

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS EMISSÕES DE POLUENTES DE VEÍCULOS MOTORIZADOS PARTICULARES E ASPECTOS DA DINÂMICA URBANA EM FORTALEZA/CE

Leonardo Araujo Rodrigues

Bruno Vieira Bertoncini

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes (PETRAN)

RESUMO

A poluição atmosférica é uma realidade dos centros urbanos, afetando o meio ambiente e a saúde da população. Há uma forte contribuição dos transportes na deterioração da qualidade do ar devido à emissão de poluentes, principalmente provenientes do escapamento dos veículos. Fatores ligados à dinâmica do meio urbano, como a classificação viária, tráfego misto ou segregado, e o período do dia, por exemplo, podem afetar a operação dos veículos e, conseqüentemente, os níveis de emissões. Com este trabalho, busca-se determinar a influência que a dinâmica urbana exerce no padrão de emissão de poluentes de veículos motorizados particulares. Para isto, serão realizadas coletas com equipamento embarcado, monitorando as emissões em tempo real, em pares de vias com características equivalentes na cidade de Fortaleza/CE, tomando como variáveis relevantes desta dinâmica a presença ou não de faixas exclusivas de ônibus, períodos de pico e fora pico e a classificação funcional das vias.

1. INTRODUÇÃO

As emissões veiculares são responsáveis pela maior parte da poluição do ar em ambiente urbano e é provável que esta realidade pouco mude nas próximas décadas (Franco *et al.*, 2013). Em São Paulo, estima-se que fontes móveis sejam responsáveis por 97% a 98% das emissões de CO e por 55% a 97% das emissões de NO_x (WHO, 2011). Uma vez que 55% da população mundial vivem em áreas urbanas, com projeção de alcançar 68% até o ano de 2050 (UN, 2018) e que poluentes atmosféricos contribuem para o desenvolvimento de problemas cardiovasculares e no trato respiratório, compreender os fatores que influenciam estas emissões torna-se de extrema relevância no âmbito do planejamento de transportes.

Sabe-se que a idade do veículo, especificações do motor, manutenção e tipo de combustível utilizado são determinantes nos padrões de emissão de poluentes (Aguiar *et al.*, 2015). Entretanto, elementos relacionados ao meio urbano resultam em diferentes ciclos de condução do veículo, exercendo influência em suas emissões. Entre estes, destacam-se o sistema de atividades (geração de viagens), definido pelo uso e ocupação de lotes dispostos nas vias; as vias em si, com diferentes classificações e que podem apresentar comportamentos distintos de tráfego ao longo do dia; e a presença de dispositivos de controle de tráfego, como semáforos, travessias de pedestres e faixas exclusivas de ônibus, por exemplo (Zhang *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar como a dinâmica da via urbana influencia o padrão de emissão de poluentes de veículos motorizados particulares. Para isso, pretende-se: i) identificar variações nas emissões de veículos trafegando em vias com classificações funcionais diferentes; ii) verificar a influência de períodos de pico e fora pico no padrão de emissões; iii) identificar se a presença de faixas exclusivas de transporte público por ônibus tem influência nas emissões de veículos particulares; e iv) avaliar os valores encontrados com base na legislação e nos parâmetros informados pela fabricante do veículo.

2. SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fatores de emissão extraídos de ensaios laboratoriais são comumente empregados em inventários de emissões veiculares e estudos relacionados à qualidade do ar (Colville *et al.*

2001; Madrazo e Clappier, 2018; Lopes *et al.*, 2018). Entretanto, é importante ressaltar que a condução do veículo é determinante no modo como se dá a emissão de poluentes, e que testes padronizados, realizados em ambientes controlados, nem sempre refletem as condições dinâmicas do tráfego local, predominantemente heterogêneo. Assim, segundo Jaikumar *et al.* (2017), a contribuição das emissões veiculares para a depreciação da qualidade do ar é substancialmente maior do que aquela calculada em inventários de emissão.

Estudos como Dias *et al.* (2015) e Azevedo *et al.* (2017) buscam fazer valer de coletas em ciclos de condução reais com equipamentos conectados ao escapamento do veículo de modo a melhor determinar o comportamento de emissão de poluentes. Porém, tais estudos não se aprofundam em diferentes análises com variações de locais de coleta ou período do dia de forma a captar a influência desses elementos nos ciclos de condução.

