



### QUALIDADE DO AR NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

O monitoramento da qualidade do ar na capital paulista é realizado pelo estado de São Paulo, que, com uma extensa rede de monitoramento gerida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), figura como uma das poucas unidades da federação com boa quantidade e distribuição de estações de qualidade do ar, sendo uma das exceções frente à maioria do território brasileiro. Além disso, a CETESB produz e publica dados e análises sobre a qualidade do ar monitorada, possibilitando que a sociedade elabore e discuta o problema, assim como será apresentado nesta nota técnica, que traz uma sucinta análise da poluição do ar no município de São Paulo nos últimos 22 anos, que contempla o período de 2000 a 2021.

A qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é influenciada principalmente, mas não somente, pelas emissões veiculares, conforme a própria CETESB aponta em suas publicações (CETESB, 2021a). No período de 2000 a 2021, a venda total de combustíveis veiculares no município de São Paulo cresceu em média 0,5% ao ano¹. A despeito desse crescimento, observam-se reduções nos níveis de emissão e concentração para alguns poluentes, especialmente o monóxido de carbono (CO), o que indica a efetividade do avanço tecnológico nos sistemas de controle de emissões de poluentes atmosféricos em veículos automotores

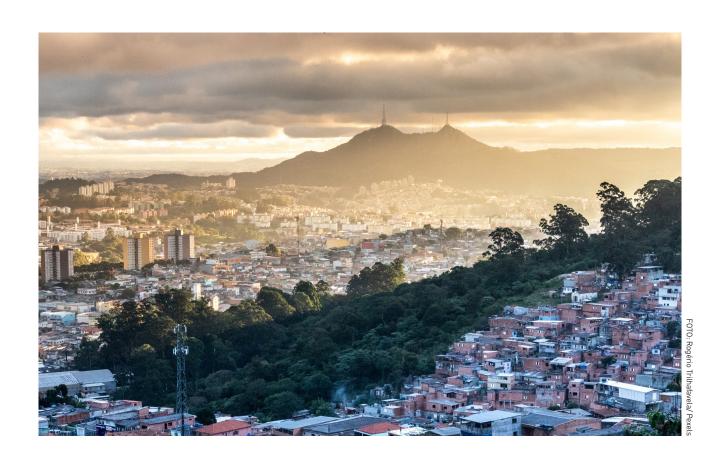
No entanto, essa efetividade não significa uma resolução completa do problema. Esta nota técnica mostra como o município ainda apresenta concentrações dos poluentes material particulado (MP), ozônio ( ${\rm O_3}$ ) e dióxido de nitrogênio ( ${\rm NO_2}$ ) que ultrapassam os atuais valores limítrofes recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para proteger a saúde pública, chamados de diretrizes de qualidade do ar (DQA)². A análise foi realizada a partir de dados oriundos do sistema de informação da qualidade do ar da CETESB, o QUALAR, que também estão disponíveis na Plataforma de Qualidade do Ar do Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA).



### Rede de monitoramento e sistema de informação da qualidade do ar

Desde a década de 1970, a CETESB realiza o monitoramento da qualidade do ar em diversos pontos do estado de São Paulo. A capital paulista em específico conta atualmente com 20 estações de monitoramento da qualidade do ar. Entre 2000 e 2021, o monitoramento da qualidade do ar foi realizado em 29 pontos da cidade por algum período – ver Mapa 1 e Tabela 1. Dentre os poluentes monitorados no município estão o monóxido de carbono (CO), a fumaça (FMC), o material particulado inalável

¹Taxa de crescimento anual composta do total energético da gasolina C, do etanol hidratado e do óleo diesel vendidos em São Paulo, calculada a partir de dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2022).



 $(MP_{10})$ , o material particulado fino  $(MP_{2,5})^3$ , os óxidos de nitrogênio  $(NO e NO_2)$ , o ozônio  $(O_3)$ , as partículas totais em suspensão (PTS) e o dióxido de enxofre  $(SO_2)$ .

Uma rede de monitoramento da qualidade do ar é composta por um conjunto de estações instaladas em locais estrategicamente definidos. A CETESB classifica as estações de monitoramento pela sua representatividade espacial, podendo ser, em ordem crescente de abrangência, de microescala, escala média, escala de bairro ou escala urbana. Essa classe de representatividade espacial para cada estação é definida conforme o poluente monitorado e as características do entorno (CETESB, 2016a). As estações de microescala são caracterizadas por terem no seu entorno imediato a presença de fontes de emissão intensivas, e têm como objetivo observar o efeito mais direto dessas fontes na qualidade do ar. Essas estações têm uma abrangência espacial menor, representando a qualidade do meio num raio de até 100 metros. Um exemplar dessa classe é a estação instalada ao lado da rodovia marginal do Rio Tietê, na proximidade da Ponte dos Remédios, que monitora a poluição gerada principalmente pela via de tráfego intenso. Por sua vez, uma

estação de escala urbana, a de maior abrangência espacial, não apresenta fontes intensivas de emissão no seu entorno e busca mensurar a poluição de fundo da cidade, que representa os níveis mínimos de poluição atmosférica ambiental a que a população está cronicamente exposta (MMA, 2019). As estações Cidade Universitária (área livre de tráfego intenso) e Itaim Paulista (grande área residencial) são exemplos dessa classe. As estações de escala média e escala de bairro são classes intermediárias.

