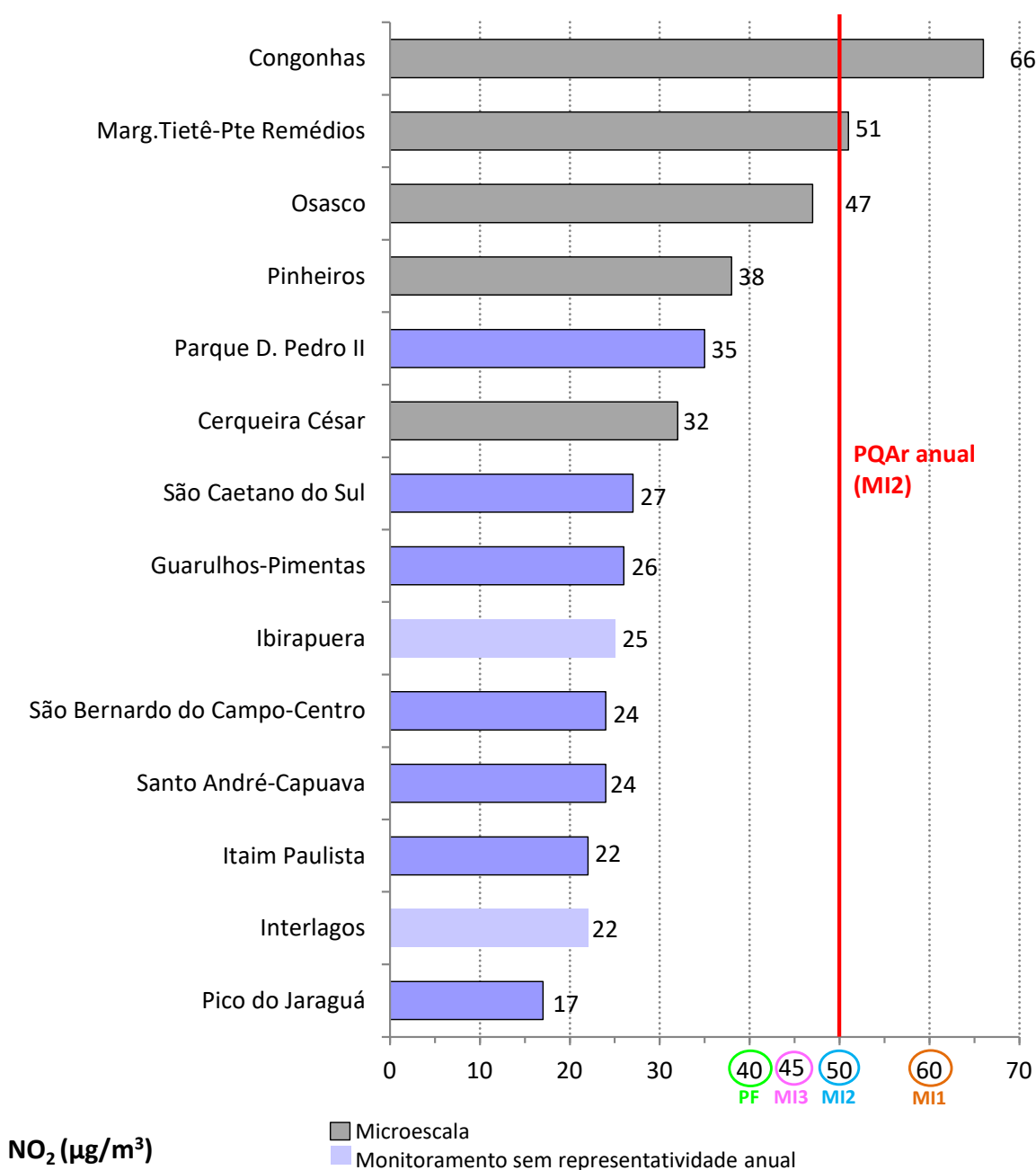
Nota:

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 2022, na RMSP, houve ultrapassagem do padrão anual (50 µg/m³) nas estações Congonhas e Marginal Tietê-Ponte dos Remédios (**Gráfico 6.24**), estações de microescala, portanto, próximas das vias de tráfego. As demais estações da RMSP não ultrapassaram o padrão anual. Comparando-se as médias anuais obtidas em 2022, 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, as estações Cerqueira César e Pinheiros também atenderam ao Padrão Final, apesar de estarem próximas a vias de tráfego e a estação Osasco atendeu ao valor da Meta Intermediária 2 (MI2).

Gráfico 6.24 – NO₂ – Concentrações Médias Anuais – RMSP – 2022



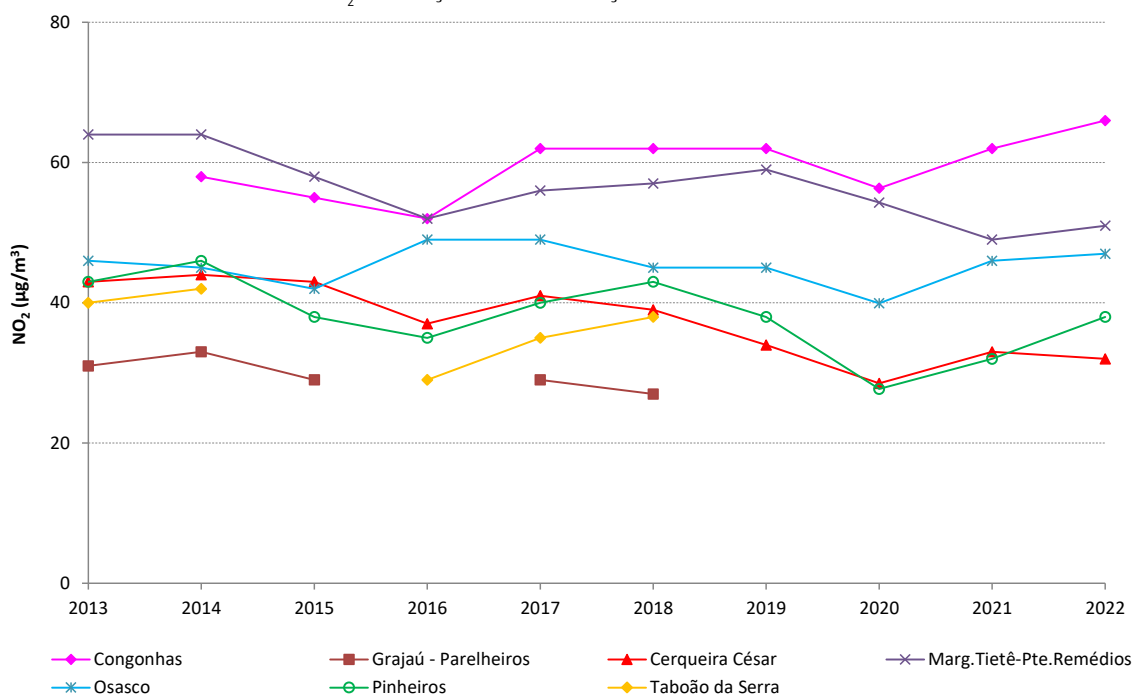
Fonte: CETESB (2023)

Nota:

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

O **Gráfico 6.25** 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 6.26** 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 6.25 – NO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Microescala

