

Inspirando a mobilidade urbana que salva vidas pela melhoria do ar que respiramos

Apresentação

A poluição do ar é um problema controlável e evitável, mas que ainda é bastante negligenciado, impactando negativamente a saúde e o bem-estar da população. Estima-se que, a cada ano, cerca de 6,7 milhões de pessoas morrem em decorrência da poluição do ar, sendo esta a quarta maior causa de mortes precoces no planeta.

A má qualidade do ar afeta gravemente a saúde das pessoas em todas as etapas de suas vidas, causando uma série de doenças e complicações. Estudos mostram que mais de 90% da população mundial, em 2019, respirou um ar com concentrações de material particulado ($PM_{2,5}$) que excedem as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS).

Nas cidades brasileiras, onde vive mais de 85% da população, há um grande potencial para reduzir as emissões do transporte, uma das principais fontes de poluentes nocivos à saúde. Para explorar essas potencialidades, deve-se implementar políticas públicas que incentivem o transporte público, desincentivem os modos de transporte individuais motorizados, promovam combustíveis e tecnologias veiculares de baixo carbono e estimulem o transporte ativo (caminhada ou bicicleta). Essas ações melhoram a qualidade do ar, aumentam a segurança no trânsito e estimulam a prática de atividades físicas, revelando a convergência entre as agendas de saúde e mobilidade sustentável.

Além de impactar negativamente a saúde, as principais fontes de emissão de poluentes também são responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa que causam a mudança climática. Assim, acelerar a melhoria da qualidade do ar é, ao mesmo tempo, uma oportunidade de mitigar o aquecimento do planeta. A saúde deve ser, portanto, um elemento central das políticas públicas, garantindo a urgência necessária de ações que visam a qualidade de vida e o futuro da população.

Estruturado em três seções, este documento foi desenvolvido para apresentar aos gestores públicos evidências e experiências e, assim, inspirar a implementação de políticas de mobilidade urbana que salvam vidas pela melhoria do ar que respiramos. A primeira parte contém evidências sobre os efeitos da má qualidade do ar na saúde e os impactos das emissões dos transportes. A segunda seção elenca experiências brasileiras de adoção de medidas de mobilidade urbana que melhoram a qualidade do ar e estratégias bem-sucedidas para o monitoramento e a comunicação sobre o tema. A terceira parte contém recomendações de políticas a serem adotadas na esfera municipal.

O objetivo geral desse documento é oferecer aos tomadores de decisão as evidências necessárias para comunicar a implementação de políticas de transporte, que às vezes são impopulares, mas muito importantes para melhorar a saúde coletiva.

Sumário

- 03 Introdução**
- 04 Evidências – impactos da mobilidade urbana na qualidade do ar e na saúde**
- 14 Experiências – casos de medidas que promovem a qualidade do ar e a saúde**
- 17 Ações recomendadas para melhorar a qualidade do ar**
- 19 Referências**

Vital Strategies

Rua São Bento, 470, Cj. 104 - Centro

CEP: 01010-010 São Paulo – SP Brasil

www.vitalstrategies.org



Sobre esse documento

Este documento foi elaborado pela Vital Strategies com apoio do Instituto Clima e Sociedade. Hannah Machado e Sumi Mehta, da Vital Strategies, coordenaram o desenvolvimento deste relatório. Bianca Macêdo desenvolveu a pesquisa e o conteúdo, enquanto Amanda Corradi foi responsável pela escrita do documento. A revisão gramatical foi realizada por Richard Sanches e Luiza Borges. A diagramação foi feita por Coletivo Bicho e Allan Cerqueira de Brito.

Sugestão de citação

Vital Strategies. Inspirando a mobilidade urbana que salva vidas pela melhoria do ar que respiramos. São Paulo, Brasil; 2021. Disponível em: <https://www.vitalstrategies.org/resources/inspirando-a-mobilidade-urbana-que-salva-vidas-pela-melhoria-do-ar-que-respiramos/>



Introdução

A poluição do ar é um problema controlável e evitável, mas que ainda é bastante negligenciado, impactando negativamente a saúde e o bem-estar da população. Estima-se que, a cada ano, cerca de 6,7 milhões de pessoas morrem em decorrência da poluição do ar, sendo esta a quarta maior causa de mortes precoces no planeta¹.

A má qualidade do ar afeta gravemente a saúde das pessoas em todas as etapas de suas vidas, causando uma série de doenças e complicações. Ela é responsável por 40% das mortes globais por doença pulmonar obstrutiva crônica, 26% das mortes por AVC, 20% das mortes por diabetes, 20% das mortes por doença isquêmica do coração e 19% das mortes por câncer de pulmão¹.

Estima-se que mais de 90% da população mundial, em 2019, respirou um ar com concentrações de material particulado (PM_{2,5}) que excedem as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS). A poluição atmosférica se intensifica, cada vez mais, em países em desenvolvimento, sendo as populações da Ásia e da África as que concentram as maiores taxas de mortalidade causadas pela poluição¹.

Para muitos governos municipais de países de renda baixa e média, a complexidade e o custo de compreender e controlar a poluição atmosférica têm sido barreiras para adotar ou apoiar ações efetivas em prol do ar limpo. O guia *Acelerando Melhorias da Qualidade do Ar nas Cidades*² traz uma abordagem para construir e lançar ações que visam a melhoria da qualidade do ar, com métodos e atividades adequadas, e levando em consideração a capacidade local, que é classificada em quatro fases:

1. Limitada ou inexistente
2. Básica – suficiente para dar suporte a ações iniciais
3. Ampla – capaz de sustentar ações continuadas
4. Avançada – com capacidade maior que diversas cidades de países de alta renda

Para cada fase, o guia *Acelerando Melhorias da Qualidade do Ar nas Cidades* traz possíveis inovações em quatro eixos:



Fonte: Vital Strategies: *Acelerando Melhorias da Qualidade do Ar nas Cidades*, 2020.

Evidências – impactos da mobilidade urbana na qualidade do ar e na saúde

Panorama da qualidade do ar

A poluição do ar consiste na introdução na atmosfera de substâncias, provenientes de atividades humanas ou da própria natureza, que são nocivas à saúde humana e ao meio ambiente. Em áreas urbanas, suas principais fontes são as queimas de combustíveis fósseis para produção de energia, transporte, cozinha, aquecimento e incineração de resíduos. O nível de poluição atmosférica é medido pela concentração de substâncias poluentes presentes no ar^{3,4}.

Os poluentes atmosféricos podem ser emitidos diretamente na atmosfera a partir de fontes de poluição (são chamados, nesse caso, de poluentes primários) ou podem ser formados por reações químicas na atmosfera, a partir da interação do meio com o poluente primário (poluentes secundários). O quadro abaixo apresenta os principais poluentes nocivos à saúde.

O dióxido de carbono (CO₂), o carbono negro, metano, entre outros, são considerados “poluentes climáticos” por serem os principais causadores do aquecimento global. Suas principais fontes de emissão são as mesmas dos poluentes nocivos à saúde, o que aponta para uma sinergia de ações de qualidade do ar e de mitigação da crise climática³.

A conexão entre a qualidade do ar e o clima tem sido subutilizada até o momento, em parte porque a comunicação dos benefícios climáticos enfoca, com frequência, a prevenção de enormes danos planetários no futuro. No entanto, o argumento da saúde pode contribuir muito para a redução de emissões, pois, com as mesmas medidas, é possível salvar a vida de milhões de pessoas – no curto prazo, por meio da melhoria da qualidade do ar, e, no longo prazo, por meio da mitigação das mudanças climáticas.

Principais poluentes atmosféricos

• **PM – Material Particulado:** indicador mais importante usado para poluentes prejudiciais à saúde. Partículas muito finas de sólidos ou líquidos suspensas no ar, altamente danosas à saúde por penetrarem profundamente no sistema respiratório. São classificadas de acordo com o seu tamanho: PM₁₀ e PM_{2,5} para partículas com diâmetro equivalente inferior a 10 µm (micrômetro) e 2,5 µm, respectivamente. Suas principais fontes de emissão são veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros. Partículas finas secundárias são formadas como resultado de reações químicas no ar a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão.

• **SO₂ – Dióxido de Enxofre:** gás tóxico e incolor cuja oxidação forma a chuva ácida e pode reagir com outros compostos para formar PM secundário. Suas principais fontes de emissão são as queimas de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial, gasolina ou vulcões.

• **NO₂ – Dióxido de Nitrogênio:** indicador-chave para a poluição relacionada ao trânsito. Gás altamente oxidante e um dos responsáveis pela formação do ozônio troposférico. Suas principais fontes de emissão são processos de combustão de veículos ou fontes

fixas, além de fontes naturais, como vulcanismos, ações bacterianas e descargas elétricas.

• **CO – Monóxido de Carbono:** é um gás incolor e inodoro, que pode ser oxidado e se tornar CO₂. Suas principais fontes de emissão são as queimas de combustíveis fósseis por veículos, processos industriais, a queima residencial de madeira para aquecimento e os incêndios florestais.

