



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE FATORES DE EMISSÃO
DE VEÍCULOS DE CARGA A PARTIR DE PERFIS DE CONDUÇÃO**

FORTALEZA

2019

JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE FATORES DE EMISSÃO DE
VEÍCULOS DE CARGA A PARTIR DE PERFIS DE CONDUÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Vieira Bertoncini.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A987p Azevedo, Julie Anne Holanda.

Proposta metodológica para elaboração de fatores de emissão de veículos de carga a partir de perfis de condução / Julie Anne Holanda Azevedo. – 2019.
161 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Bruno Vieira Bertoncini.

1. Fatores de emissão. 2. Perfis de condutores. 3. Aspectos urbanos locais. 4. Emissões veiculares. 5. Transporte urbano de carga. I. Título.

CDD 621.3

JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ELABORAÇÃO DE FATORES DE EMISSÃO DE VEÍCULOS DE CARGA A PARTIR DE PERFIS DE CONDUÇÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Aprovada em: 20/12/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Bruno Vieira Bertoncini (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Manoel Mendonca de Castro Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rivelino Martins Cavalcante
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Leise Kelli de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Prof. Dr. Pastor Willy Gonzales Taco
Universidade de Brasília (UNB)

Aos meu pais, Ritomar Júnior e Eliane, meus
heróis.

AGRADECIMENTOS

Uma vez ouvi que um pesquisador acima de tudo tem que ter memória. Esta trajetória não fiz sozinha, seria impossível sem a ajuda de tantas pessoas. A todos, os meus sinceros agradecimentos:

A Deus, por não me deixar desistir, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Eliane e Ritomar Júnior, que me deram exemplo, apoio, força, compreensão, perdão, amor e sempre me incentivaram a estudar. A minha irmã, por ser na maioria das vezes, a companheira e irmã mais velha. Aos meus avós, Ivone e Eleomar (*in memoriam*) por sempre acreditarem em mim. Aos meus tios Neto e Tiona, pelos incentivos.

Ao professor Bruno Bertocini, por ser um exemplo de ser humano e professor, orientador, tutor, conselheiro, humildade e paciência; pelos seus ensinamentos acadêmicos, profissionais e pessoais.

Aos professores Rivelino Cavalcante e Wagner Sousa, por abrirem as portas dos seus laboratórios e serem parceiros no desenvolvimento desta pesquisa. Aos colegas do LACOR pelo suporte laboratorial, em especial, Polly e Gabrielle Melo.

Aos companheiros de grupo de pesquisa Cassiano e Wendy, por me ajudarem em todos os momentos de coleta e processamentos de dados, discussão dos temas, auxílio e apoio durante todo este período, fundamentais no desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço aos demais amigos de FTIG, Lara Braide, Leonardo Araújo e Jefferson Lima.

Aos motoristas voluntários pela disponibilidade, paciência e participação; ao engenheiro mecânico Marcelo Martins, da DVTRANS/UFC, que foi extremamente solícito na liberação de alguns motoristas para os experimentos de condução real. Ao SEST SENAT por permitir convidar os motoristas.

A empresa Comercio e Representações Bezerra Eireli (RBZ), e Iraklis, pelo empréstimo do caminhão, intermédio e disponibilidade. A Finopan pelo empréstimo do caminhão.

A Cobli, pela parceria no desenvolvimento deste trabalho e fornecimento dos dispositivos OBD e os dados veiculares.

Aos amigos de longas datas, pelo suporte em todos os âmbitos e momentos da vida, Amanda Trix e Cassiano, minha eterna gratidão e apresso. Ao amigo João Albuquerque, pelo auxílio nos *softwares*, dados e amizade.

Aos bolsistas de iniciação científica, Barbara Brito, pelo período de trabalho

conjunto; e bolsistas de apoio Danton, Mariana e Steffane, pelo auxílio no processamento dos dados.

Aos colegas e amigos de turma, que tanto ajudaram nas disciplinas, momentos de lazer e descontração (*pica pica*), Alessandro Araújo, Caio Torres, Dennys Araújo, Felipe Alves, Lara Lima, Lucas Ramos, Phelipe Rabay, Raquel Chaves, Renan Carioca, Roberto Torquato, Samuel Torquato e Taís Costa. Em especial aos amigos: Beatriz Rodrigues, Franco Sousa, Joana Maia, Vanessa Xavier, Lisel Martín e Ximena Villaroel, que mesmo tão longe fisicamente ainda me ajudam diariamente, minha eterna gratidão e amizade.