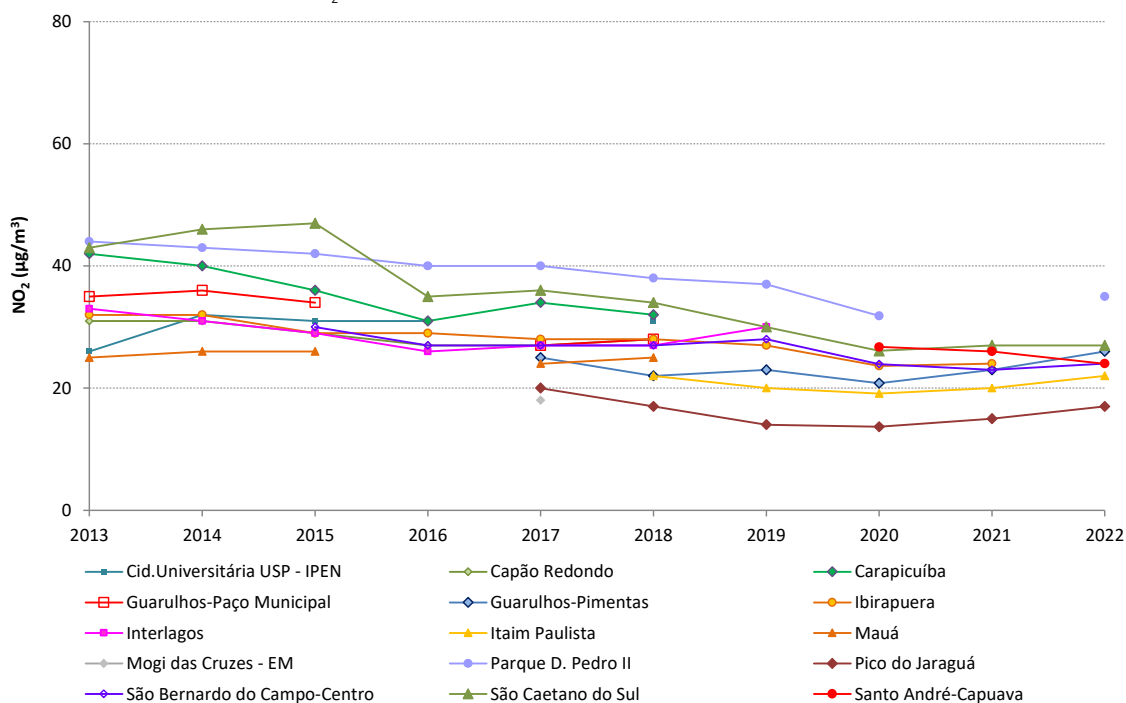


Fonte: CETESB (2023)

Nota:

Base RMSP: Estações fixas com representatividade anual.

Gráfico 6.26 – NO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP – Demais escalas



Fonte: CETESB (2023)

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 2022, em relação à 2021, na maioria das estações da RMSP, que foi mais acentuado nas estações de microescala.

Em 2022, as atividades que haviam sido reduzidas em função da pandemia, praticamente retornaram ao normal, conseqüentemente, houve aumento da circulação de veículos que pode ter influenciado o aumento dos níveis de NO_2 em 2022, em relação ao ano anterior.

Em relação à Baixada Santista, houve uma ultrapassagem do padrão de curto prazo, de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na estação Cubatão-Vila Parisi, localizada na área industrial, sem ultrapassagens nas demais estações. O padrão de longo prazo de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ não foi ultrapassado em nenhuma estação. As máximas concentrações horárias registradas em cada estação foram: $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão-Vila Parisi, $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão-Centro, $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ em Cubatão-Vale do Mogi e $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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: São José dos Campos ($153 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Presidente Prudente ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), São José dos Campos-Jd. Satélite ($142 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e Paulínia-Santa Terezinha ($137 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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

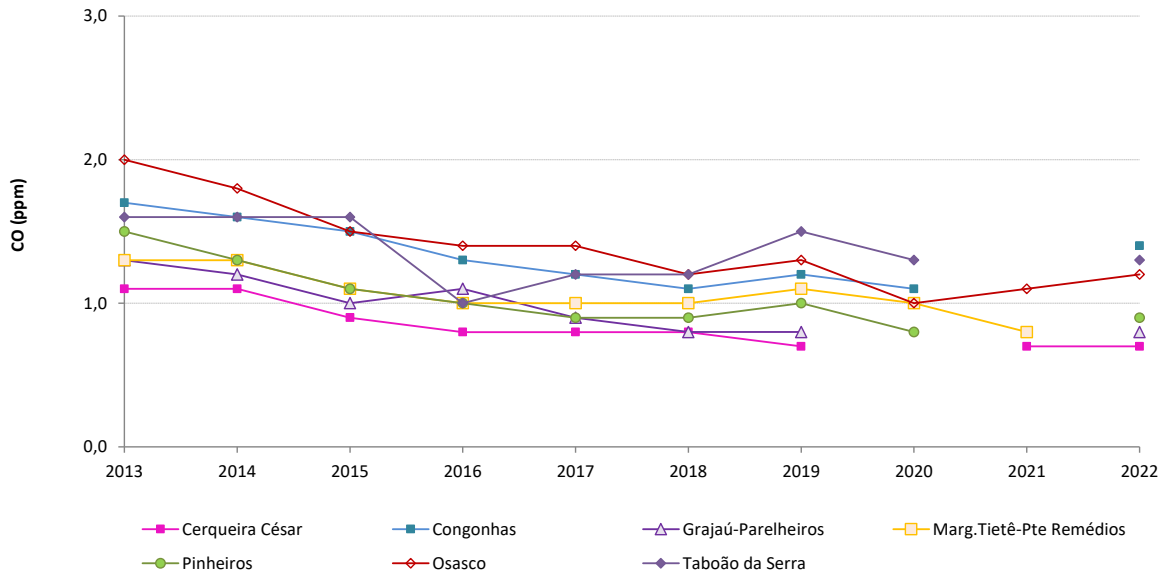
Na Baixada Santista e no interior, à exceção da estação Cubatão-Vila Parisi, cuja média anual atendeu à Meta Intermediária 3 (MI3), todas as demais estações apresentaram médias anuais menores que o Padrão Final para esse poluente em 2022.

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 2022, 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 5,4 ppm, na estação São Caetano do Sul, seguida pelas estações Congonhas (4,9 ppm) e Taboão da Serra (4,3 ppm).