• **COV – Compostos Orgânicos Voláteis:** produtos químicos orgânicos que evaporam facilmente à temperatura ambiente, como o metano, o benzeno, o xileno, o propano e o butano. À luz do sol, sofrem reações fotoquímicas que podem produzir ozônio, um gás altamente reativo. Suas principais fontes de emissão são veículos, indústrias e processos de estocagem de combustível.

• **O₃ – Ozônio:** formado a partir de óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs) na presença de luz solar. É um dos principais compostos do *smog* fotoquímico. Além de prejuízos à saúde, o ozônio pode causar danos à vegetação. O ozônio encontrado próximo do solo, onde respiramos, chamado de “mau ozônio”, é tóxico. Entretanto, na estratosfera (cerca de 25 km de altitude), o ozônio tem a importante função de proteger a Terra, como um filtro, dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol.

Padrões Conama x OMS

Os padrões de qualidade do ar fazem parte de regulamentos que estabelecem valores de concentração de determinados poluentes na atmosfera, que, se ultrapassados, poderão afetar a saúde da população.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda limites máximos para a concentração de poluentes no ar, porém, as leis que regem esses padrões variam de país para país. No Brasil, por exemplo, a regulamentação desses limites é feita pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama)⁵.

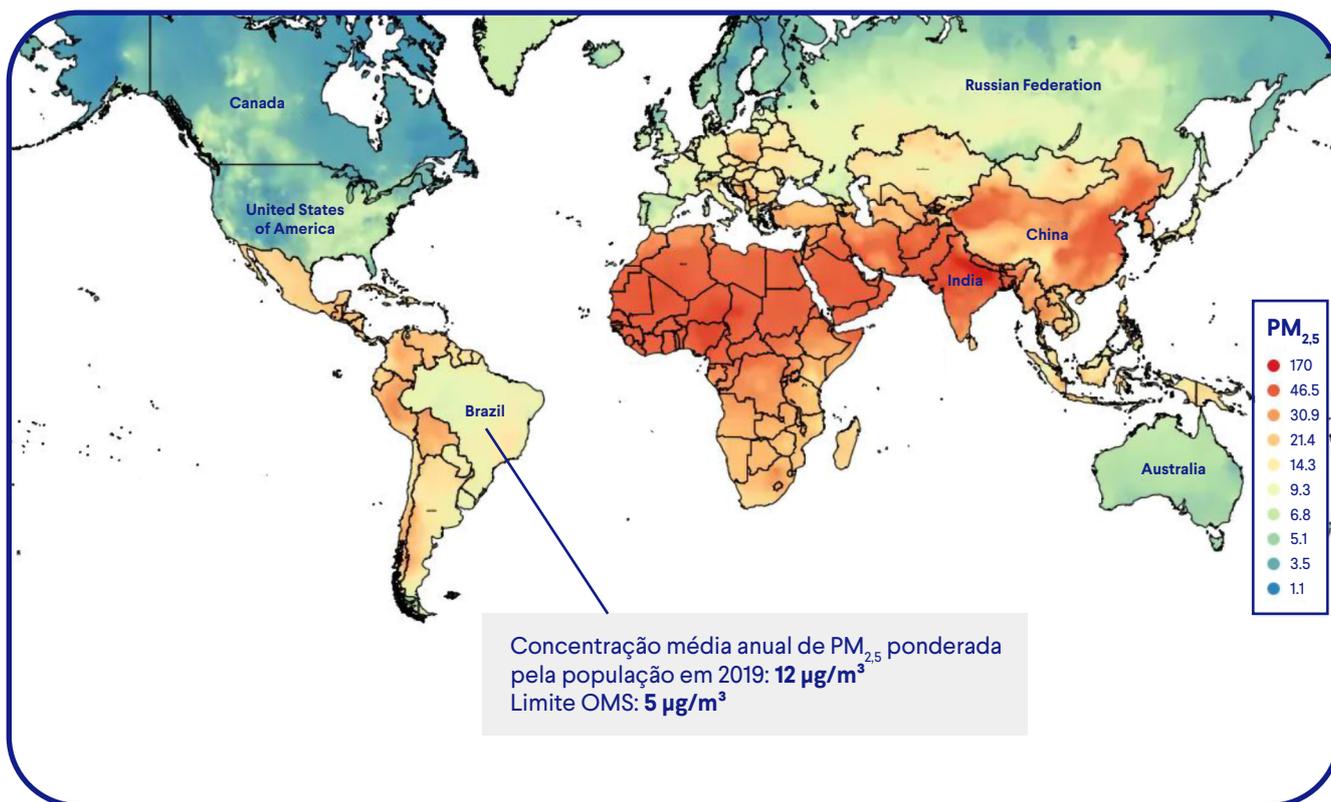
A atual resolução nacional é bastante permissiva, uma vez que aceita limites consideravelmente maiores que os estabelecidos pela OMS. Os altos limites brasileiros podem gerar uma falsa sensação de boa qualidade do ar, uma vez que os índices de poluentes atmosféricos não extrapolam os padrões nacionais. Mas, na verdade, estamos aceitando respirar um ar muito mais nocivo à saúde do que recomenda a OMS.

Com relação à exposição ao $PM_{2,5}$, estima-se que 81% dos brasileiros estejam expostos ao poluente em concentrações acima do limite estipulado pela OMS¹. No período entre 2010 e 2019, houve uma redução de 2% no número de mortes no país atribuídas a esse componente. Isso coincide com uma redução na concentração de $PM_{2,5}$ entre os anos 2010 e 2015, quando, então, se estagnou até 2019.

Em 2021, as Diretrizes de Qualidade do Ar da OMS estabelecem novos e mais rigorosos limites para os poluentes atmosféricos. As novas diretrizes incentivam os governos a fazer progressos contínuos para um ar limpo. Mesmo melhorias incrementais terão benefícios mensuráveis para a saúde, tanto em áreas com altos níveis de poluição do ar quanto em locais onde já foram feitos progressos substanciais.

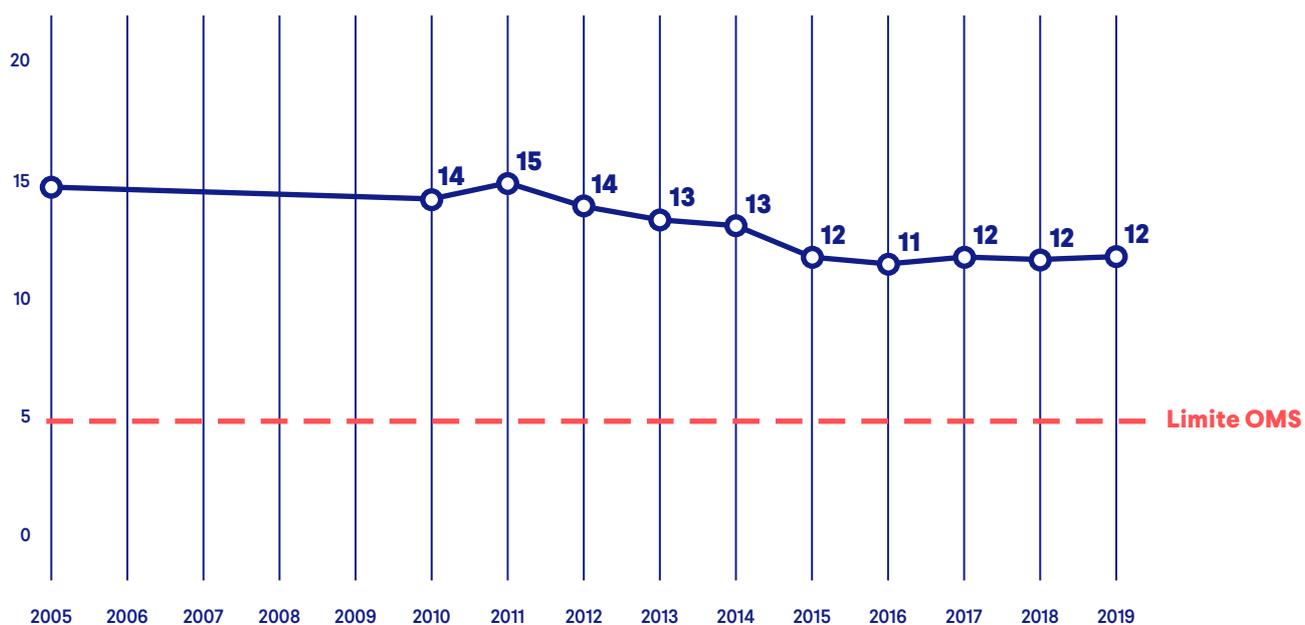
		CONAMA	OMS	
PM_{10}	24 horas	120	45	2,7x
	Anual	40	15	2,7x
$PM_{2,5}$	24 horas	60	15	4,0x
	Anual	20	5	4,0x
O_3	8 horas Máxima média móvel obtida no dia	140	100	1,4x
NO_2	Anual	60	10	6,0x
SO_2	24 horas	125	40	3,13x

Os padrões de qualidade do ar do Conama na tabela correspondem à fase atual (PI 1) das quatro fases previstas (PI 1, PI 2, PI 3 e PF) até alcançar os limites da OMS. A fase PI 1 se iniciou em 2018, e as demais ainda não têm data definida para começar. Fonte: Resolução Conama nº 491 e OMS, 2021.