Aos colegas e amigos do Seridós Gardens, Andressa exógena, Artur Sales, Caio Gustavo, Gabi Rezende, Kauê Braga, Kaio Almeida e Suyanne pelos momentos únicos no GTTEMA. Em especial, aos amigos Davi Garcia, Demóstenes Cassiano, Gabriel Amorim, Moisés Holanda, Nara Mesquita, Sameque Farias e Willian Sasaki.

Ao grupo de *coworking*, pelo apoio, espaço, meditação e compartilhamento da reta final, Vanessa Xavier, Marília Cavalcante, Talyson Bandeira e Iago Avelino.

Amigos do trabalho, os ilustríssimos, Camila Valle, Davino Machado, Debora Costa, Livia Coelho, Roberta Germano, Sarah Ramos, Simone Carvalho e Tatyane Bandeira. Em especial aos amigos e parceiros de Instituto e chefia: Henrique, Fernanda e João. Aos colegas e amigos de *campus*, Abel, Lenilson, Ricardo, David e Wagner. Aos amigos e companheiros de viagem diária, Wendel Mendes, Natália Athayde e Igor Osterno, que fazem as minhas viagens mais leves, divertidas e menos cansativas.

Aos Professores do Petran, Felipe Loureiro, Moraes Oliveira Neto, Flávio Cunto, Manoel Castro Neto, Mário Azevedo, Veronica Castelo Branco e Uchoa da Silva, pela formação acadêmica e ensinamentos. Aos secretários Zacarias e Clélia e às colaboradoras Eliane e Maria, pelo apoio e disponibilidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“A ciência não é uma ilusão, mas seria uma ilusão acreditar que poderemos encontrar noutro lugar o que ela não nos pode dar.” (Sigmund Freud).

“Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes.” (Isaac Newton).

RESUMO

Este trabalho propõe um método para elaboração de fatores de emissão de poluentes veiculares, em veículos urbanos de carga, considerando perfis de condutores distintos e incorporando os aspectos locais. Dentre as razões que mais influenciam nas emissões de poluentes veiculares, destaca-se a forma de condução e embora se saiba que os padrões de condução afetem fortemente as emissões de poluentes provenientes dos veículos, o conhecimento empírico existente sobre os padrões de condução ainda é limitado. Os métodos convencionais para obtenção dos fatores de emissão não incorporam os comportamentos de condução e em geral, esse comportamento correlaciona o consumo de combustíveis e as emissões de poluentes a partir de simulações em modelos baseados em velocidade e/ou aceleração, partindo de fatores de emissões já embutidos nesses modelos. Se esses modelos não são sensíveis ao comportamento do condutor, possivelmente essas correlações estejam inadequadas. Além disso, aspectos locais como o uso do solo, os tipos de via e o tráfego local podem influenciar no modo de condução veicular. Para isso, definiram-se o veículo, os tipos de vias, os perfis de condutores e os parâmetros representativos e necessários para a obtenção dos fatores de emissão. Um questionário foi desenvolvido para traçar e classificar perfis socioeconômico de condutores. Os experimentos foram divididos em duas fases. Na primeira, verificou-se a hipótese de que perfis de condutores podem ser definidos e agrupados e que para cada classe, os perfis de condução são semelhantes, conseqüentemente, as emissões de poluentes também. Na segunda fase, verificou-se como os aspectos locais influenciam no modo de condução e nas emissões. A aplicação do método proposto consistiu no convite de 28 condutores, sendo 19 profissionais do transporte de carga e 9 não profissionais, para dirigir um Veículo Urbano de Carga (VUC), a diesel, para percorrer três grandes avenidas da cidade de Fortaleza, coletora e arteriais. Durante as viagens, foram monitorados on-board parâmetros de ciclos de condução, via e emissões de poluentes a cada 1 Hz. Em geral, os resultados mostram que há diferenças significativas na forma de condução entre condutores profissionais e não profissionais e, conseqüentemente, nas emissões de poluentes. Quanto aos aspectos locais, verificou-se que estes interferem no modo de condução. Os fatores de emissão foram obtidos para diferentes níveis de agregação e têm aplicações variadas no processo de planejamento.

Palavras-chave: Fatores de emissão. Perfis de condutores. Aspectos urbanos locais. Emissões veiculares. Transporte urbano de carga.