Em seus estudos, Achour *et al.* (2011) e Choudhary e Gokhale (2019) realizaram comparações entre emissões veiculares coletadas em meio urbano, em horários de pico e fora pico, e valores modelados com o auxílio do *software* COPERT. O primeiro trabalho foi conduzido na Irlanda, apresentando que os valores modelados de CO foram maiores do que os coletados, enquanto as emissões de NO foram subestimadas. Já o segundo trabalho, conduzido na Índia, mostra que os valores modelados para poluentes como CO e CO₂ foram subestimados, enquanto para NO_x foram superestimados. Isto reafirma a importância de coletas em ciclos de condução reais em cada localidade para atestar o impacto das emissões veiculares na qualidade do ar. Ainda, ambos os estudos tiveram foco limitado quanto ao tipo de corredor urbano, não avaliando a influência que diferentes classificações viárias ou que dispositivos de tráfego, como faixas exclusivas de ônibus, possam ter nestas emissões.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

De forma a alcançar os objetivos descritos anteriormente, serão realizados os passos propostos na Figura 1 e descritos logo a seguir:

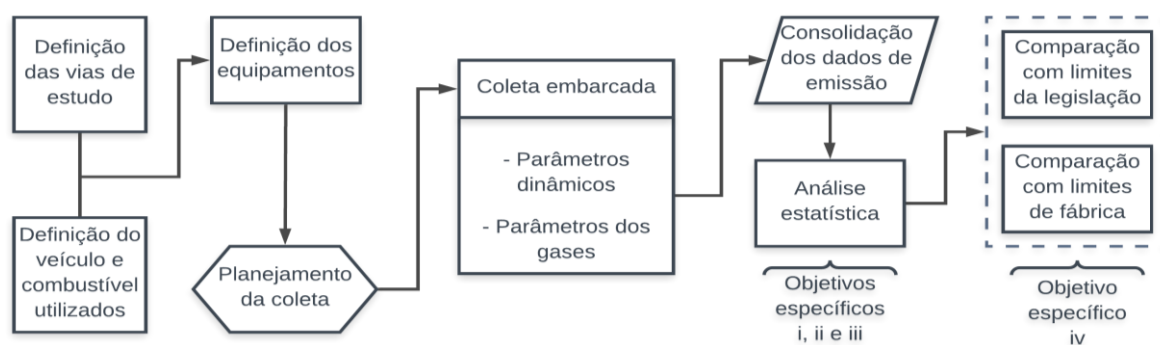


Figura 1: Fluxograma do método de pesquisa

A definição dos locais de coleta se deu pelo pareamento de vias, uma com faixa exclusiva para transporte público por ônibus e outra sem, com características similares quanto à classificação funcional, número de faixas, número de linhas de ônibus e uso do solo. Como resultado, selecionaram-se quatro pares, de classificações Arterial, Coletora, Comercial e Local segundo a Lei de Uso e Ocupação do Solo de Fortaleza. O automóvel a ser utilizado no estudo é do tipo *flex-fuel*, cujo motor de ciclo Otto funciona a gasolina e/ou a etanol. Esta escolha se deu uma vez que mais da metade dos automóveis registrados no Departamento Estadual de Trânsito na cidade de Fortaleza/CE ser desta categoria. Já o tipo combustível a ser

utilizado será a gasolina devido à sua maior representatividade no mercado brasileiro. O veículo deverá passar por revisão antes do início das coletas para atestar o seu correto funcionamento e, de forma a garantir menor variabilidade dos teores da gasolina, o veículo será abastecido sempre no mesmo posto, tendo amostras coletadas para análise.

Os poluentes veiculares considerados neste estudo são os óxidos de carbono (CO e CO₂), os óxidos de nitrogênio (NO e NO_x) e o dióxido de enxofre (SO₂), oriundos do processo de combustão da gasolina. Cassiano *et al.* (2016) propôs um sistema de medição portátil de emissão (PEMS) que será adotado neste trabalho devido à sua capacidade de coletar tanto dados relativos aos poluentes, quanto dados da dinâmica veicular, ambos em tempo real.

