



Avaliação das emissões reais dos veículos em São Paulo

SUMÁRIO EXECUTIVO

Kaylin Lee, Mallery Crowe, Yoann Bernard, Guido Giovanelli Haytzmann,
e Ana Beatriz Rebouças

NOVEMBRO DE 2025

SUMÁRIO EXECUTIVO

As emissões veiculares são a principal causa para a poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Embora a implementação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) tenha levado a uma redução nas emissões veiculares e promovido tecnologias mais limpas para veículos ao estabelecer limites de emissão, as concentrações médias anuais de dióxido de nitrogênio (NO_2) e material particulado ($\text{MP}_{2,5}$) na RMSP frequentemente excedem as diretrizes da Organização Mundial da Saúde estabelecidas em 2021. A região também sofre com altos níveis de ozônio troposférico (O_3), um poluente secundário com sérias implicações para a saúde, que é exacerbado pela forte luz solar e pelas frequentes altas temperaturas.

Os veículos flex-fuel, produzidos no Brasil desde 2003, são hoje a principal tecnologia de veículos leves (LDVs, *light-duty vehicles*) no país e podem ser movidos com qualquer mistura de etanol e gasolina. Para veículos pesados (HDVs, *heavy-duty vehicles*), que normalmente são movidos a diesel, a mistura do biodiesel no diesel é obrigatória. Esses biocombustíveis—etanol e biodiesel—são produzidos principalmente a partir da cana-de-açúcar e da soja cultivadas no país, e seu uso tem sido amplamente promovido no Brasil para reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados. Atualmente, os novos veículos LDVs e HDVs devem atender aos limites de emissão descritos na fase L8 (desde 2025) e na fase P8 (desde 2023), respectivamente, de acordo com o programa PROCONVE.

Este estudo, realizado no âmbito da Iniciativa The Real Urban Emissions (TRUE), fornece informações sobre as emissões reais de poluentes dos veículos na RMSP. Mais de 323.000 medições de emissões de veículos foram coletadas em nove locais entre maio e julho de 2024. A tecnologia de sensoriamento remoto foi usada para medir as emissões de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), amônia (NH_3), óxidos de nitrogênio (NO_x) e de fumaça por ultravioleta (um indicador de partículas em suspensão), além das emissões evaporativas. Este estudo oferece uma análise abrangente de carros de passeio e caminhões, responsáveis por uma grande parte das emissões

de poluentes na região. A análise apoia as seguintes conclusões e recomendações de políticas públicas:

A eliminação gradual dos grupos de veículos certificados pelas normas de emissões L3 e P3 ou mais antigas teria um impacto expressivo na redução das emissões da frota. Entre os veículos de passeio certificados na fase L3, as emissões reais de NO_x , CO, HC e NH_3 foram mais altas entre os flex-fuel e os que operam exclusivamente a gasolina C—nesses casos, os limites de emissão foram excedidos em várias vezes, ainda que representassem apenas 5,5% da amostra de automóveis de passageiros. Esses grupos de veículos também tiveram a maior participação nas emissões evaporativas detectáveis, um importante precursor do O_3 . Os caminhões a diesel introduzidos antes do padrão P3, que provavelmente não são equipados com sistemas modernos de controle de emissões, representaram quase 10% da amostra de caminhões e apresentaram emissões reais de NO_x e $\text{MP}_{2,5}$ 5 vezes e 12 vezes maiores, respectivamente, do que os caminhões P8 mais recentes. Programas de sucateamento e tributação que oferecessem incentivos financeiros para substituir veículos antigos com motor de combustão interna por veículos elétricos a bateria poderiam reduzir efetivamente as emissões.

A atualização do programa PROCONVE com base no desempenho real das emissões da frota em uso ajudaria a garantir a redução das emissões dos veículos mais novos. Apesar das notáveis reduções de emissões dos veículos nas fases mais recentes do PROCONVE no momento da medição—L7 para carros de passeio e P8 para HDVs—as emissões reais ainda excediam os limites estabelecidos, particularmente para NO_x e HC (carros de passeio) e NO_x e $\text{MP}_{2,5}$ (caminhões). Ajustar uma brecha na regulação que permite que alguns tipos de veículos usados para transporte de passageiros, como veículos utilitários esportivos e caminhonetes, sejam certificados como veículos comerciais leves poderia garantir que a fase L8 alcançasse a redução esperada nas emissões de carros de passeio. Para caminhões, atualizar a fase P8 para exigir testes de conformidade em serviço para limites de potência mais baixos e partidas a frio reduziria as emissões em ambientes urbanos.

A eletrificação de táxis, veículos de transporte por aplicativo e caminhões de carga urbanos, que contribuem com uma parcela considerável das emissões nas áreas urbanas, poderia trazer benefícios significativos. Os táxis e veículos de transporte por aplicativo, que representam um quarto da atividade total observada dos automóveis de passageiros, apresentaram uma deterioração significativa das emissões devido ao uso intensivo. Os táxis e veículos de transporte por aplicativo flex-fuel L6 e L7 apresentaram emissões reais de NO_x, CO e NH₃ mais de duas vezes superiores às de seus equivalentes particulares. Os caminhões de carga urbanos, responsáveis em grande parte pelas entregas urbanas, também apresentaram emissões reais de NO_x e PM quase 30% maiores do que os caminhões de longa distância, provavelmente devido à prevalência de partidas a frio, que são comuns nas condições de operação urbana. A eletrificação desses grupos de veículos com alta contribuição nas emissões totais poderia reduzir significativamente as emissões de toda a frota.

A implementação de uma inspeção veicular em nível nacional ou regional e a garantia da manutenção dos veículos resolveriam suas emissões persistentes.

As medições de sensoriamento remoto indicam que 47% dos veículos que circulam dentro do município de São Paulo estão registrados em outras cidades e até 35% dos veículos que rodam na RMSP podem estar registrados fora do estado, evidenciando que programas locais de inspeção e manutenção podem não ser eficazes para reduzir as emissões dos veículos que circulam em suas áreas. As descobertas desse estudo sugerem que programas de I/M cobrindo uma grande área geográfica, múltiplos poluentes (incluindo número de partículas e emissões evaporativas) e uma gama de classes de veículos (incluindo veículos particulares e comerciais), seriam eficazes no Brasil. O sensoriamento remoto pode apoiar ainda mais o desenvolvimento de programas de I/M, informando limites com base em dados de emissões reais para sinalizar veículos que precisam de atualizações ou reparos, além de identificar poluentes e grupos de veículos a serem priorizados.