Fonte: Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020. Dados: Global Burden of Disease Study 2019. IHME, 2020.

Evolução anual da média da concentração de $PM_{2.5}$ ponderada pela população (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Fonte: Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020. Dados: Global Burden of Disease Study 2019. IHME, 2020.

Status do monitoramento no Brasil

O Brasil ainda precisa avançar muito no desenvolvimento de um programa abrangente de monitoramento, inventários de poluentes, modelagem e previsão de qualidade do ar.

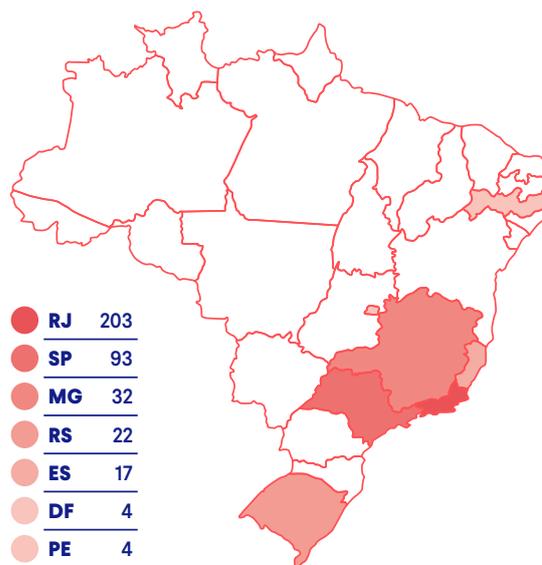
O Conama instituiu, em 1989, o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (Pronar), que determina a criação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar. Também se vislumbrou a criação de um Inventário Nacional de Fontes e Emissões, com o objetivo de desenvolver metodologias para o cadastramento e para a estimativa de emissões e o processamento de dados referentes às fontes de poluição do ar. O Ibama foi designado responsável pelo gerenciamento do programa e pela coordenação junto aos órgãos da administração pública e entidades privadas nos níveis federal, estadual e municipal, com o intuito de manter um canal permanente de comunicação.

Em 1990, foi publicada a primeira resolução que estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar e a responsabilidade dos estados no monitoramento de seus respectivos territórios. Em 2018, houve uma revisão deste dispositivo, o que resultou na resolução vigente.

Em 2019, trinta anos depois da criação do Pronar, um estudo do Instituto Saúde e Sustentabilidade revelou que apenas sete unidades federativas realizam o monitoramento da qualidade do ar, sendo elas: Distrito Federal e os estados do Espírito Santo, de Minas Gerais, de Pernambuco, do Rio de Janeiro, do Rio Grande do Sul e de São Paulo. Ao todo, são 375 estações de monitoramento do ar, com as seguintes características⁶:

- 85% delas estão ativas
- 93% estão no Sudeste
- 56% estão em regiões metropolitanas
- 48% são privadas
- 60% são automáticas
- 98% são fixas

O PM_{10} (que pode servir de proxy para estimar, a partir de fatores de conversão, a concentração de $PM_{2,5}$) é monitorado por cerca de 50% das estações. Já o $PM_{2,5}$, poluente cuja redução é mais importante, é cada vez mais monitorado, chegando a 20% das estações em 2019 (todas no Sudeste).



Fonte: Instituto Saúde e Sustentabilidade: Análise do monitoramento de qualidade do ar no Brasil, 2019.

O panorama das fontes emissoras de poluentes e dos impactos da qualidade do ar é amplo e abrange diversos aspectos. As principais fontes primárias de emissão de material particulado são as queimadas e os setores da indústria e da energia, com destaque para o subsetor de transporte. Os próximos capítulos deste documento têm como foco as emissões causadas pela mobilidade e seus impactos na saúde pública



Impactos da poluição do ar na saúde

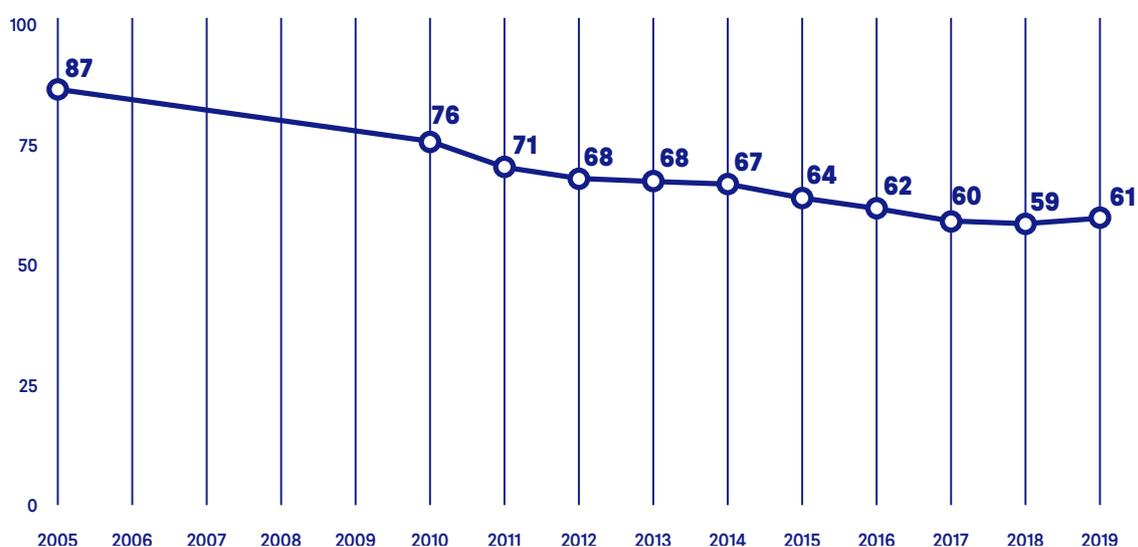
A poluição atmosférica representa um grande risco à saúde humana e pode afetar a população em diferentes níveis, a depender da toxicidade do poluente e dos graus de exposição, suscetibilidade e vulnerabilidade do indivíduo.

A morte precoce é a consequência mais grave da exposição aos poluentes. Porém, uma quantidade ainda maior de pessoas sofre danos que interferem consideravelmente

em sua saúde, qualidade de vida e bem-estar.

No Brasil, em 2019, 61 mil pessoas perderam a vida em decorrência da poluição atmosférica¹. Ao analisar a série histórica, é possível observar que, entre 2005 e 2017, o número de mortes causadas pela poluição do ar caiu ano após ano. Desde então, até 2019, esse número se manteve estagnado.

Evolução anual do número de mortes no Brasil por poluição do ar em mil mortes



Fonte: Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020. Dados: Global Burden of Disease Study 2019. IHME, 2020.



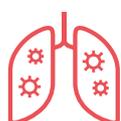
40% das mortes por **doença pulmonar obstrutiva crônica**



20% das mortes por **doença isquêmica do coração**



20% das mortes por **diabetes**



30% das mortes por **infecção respiratória aguda**



19% das mortes por **câncer do pulmão**



26% das mortes por **AVC**

Com relação aos impactos diretos na saúde humana, a poluição pode causar danos agudos – que em geral se manifestam por sintomas respiratórios ou cardíacos – ou crônicos, afetando potencialmente todos os órgãos do corpo. Ela pode, ainda, causar, complicar ou agravar muitas condições adversas de saúde. Os danos podem ser causados de forma direta, pela toxicidade das partículas que acessam os órgãos, ou indireta, por meio de processos inflamatórios sistêmicos.

Os danos causados pela poluição do ar afetam a saúde humana em todas as fases da vida. Durante a gestação, a exposição ao ar poluído prejudica o desenvolvimento dos bebês e está associada ao baixo peso ao nascer, ao aumento do risco de parto prematuro, às mortes neonatais (respondendo por 20% das mortes neonatais globais), às mortes pós-neonatais e aos óbitos fetais.^{1,3}

Fonte: Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020.

As exposições precoces durante a gravidez – pré-natais e pós-natais – podem prejudicar o desenvolvimento do bebê e o predispor a outros desfechos negativos na vida adulta, tais como doenças cardiovasculares (hipertensão e doença coronariana), respiratórias e crônicas, obesidade, diabetes e câncer.

(Schwartz, 2004; OMS, 2018)

Numerosos estudos mostram associações significativas entre a exposição ao ar poluído e efeitos adversos durante a gestação, especialmente aos poluentes MP, SO₂, NO₂, O₃ e CO. Particularmente o MP_{2,5} está associado ao baixo peso ao nascer e o ar poluído externo, por si só, está associado ao nascimento prematuro.