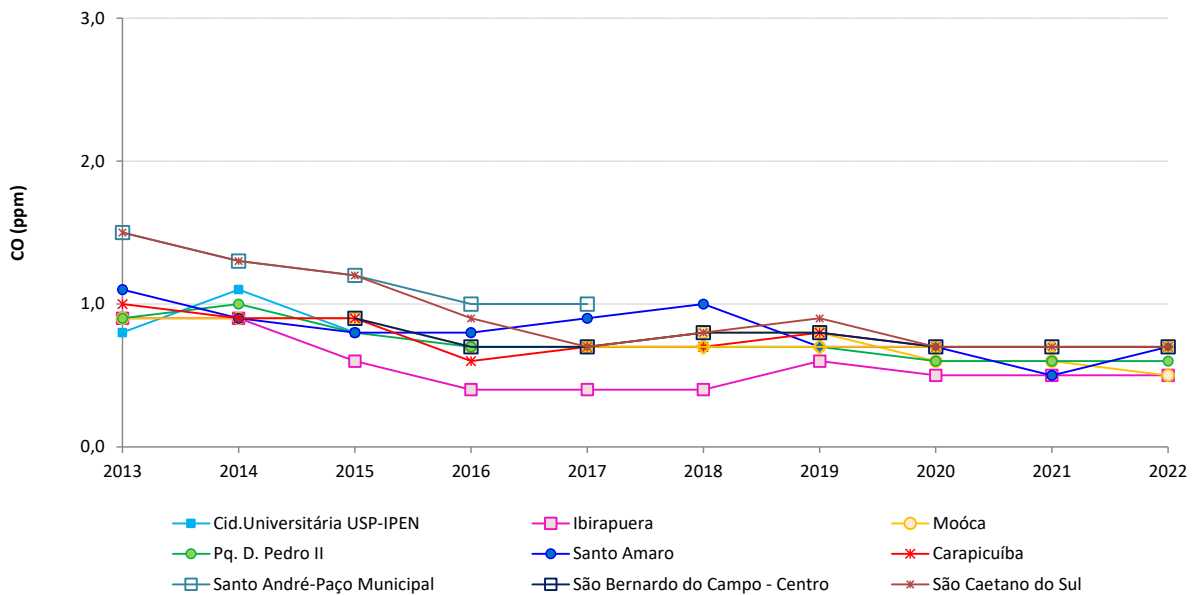
Observa-se, nos **Gráficos 6.27** e **6.28**, a evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) desse poluente na RMSP, para as estações com representatividade espacial de microescala e estações com demais escalas de representatividade, respectivamente. Pode-se observar 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 6.27**) do que em estações que estão mais distantes desse tipo de via (demais escalas de representatividade espacial) (**Gráfico 6.28**). Em 2022, apesar do aumento de ocorrência de dias favoráveis à dispersão desse poluente, com a retomada praticamente normal das atividades, as máximas concentrações médias de 8 horas foram maiores em 2022 do que em 2021 nas estações Osasco e Santo Amaro. No entanto, de maneira geral essas concentrações em 2022 se mantiveram no mesmo patamar de 2021.

Gráfico 6.27 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP - Microescala



Fonte: CETESB (2023)

Gráfico 6.28 – CO – Evolução das médias anuais das concentrações máximas diárias (médias de 8 horas) RMSP – Demais escalas

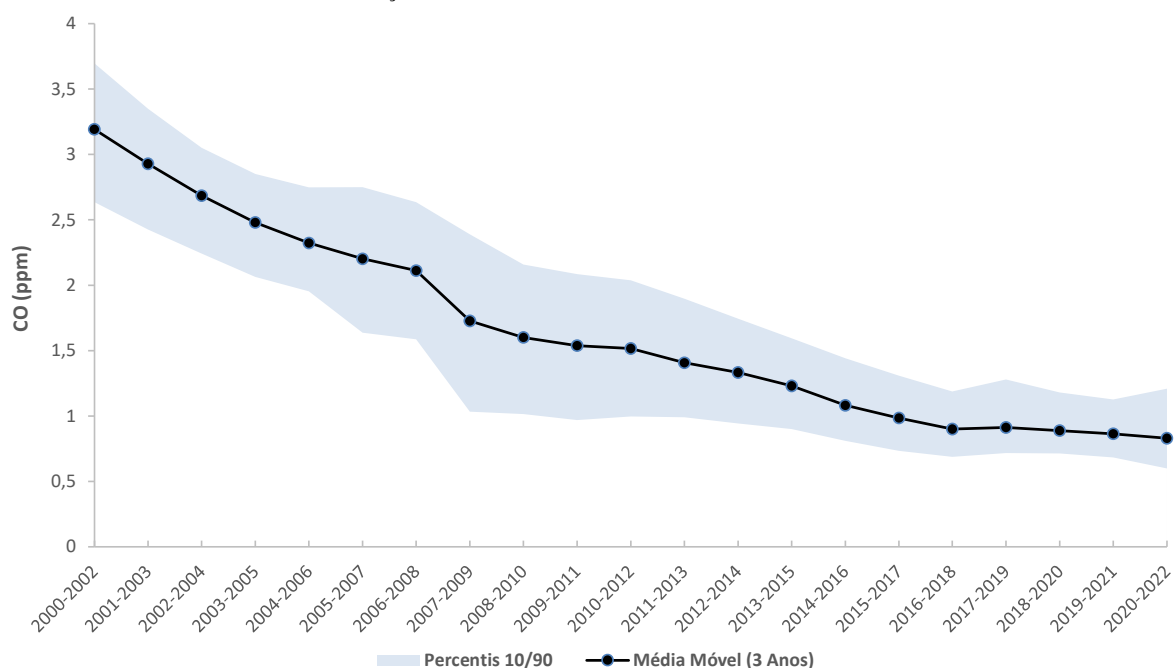


Fonte: CETESB (2023)

No **Gráfico 6.29**, 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 nos últimos anos.

Gráfico 6.29 – CO – Evolução das médias móveis das máximas diárias (média de 8 horas) – RMSP



Fonte: CETESB (2023)

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

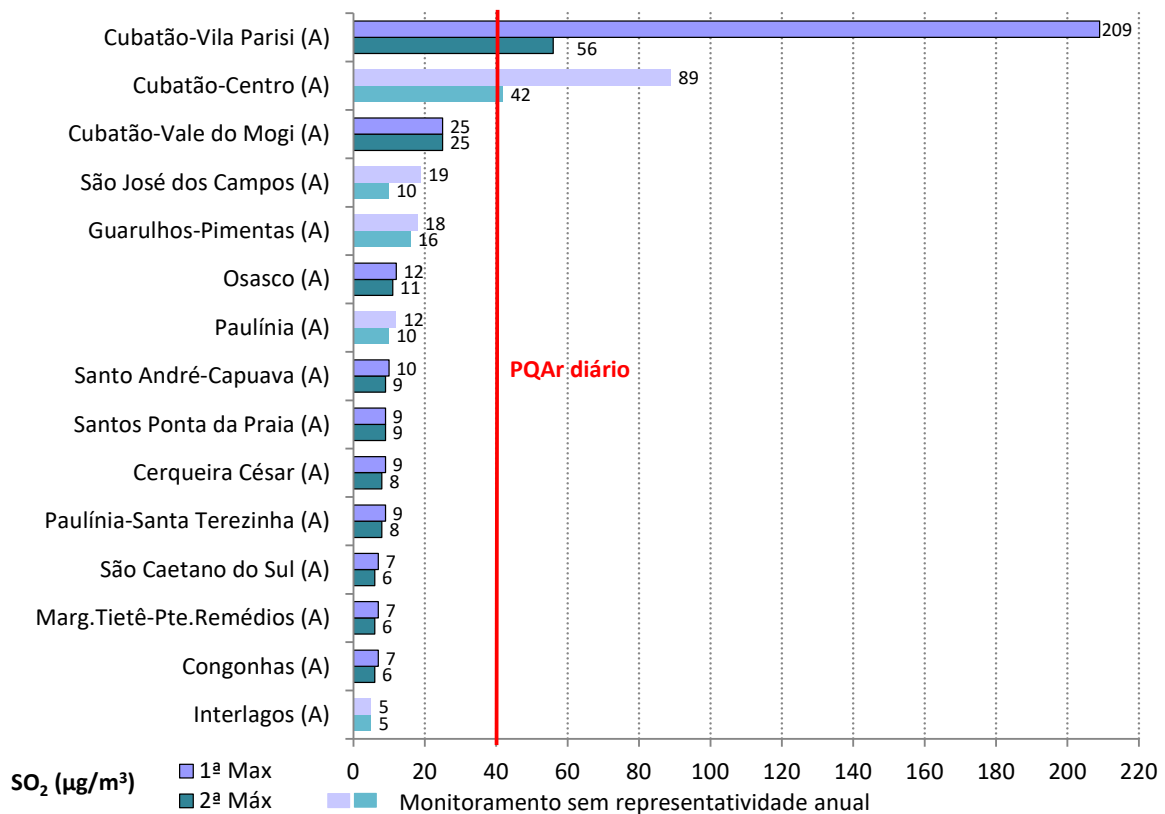
Em 2021, que é o ano de referência das emissões veiculares, os veículos foram responsáveis por cerca de 96 % das emissões de CO na RMSP (ver seção 4.3), dessa forma, há uma correlação estatística muito alta, entre as médias anuais das concentrações máximas de 8 horas das estações da RMSP no período de 2006 a 2021, e a estimativa da evolução das emissões veiculares de CO para a RMSP (vide Gráfico 4.2).