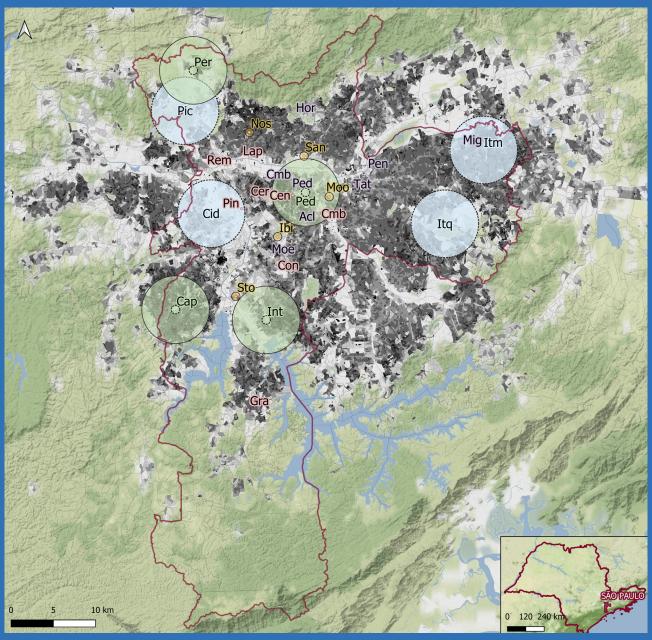
Para organização e comunicação dos dados coletados, a CETESB dispõe de um sistema de informações online, o QUALAR, uma ferramenta pública para consultar, analisar e baixar bases de dados (CETESB, 2016b; SENAGA, 2009)<sup>4</sup>. O site da CETESB ainda conta com um mapa interativo da qualidade do ar indicando, em tempo real, os índices de qualidade do ar <sup>5</sup>para cada uma das estações de monitoramento automático. A qualidade do ar também é informada em tempo real em painéis informativos localizados em vias movimentadas da cidade. A CETESB ainda elabora e publica relatórios anuais com a avaliação da qualidade do ar no estado, estando disponíveis relatórios anuais de 1985 até o mais recente, de 2020.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Um destaque a ser observado é que o monitoramento do MP<sub>2,5</sub> era restrito a seis localidades na capital antes da publicação do Decreto Estadual 59.113/2013, que, dentre outras definições, estabeleceu, pela primeira vez no Brasil, padrões de qualidade do ar para o MP<sub>2,5</sub>. Desde então, o número de monitores desse poluente mais que dobrou na cidade, chegando a 14 em 2021.

<sup>4</sup> O QUALAR foi desenvolvido e implementado em 2008, a partir de uma parceria entre a CETESB, o IEMA e a Fundação The William and Flora Hewlett.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> O índice de qualidade do ar é um conjunto de valores adimensionais utilizados para a comunicação simplificada das concentrações de poluentes atmosféricos para a população geral. Esses valores estão associados aos efeitos à saúde humana, e são classificados entre boa, moderada, ruim, muito ruim e péssima qualidade do ar.

MAPA 1 Estações de monitoramento da qualidade do ar no município de São Paulo<sup>6</sup>





40.0 +

<sup>6</sup> Os raios máximos das estações classificadas como escala urbana são de 50 km, mas não foram representados no mapa para conferir melhor visibilidade ao mesmo.

TABELA 1 Estações de monitoramento da qualidade do ar no município de São Paulo

F. ~	Op	eração				Poluentes n				
Estação	Início	Status	PTS	FMC	MP <sub>10</sub>	MP <sub>2,5</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	03
Aclimação (Acl)	1989	Desativada em 2005		1989-2005*				2003-2005*		
Cambuci (Cmb)	1998	Desativada em 2008			1998- 2008					
Campos Elíseos (Cmp)	1989	Ativa		1989-ativa*				1989-ativa*		
Capão Redondo (Cap)	2012	Ativa			2012-ativa				2012-2018	2012-ativa
Centro (Cen)	1998	Desativada em 2010			1998-2010		1998-2010	1998-2002	1998-2006	
Cerqueira César (Cer)	1996	Ativa	1996-ativa*	1996-ativa*	1998- ativa 1999-2014*	1999-ativa*	1998- ativa	1998- ativa	1998- ativa	
Cidade Universitária USP - IPEN (Cid)	1998	Ativa				2011-ativa	1998-2015		1998-2018	1998-ativa
Congonhas (Con)	1998	Ativa	2009-2011*		1998- ativa 2003-2010*	2010 -ativa	1998- ativa	1998- ativa	1998- ativa	1998- 1999
Grajaú - Parelheiros (Gra)	2007	Ativa			2007- ativa	2013- ativa	2007- ativa		2010-2018	2007-ativa
Horto Florestal (móvel) (Hor)	2004	Desativada em 2006							2004-2006	2004-2006
lbirapuera (lbi)	1989	Ativa	1989-2018*	2001-ativa*	1998-2014 2002-2014*	2014-ativa 2002-2019*	1989-ativa	1998-2006	1998-ativa	1998-ativa
Interlagos (Int)	2012	Ativa			2012-ativa			2012-ativa	2012-ativa	2012-ativa
Itaim Paulista (Itm)	2012	Ativa			2013-ativa	2015-ativa			2018-ativa	2012-ativa
Itaquera (Itq)	2007	Ativa			2007-2010				2007-2010	2007-ativa
Lapa (Lap)	1998	Desativada em 2007			1998-2005		1998-2005		1998-2004	1998- 2000
Marginal Tietê -						2012-ativa				
Ponte dos Remédios (Rem)	2012	Ativa		2014-2018	2012-ativa	2014-2019*	2012-ativa	2012-ativa	2012-ativa	
Moema (Moe)	1989	Desativada em 2013		1989-2013*				2003-2013*		
Mooca (Moo)	1998	Ativa			1998-2018	2018-ativa	1998-ativa			1998-ativa
Nossa Senhora do Ó (Nos)	1998	Ativa			1998-ativa					1998-ativa
Parque Dom Pedro II (Ped)	1989	Ativa	1998-2004*		1998-ativa	2016-ativa	1998-ativa	1998-2018	1998-ativa	1998-ativa
Penha (Pen)	2000	Desativada em 2001			2000-2001					
Perus (Per)	2019	Ativa			2019-ativa	2019-ativa				2019-ativa
Pico do Jaraguá (Pic)	2016	Ativa				2016-ativa			2016-ativa	2016-ativa
Pinheiros (Pin)	1999	Ativa	1989-ativa*	1998-ativa*	1999- ativa 2001-2013*	2012- ativa 2001-2019*	1999- ativa	1999- ativa*	1999- ativa	1999- ativa
Praça da República (Rep)	1989	Desativada em 2013		1989-2013*				2003-2013*		
Santana (San)	1998	Ativa			1998-2016	2017-ativa				1998-ativa
Santo Amaro (Sto)	1989	Ativa	1989-ativa*		1989-ativa	2020-ativa*	1989-ativa			2002-ativa
São Miguel Paulista (Mig)	1998	Desativada em 2007			1998-2005					1998-2005
Tatuapé (Tat)	1989	Ativa		1989-ativa*				2003- ativa*		