ABSTRACT

This work proposes a method for elaborating vehicle emission factors in urban freight transportation, considering different driver profiles and incorporating local aspects. Among the reasons that most influence vehicle pollutant emissions, stands out the driving style, and although driving patterns are known to strongly affect pollutant emissions from vehicles existing empirical knowledge about driving patterns is still limited. Conventional methods for obtaining emission factors do not incorporate driving behaviors and this behavior correlates fuel consumption and pollutant emissions from simulations in models based on velocity and/or acceleration, from emission factors already embedded in these models. If these models are not sensitive to drive behavior, possibly these correlations are inadequate. In addition, local urban aspects such as land use, road types and local traffic may influence vehicle driving mode. For this, vehicle, road types, drive profiles and other necessary parameters to obtain the emission factors were defined. A questionnaire was developed to trace and classify socioeconomic profiles of drivers. Experiments were divided into two phases. First, the hypothesis that conductor profiles can be defined and grouped and that for each group, driving profiles are similar hence the pollutant emissions as well. Second, how local urban aspects influence driving and emissions. The application of the proposed method consisted in inviting 28 drivers, 19 freight transport professionals and 9 non-professionals, to drive an Urban Freight Transportation, diesel combustion, to drive on three major avenues Fortaleza city, collector and arterials routes. During the trips, parameters of driving cycles, road and pollutant emissions were monitored on-board every 1 Hz. In general, the results show that there are significant differences in driving behavior between professional and non-professional drivers and, consequently, in pollutant emissions. As for local aspects, it was found that they interfere with the driving style. Emission factors were obtained for different aggregation levels and have varied applications in the planning process.

Keywords: Emission factor. Drive profiles. Local urban aspects. Vehicle emissions. Urban freight transportation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de condução FTP-75, adotado no Brasil para testes de veículos leves e comerciais leves.....	28
Figura 2 – Ciclo de condução complementar FTP US06, que aborda a agressividade do condutor.	28
Figura 3 – Balanço simplificado de todas as forças aplicadas no veículo durante a sua condução, base do parâmetro VSP desenvolvido por Jiménez-Palacios (1999).....	37
Figura 4 – Modelo de causa efeito da variabilidade nos padrões de condução desenvolvido por Ericsson (2000).....	44
Figura 5 – Método proposto da tese para atingir os objetivos expostos.....	50
Figura 6 – (a) Brasil, (b) Estado do Ceará, (c) Percurso do ciclo de condução realizado na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.	54
Figura 7 – Distribuição da população brasileira, segundo os grupos de idade.....	56
Figura 8– Fatores e níveis analisados para definição dos perfis de condutores.	57
Figura 9 – Esquema da participação dos condutores.	59
Figura 10 – Esquema da unidade de monitoramento on-board utilizado na coleta de dados medição dos parâmetros do motor, da cinemática veicular, de via e das emissões instantâneas de poluentes oriundos da combustão veicular.	60
Figura 11 – Esquema da hipótese de pesquisa	62
Figura 12 – Trecho da via coletora do estudo, a Avenida Jovita Feitosa.	63
Figura 13 – Esquema da hipótese de pesquisa.	64
Figura 14 - Trecho das vias arteriais tipo I do estudo, as Avenidas Treze de Maio e Pontes Vieira.	65
Figura 15- Etapas de análise de influência dos aspectos locais na condução veicular e nas emissões de poluentes.....	65
Figura 16- Resumo experimental do método geral proposto para a elaboração dos fatores de emissão.....	71
Figura 17- Método proposto de aplicação para obtenção dos fatores de emissão de poluentes.	73
Figura 18 - Infográfico da disposição do Capítulo.....	74
Figura 19 - Frequência das faixas de idade e gênero dos condutores voluntários participantes dos experimentos de condução real.....	75