Em 2022, 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 2,1 ppm, 1,0 ppm e 1,7 ppm, respectivamente, valores esses bem abaixo do PQAr (9 ppm).

6.2.5 Dióxido de Enxofre – SO₂

Observa-se no **Gráfico 6.30** que, em 2022, 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 Guarulhos-Pimentas (18 µg/m³), Osasco (12 µg/m³) e Santo André-Capuava (10 µg/m³). Os valores das médias anuais variaram entre 2 e 3 µg/m³, dentre as estações da RMSP. Nas estações da Baixada Santista houve sete ultrapassagens do PQAr diário, em Cubatão-Vila Parisi e duas em Cubatão-Centro. As máximas diárias 209 µg/m³ (Cubatão-Vila Parisi) e 89 µg/m³ (Cubatão-Centro), foram observadas no dia 05/07/2022, quando houve um evento industrial que provocou aumento nas concentrações de SO₂ na região.

Gráfico 6.30 – SO₂ – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022



Fonte: CETESB (2023)

A **Tabela 6.19** apresenta a distribuição percentual da qualidade do ar nas estações da RMSP, Baixada Santista e interior do estado, em 2022. A qualidade RUIM foi observada, em alguns dias, na Baixada Santista, nas estações Cubatão-Vila Parisi e Cubatão-Centro, apesar dessa última não atender ao critério de representatividade anual dos dados.

Tabela 6.19 – SO₂ – Distribuição percentual da qualidade do ar em 2022 – RMSP, Baixada Santista e Interior – Rede Automática

Dióxido de Enxofre (SO ₂) - 2022						
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-Centro	93,9%	5,1%	1,0%			2
Cubatão-Vale do Mogi	97,7%	2,3%				0
Cubatão-Vila Parisi	92,4%	5,6%	2,0%			7
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 (2023)

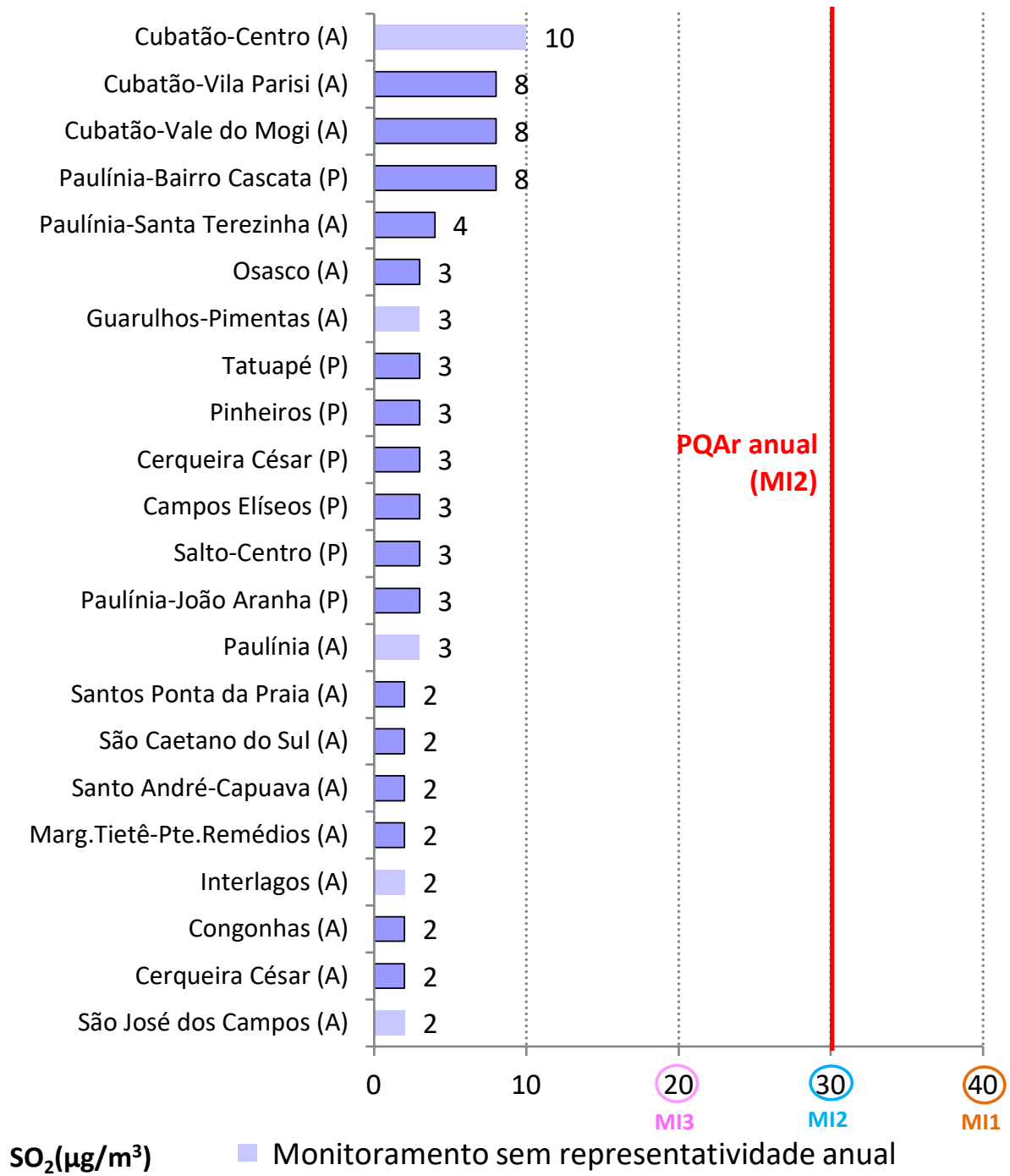
Nota:

NU = Número de dias de ultrapassagens do PQA_r 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 6.31**, observa-se que não houve ultrapassagem do PQA_r anual (30 µg/m³) nas estações da RMSP, Baixada Santista e no interior do estado. As maiores médias anuais foram registradas nas estações automáticas Cubatão-Vila Parisi e Cubatão-Vale do Mogi, 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 (8 µg/m³), sendo que na maioria dessas estações os valores se aproximaram do limite de detecção do método. Observa-se também que, em 2022, 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 6.31 – SO₂ – Concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022