<sup>\*</sup> Monitoramento manual ou passivo

Fonte: elaborado a partir de CETESB (2016a, 2016b)

Representatividade espacial

Urbana Média Sem

definição

### Diretrizes de qualidade do ar da OMS

A OMS regularmente divulga relatórios sobre o conhecimento atualizado dos impactos da poluição do ar na saúde humana. Esses documentos estabelecem as diretrizes de qualidade do ar (DQA), um conjunto de valores limítrofes recomendados pela organização, definidos para proteger a saúde dos cidadãos através da melhoria da qualidade do ar<sup>7</sup>. As recomendações incluídas nas diretrizes de qualidade do ar da OMS são baseadas em revisão sistemática de literatura e subsequentes métodos rigorosos de avaliação, bem como extensiva consulta a especialistas e usuários finais das diretrizes de todas as regiões do mundo (WHO, 2021). Em setembro de 2021, a OMS publicou as mais novas atualizações para as suas diretrizes de qualidade do ar (DQA), cuja versão anterior era de 2005.

As diretrizes da OMS não são critérios necessariamente previstos em leis ambientais, mas muitos governos se baseiam nelas para determinar os seus padrões de qualidade do ar a serem alcançados. Entretanto, cada governo aplica as diretrizes de diferentes maneiras, a depender das suas capacidades técnicas, condição econômica, políticas de gestão da qualidade do ar e outros fatores políticos e sociais. Diante desse cenário, a OMS estabelece também metas intermediárias (MI), que se tratam de valores provisórios faseados para atingir as diretrizes de qualidade do ar. Dependendo do poluente e do seu tempo de amostragem, podem haver até quatro metas intermediárias antes da diretriz (DQA). A Tabela 2 apresenta as metas intermediárias e as diretrizes de qualidade do ar da OMS para os poluentes  $\mathrm{MP_{10'}}$   $\mathrm{MP_{25'}}$   $\mathrm{O_3}$  e  $\mathrm{NO_2}$ , na escala anual de avaliação. Tais parâmetros foram utilizados na análise da qualidade do ar na presente nota.

# Material particulado: concentrações em queda, mas ainda acima das diretrizes de qualidade do ar da OMS

O material particulado (MP) é um dos principais poluentes que prejudicam a saúde humana, podendo ser de origem primária, ou seja, emitido diretamente por uma fonte poluidora, ou de origem secundária, quando formado na atmosfera a partir de reações químicas. O MP é classificado conforme o seu tamanho, sendo o material particulado de diâmetro menor que 10 micrômetros (MP $_{10}$ ) aquele monitorado e regulado há mais tempo. Quanto menor o tamanho dessas partículas, maior a capacidade de penetrar o trato respiratório e atingir partes mais profundas do pulmão e até adentrar o sistema circulatório, causando maiores danos à saúde. O material particulado fino (MP $_{2,5}$ ), com diâmetro inferior a 2,5 micrômetros é, portanto, ainda mais perigoso à saúde.

A partir de dados disponibilizados pela CETESB e adicionados na plataforma da qualidade do ar elaborada pelo IEMA, observa-se um comportamento de redução gradual, ao longo dos últimos 22 anos, das concentrações dos materiais particulados medidos pelas estações de modo geral - ver gráficos 1 e 2. No início dos anos 2000, observam-se valores entre 3 e 5 vezes maiores do que as atuais diretrizes de qualidade do ar da OMS (DQA). Hoje, para o MP<sub>10</sub>, são observados valores cerca de duas vezes maiores do que a DQA, enquanto que, para o MP<sub>2,5</sub>, ainda são observados valores entre 3 e 4 vezes maiores do que a DQA.

Concentrações elevadas são observadas em estações de todas as escalas de representatividade espacial. De maneira ainda mais proeminente, elas ocorrem nas

TABELA 2
Diretrizes de qualidade do ar (DQA) e metas intermediárias (MI) da OMS, valores em μg/m³

Poluente	Período de referência	MI-1	MI-2	MI-3	MI-4	DQA
MP <sub>10</sub>	Anual	70	50	30	20	15
MP <sub>2,5</sub>	Anual	35	25	15	10	5
0 <sub>3</sub>	Alta temporada (6 meses) <sup>8</sup>	100	70	-	-	60
NO <sub>2</sub>	Anual	40	30	20	-	10

Fonte: elaborado a partir de WHO (2021)

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> As diretrizes de qualidade do ar (DQA) são também chamadas de valores-guia (OPAS, 2021).