(OMS, 2018)



Prematuridade

Zhao *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2013

Baixo peso ao nascer

Gouveia *et al.*, 2004; Medeiros e Gouveia, 2005; Junger e Leon, 2007; Nascimento e Moreira, 2009; Romão *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2014

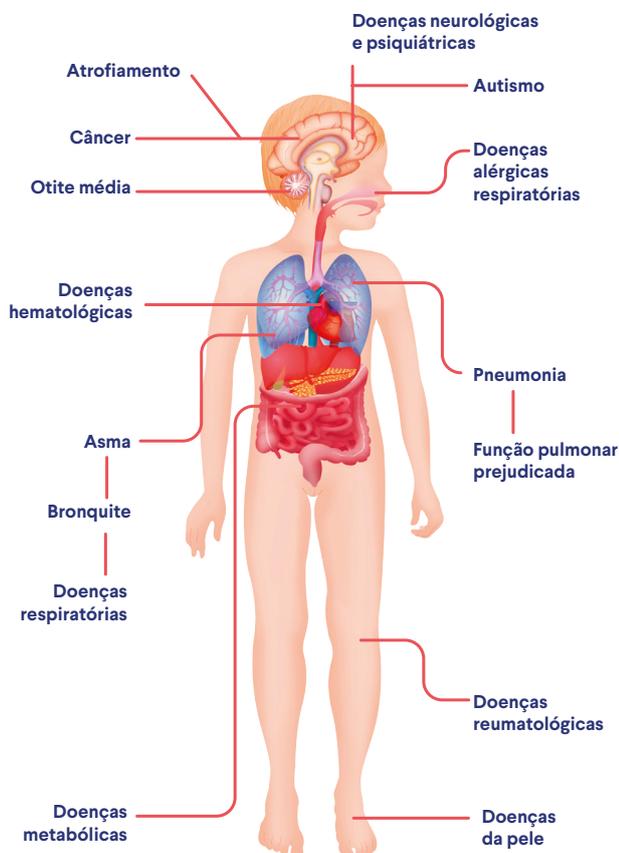
Óbito neonatal e pós-neonatal

Lin *et al.*, 2004; Nishioka *et al.*, 2014

Óbito fetal

Pereira *et al.*, 1998; Nishioka *et al.*, 2000

Fonte: O estado da qualidade do ar no Brasil, 2020 e Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020.



Fonte: O estado da qualidade do ar no Brasil, 2020.

A exposição, pré e pós-natal, à poluição do ar também pode afetar negativamente o desenvolvimento neurológico, piorar os resultados de testes cognitivos e influenciar no desenvolvimento de doenças comportamentais. Além disso, há evidências de que a exposição a poluentes pode afetar negativamente o desenvolvimento mental e motor das crianças e aumentar o risco de doenças pulmonares, como asma, e de desenvolvimento de câncer infantil⁴.

As crianças fazem parte do grupo de pessoas mais vulneráveis aos impactos da poluição do ar na saúde. O pulmão delas ainda está em desenvolvimento e elas respiram mais ar por quilograma do que os adultos, além de estarem mais próximas ao chão, onde se acumulam mais poluentes³.

Estima-se que, no planeta, cerca de 2 bilhões de crianças vivem em áreas com níveis de poluição acima dos estabelecidos pela OMS e que aproximadamente 570 mil crianças com menos de 5 anos morrem, todos os anos, em decorrência de infecções e doenças atribuídas à exposição a poluentes do ar¹².

A poluição atmosférica também aumenta a probabilidade de crianças sofrerem efeitos adversos enquanto amadurecem e durante a fase adulta. A exposição à poluição do ar no início da vida pode prejudicar o desenvolvimento pulmonar, reduzir a função pulmonar e aumentar o risco de doença pulmonar crônica na vida adulta⁴.

Impacto da poluição do ar em diferentes estágios de vida



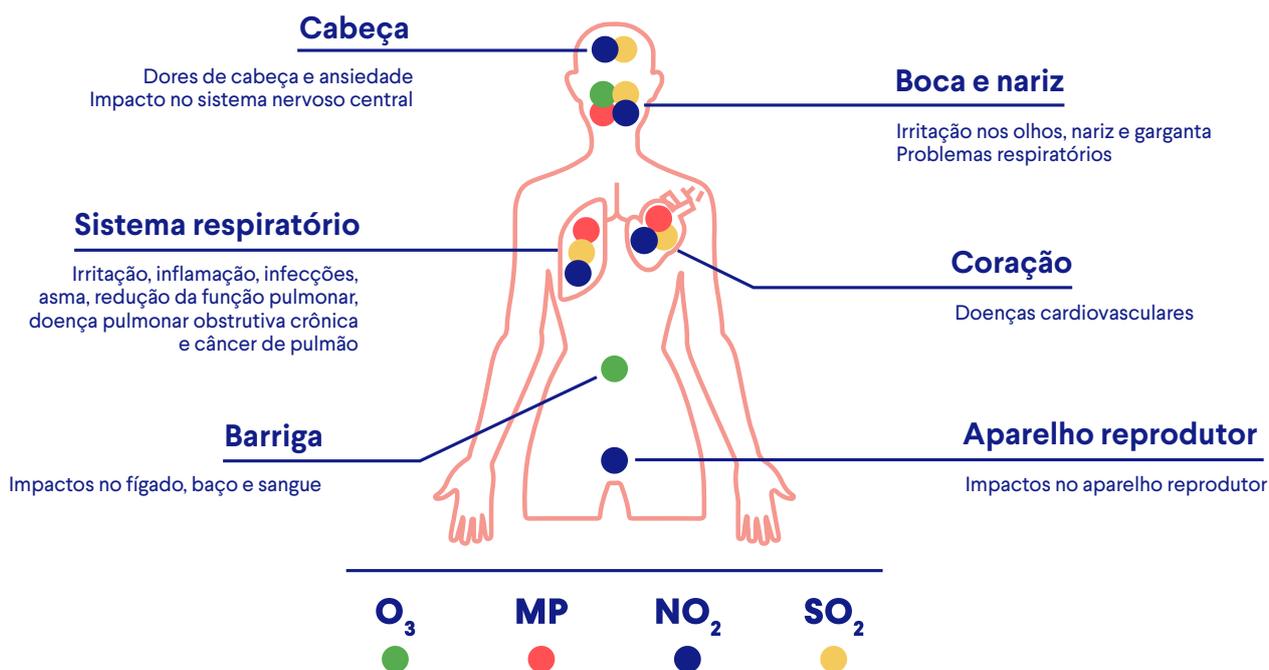
Fonte: Organização Pan-Americana da Saúde: Poluição do Ar e Saúde Infantil: Prescrevendo Ar Puro. 2019.

A inalação de material particulado pode causar desconforto respiratório e cardíaco, chegando a demandar, em determinados casos, atendimento de emergência. Além disso, pode causar ou agravar doenças como asma, câncer de pulmão, diabetes, demência e até problemas de fertilidade. Quanto menor a partícula, mais fundo nos pulmões ela pode penetrar, levando junto com ela os compostos químicos dos quais é composta^{10,11}.

Os impactos da mortalidade precoce e das doenças decorrentes da poluição do ar refletem em custos econômicos. Estima-se que o custo da mortalidade

atribuída a material particulado em seis regiões metropolitanas no Brasil (onde vivem 23% da população) seja de R\$ 6,4 bilhões por ano em perda de produtividade, além de um custo de R\$ 15,9 milhões anuais referentes a cerca de 8.600 internações no SUS⁷.

Além dos custos relacionados diretamente aos cuidados com a saúde pública e à morte prematura, há ainda o impacto negativo da poluição atmosférica no mercado de trabalho, na perda de produção agrícola e nas limitações para a aquisição de habilidades cognitivas relevantes para a educação³.



Fonte: WRI Brasil: Qual o impacto da poluição do ar na saúde?, 2018.

Estudos em cidades brasileiras mostram que uma redução de 5 µg/m³ na concentração de PM_{2,5} gera uma considerável economia de recursos, graças à redução do número anual de casos e consequente aumento da expectativa de vida da população. Para a cidade de Fortaleza, a economia de recursos está estimada em 781 milhões de dólares e, para São Paulo, esse valor se aproxima dos 5 bilhões de dólares^{8,9}.

Os impactos da poluição do ar também apresentam variações de acordo com o status econômico. Em São

Paulo, pessoas de baixa renda, moradores de favelas e indivíduos com baixa escolaridade sofrem maiores efeitos de mortalidade por PM₁₀. A baixa escolaridade também tem relação com maiores efeitos de mortalidade por NO₂, SO₂ e CO. A adequada avaliação da interação entre poluição do ar e status socioeconômico contribui para a discussão sobre justiça ambiental, que busca acabar com a distribuição desigual dos riscos ambientais, que afeta, ambiental e socialmente, a qualidade de vida^{13,14}.