Figura 20 - Porcentagens da composição da amostra de condutores profissionais e não profissionais em relação a educação e a renda.	76
Figura 21 - Porcentagens em relação ao conhecimento e experiência sobre eco-driving, abordado na última parte do questionário desenvolvido e aplicado.	77
Figura 22 - Número de condutores profissionais e não profissionais por fator analisado.	79
Figura 23 - Experimento para verificação da hipótese se há diferença no modo de condução entre os condutores profissionais e não profissionais e as emissões de poluentes.	80
Figura 24 - Distribuição dos parâmetros de velocidade (a) e aceleração (b) nos sentidos OL e LO da Av. Jovita Feitosa entre as categoria de condutores.	83
Figura 25 - Distribuição do parâmetro VSP nos sentidos OL (a) e LO (b) da Av. Jovita Feitosa entre as categorias de condutores profissionais (03 a 21) e não profissionais (22 a 30).	84
Figura 26 - Distribuição dos modos de operação no sentido OL da Av. Jovita Feitosa entre as categorias de condutores profissionais (a) e não profissionais (b).	85
Figura 27 - Distribuição dos modos de operação no sentido LO da Av. Jovita Feitosa entre as categorias de condutores profissionais (a) e não profissionais (b).	85
Figura 28 - Variação dos tempos de viagem nos sentidos OL e LO da Av. Jovita Feitosa entre as categorias para o fator condutores profissionais e não profissionais.	86
Figura 29 - Resumo do teste de hipótese para um condutor na Av. Jovita Feitosa, para os sentidos OL e LO.	87
Figura 30 - Frequência de RPM superiores a 1.800, conforme valor máximo estabelecido.	88
Figura 31 - Emissões totais de CO ₂ (g) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.	89
Figura 32 - Distribuição das emissões instantâneas de CO ₂ (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.	90
Figura 33 - Emissões totais de NO _x (g) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.	91
Figura 34 - Distribuição das emissões instantâneas de NO _x (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.	92

Figura 35 - Emissões de CO ₂ (g/s), no eixo principal, e de NO _x (g/s), no eixo secundário, medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.....	93
Figura 36 - Correlações entre as emissões totais de CO ₂ (g/s) e os tempos de viagens na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL (a) e LO (b), para todos os condutores.	93
Figura 37 - Emissões totais de SO ₂ (g) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.....	94
Figura 38 - Emissões totais de material particulado (µg/m ³) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.	95
Figura 39 - Experimento para verificação da hipótese de que se há e como se dá a influência dos aspectos locais nos ciclos de condução e nas emissões de poluentes.	96
Figura 40 - Distribuição do parâmetro de velocidade nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.	98
Figura 41 - Distribuição dos parâmetros de aceleração nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.	99
Figura 42 - Variação dos tempos de viagem nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.....	101
Figura 43 - Extensão dos trechos e tempos médio de viagem nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.....	102
Figura 44 - Distribuição das emissões de CO ₂ nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.	103
Figura 45 - Distribuição das emissões de NO _x nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.	104
Figura 46 - Emissões totais de CO ₂ dos condutores profissionais nos sentidos OL (a) e LO (b) das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.	105
Figura 47 - Emissões totais de NO _x dos condutores profissionais nos sentidos OL (a) e LO (b) das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.	106
Figura 48 - Emissões totais de CO ₂ e NO _x nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.....	108
Figura 49 - Emissões de CO ₂ e de NO _x ao longo dos trechos da Av. Jovita Feitosa (C1 e C2), Treze de Maio (A1 e A2) e Pontes Vieira (A3 e A4).	109

Figura 50 - Emissões de CO₂ e de NO_x em vias coletoras (a) e (b) e em vias arteriais (c) e (d)..... 120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais parâmetros obtidos pelos métodos mais comuns na análise de emissões veiculares.....	35
Tabela 2 - Atitudes e técnicas de eco-driving.....	46
Tabela 3 - Comparação dos fatores e variáveis.	49
Tabela 4 - Características básicas dos veículos transportadores de carga utilizados neste estudo.....	52
Tabela 5 - Caracterização das vias selecionadas.	55
Tabela 6 - Parâmetros categorizados por tipo de instrumento utilizado e método de aquisição necessários	61
Tabela 7 - Valores adotados para o TUC teste.	68
Tabela 8 - Modos de operação.....	69
Tabela 9 - Exemplo do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra com 95% de confiança.....	70
Tabela 10 - Agregação dos modos de operação.	72
Tabela 11 - Ciclos de condução e modos de operação dos condutores nas vias coletoras C1 e C2, Fortaleza/CE; e dos ciclos de condução padrões FTP-75 e US06.81	
Tabela 12 - Verificação da diferença entre as categorias para o primeiro fator condutores, profissional e não profissional, para os parâmetros de velocidade e aceleração em C1 e C2.	82
Tabela 13 - Modos de operação nos ciclos de condução reais dos condutores na Avenida Jovita Feitosa, nos sentidos Oeste-Leste e Leste-Oeste, Fortaleza/CE.	86
Tabela 14 - Médias de CO ₂ (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO, para os condutores profissionais e não profissionais.....	90
Tabela 15 - Médias de NO _x (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO, para os condutores profissionais e não profissionais.....	91
Tabela 16 - Média de emissões de CO ₂ e NO _x por modos de operação nos ciclos de condução reais dos condutores na Avenida Jovita Feitosa, nos sentidos OL e LO, Fortaleza/CE.....	95
Tabela 17 - Características dos ciclos de condução reais nas avenidas JF, TM e PV nos sentidos OL e LO e ciclos padrões FTP-75 e US06.	97