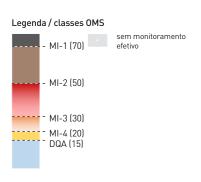
<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Por ser um poluente bastante influenciado pelas condições meteorológicas, a OMS define um cálculo chamado "alta temporada" para o O<sub>3</sub>, sendo a média da máxima média móvel de 8h diária nos seis meses consecutivos com a major média móvel de concentração do poluente.

estações de microescala, localizadas nas proximidades de vias de tráfego veicular intenso, indicando a forte influência das emissões veiculares. Segundo a CETESB (2021a), as emissões de MP da atividade veicular na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) caíram de 2,5

mil toneladas em 2006 para 1,5 mil em 2019, o que permite relacionar a redução dos níveis de poluição ao maior controle de emissões veiculares exercido pelo Proconve<sup>9</sup> e a consequente evolução tecnológica de veículos, uma vez que a circulação desses aumentou no período.

GRÁFICO 1 Concentrações médias anuais de  $MP_{10}$ , em  $\mu g/m^3$ , entre 2000 e 2021, classificadas conforme as diretrizes de qualidade do ar (DQA) e as metas intermediárias (MI) da OMS

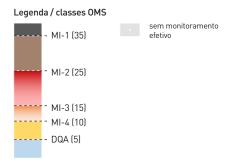
Represen- tatividade espacial	Estação de monitoramento	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Urbana	Itaim Paulista (Itm)															37	31	29	28	31	30	30	29
	Itaquera (Itq)									31													
Bairro	Capão Redondo (Cap)														32	33	27	26	23	24	24	24	23
	Interlagos (Int)													32	29	31	23	24	24	23	27	26	22
	Parque Dom Pedro II (Ped)	53	56	56	58			40	41		34	32	38	35	31	29	28	29	27	28	30	27	30
	Perus (Per)																					29	30
Média	Ibirapuera (Ibi)	47	41	40	50	40	32	38	38	33	26	38	37	34	29	29							
	Mooca (Moo)					46	37			36	32	36	33	34	33	37	28	25	28				
	Nossa Senhora do Ó (Nos)	47			37	45		35	36	34	30	34	38	36	32	30	26	26	27	27	27	26	26
	Santana (San)	54				36	34	34		38	36	40	39	36	33	40	30	29					
	Santo Amaro (Sto)	43	43	46	47	42	41	41	36	35	30			34	29	34	29	28	26	25	27	22	21
Micro	Cambuci (Cmb)		-	42	41	36	35	39	46		-												
	Centro (Cen)	-	42	47	51		•		45	45	43												•
	Cerqueira César (Cer)	48	41	48	50		37	36	39	38	26	30	31	33		33	27	26	26	25	23	24	25
	Congonhas (Con)	72	65	72	51	48			46	44	39	38	37	38	35	37	31	29	29	30	30	29	28
	Grajaú - Parelheiros (Gra)	-									41	45	39	37	38	44	40	36	37	42	33	32	28
	Lapa (Lap)	50	56	58																			
	Marg. Tietê - Pte dos Remédios (Rem)						-								39	41	35	32	32	31	33	31	30
	Pinheiros (Pin)			53			41	40		52	32					33			27	30	28	26	26
Sem clas- sificação	São Miguel Paulista (Mig)		45		42	36																	



<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) tem objetiva reduzir os níveis de emissão por veículos automotores, estabelecendo limites de emissão progressivamente mais restritivos ao longo do tempo.

GRÁFICO 2 Concentrações médias anuais de  $MP_{2,5}$ , em  $\mu g/m^3$ , entre 2000 e 2021, classificadas conforme as diretrizes de qualidade do ar (DQA) e as metas intermediárias (MI) da OMS

Represen- tatividade espacial	Estação de monitoramento	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Urbana	Cidade Universitária USP - IPEN (Cid)														15	15	12	13	16	16	15	14	14
	Ibirapuera (Ibi)				16	19		17	17	16	13	16	18	14	10	13	17	16	15	15	13	12	16
	Itaim Paulista (Itm)																		17	17	18	16	16
	Pico do Jaraguá (Pic)																		13	15	16	13	11
Bairro	Mooca (Moo)																			17	16	14	15
	Parque Dom Pedro II (Ped)																		17	18	17	17	17
	Perus (Per)																					15	15
Média	Santana (San)																			16	16	15	17
Micro	Cerqueira César (Cer)	24	23	23	20	22	22	21	23	19	16	18	20	20	17	17	18	16	16	15	13	14	13
	Congonhas (Con)												23	20	20	23	20	19	18	19	18	17	17
	Grajaú - Parelheiros (Gra)														•	21	20	17	17	18	17	15	14
	Marg. Tietê - Pte dos Remédios (Rem)															26	22	19	19	20	20	18	19
	Pinheiros (Pin)		21	21				21	21	16	15	18	20	16	18	19			14	16	16		
Sem classi- ficação	Santo Amaro (Sto)																					13	12



## Ozônio: altas concentrações persistem, sem indicações de melhora

O ozônio na troposfera (camada respirável da atmosfera, rente à superfície terrestre) é um poluente que se forma através de reações químicas no ar, tendo como ingredientes a presença de compostos orgânicos voláteis (COV), óxidos de nitrogênio (NO $_{\rm x}$ ), e níveis elevados de radiação solar. Assim, por não ser emitido diretamente pelas fontes poluidoras, o O $_{\rm 3}$  é chamado de poluente secundário, enquanto poluentes como COV e NO $_{\rm x}$  são chamados de precursores. A complexidade do sistema de formação do ozônio em relação a dependência de outros fatores, como as condições meteorológicas e topográficas, pode resultar em elevadas concentrações do poluente em locais distantes até centenas de quilômetros das emissões dos precursores.