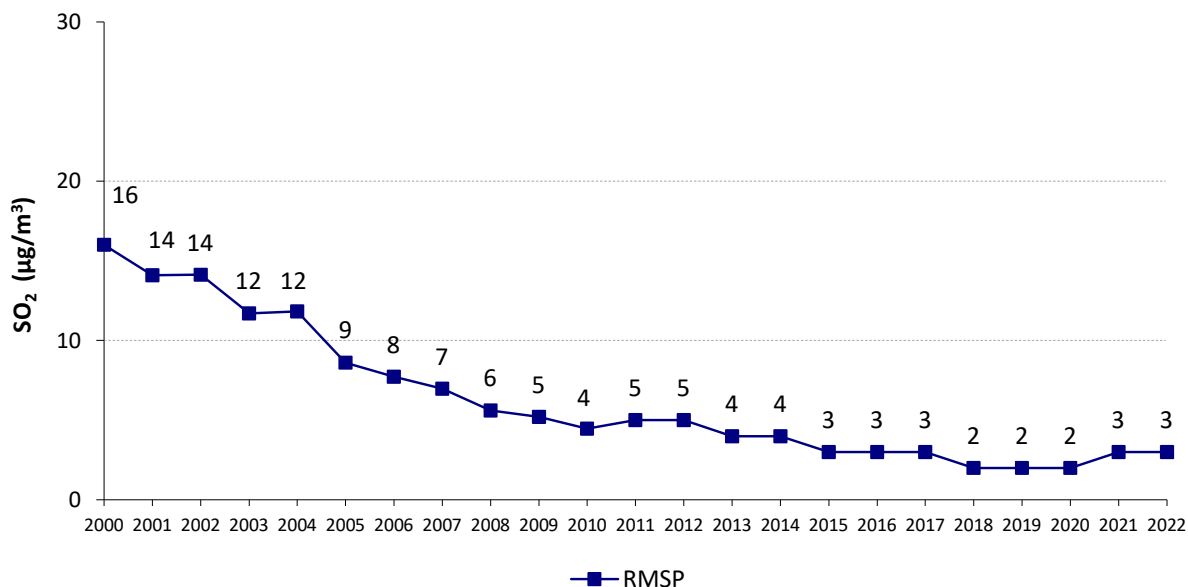
Fonte: CETESB (2023)

Nota:

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

No **Gráfico 6.32**, 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. Em 2022, foi observada estabilidade em relação a 2021, no entanto, não é possível afirmar que está havendo reversão na tendência de queda. As diferenças são muito pequenas e podem estar associadas à base de estações com representatividade anual dos dados, bem como às condições de dispersão atmosférica para esse poluente.

Gráfico 6.32 – SO₂ – Evolução das concentrações médias anuais – RMSP



Fonte: CETESB (2023)

Nota:

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

A **Tabela 6.20** 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 6.20 – 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 (2022) adaptado de CETESB (2020)

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.

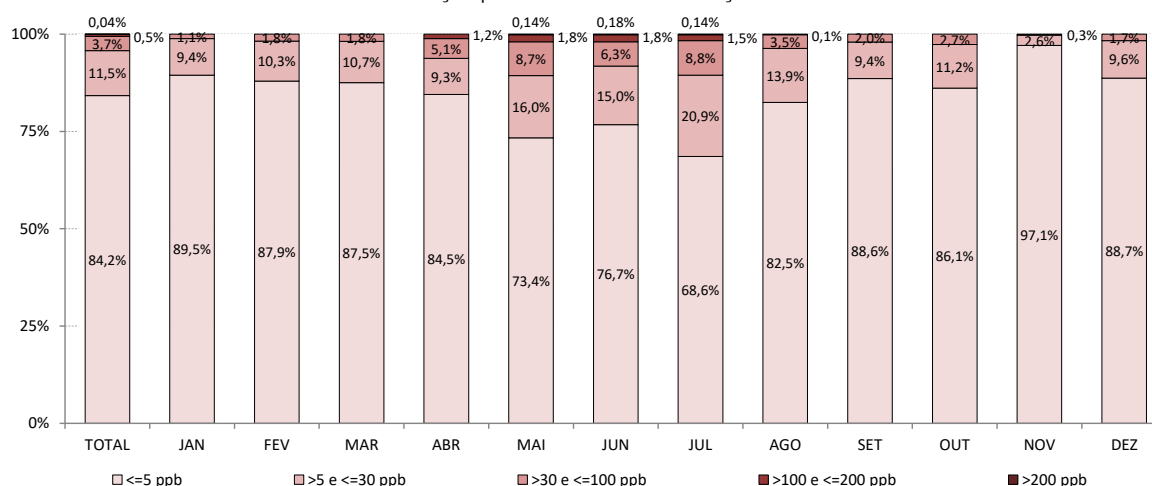
6.2.6.1 Enxofre Reduzido Total - ERT

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.

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 6.33** apresenta a distribuição percentual mensal, por faixa de concentração, calculada com base nos dados horários válidos obtidos em 2022.

Gráfico 6.33 – ERT - Distribuição percentual das concentrações horárias – Americana – 2022



Fonte: CETESB (2023)

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

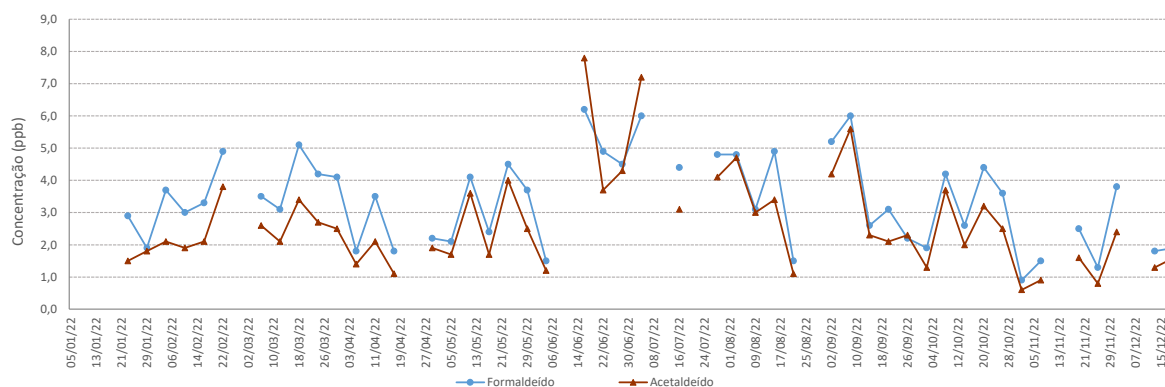
Os aldeídos são emitidos diretamente para a atmosfera por diversas fontes, das quais se destacam os veículos automotores. Podem ainda ser formados na atmosfera por meio de reações químicas, mediante a oxidação de hidrocarbonetos e desempenham papel de relevância na química da atmosfera, pois podem afetar 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).

Em 2022 iniciou-se o monitoramento de formaldeído e acetaldeído na estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios. A média das concentrações de formaldeído, em 2022, foi 3,4 ppb, com máximas diárias de 6,2 ppb em 16/06 e 6,0 em 04/07 e 08/09, enquanto a média das concentrações de acetaldeído foi de 2,7 ppb, com máximas diárias de 7,8 ppb em 16/06; 7,2 ppb em 04/07 e 5,6 em 08/09, conforme Tabelas S e T do Apêndice 4.