A coleta será realizada em três campanhas previstas para os meses de julho, setembro e novembro de 2019. Escolhem-se esses meses de forma a também considerar variações em relação ao fluxo nas vias, uma vez que julho compreende o período de férias escolares. O equipamento coleta dados com observações a cada segundo. De modo a se obter uma base de dados robusta, definiu-se como critério realizar o máximo de passagens durante meia hora, em cada via, dentro de cada período pico e fora pico, ou, em casos onde o primeiro critério não possa ser atendido, realizar ao menos três passagens em cada via dentro do mesmo período. Determinou-se como horário pico de 6h30 as 8h30 e de 17h30 as 19h30, quando há maior fluxo de viagens pendulares por motivos de trabalho e educação, já, como fora pico, os períodos de 8h30 as 10h30 e de 14h30 as 16h30, conforme Quintanilha (2017). Cada campanha será composta de coletas em dias típicos, com fluxo mais homogêneo, e dias atípicos. Assim, as coletas poderão ser realizadas nas terças-feiras, quartas-feiras ou quintas-feiras (exceto feriados ou dias imediatamente antes ou após os mesmos), e aos domingos, já que este é o dia com menor fluxo veicular e espera-se que apresente observações com os limites mínimos que o veículo emita nas vias sem influências do tráfego.

Os dados oriundos da coleta serão, então, consolidados em um único banco de dados e analisados através de testes estatísticos de modo a verificar se as diferenças encontradas nas emissões são significativas. As comparações par a par serão feitas conforme a Figura 2. Após isso, será realizada a comparação dos valores médios encontrados para cada poluente com os limites previstos pelo PROCONVE (Brasil, 2011) e com os informados pelas fabricantes de veículos para a frota com iguais características de modo a validar sua conformidade.