Ao contrário do material particulado (MP), que encontra piores condições de dispersão nos meses frios, o O<sub>z</sub> encontra nos meses mais quentes os períodos mais favoráveis para sua formação. A evolução das concentrações de ozônio pode ser analisada a partir dos valores máximos das médias móveis de 6 meses da concentração do poluente nos períodos de alta temporada<sup>10</sup>, conforme sugerido pela OMS no seu mais novo relatório publicado em 2021 (WHO, 2021). Como a primavera e o verão são as estações do ano mais propícias à formação de ozônio troposférico, o período de maior concentração de ozônio na atmosfera acaba por ser seccionado pela mudança do ano-calendário. Assim, de modo a melhor representar a alta temporada de ocorrência do ozônio, a presente análise adota um recorte anual com início no inverno (dia 21 de junho de um ano) e encerramento no outono (dia 20 de junho do ano seguinte).

<sup>10</sup> Tratam-se das máximas médias móveis de 6 meses calculadas a partir dos valores máximos diários das médias móveis de 8 horas.

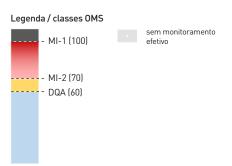
O Gráfico 3 demonstra as concentrações médias de alta temporada do ozônio, para cada uma das estações de monitoramento da capital paulista no período de análise. No último ano, nota-se que nenhuma das 15 estações que monitoram o poluente apresentou concentrações compatíveis com as diretrizes da qualidade do ar OMS (DQA). Uma das estações, a Cidade Universitária USP - IPEN (Cid), apresentou valores superiores à meta intermediária 1 (MI-1), ou seja, acima dos 100 μg/m³. A grande maioria das outras estações, 12 delas, apresentaram concentrações compatíveis com a MI-1, ou seja, abaixo dos 100 μg/m³ mas acima dos 70 μg/m³. Por último, três estações

apresentaram concentrações compatíveis com a meta intermediária 2, abaixo dos 70 μg/m³ mas acima das DQA definidas em 60 μg/m³.

Observa-se que as concentrações de ozônio ao longo dos anos variaram sobremaneira, mas que o atendimento às DQA foram exceções, ocorrendo principalmente na estação Pinheiros (Pin) entre os anos 2001 e 2010. A própria CETESB não identifica um padrão de comportamento do ozônio ao longo dos anos (CETESB, 2021a), o que corrobora com a indicação dessa análise de que não houve melhora no período.

GRÁFICO 3 Concentrações médias de alta temporada de  $O_3$ , em  $\mu g/m^3$ , entre 2000 e 2021, classificadas conforme as diretrizes de qualidade do ar (DQA) e as metas intermediárias (MI) da OMS

Represen- tatividade espacial	Estação de monitoramento	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
Urbana	Cidade Universitária USP - IPEN (Cid)							70	84	77	74	85	100	85	86	105	92	68	78	83	75	104
	Ibirapuera (Ibi)	91	84	97	74	75	75	71	77	71	80	99	94	100	90	98	78	81	86	85	83	100
	Pico do Jaraguá (Pic)																	83	99	82	96	95
	Itaquera (Itq)								71	52	77	67	89	77	79	90	67	57	68	87	85	94
	Interlagos (Int)													81	86	94	83	75	79	82	75	84
	Itaim Paulista (Itm)													77	80	85	75	73	80	73	71	79
Bairro	Perus (Per)																				92	98
	Mooca (Moo)	73	80	78	61	69	74	71	68	71	64	72	83	81	64	80	64	68	78	71	80	83
	Nos Senhora do Ó (Nos)					65	65	66	80	69	65	69	75	79	81	83	81	76	75	72	71	81
	Parque D. Pedro II (Ped)	63	54	65	49		66	66	58	57	60	69	71	66	75	77	65	76	78	73	73	80
	Santo Amaro (Sto)			105	87	88	75	70	62	71	74		67	71	76	84	76	62	63	65	63	68
	Capão Redondo (Cap)													82	80	73	82	72	74	72	65	61
Média	Santana (San)	91	82	95	74	69		66	84	68	69	70	80	77	80	87	87	75	75	78	79	90
Micro	Pinheiros (Pin)	65	54	58	45	48	49	50	54	60	50	75	81	72	67	64	67	62	64	65	66	72
MICIO	Grajaú - Parelheiros (Gra)								65	58	55	63	74	67	70	79	64	70	79	72	63	63
Sem clas- sificação	São Miguel Paulista (Mig)	74	74	83	68	77																
	Lapa (Lap)	28																				



### Considerando as novas diretrizes da OMS, ${\rm NO}_2$ volta a ser problema

Quanto ao poluente dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), observa-se no Gráfico 4 que a quase totalidade das estações de monitoramento da qualidade do ar na cidade apontaram valores de concentrações médias anuais em 2020 e 2021 adequados à antiga diretriz de qualidade do ar da OMS (DQA), estabelecida em 40 µg/m³ em 2005. As exceções são as estações da Marginal Tietê - Ponte dos Remédios e Congonhas, que são de microescala e influenciadas diretamente pelas emissões de vias de tráfego de alta

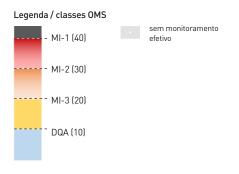
intensidade (Rodovia Marginal Tietê e Avenida dos Bandeirantes, respectivamente<sup>11</sup>).

Entretanto, em 2021, a OMS atualizou suas recomendações, introduzindo valores mais restritivos para os poluentes nas fases de controle<sup>12</sup>, reduzindo a DQA do NO<sub>2</sub> para 10 μg/m³ na média anual, valor 4 vezes mais restritivo.