No Gráfico 6.34 é apresentado o perfil das concentrações diárias de aldeídos observados em 2022, na estação Marginal Tietê-Ponte dos Remédios.

Gráfico 6.34 – Aldeídos - Perfil das concentrações diárias – Marginal Tietê-Ponte dos Remédios – 2022



Fonte: CETESB (2023)

6.2.6.3 Benzeno e Tolueno

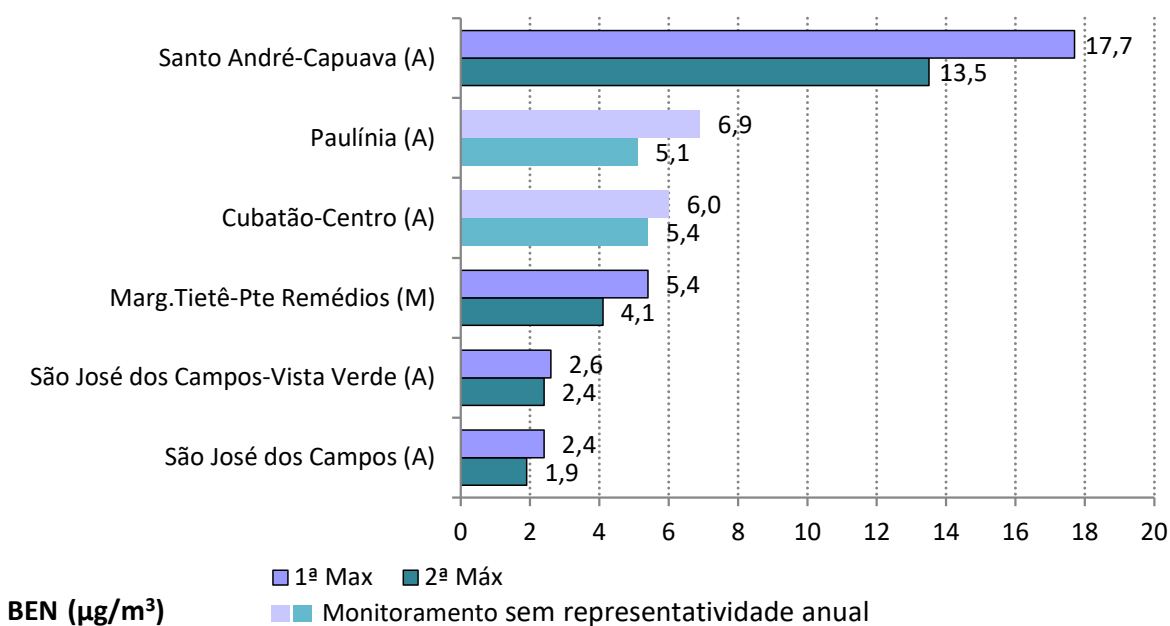
Benzeno e tolueno são compostos orgânicos voláteis que constam da lista de poluentes atmosféricos classificados como perigosos (USEPA, 2016).

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).

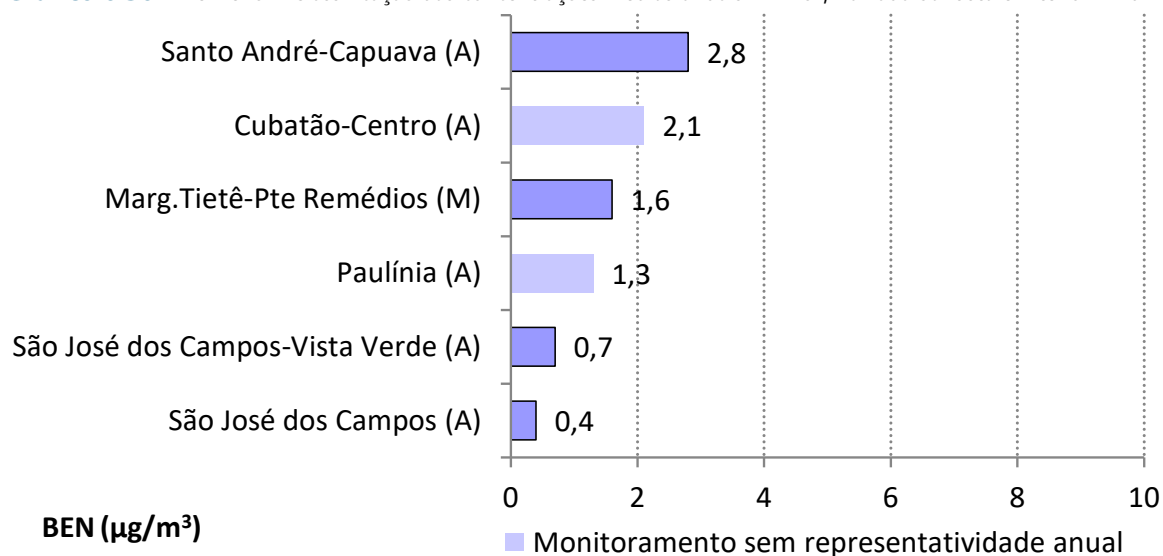
No município de São José dos Campos, em 2015, iniciou-se o monitoramento automático de benzeno e tolueno nas estações São José dos Campos e São José dos Campos-Vista Verde. Em 2017, esse monitoramento foi estendido para as estações Pinheiros e Santo André-Capuava, na RMSP; para Cubatão-Centro, no litoral,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

O Gráfico 6.35 apresenta a classificação das concentrações máximas diárias de benzeno em 2022, nas estações da RMSP, da Baixada Santista e do interior do estado.

Gráfico 6.35 – Benzeno – Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022

Fonte: CETESB (2023)

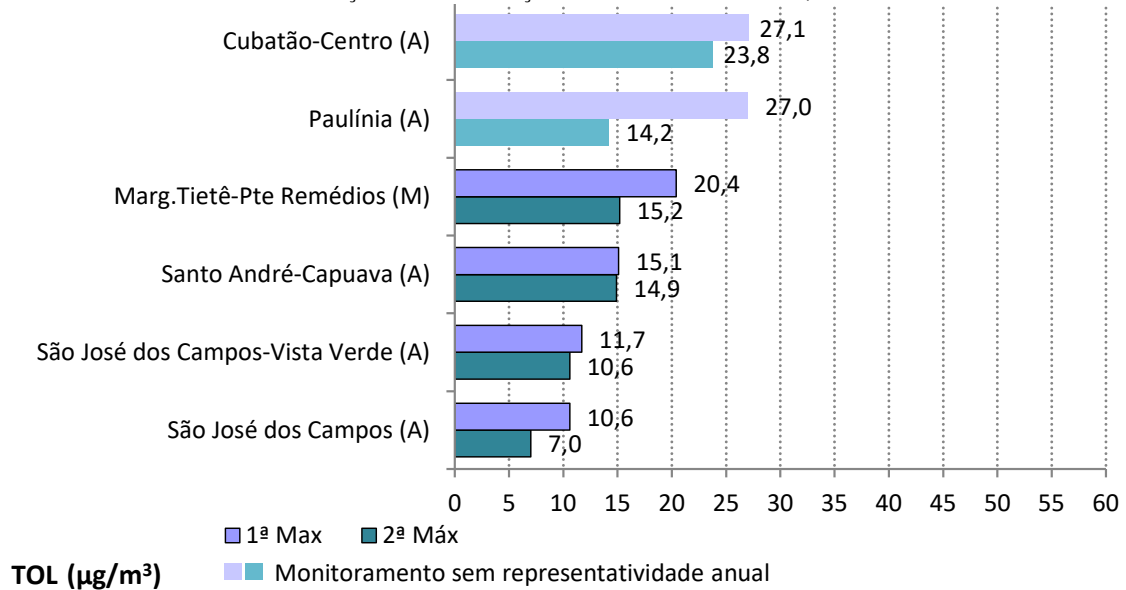
O **Gráfico 6.36** apresenta as concentrações médias anuais de benzeno em 2022, nas estações da RMSP, da Baixada Santista e do interior. As concentrações médias anuais de benzeno, tanto em áreas industriais quanto urbanas, ficaram abaixo do valor de referência adotado pela União Europeia para benzeno, 5 µg/m³ – média anual.