Impactos da poluição do ar em São Paulo e Fortaleza

Cidade	Período	Poluente	Cenário	Número anual de casos evitados	Número anual de casos evitados por 100.000 hab.	Ganho de expectativa de vida (meses)	Anos de vida ganhos	Economia de Recursos (US\$)
Fortaleza	2015 a 2017	PM _{2,5}	Redução de longo prazo em 5µg/m ³	216,9	18,7	3,8	13.372,1	780.595.109
São Paulo	2009 a 2011			1.724,8	28,7	5,2	87.548,9	4.958.805.241

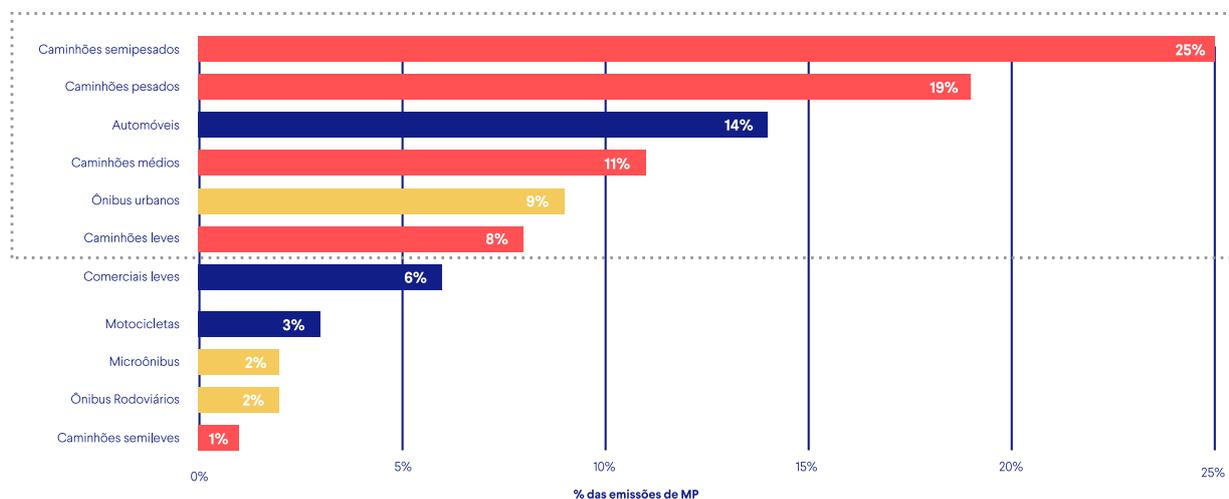
Fonte: 1) Rocha *et al.*: Health impact assessment of air pollution in the metropolitan region of Fortaleza, Ceará, Brazil, 2020. 2) Abe e El Khouri Miraglia: Health Impact Assessment of Air Pollution in São Paulo, Brazil, 2016.

Impactos da mobilidade urbana na qualidade do ar

O transporte rodoviário é o principal meio de deslocamento urbano. Em 2018, ele foi responsável por aproximadamente 63% dos deslocamentos em cidades com mais de 1 milhão de habitantes¹⁵. As emissões provocadas por veículos motorizados devem-se em

especial à sua fonte energética, como o diesel, que é usado por 43% da categoria rodoviária, e a gasolina, usada por 27%. Os principais veículos responsáveis pelas emissões de material particulado no Brasil são caminhões, automóveis e ônibus urbanos¹⁶.

Percentual das emissões totais de material particulado por categoria de veículo em 2012



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos automotores, 2013.

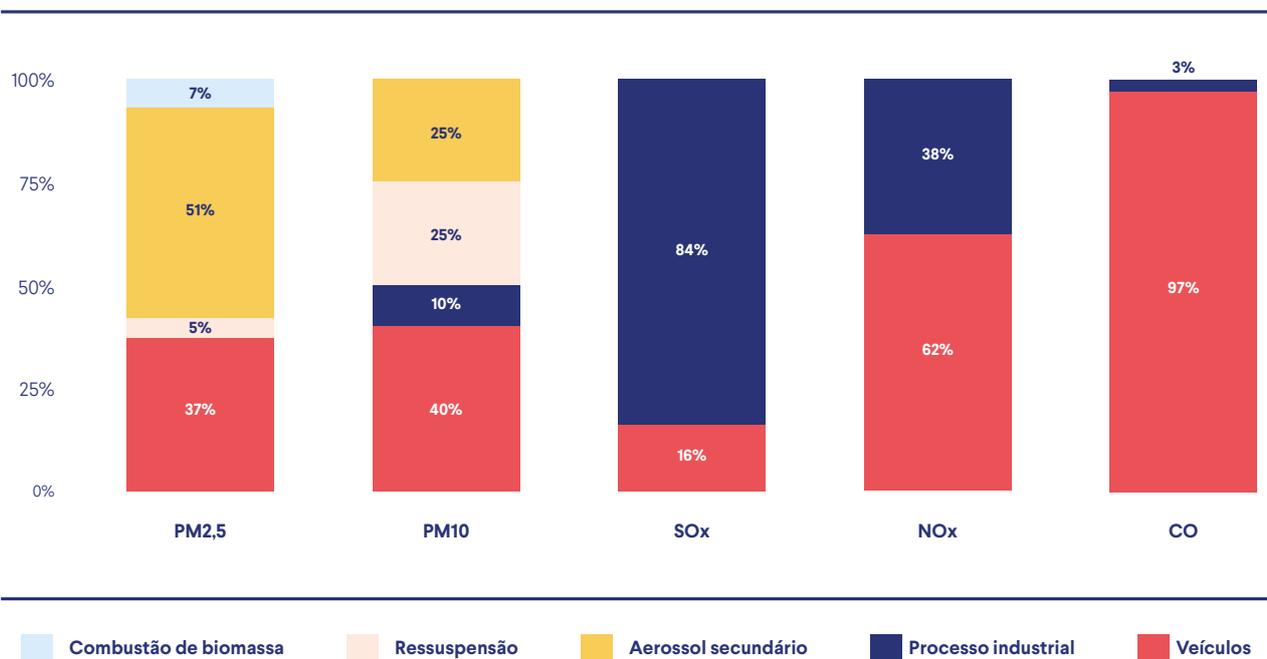
Os veículos motorizados são responsáveis por grande parte das emissões de poluentes nocivos à saúde no Brasil. Em São Paulo, por exemplo, representam 40% das emissões de PM₁₀ e 37% das emissões de PM_{2,5}¹⁷. É importante ressaltar, que além das emissões geradas pelo processo de combustão, outra fonte de poluição do ar é a ressuspensão do material depositado nas vias. Chamado de material particulado por desgaste, esse poluente é proveniente do desgaste de pneus, freios e pavimentos.

As medidas para reduzir as emissões de poluentes nos transportes passam por diversas ações, como a articulação do planejamento do uso e da ocupação do solo e a melhoria

dos sistemas viário e de transportes, mas vale destacar duas frentes principais: mudanças nas tecnologias veiculares e promoção do uso de modos ativos, como caminhada e bicicleta. Esta última, além de melhorar a qualidade do ar, também contribui para a saúde por meio da prática de exercício físico e da redução de mortes no trânsito.

Em pesquisa realizada pelo Instituto Clima e Sociedade (iCS), verificou-se que os brasileiros estão abertos a mudanças: 67% das pessoas entrevistadas se mostraram dispostas a trocar seus carros ou motos por alternativas de transporte menos poluentes¹⁸.

Emissões relativas por tipo de fonte em São Paulo



Fonte: Cetesb: Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 2019.

Medidas para reduzir a emissão de poluentes do transporte



Mudanças na tecnologia dos veículos



Promoção de modos ativos

Panorama sobre o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

No Brasil, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) tem como objetivo reduzir a emissão de poluentes atmosféricos por veículos leves e pesados vendidos no país. Esse programa define limites de emissão de poluentes em fases que se tornam mais restritivas com o passar dos anos, com base nos padrões de excelência europeus para emissões^{19,20}.

O mercado nacional de veículos pesados é dominado por uma grande maioria de montadoras europeias e a legislação de controle de emissões desses veículos baseia-se naquela desenvolvida na União Europeia. Lá, desde 2014, vigora o Padrão Euro VI, com limites de emissão mais

restritivos do que o Padrão Euro V. Em 2018, a Resolução do Conama nº 490 estabeleceu a fase P-8 do Proconve, que deve entrar em vigor em 2022 no Brasil. Neste ano, novos limites de emissão, mais restritivos, serão obrigatórios para modelos inéditos de veículos pesados. Em 2023, os novos limites serão obrigatórios para todos os modelos de veículos pesados²¹.

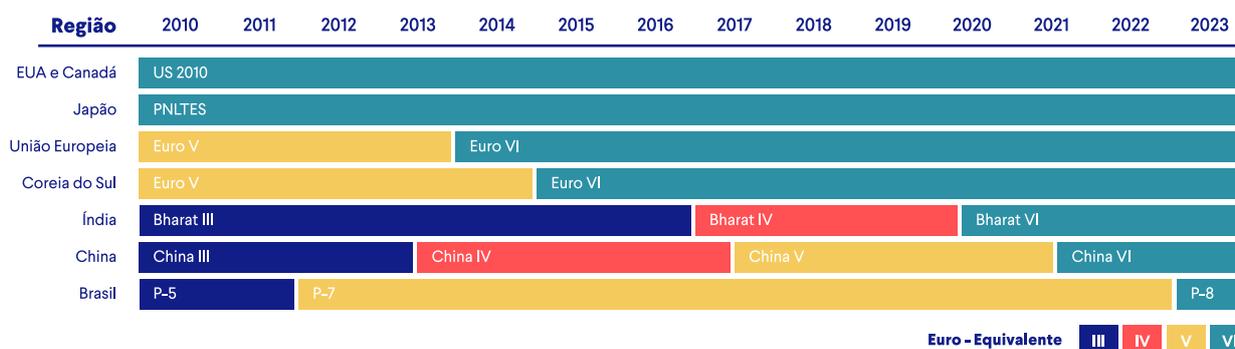
Dentre os oito maiores mercados automobilísticos do mundo, o Brasil será o último a implantar o padrão Euro VI (Proconve P-8). A implantação do Proconve P-8 tem uma relação custo-benefício de US\$ 11 em benefício à saúde x US\$ 1 de custo em tecnologia²².