O Gráfico 4 mostra as concentrações de NO<sub>2</sub> medidas nas estações de monitoramento do município classificadas segundo os novos valores guia da OMS de 2021, onde identificase que nenhuma estação atinge as novas recomendações.

GRÁFICO 4 Concentrações médias anuais de  $NO_2$ , em  $\mu g/m^3$ , entre 2000 e 2021, classificadas conforme as diretrizes de qualidade do ar (DQA) e as metas intermediárias (MI) da OMS

Represen- tatividade espacial	Estação de monitoramento	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Urbana	Cidade Universitária USP - IPEN (Cid)									35	31	26	25	32	26	32	31	31		31			
	Ibirapuera (Ibi)	41	41	39	34	34			61	39	37	42	41	37	32	32	29	29	28	28	27	24	
	Interlagos (Int)														33	31	29	26	27	27	30		
	Itaim Paulista (Itm)																			22	20	19	20
	Pico do Jaraguá (Pic)															٠		٠	20	17	13	14	15
Bairro	Capão Redondo (Cap)														31	31	29	27	27	28			
	Parque Dom Pedro II (Ped)	68		57	56				43	31		54	52	45	44	43	42	40	40	39	37	32	
Micro	Cerqueira César (Cer)		69	66				54	68	63	58	53	48	50	43	44	43	37	41	39	34	29	33
	Congonhas (Con)			86	86	77			75	77	73	67	57	57		58		52	62	62	62	56	
	Grajaú - Parelheiros (Gra)											30	14	17	15	16	29		29	27			
	Lapa (Lap)		73	81																			
	Marg. Tietê - Pte dos Remédios (Rem)														64	64	58	52	56	57	59	54	49
	Pinheiros (Pin)		51				50	55	45	52	45	49	42	48	43	46	38	35	40	43	38	28	32
Sem clas- sificação	Horto Florestal (Hor)						19																



<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> Além da presença de vias de tráfego intenso na região, a estação de Congonhas está a poucos metros do aeroporto de Congonhas, que, devido a circulação de aeronaves, é um importante contribuinte para as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx).

<sup>12</sup> Exceto para o SO<sub>2</sub>, que a partir de novas análises foram aprovadas diretrizes menos restritivas. No guia global de qualidade do ar da 0MS de 2005 a exposição máxima em um período de 24 horas era de 20μg/m³, atualmente o limite é de 40 μg/m³.

### Perspectivas para combater a poluição do ar

O município de São Paulo é provido de um dos mais robustos sistemas de monitoramento da qualidade do ar do país. Além dos informes e achados contidos nos estudos da CETESB, os dados gerados e publicados permitem a análise de longas séries históricas para uma ampla gama de poluentes, como realizado nesta nota técnica. Aqui foram observadas as trajetórias históricas entre os anos de 2000 e 2021 dos atuais poluentes críticos na cidade – material particulado (MP), dióxido de nitrogênio (NO $_2$ ) e ozônio (O $_3$ ), que se apresentam em concentrações maiores do que as atuais diretrizes de qualidade do ar da OMS.

Nos últimos 22 anos, a implementação de sistemas de controle de emissões progressivamente mais eficazes em veículos automotores novos, por meio do Proconve, muito provavelmente respondeu pela maior parte do decréscimo das concentrações de MP e  $\mathrm{NO_2}$  no ar de São Paulo. No entanto, reduções ainda maiores são necessárias para se alcançar o almejado objetivo de proteção à saúde, com atribuições possíveis nas três esferas de governo: federal, estadual e municipal.

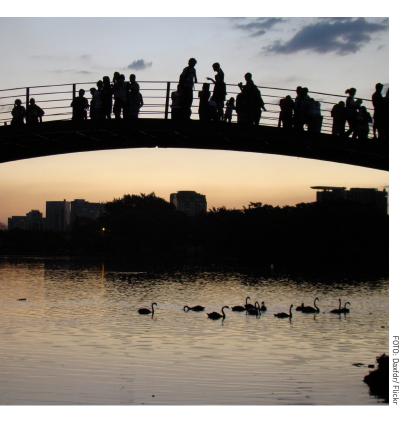
O governo federal se dedicou historicamente a orientar o desenvolvimento tecnológico veicular e de fontes energéticas e tende a continuar exercendo esse papel. O avanço em fases cada vez mais restritivas do Proconve, a consolidação da eletromobilidade e possivelmente do uso de hidrogênio para a propulsão veicular poderão exercer papéis cruciais na redução de poluentes atmosféricos emitidos na queima de combustíveis em veículos na cidade. Segundo o Plano de Mobilidade de São Paulo, quase 80% das emissões de NO<sub>x</sub> de origem veicular na cidade se dá pela queima de diesel (São Paulo, 2015). Assim sendo, a adoção de melhores sistemas de controle de poluentes emitidos por caminhões e ônibus pode contribuir sobremaneira com a redução dessas emissões.

À esfera estadual cabe continuar e aprimorar o trabalho de gestão da qualidade do ar. Isso consiste principalmente no aperfeiçoamento contínuo do monitoramento do meio, buscando identificar com precisão a causa dos problemas da poluição; na fiscalização das fontes emissoras, verificando a efetividade dos programas de controle de emissões; e na determinação de caminhos para se avançar gradualmente em direção a uma melhor qualidade do ar nas áreas hoje inadequadas.