Gráfico 6.36 – Benzeno – Classificação das concentrações médias anuais – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022

Fonte: CETESB (2023)

O **Gráfico 6.37** apresenta a classificação das concentrações máximas diárias de tolueno em 2022, nas estações da RMSP, da Baixada Santista e do interior do estado.

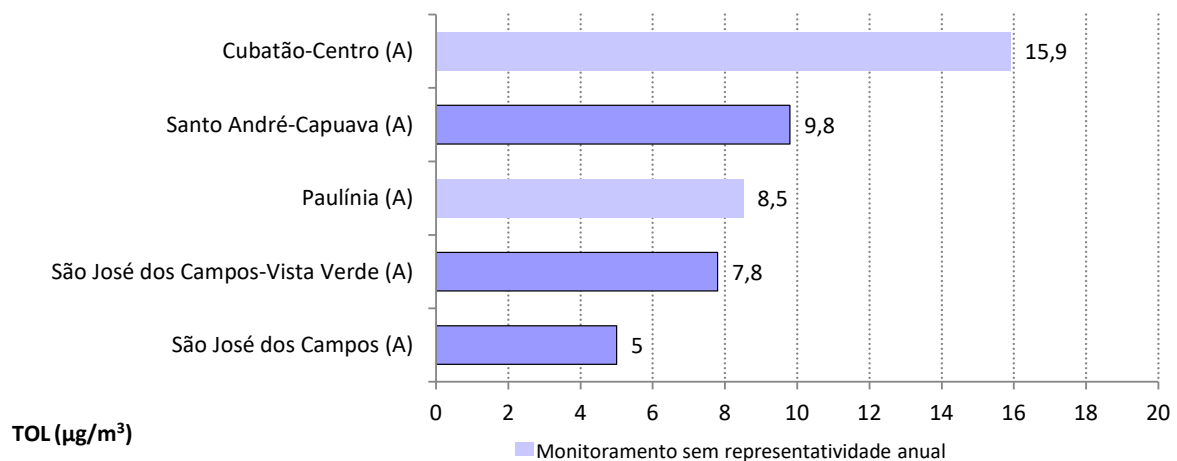
Gráfico 6.37 – Tolueno - Classificação das concentrações máximas diárias – RMSP, Baixada Santista e Interior – 2022



Fonte: CETESB (2023)

O **Gráfico 6.38** apresenta as concentrações máximas médias móveis de sete dias de tolueno em 2022, nas estações da RMSP, da Baixada Santista 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 6.38 – Tolueno – Classificação das concentrações máximas médias de sete dias – RMSP, Baixada Santista e Interior - 2022



Fonte: CETESB (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 de compostos orgânicos voláteis (COVs) realizado nas estações Cerqueira César (São Paulo) e Capuava (Santo André) (CETESB, 2022b)

6.2.7.1 Avaliação dos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) na atmosfera do município de São Paulo (Cerqueira César) e de Santo André (Capuava)

Neste estudo, foram medidas as concentrações de 35 compostos orgânicos voláteis, nas estações Cerqueira César, em 2018 e 2019, e Santo André-Capuava, em 2020 e 2021, pertencentes à rede de avaliação da qualidade do ar da CETESB. As amostragens foram realizadas a cada seis dias durante 24 horas.

Os compostos que apresentaram concentrações mais elevadas foram os alcanos de baixa massa molecular (C4 e C5) e os compostos aromáticos (BTEX). Estas classes de compostos respondem a cerca de 70% das concentrações medidas em Cerqueira César e 90% do que foi detectado em Capuava. De maneira geral, as concentrações em Capuava foram mais elevadas, bem como a amplitude dos dados, porém, no que se refere aos compostos de massa molecular maior, as concentrações medidas em Cerqueira César foram maiores. Os resultados obtidos para BTEX e para os alcanos de baixa massa molecular (C4 a C6) em Cerqueira César e Santo André-Capuava não diferem muito dos observados em outras localidades estudadas em São Paulo e em outros países pesquisados. A relação tolueno/benzeno em Cerqueira César em 2018 foi 3,7 e em 2019 foi 3,8, da mesma ordem de grandeza das relações encontradas em Pinheiros em 2017 e 2020, respectivamente 4,2 e 3,2. Em Capuava, as relações tolueno/benzeno foram menores, a saber, 1,8 em 2020 e 1,5 em 2021. Em Cerqueira César, a correlação entre as concentrações de tolueno e benzeno ($R = 0,81$) sugere que, nesse local, esses poluentes se originam do mesmo tipo de fonte. Já na estação Capuava, a fraca correlação ($R = 0,17$) indica que possivelmente tolueno e benzeno provêm de diferentes tipos de fontes. As médias anuais de benzeno na estação Cerqueira César em 2018 e 2019 foram $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Em Capuava, em 2020 e 2021, foram $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, portanto inferiores ao valor de referência indicado pela Comunidade Europeia - $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (média anual).

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 NO₂ 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 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 2022 ocorreram nove ultrapassagens do padrão diário em Cubatão, sendo sete em Vila Parisi e duas no Centro. 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, sendo os padrões vigentes respeitados nas demais localidades. 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 2022, 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 SO₂ e os nitratos, provenientes do NO₂. 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 2022, medido nas diversas frações de tamanho, apresentou-se com valores elevados em algumas localidades. As médias anuais são aqui comentadas por sofrerem menor influência de eventos pontuais. Das 22 estações da RMSP observa-se que o padrão anual vigente (35 µg/m³) do MP₁₀ foi atendido em todas elas. Em contraposição, no interior/litoral o padrão anual foi ultrapassado em 5 das 32 estações, todas em áreas com presença de atividade industrial. Considerando-se as medições de MP_{2,5}, o padrão anual (17 µg/m³) 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. Dessa forma conclui-se que as partículas no interior são primordialmente mais grossas que as da RMSP, o que é corroborado pelas menores relações $MP_{2,5}/MP_{10}$ 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, o ozônio é mais presente na RMSP que no interior enquanto que no interior/litoral, o material particulado é mais relevante em algumas localidades.