Cronograma de implementação das normas do PROCONVE para veículos pesados

Norma	Resolução	Equivalente europeia	Data de implementação
PROCONVE P-1	CONAMA 18/1986	-	1987 (ônibus urbanos) 1989 (100%)
PROCONVE P-2	CONAMA 08/1993	Euro 0	1994 (80%) 1996 (100%)
PROCONVE P-3		Euro I	1994 (ônibus urbanos) 1996 (80%) 2000 (100%)
PROCONVE P-4		Euro II	1998 (ônibus urbanos) 2000 (80%) 2002 (100%)
PROCONVE P-5	CONAMA 315/2002	Euro III	2004 (ônibus urbanos) 2005 (micro-ônibus) 2005 (40%) 2006 (100%)
PROCONVE P-6	CONAMA 315/2002	Euro IV	Nunca implementada, pois o diesel com teor ultraabaixo de enxofre (ULSD) não estaria disponível. A P-5 permaneceu até 2011
PROCONVE P-7	CONAMA 403/2008	Euro V	2012
PROCONVE P-8	CONAMA 490/2018	Euro VI	2022 (homologações) 2023 (todas as vendas e registros)

Fonte: ICCT: Norma Proconve P-8 de Emissões no Brasil, 2019.

Cronograma para a adoção de padrões de emissão de veículos pesados (homologações e vendas)



Fonte: ICCT: A crise da Covid 19 não justifica o adiamento da adoção de limites de emissão mais rigorosos para os veículos no Brasil, 2020.

Experiências – casos de medidas que promovem a qualidade do ar e a saúde

Mudanças na tecnologia dos veículos

Uma das formas de melhorar a qualidade do ar é promover o uso de veículos zero emissão. Nesse sentido, os sistemas de ônibus urbanos são um dos principais alvos de medidas desse tipo, por estarem, em maior grau, sob controle/gestão do estado, sendo, portanto, um ambiente mais propício para o incentivo à mudança tecnológica. No Brasil, São Paulo é a cidade que mais adotou ônibus elétricos na frota do transporte público municipal.

Ônibus elétricos a bateria

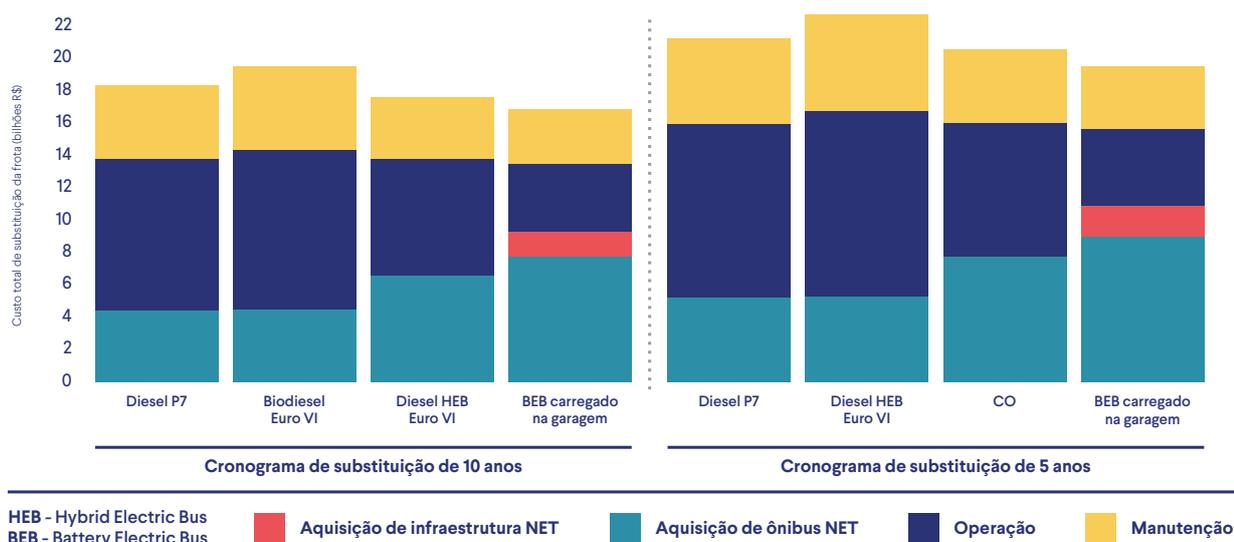
A cidade de São Paulo tem, em sua frota de ônibus, quinze veículos 100% elétricos a bateria. Estima-se que, entre novembro de 2019 e setembro de 2020, estes ônibus, que operam em uma única linha, pouparam 1,1 mil toneladas (1.155.451 kg) de CO₂. Sobre o consumo de combustível, no mesmo período, também foram economizados mais de 430 mil litros de óleo diesel. Além de não emitir poluentes, são veículos silenciosos, com autonomia entre 280 km e 300 km²³.

Trólebus

O Sistema Municipal de Trólebus de São Paulo é composto por uma frota de duzentos veículos. É o sistema com a maior frota e o mais antigo do Brasil, tendo sido inaugurado em 1949, o que demonstra a viabilidade do uso desse tipo de veículo no transporte público. Esse modelo de ônibus, alimentado por fiação elétrica, apesar do alto investimento inicial com aquisição e adequação da rede elétrica, se mostra viável no longo prazo. Isso porque, analisando o custo total, que leva em conta o custo de operação e de manutenção e a vida útil do veículo, esse meio se mostra mais econômico que os ônibus a diesel²³.

Um estudo aponta que ônibus híbridos e elétricos a bateria têm custos competitivos quando comparados aos ônibus a diesel P7 para a maioria dos tipos de veículos da frota da cidade de São Paulo²⁴.

Custo total de substituição da frota de ônibus de São Paulo para ônibus a diesel, ônibus elétricos híbridos a diesel (HEBs) e ônibus elétricos a bateria (BEBs) com carregamento na garagem, com cronogramas de substituição de 10 a 5 anos



Fonte: PROMOB-e: Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas, 2018.

Promoção de modos ativos e coletivos

Fortaleza é uma referência nacional no que se refere ao investimento recente nos modos ativos. A seguir, serão apresentadas diversas medidas implantadas pelo poder municipal que têm o objetivo de promover modos ativos de deslocamento.

Infraestrutura cicloviária

A malha cicloviária da cidade saltou dos 68 km existentes, em janeiro de 2013, para 364,9 km em abril de 2021, o que representa um aumento de 436% no período. A estratégia adotada em algumas vias para a implantação da infraestrutura cicloviária é promover o estreitamento das faixas de tráfego. Em estudo realizado no contexto municipal, esse estreitamento tem um potencial de redução de 57% dos acidentes com vítimas. Com relação à divisão modal, segundo a Pesquisa Origem Destino de 2019, 5% dos deslocamentos na cidade são realizados por bicicleta, sendo 19% do total de ciclistas compostos por mulheres²⁵.

Fortaleza é a capital com a maior quantidade de pessoas residindo perto de uma infraestrutura cicloviária. Lá, 36% da população mora a até 300m de uma ciclovia ou ciclofaixa²⁶.

Além das ciclovias e ciclofaixas implantadas permanentemente, Fortaleza conta com 21 km de ciclofaixas de lazer aos domingos, divididos em três rotas distintas²⁷.

Bicicletas compartilhadas

O Bicicletar foi o primeiro sistema de bicicletas compartilhadas da cidade de Fortaleza, inaugurado em 2014. Em 2020, o sistema foi ampliado de 80 estações patrocinadas na área central para 191 estações, chegando à periferia da cidade, sendo 111 das estações viabilizadas com os recursos da Zona Azul. Setenta e cinco por cento dos usuários utilizam o sistema para seus deslocamentos diários, seja para ir ao trabalho, à escola ou para fazer compras. O sistema Bicicletar é gratuito para quem utiliza o Bilhete Único, o que corresponde a 96% dos usuários. Em 2017, foi implantado o Sistema Mini Bicicletar, com bicicletas em tamanho infantil. Atualmente, a cada quinze estações Bicicletar, uma estação destinada ao uso para crianças é instalada. Desde a inauguração do sistema, foram realizadas mais de 4 milhões de viagens²⁸.

Outro sistema existente em Fortaleza é o Bicicleta Integrada, que consiste num sistema público de empréstimo de bicicletas em terminais de transporte público por um período de até catorze horas, o que permite a integração desses modos de transporte para o último quilômetro de deslocamento²⁹.

BRTs e faixas exclusivas

Fortaleza também realizou grandes investimentos na implantação de corredores de transporte coletivo. Entre 2013 e 2021 houve um aumento de 3 km para 117 km de faixas exclusivas e de BRTs (10,6 km). Foi possível verificar em uma das avenidas da cidade – a avenida Santos Dumont – que a implantação de uma faixa exclusiva de 1,6 km aumentou a velocidade operacional de 4,4 km/h para 13,5 km/h no pico da tarde, representando um aumento de 207% em velocidade média, reduzindo os tempos de viagem.