OTO: Sergio Souza/ Pexels

Em 2013, foi publicado o Decreto Estadual nº 59.113, que definiu, baseando-se nas diretrizes globais de qualidade do ar publicadas pela OMS em 2005, padrões finais e metas intermediárias de qualidade do ar (fases) para o estado de São Paulo e estabeleceu a realização da classificação dos municípios paulistas segundo o atendimento a esses padrões e metas. Já em maio de 2021, a CETESB publicou um estudo técnico visando subsidiar a decisão de se avançar, no conjunto do estado, da primeira meta intermediária para a segunda (CETESB, 2021b). No mesmo ano, o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSE-MA) deliberou pelo avanço, passando a vigorar a segunda meta intermediária no estado a partir de 1º de janeiro de 2022. Esse passo também fez de São Paulo o primeiro estado do país a progredir uma fase de controle da poluição do ar, se compararmos os parâmetros da Resolução do



Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 491 de 2018, que seguiu a legislação do estado de São Paulo ao estabelecer as mesmas fases no nível nacional <sup>13</sup>.

No âmbito municipal, destaca-se a previsão de eliminação gradativa das emissões de MP e NO<sub>x</sub> pelos ônibus urbanos da cidade até o ano de 2038, conforme já preconiza a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo. O poder público municipal, para reduzir as emissões de todos os poluentes veiculares, também pode lançar mão de ações e políticas de mobilidade urbana para reorganizar os deslocamentos dos cidadãos, reduzindo a necessidade de viagens motorizadas e ampliando o uso de modos coletivos e ativos de transporte, que emitem menor ou nenhuma quantidade de poluentes por passageiro transportado.

Quanto ao material particulado, deve-se atentar à crescente importância das emissões oriundas do desgaste de pneus, freios e pistas, o que lança um desafio às mais convencionais estratégias de controle de emissões baseadas apenas na melhoria tecnológica. As estimativas de emissões de MP gerado por combustão na mobilidade urbana de São Paulo apontaram os ônibus e caminhões como as principais fontes poluidoras, respondendo, respectivamente por 47% e 42% das emissões, e tendo automóveis e motocicletas respondendo por 11% (São Paulo, 2015). Ao se considerar também o MP gerado pelo desgaste de pneus, freios e pistas, suas emissões totais, a grosso modo, triplicam em relação àquelas oriundas apenas da combustão. Além disso, os automóveis passam a responder

por cerca de 50% do MP emitido (São Paulo, 2015). Outro aspecto importante da poluição por material particulado é a ressuspensão das partículas depositadas ao nível do solo, o que também é intensificado pelo tráfego veicular.

Quanto ao O<sub>3</sub>, percebe-se um problema que merece especial atenção por não terem sido observados avanços contundentes no controle desse poluente nos últimos 22 anos. Podemos inferir que efeitos positivos podem surtir de ações para reduzir as emissões de NOx e COV na cidade, que também são parcialmente associados às fontes móveis, majoritariamente os automóveis no caso dos COV. Para atacar o problema, é necessário um claro diagnóstico do complexo fenômeno de ocorrência do poluente na cidade, que pode inclusive receber a influência da poluição gerada em distantes localidades.

Esta nota também ilustra a importância de se observar as novas diretrizes globais de qualidade do ar publicadas pela OMS em 2021 a fim de proteger a saúde dos brasileiros. O último relatório de "Classificação de Municípios do Estado de São Paulo relativa à qualidade do ar observada" (CETESB, 2019), que avalia as concentrações de MP,  $\rm O_3$ ,  $\rm SO_2$  e  $\rm NO_2$  medidas entre 2015 e 2018, aponta que, no município de São Paulo, os padrões estaduais de qualidade do ar foram atendidos para os poluentes  $\rm NO_2$  e  $\rm SO_2$ , mas não para outros poluentes como o MP e o  $\rm O_3$ . Como visto nesta nota, considerando os valores atualizados das diretrizes de qualidade do ar da OMS (DQA), ainda não adotados formalmente pela regulação brasileira, também as concentrações de  $\rm NO_2$  estão acima dos níveis seguros.

A análise da poluição no município de São Paulo sob o enquadramento das novas DQA, ou seja, do ponto de vista do mais atual conhecimento sobre a proteção da saúde pública, evidenciam um alerta mais contundente para controlar as emissões de MP e a formação do O<sub>3</sub> a nível troposférico, bem como uma nova preocupação para com as concentrações de NO<sub>2</sub>. Essa preocupação pode ser extrapolada para todo o Brasil, que, além de atualizar os padrões finais de qualidade do ar, deve criar as condições para uma efetiva gestão da qualidade do ar, permitindo a verificação e o progresso faseado nas metas da qualidade do ar. Primeiramente, isso passa pela implantação e o funcionamento confiável de uma rede de monitoramento de qualidade do ar, destacando-se que hoje há monitoramento da qualidade do ar em apenas 10 estados brasileiros e no Distrito Federal. Em segundo lugar, é necessário colocar em prática medidas efetivas que levem à redução das emissões a partir de planos e programas de controle.

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Os padrões nacionais (intermediários e finais) estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/2018 (BRASIL, 2018) são iguais aos padrões paulistas (intermediários e finais) estabelecidos pelo Decreto Estadual 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), exceto para o valor de curto prazo (média 24 horas) para o poluente dióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>). Em São Paulo, tal valor é mais restritivo para os padrões intermediários 1 e 2.

### Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis. 2022. [Base de dados eletrônicos (portal)]. Disponível em: <a href="https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dadosabertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis">https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dadosabertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis</a>. Acesso em: 25 de abr de 2022.

BRASIL. CONAMA. Resolução CONAMA no 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre qualidade do ar. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 nov. 2018. Seção 1, p. 155-156. Disponível em: <a href="https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603">https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603</a>. Acesso em: 14 de abr de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Guia técnico para o monitoramento e avaliação da qualidade do ar / Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos. – Brasília, DF: MMA, 2020.Disponível em: <a href="https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/mma-guia-tecnico-qualidade-do-ar-pdf">https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/mma-guia-tecnico-qualidade-do-ar-pdf</a>>. Acesso em: 26 de abr de 2022.