Os dados gerados em 2022 foram analisados sob a ótica dos padrões mais rigorosos, estabelecidos pela Resolução CONSEMA nº 4, de 19/05/2021 (SÃO PAULO, 2021) e explícitos na Meta Intermediária 2 (MI2) do Decreto Estadual nº 59.113 (SÃO PAULO, 2013). A poluição mantém as mesmas características gerais, mesmo analisando os dados de forma mais rigorosa. Assim, o grupo de poluentes com concentrações ambientais praticamente controladas – CO e SO_2 - continuam sendo considerados de menor preocupação. O NO_2 é sempre uma preocupação 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, desde sua criação, 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 e que foram precursores do Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE).

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, previsto no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013). Aprovado pela Decisão de Diretoria nº 289/2014/P e apresentado ao CONSEMA em 18/11/2014, o PREFE publicado em 2014 definiu as áreas de abrangência do plano (Regiões de Controle de Qualidade do Ar) e relacionou as principais fontes estacionárias de poluição atmosférica de cada região (CETESB, 2014).

O Decreto Estadual nº 59.113/13 prevê a revisão e atualização do PREFE, sendo então revisado e atualizado em 2021, aprovado pela Decisão de Diretoria da CETESB nº 118/2021//C e denominado como PREFE 2021 (CETESB, 2021c).

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/I/C

O PREFE estabelece metas e ações de redução de emissões e adota 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;
- Metas calculadas com base na diferença entre as médias de concentração de classificação da sub-região nos últimos três anos e o padrão de qualidade a ser atendido;
- Convergência com planos, programas, ações e metas definidos para o atendimento da Política Estadual de Mudanças Climáticas;
- Acompanhamento das melhores práticas nacionais ou internacionais para a melhoria da qualidade do ar e o estudo de viabilidade de implantação dessas práticas.

Tendo em vista que as ações de mitigação foram estabelecidas em etapas gradativas e sequenciais, as fontes de emissão das empresas integrantes do plano estão sendo 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.

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//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. Além disso, a análise da concentração de material particulado nas estações de monitoramento localizadas próximas às vias de maior tráfego mostra níveis de significativo impacto sobre a saúde. Considerando a existência de centenas de quilômetros de vias com grande fluxo de tráfego localizadas nas áreas urbanas, apontou-se a necessidade de melhoria do controle desse poluente em todo o Estado.

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 2022, ocorreram dois dias de ultrapassagens dos respectivos padrões pelos poluentes ozônio e SO_2 , e não houve ultrapassagens do padrão de qualidade do ar para material particulado, no entanto, a estação Cubatão-Centro não teve representatividade anual dos dados.

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 cinco anos, as concentrações médias das estações Cubatão-Vila Parisi e Cubatão-Vale do Mogi têm se mantido praticamente estáveis, o que pode estar relacionado às condições meteorológicas mais favoráveis observadas na região, nesses anos, bem como a manutenção da paralisação parcial de alguns processos industriais de empresas locais.

Na área industrial, em 2022, os níveis de SO_2 ultrapassaram sete 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 Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (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, Itacemópolis 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. Também foram realizadas ações em pátios de logística, de caminhões que transportam os produtos cerâmicos, tendo como resultado a pavimentação e relocação de 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 à 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: abr. 2023.

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: mar. 2023.

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: mar. 2023.

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: mar. 2023.

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: mar. 2023.

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: mar. 2023.

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: mar. 2023.

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: mar. 2023.

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: mar. 2023.

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_8AVGL26V6G5V4e78730T7MI3C5N.pdf. Acesso em: mar. 2023.

CETESB. Decisão de Diretoria n. 120/2021//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: jun. 2022.

CETESB. Decisão de Diretoria n. 119/2021//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: abr. 2023.

CETESB. Decisão de Diretoria n. 118/2021//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: abr. 2023.

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: mar. 2023.

CETESB. **Estudo dos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) na atmosfera dos municípios de São Paulo (Cerqueira César) e de Santo André (Capuava) - SP.** São Paulo: CETESB, 2022b. 40 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em abr. 2023.

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, 2022c. 18 p. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2023/01/Classificacao_dos_municipios_2022.pdf. Acesso em: mar. 2023.

CETESB. **QUALAR**: sistema de informações da qualidade do ar. São Paulo: CETESB, 2023. 1 banco de dados eletrônicos. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em: mar. 2023.

DAEE. CTH. **SIBH hidrologia**: produtos de chuva: boletim mensal. São Paulo. 2023. 1 base de dados eletrônicos. Período jan.-dez. 2021. Disponível em: http://sibh.dae.sp.gov.br/boletim_mensal. Acesso em: maio 2023.

IBGE. **Prévia da População dos Municípios com base nos dados do Censo Demográfico 2022 coletados até 25/12/2022**. [Rio de Janeiro]: IBGE, 2023. 1 base de dados eletrônicos. Censo Demográfico. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: mar. 2023.

INMET. **Dados históricos anuais**. Brasília, DF: INMET, 2022a.1 base de dados eletrônicos. Período: 2005-2022 (Automática). Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: mar. 2023.

INMET. **Notas técnicas**. Brasília, DF: INMET, 2022b. Período: jan.-dez. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas>. Acesso em: mar. 2023.

INPE. **Programa Queimadas**. São José dos Campos: INPE, [2022]. 1 base de dados eletrônicos. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em: maio 2023.

INPE. CPTEC. **Previsão climática**: monitoramento Brasil: precipitação observada. Cachoeira Paulista: CPTEC/INPE, 2023. 1 base de dados eletrônicos. Período jan.-dez. 2022. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>. Acesso em: abr. 2023.

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: abr. 2023.

SANTOS PORT AUTHORITY. **Mensário estatístico [do Porto de Santos]**. Santos: SPA, 2023. Período jan.-dez. 2022. Arquivos eletrônicos. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/informacoes-operacionais/estatisticas/mensario-estatistico/>. Acesso em: maio 2023.

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: mar 2023.

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: abr. 2023.

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_c662ea5f9e30871f740f0b1063279bab.pdf. Acesso em: maio 2023.

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. 2022b. Disponível em:

http://diariooficial.imprensaoficial.com.br/nav_v6/index.asp?c=32786&e=20221223&p=1. Acesso em: mar. 2023.

SÃO PAULO (Estado). CEPDEC. **Meteorologia**. São Paulo: Defesa Civil, 2022c. Dados observados. Disponível em: <http://www.defesacivil.sp.gov.br/meteorologia/>. Acesso em: maio. 2023.

SÃO PAULO (Estado). SEMIL. **Etanol mais verde: 15 anos de compromisso com a sustentabilidade**. São Paulo: SEMIL, 2022a. 15 p. Disponível em:

<https://smasr16.blob.core.windows.net/etanolverde/sites/28/2022/06/etanol-mais-verde-15-anos-website-etanol.pdf>. Acesso em: fev. 2023.

SÃO PAULO (Estado). SEMIL. **Etanol mais verde**. São Paulo: SEMIL, 2023a. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/etanolverde/>. Acesso em: abr. 2023.

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

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: abr. 2023.

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: jun. 2022.

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: mar. 2023.

USEPA. **NAAQS table**. Washington, DC: EPA, 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>. Acesso em: mar. 2023.

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: mar. 2023.

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. Disponível em: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf. Acesso em: mar. 2023.





WHO. **WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment.** Geneva: WHO, 2006. 20 p. (WHO/SDE/PHE/OEH/06.02). Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477>. Acesso em: mar. 2023.

WHO. **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 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: mar. 2023.



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