Foi realizado um estudo que avaliou os níveis de NO₂ (melhor indicador de poluição de tráfego veicular) em vias com e sem faixa exclusiva de ônibus em Fortaleza, e os resultados revelaram menores níveis de poluição nas vias com faixa exclusiva, mesmo com fluxo superior de veículos pesados. Isso se deve à melhor fluidez existente nas vias com faixa exclusiva³⁰.

Áreas de trânsito calmo

Foram implantadas áreas de trânsito calmo no entorno de hospitais, na cidade de Fortaleza. As intervenções realizadas nessas áreas compreendem: implantação de extensões de meio fio; travessias elevadas; rampas de acessibilidade; lombadas e redução do limite de velocidade das vias locais de 60 km/h para 30 km/h.

Em uma das áreas calmas – no entorno do Hospital Albert Sabin –, verificou-se que, antes da intervenção, 42% dos pedestres (e 50% das crianças) caminhavam fora das calçadas. Com a intervenção, apenas 4% dos pedestres (e 0% das crianças) estavam caminhando no leito da via.

Outro exemplo é Belo Horizonte, que também tem, em alguns pontos da cidade, áreas de trânsito calmo, as chamadas Zonas 30. Diferentemente de Fortaleza, a maior parte das intervenções foi feita com elementos do urbanismo tático, como marcação de calçada com pintura no piso, colocação de mobiliário e outros elementos móveis. Foram realizadas pesquisas de percepção antes e depois da implantação das zonas 30, nas quais foi possível mensurar o aumento da percepção de segurança por parte dos pedestres.

Ciclogística

Fortaleza também promove a melhoria da qualidade do ar através da promoção da ciclogística. O projeto Piloto Reciclo tem como objetivo testar o uso de triciclos elétricos para catadores como forma de melhoria na logística urbana, além de promover a inclusão social e o aumento da reciclagem. A troca dos carrinhos de coleta tradicionais pelo triciclo acarretou ganhos na velocidade média da coleta.

Taxa por congestionamento

Não existem exemplos de pedágio urbano no Brasil, mas essa é uma medida a ser levada em consideração para desestimular o uso do automóvel e, assim, promover a redução das emissões de poluentes nocivos à saúde. Em Londres, a taxa por congestionamento foi implantada em 2003 e opera de segunda a sexta, das 7h às 18h, no perímetro central da cidade. Essa medida resultou em uma redução de 18% no volume de tráfego e em uma redução de 30% no congestionamento de tráfego no primeiro ano. Além disso, estudos apontam para reduções significativas de PM, CO e NO^{31,32}.

Gestão de estacionamento

San Francisco, nos EUA, adotou, em 2011, o sistema de gerenciamento de estacionamento SFPark, que traz como inovação o ajuste do preço para estacionar conforme a demanda. Isso promove maior rotatividade e menor tempo de busca de vaga livre para estacionar. O sistema é eletrônico, o que possibilita ao motorista saber o preço e a disponibilidade de vagas próximas. Como efeito da implantação desse sistema, houve um aumento no número de passageiros de ônibus e redução do tráfego de veículos na área central da cidade^{33,34}.

Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS)

O DOTS (Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável) é uma estratégia que integra o planejamento do uso do solo à mobilidade urbana, com o objetivo de promover cidades compactas, conectadas e coordenadas. O Plano Diretor de São Paulo foi revisado no ano de 2014 e definiu eixos de transformação urbana, adotando uma estratégia de planejamento que segue os princípios do DOTS, permitindo, dessa maneira, que a cidade priorize a transformação urbana junto aos eixos de transporte³⁵.

Monitorando o progresso, medindo os impactos

Além das medidas relacionadas diretamente à mobilidade, é também muito importante monitorar o progresso da qualidade do ar e medir os impactos das ações. Isso com dados melhores e acessíveis e com estratégias para divulgá-los.

Melhores dados

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) é referência nacional no monitoramento e desenvolvimento de estudos sobre a qualidade do ar em São Paulo. O estado conta com 91 estações públicas de monitoramento da qualidade do ar e é o único do Brasil a elaborar estudos que mensuram a emissão de poluentes de acordo com a fonte emissora³⁶.

Dados acessíveis

Além da realização do monitoramento, a Cetesb disponibiliza, em seu site, os dados horários, boletim diário por poluente e informações sobre a qualidade do ar³⁶.

Comunicação e divulgação dos dados

Medidas de comunicação também são muito importantes. Por meio de um aplicativo e do site, a Cetesb comunica informações em tempo real das estações de monitoramento do estado de SP e da qualidade do ar em comparação com os níveis da OMS. A comunicação também é feita em painéis eletrônicos de relógios de rua.

Outro bom exemplo de ação de comunicação é o Boletim Zero Carbono, lançado mensalmente em Belo Horizonte, e que visa promover a difusão das ações do Plano de Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa (PREGEE), além da divulgação das ações desenvolvidas no âmbito do Comitê de Mudanças Climáticas e Ecoeficiência (CMCE). Essa é uma maneira de manter a população a par dos avanços e da importância da qualidade do ar na cidade.

Ações recomendadas para melhorar a qualidade do ar

Esta seção reúne ações que visam acelerar a melhoria da qualidade do ar em três principais eixos: políticas públicas, planejamento e comunicação. Essas medidas são passíveis de serem implementadas na esfera municipal, colocando as cidades como protagonistas na melhoria da saúde da população em decorrência da qualidade do ar.

Políticas Públicas

Incentivar a utilização do transporte público e do transporte ativo

- Priorizar a circulação de pedestres, garantindo as condições necessárias para conforto e a segurança nas calçadas e em travessias, incluindo a redução das velocidades máximas das vias urbanas.
- Incentivar o uso da bicicleta, por meio da expansão da malha cicloviária e da melhoria da infraestrutura urbana necessária para garantir o conforto e a segurança do ciclista, além de promover a integração entre a rede cicloviária e o sistema de transporte público, com a criação de bicicletários e paraciclos adequados e sistema de compartilhamento de bicicletas públicas.
- Investir prioritariamente na rede estrutural de transporte público.
- Promover a integração física e tarifária entre sistemas de transporte.
- Priorizar o transporte público, por meio da implantação de faixas preferenciais ou exclusivas.

Promover a utilização de veículos de baixo impacto poluidor

- Incentivar a renovação da frota de transporte público e a utilização de veículos com menor impacto poluidor, como veículos elétricos, híbridos ou que sejam equipados com sistema de controle de emissões.
- Implantar programas de inspeção veicular de emissões de poluentes.
- Priorizar veículos de menor impacto poluidor na implantação ou na expansão das redes de transporte público (como novos corredores de BRTs).

- Promover serviços que utilizem bicicletas ou triciclos elétricos focados na última milha da logística urbana.

- Implementar áreas de baixa emissão de poluentes com cobrança pelo tráfego de veículos poluidores.

Desincentivar a utilização do transporte individual

- Adotar medidas que permitam cobrar do usuário do transporte motorizado individual os custos da utilização ineficiente do espaço urbano.
- Desincentivar o uso do transporte motorizado individual por meio de restrições do acesso a determinadas áreas, políticas de estacionamento ou cobrança de taxa de congestionamento.
- Aplicar mecanismos de transferência de recursos do transporte individual para o desenvolvimento/ financiamento de melhorias no transporte público e na infraestrutura para modos ativos.

Promover a gestão ambiental urbana

- Realizar o monitoramento da qualidade do ar e a adequada publicização dos dados.
- Realizar estudos de atribuição de fontes para a identificação das principais fontes de emissão de poluentes nocivos à saúde na cidade.
- Estabelecer parcerias com instituições e/ou universidades para estudos que quantifiquem tanto os impactos da qualidade do ar na saúde pública quanto seus custos.
- Criar foros de controle social para acompanhamento das medidas.

Planejamento

Promover o adensamento das áreas centrais e controlar a dispersão urbana

- Adotar políticas de uso do solo que promovam o adensamento ao longo da rede estrutural de transporte e restrinjam o número de vagas de estacionamento nessas áreas.
- Promover a conexão de equipamentos urbanos, de oportunidades de emprego, do acesso a serviços e lazer com a infraestrutura de transporte coletivo
- Promover o uso misto do solo, diminuindo a distância de deslocamento entre áreas residenciais e oportunidades como emprego, educação, saúde, lazer, serviços e equipamentos públicos.
- Garantir o acesso à moradia da população de baixa renda em áreas bem servidas de infraestrutura de transporte, por meio de habitação de interesse social.

Comunicação

Promover a divulgação de informações sobre qualidade do ar

- Adotar medidas de comunicação, informação e conscientização acerca dos impactos e benefícios das medidas de mobilidade sustentável na qualidade do ar, com ampla divulgação do monitoramento da qualidade do ar.
- Utilizar argumentos relacionados aos benefícios à saúde promovidos pelas medidas de melhora da qualidade do ar e associá-los aos benefícios relativos à mitigação das mudanças climáticas.
- Comunicar o status e a evolução da qualidade do ar na cidade, comparando-a com metas de redução de emissões dos planos existentes.
- Fomentar a pesquisa científica e a produção de dados em parceria com instituições e universidades.