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. 2016a. Disponível em: <a href="https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Relat%C3%B3rio-Classifica%C3%A7%C3%A3o\_TerceiraEtapa.pdf">https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Relat%C3%B3rio-Classifica%C3%A7%C3%A3o\_TerceiraEtapa.pdf</a>. Acesso em 21 de mar de 2022.

CETESB. QUALAR – Sistema de divulgação dos dados do monitoramento da qualidade do ar e meteorologia. São Paulo, 2016b. [Base de dados eletrônicos (portal)]. Disponível em: <a href="https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/home.do">https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/home.do</a>. Acesso em: 30 de mar de 2022.

CETESB. Classificação de Municípios do Estado de São Paulo relativa à qualidade do ar observada. São Paulo, 2019. Disponível em: <a href="https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/">https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/10/</a> Classifica%C3%A7%C3%A3o-dos-Municipios-2019.pdf>. Acesso em: 21 de mar de 2022.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2020. São Paulo, 2021a (Série Relatórios). Disponível em: <a href="https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/05/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf">https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/05/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf</a>. Acesso em: 21 de mar de 2022.

CETESB. Estudo técnico para avaliar e propor prazo para o início da vigência da meta intermediária etapa 2 (MI2) de acordo com o artigo 8º do decreto estadual nº 59.113/2013. 2021b. Disponível em:<a href="https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/12/Estudo-Tecnico-para-viabilizar-a-Etapa-MI2-.pdf">https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/12/Estudo-Tecnico-para-viabilizar-a-Etapa-MI2-.pdf</a>>. Acesso em: 8 de abr de 2022.

CETESB. Mapa da qualidade do ar. São Paulo. 2022. Disponível em:<a href="https://servicos.cetesb.sp.gov.br/qa/">https://servicos.cetesb.sp.gov.br/qa/</a>. Acesso em: 08 de abr de 2022.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html#:~:text=Artigo%20 2%C2%BA%20%2D%20A%20administra%C3%A7%C3%A3o%20 da,exig%C3%AAncias%20complementares%20efetuadas%20pela%20 CETESB>. Acesso em: 12 de abr de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) (2010). Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, IBGE. Disponível em: <a href="http://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve">http://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve</a>. Acesso em: 25 de abr de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores: Proconve Disponível em:

<a href="http://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>.Acesso em: 05 de abr de 2022.">de abr de 2022.</a>

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). Plataforma da Qualidade do Ar. Disponível em: <qualidadedoar.org.br>. Acesso em: 12 de abr de 2022.

OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. Diretrizes de qualidade global do ar da OMS: partículas inaláveis (MP, e MP), o dióxido de enxofre e monóxido de carbono. Resumo executivo. 2021. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <a href="https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54963/9789275724613\_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y>">https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/54963/9789275724613\_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

SÃO PAULO (Estado). Deliberação do CONSEMA 4/2021. Convalida o Estudo Técnico da CETESB para avaliação e proposta de início de vigência da Meta Intermediária Etapa 2 (MI2). Disponível em: <a href="https://smastr16.blob.core.windows.net/consema/sites/15/2021/05/del-04\_2021-meta-intermediaria-etapa-2-mi2.pdf>.Acesso em: 7 de abril de 2022.">https://smastr16.blob.core.windows.net/consema/sites/15/2021/05/del-04\_2021-meta-intermediaria-etapa-2-mi2.pdf>.Acesso em: 7 de abril de 2022.</a>

SÃO PAULO (Município). Lei n.º 14.933, de 5 de junho de 2009. Institui a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo. Diário Oficial do Município de São Paulo, São Paulo, O6 jun. 2009. Disponível em: <a href="http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-14933-de-05-de-junho-de-2009">http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-14933-de-05-de-junho-de-2009</a>. Acesso em 14 de abr de 2022.

SÃO PAULO (Município). LEI Nº 16.802, de 17 de janeiro de 2018. Dispõe sobre o uso de fontes motrizes de energia menos poluentes e menos geradoras de gases do efeito estufa na frota de transporte coletivo urbano do Município de São Paulo e dá outras providências. Disponível em: <a href="http://documentacao.camara.sp.gov.br/iah/fulltext/leis/L16802.pdf">http://documentacao.camara.sp.gov.br/iah/fulltext/leis/L16802.pdf</a>>. Acesso em: 12 de abr de 2022.

SÃO PAULO (Município). PlanMob/SP 2015: Plano de Mobilidade de São Paulo. São Paulo, 2015. p. 33-35. Disponível em: https://www. prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/planmobsp\_ v072\_1455546429.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2022.

SENAGA, M. QUALAR – um novo sistema de informações que facilita as consultas sobre qualidade do ar. CETESB, 2009. Disponível em: <a href="https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2017/07/QUALAR-um-novo-sistema-de-informa%C3%A7%C3%B5es-que-facilita-as-consultas-sobre-qualidade-do-ar.pdf">https://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2017/07/QUALAR-um-novo-sistema-de-informa%C3%A7%C3%B5es-que-facilita-as-consultas-sobre-qualidade-do-ar.pdf</a>>. Acesso em: 26 de abr de 2022.

WHO. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2. 5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. 2021. Disponivel em: <a href="https://apps.who.int/iris/bitstream/hand">https://apps.who.int/iris/bitstream/hand</a> le/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 07 de abr de 2022.

WHO. World Health Organization. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. 2006. Disponível em:<a href="https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477">https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477</a>>. Acesso em: 07 de abr de 2022.

#### **Autores**

David Shiling Tsai Helen Sousa

#### Revisão

André Luis Ferreira Felipe Barcellos e Silva Isis Nóbile Diniz

#### Projeto gráfico

Cyntia Fonseca