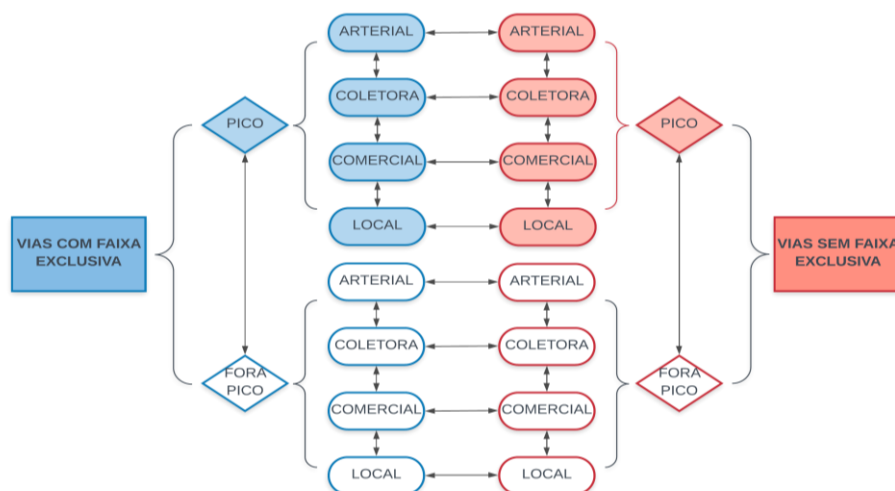


Figura 2: Modelo de análise dos dados

4. RESULTADOS ESPERADOS

Ao final desse trabalho, espera-se identificar como a classificação viária exerce influência nos níveis de emissões de poluentes de veículos motorizados particulares. Espera-se, também, averiguar como estas emissões variam entre períodos de pico e fora pico. Além disso, espera-se identificar se a presença de faixas exclusivas de transporte público em vias urbanas influencia nestas emissões de maneira significativa e quais poluentes apresentam maiores alterações. Também, pretende-se avaliar os valores médios de cada poluente coletado em ciclos reais de condução tendo como base os valores de legislação e os reportados de fábrica.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da FUNCAP pelo período concedido de bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achour, H.; J.G. Carton e A.G. Olabi (2011) Estimating Vehicle Emissions from Road Transport, Case Study: Dublin City. *Applied Energy*, v. 88, n. 5, p.1957-1964.
- Aguiar, S.O.; R.S. Araújo; F.S.Á. Cavalcante; B.V. Bertoncini; R.K.C. Lima e M.L.M. Oliveira (2015) Avaliação das emissões de escapamento veicular em condições específicas do motor: partida e marcha-lenta. *Transportes*, v. 23, n. 2, p. 35-43.
- Azevedo, J.A.H.; D.R. Cassiano; B.B. Feitosa; M.L.M. Oliveira; E.P. Lima e B.V. Bertoncini (2017) Influências dos Modos de Operação nas Emissões de Poluentes Provenientes de Veículos Flex em Região Urbana. *Transportes*, v. 25, n. 2, p.91-100.
- Brasil (2011) Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE. *Manual PROCONVE/PROMOT*. 3. ed. Coleção Meio Ambiente. Serie Diretrizes -Gestao n. 3. Brasília: IBAMA.
- Cassiano, D.R.; J.A.H. Azevedo; H.L.F. Dias; R.S. Araujo; F.S.A. Cavalcante; B.V. Bertoncini, B.V.; N.A. Policarpo e M.L.M Oliveira (2016) MAMUTE: Monitoring AutoMotive Unit Transit Emissions Development and Application for Flex-fuel and Diesel Vehicles. In: Markus Helfert, Oleg Gusikhin. (Org.). *II International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems*. 1ed. Portugal: SCITEPRESS Science and Technology Publications, Lda., v. 1, p. 237-244.
- Choudhary, A. e Sharad Gokhale (2019) On-road Measurements and Modelling of Vehicular Emissions During Traffic Interruption and Congestion Events in an Urban Traffic Corridor. *Atmospheric Pollution Research*, v. 10, n. 2, p.480-492.
- Colville, R.N.; E.J. Hutchinson; J.S. Mindell e R.F. Warren (2001) The Transport Sector as a Source of Air Pollution. *Atmospheric Environment*, v. 35, n. 9, p.1537-1565.
- Dias, H.L.F; B.V. Bertoncini; M.L.M. Oliveira; F.S.Á. Cavalcante e R.S. Araújo (2015) Procedimento para Coleta Dinâmica Embarcada de Emissões Provenientes de Veículos Transportadores de Carga em Área Urbana. *Transportes*, v. 23, n. 3, p.18-25.
- Franco, V.; M. Kousoulidou; M. Muntean; L. Ntziachristos; S. Hausberger e P. Dilara (2013) Road Vehicle Emission Factors Development: a Review. *Atmospheric Environment*, v. 70, p.84-97.
- Jaikumar, R.; S.M.S. Nagendra; R. Sivanandan (2017) Modeling of Real Time Exhaust Emissions of Passenger Cars Under Heterogeneous Traffic Conditions. *Atmospheric Pollution Research*, v. 8, n. 1, p.80-88.
- Lopes, T.F.A.; N.A. Policarpo; V.M.R. Vasconcelos e M.L.M. Oliveira (2018) Estimativa das Emissões Veiculares na Região Metropolitana de Fortaleza, CE, Ano-Base 2010. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 23, n. 5, p.1013-1025.
- Madrazo, J. e A. Clappier (2018) Low-Cost Methodology to Estimate Vehicle Emission Factors. *Atmospheric Pollution Research*. v. 9, p. 322-332.
- Quintanilha, W.F.L. (2017) *Análise do Consumo de Combustível e Emissão de Poluentes de Veículos Flex Fuel em Diferentes Tipos de Via na Cidade de Fortaleza - Ceará*. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- UN, United Nations (2018) *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Publications/>>. Acesso em: 15 set. 2018.
- WHO, World Health Organization. (2011) *Urban Transport and Health*, Module 5g: Sustainable transport - Sourcebook for policy makers in developing cities. Geneva: GIZ and WHO, 2011.
- Zhang, R.; K. Matsushima e K. Kobayashi (2018) Can Land Use Planning Help Mitigate Transport-Related Carbon Emissions? A Case of Changzhou. *Land Use Policy*, v. 74, p.32-40.

Leonardo Araujo Rodrigues (leonardorodrigues@det.ufc.br)