Links para fontes de dados e informações

Para mais informações sobre o tema acesse:

- Acelerando Melhorias da Qualidade do ar nas Cidades: Guia de Inovação e Ação: <https://www.vitalstrategies.org/resources/acelerando-melhorias-da-qualidade-do-ar-nas-cidades-guia-de-inovacao-e-acao/>
- Debates sobre o tema com gestores e representantes da academia de cidades brasileiras
 - Impactos de políticas de mobilidade sustentável na qualidade do ar: <https://www.youtube.com/watch?v=SnH4AgnvrpM&t=2579s>
 - Conectando evidências e experiências de mobilidade, qualidade do ar e saúde: <https://www.youtube.com/watch?v=iymLCSJMU5k&t=26s>
 - Por um ar puro em BH – convergência de ações de mobilidade, qualidade do ar e saúde: <https://www.youtube.com/watch?v=W80haiDsN0g&t=10s>
- Mobilidade de Baixas Emissões, Qualidade do Ar e Transição Energética No Brasil. Relatório que mostra a percepção do brasileiro sobre a conexão entre os combustíveis fósseis, poluição do ar e mudanças climáticas: <https://www.climaesociedade.org/publicacoes?pgid=jyyp4zj-c6a6d804-37fb-4020-b3a3-69fbe9cf3fb9>
- Toward Clean Air Jakarta: Improving Air Quality in Jakarta in the Near- and Long-Term. Relatório que apresenta o plano de ação, apoiado pela Vital Strategies, que está sendo implantado em Jakarta (em inglês): <https://www.vitalstrategies.org/resources/toward-clean-air-jakarta-improving-air-quality-in-jakarta-in-the-near-and-long-term/>
- Hazy Perceptions: A new report on air pollution. Guia que mostra como as pessoas percebem o problema da qualidade do ar (em inglês): <https://www.vitalstrategies.org/resources/hazy-perceptions-a-new-report-on-air-pollution/>

Referências

- 1: Health Effects Institute. 2020. State of Global Air 2020. Dados: Global Burden of Disease Study 2019. IHME, 2020. Disponível em: <https://www.stateofglobalair.org>
- 2: Vital Strategies: Acelerando Melhorias da Qualidade do Ar nas Cidades, 2020. Disponível em: <https://www.vitalstrategies.org/wp-content/uploads/Acelerando-Melhorias-da-Qualidade-do-Ar-nas-Cidades.pdf>
- 3: WRI Brasil: O estado da qualidade do ar no Brasil, 2020. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/sites/default/files/wri-o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil.pdf>
- 4: Organização Pan-Americana da Saúde: Poluição do Ar e Saúde Infantil: Prescrevendo Ar Puro. 2019. Disponível em: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51780/OPASBRA19004_por.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 5: Ministério do Meio Ambiente; Conselho Nacional do Meio Ambiente: Resolução no 491/18. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>
- 6: Instituto Saúde e Sustentabilidade: Análise do Monitoramento de Qualidade do Ar no Brasil, 2019. Disponível em: https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/06/An%C3%A1lise-do-Monitoramento-de-Qualidade-do-Ar-no-Brasil_ISS.pdf
- 7: Instituto Saúde e Sustentabilidade: Avaliação dos impactos na saúde pública e sua valoração devido à implementação do gás natural veicular na matriz energética de transporte público – ônibus e veículos leves em seis regiões metropolitanas no Brasil, 2019. Disponível em: https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/10/Estudo_GAS_ISS_2018.pdf
- 8: Camille A.Rocha, Joyce L.R.Limaa, Kamila V. Mendonça, Elissandra V.Marquesa, Maria E.Zanella, Jefferson P.Ribeiro, Bruno V.Bertoncini, Verônica T.F. Branco, Rivelino M.Cavalcante: Health impact assessment of air pollution in the metropolitan region of Fortaleza, Ceará, Brazil, 2020.
- 9: Karina Camasmie Abe and Simone Georges El Khouri Miraglia: Health Impact Assessment of Air Pollution in São Paulo, Brazil, 2016.

- 10: WRI Brasil: Qual o impacto da poluição do ar na saúde?, 2018. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/07/qual-o-impacto-da-poluicao-do-ar-na-saude>
- 11: WRI Brasil: 5 impactos pouco conhecidos da poluição do ar, 2019. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/06/5-impactos-pouco-conhecidos-da-poluicao-do-ar-atmosferica>
- 12: United Nations Environment Programme: Towards a Pollution-Free Planet Background Report, 2017. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21800/UNEA_towardspollution_long%20version_Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 13: Mercedes A. Bravo, Jiyoung Son, Clarice Umbelino de Freitas, Nelson Gouveia and Michelle L. Bell: Air pollution and mortality in São Paulo, Brazil: Effects of multiple pollutants and analysis of susceptible populations, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/jes201490>
- 14: M C H Martins, F L Fatigati, T C Vespoli, L C Martins, L A A Pereira, M A Martins, P H N Saldiva, A L F Braga: Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in São Paulo, Brazil, 2004. Disponível em: <https://jech.bmj.com/content/58/1/41.long>
- 15: ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos). 2020. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público – SIMOB/ANTP
- 16: Ministério do Meio Ambiente, 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos automotores, 2013.
- 17: Cetesb: Qualidade do Ar no Estado de São Paulo, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf>
- 18: Instituto Clima e Sociedade (iCS): Mobilidade de Baixas Emissões, Qualidade do Ar e Transição Energética no Brasil, 2020. Disponível em: https://59de6b5d-88bf-463a-bc1c-d07bfd5afa7e.filesusr.com/ugd/d19c5c_b4d9237514f64b02a7896f6ef81a05.pdf
- 19: Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA): Estudo de caso: Adiamento do cumprimento da Resolução do Conama nº 490/2018 – Fase 8 do PROCONVE, 2020. Disponível em: https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2020/10/IEMA_estudoproconveadiamento2020.pdf
- 20: Instituto Estadual do Ambiente (RJ). Inventário de emissões de fontes veiculares: região metropolitana do Rio de Janeiro / Instituto Estadual do Ambiente (RJ), [autores: Luciana Maria Baptista Ventura; Fellipe de Oliveira Pinto]. – Rio de Janeiro: INEA, 2016. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Invent%C3%A1rio-de-Emiss%C3%B5es-de-Fontes-Veiculares.pdf>
- 21: ICCT: A crise da Covid 19 não justifica o adiamento da adoção de limites de emissão mais rigorosos para os veículos no Brasil, 2020. Disponível em: <https://theicct.org/blog/staff/covid-e-proconve-20200807>
- 22: Fonte: Miller, Joshua; Façanha, Cristiano. Cost Benefit Analysis of Brazil's Heavy Duty Emission Standards (P 8). International Council on Clean Transportation, 2016. Disponível em: https://theicct.org/sites/default/files/publications/P-8%20White%20Paper_final.pdf
- 23: Fonte: ANTP: Impactos Ambientais da Substituição dos Ônibus Urbanos por Veículos menos Poluentes, 2016.
- 24: Fonte: PROMOB-e: Avaliação Internacional de Políticas Públicas para Eletromobilidade em Frotas Urbanas, 2018.
- 25: Prefeitura de Fortaleza: Fortaleza se destaca entre cidades da América Latina na ampliação da malha cicloviária durante a pandemia, 2021. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/tag/Infraclovi%C3%A1ria>
- 26: ITDP Brasil: Mobilizados, 2020. Disponível em: <https://mobilizados.org.br/>
- 27: Prefeitura de Fortaleza, Ciclofaixa de Lazer oferece 21 km de percurso seguro com atividades para toda a família, 2017. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/ciclofaixa-de-lazer-oferece-21-km-de-percurso-seguro-com-atividades-para-toda-a-familia>
- 28: Sistema de Bicicletas Públicas Bicycler, disponível em: <http://www.bicycler.com.br/>
- 29: Sistema de compartilhamento de bicicletas – Bicicleta Integrada, disponível em: <http://www.bicicletaintegrada.com/>
- 30: Quintanilha, Wendy Fernandes Lavigne: Método Para Avaliação Ex Post dos Níveis de Concentração de Poluentes Provenientes de Corredores de Transporte, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/56571>

- 31: Colin P. Green, John S. Heywood, Maria Navarro Paniagua: Did the London congestion charge reduce pollution?, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166046220302581>
- 32: Sean D. Beevers, David C. Carslaw: The impact of congestion charging on vehicle emissions in London, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231005007259>
- 33: Krishnamurthy, C.K.B., Ngo, N.S., The effects of smart parking on transit and traffic: Evidence from SFpark, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0095069619301664>
- 34: BID: Guia prático estacionamento e políticas de gerenciamento da Mobilidade (GDM) na América Latina, 2013. Disponível em: <https://publications.iadb.org/pt/guia-pratico-estacionamento-e-politicas-de-gerenciamento-de-mobilidade-na-america-latina>
- 35: WRI: DOTS nos Planos Diretores: Guia para inclusão do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável no Planejamento Urbano, 2018. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/dots-nos-planos-diretores>
- 36: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – Cetesb: Fonte: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/>
- 37: Impact of Air Pollution at Different Life Stages. Disponível em: <https://www.vitalstrategies.org/wp-content/uploads/import/2018/07/Vital-Strategies-Air-Pollution-Evidence-Brief-Indonesia.pdf>