Tabela 18 - Tempos médio de viagem dos ciclos de condução reais nas avenidas Jovita Feitosa (C1 e C2), Treze de Maio (A1 e A2) e Pontes Vieira (A3 e A4) nos sentidos OL e LO.....	101
Tabela 19 - Estatística descritiva das emissões de CO ₂ e de NO _x em nos seis trechos.	107
Tabela 20 - Uso do solo nas avenidas Jovita Feitosa (JF), Treze de Maio (TM) e Pontes Vieira (PV) nos sentidos Oeste-Leste (OL) e Leste-Oeste (LO).....	108
Tabela 21 - Presença de semáforos nos seis trechos.	109
Tabela 22 - Fatores de emissão de CO ₂ (g/s) desagregados por modo de operação e para cada tipo de via.	118
Tabela 23 - Fatores de emissão de NO _x (g/s) desagregados por modo de operação e para cada tipo de via.	118
Tabela 24 - Fatores de emissão de CO ₂ (g/s) agregados por modo de operação e para cada tipo de via.	119
Tabela 25 - Fatores de emissão de NO _x (g/s) agregados por modo de operação e para cada tipo de via.	119
Tabela 26 - Fatores de emissão de CO ₂ , e NO _x (g/km) agregados para cada tipo de via	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTAFOR	Controle de Tráfego em Área de Fortaleza
EPA	Environmental Protection Agency
MOVES	MOtor Vehicle Emission Simulator
OBD	On-Board Diagnostic
PMS	Ponto morto superior
PMI	Ponto morto inferior
PEMS	Portable Emissions Measurement System
PROCONVE	Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos automotores
RPM	Rotações do motor
TCLE	Termo De Consentimento Livre e Esclarecido
VSP	Vehicle Specific Power

LISTA DE SÍMBOLOS

v	Velocidade (m/s ou km/h);
a	Aceleração (m/s ²)
g	Aceleração da gravidade, igual a 9,81m/s ²
φ	Inclinação da via
ψ	Coefficiente de resistência a rolagem
ζ	Coefficiente de arraste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Questões de pesquisa	19
1.2	Objetivos.....	20
1.3	Estrutura da Tese	20
2	O SETOR DE TRANSPORTES E AS EMISSÕES DE POLUENTES.....	21
2.1	Contexto de Transporte Urbano de Carga (TUC)	21
2.2	Poluição atmosférica.....	22
2.3	Emissões de poluentes e combustão veicular	23
2.3.1	<i>Emissões do ciclo Diesel.....</i>	<i>24</i>
2.4	Legislação ambiental e ensaios de emissões veiculares	26
2.4.1	<i>Métodos de construção de ciclos de condução</i>	<i>29</i>
2.4.2	<i>Ciclos de condução real</i>	<i>31</i>
2.5	Considerações do capítulo.....	32
3	FATORES DE EMISSÃO.....	34
3.1	Fatores de emissão veicular	34
3.2	Parâmetro VSP	37
3.2.1	<i>Modelagem das emissões baseadas no parâmetro VSP</i>	<i>39</i>
3.3	Considerações do capítulo.....	41
4.	PERFIL DO CONDUTOR.....	42
4.1	Comportamento do condutor	42
4.2	Eco-driving	45
4.3	Parâmetros de caracterização do perfil de condutor	47
4.4	Considerações do capítulo.....	48
5.	METODOLOGIA.....	50
5.1	Fase 1: Definições das condições experimentais	51
5.1.1	<i>Definição do veículo experimental</i>	<i>51</i>
5.1.1.1	<i>Método proposto.....</i>	<i>51</i>
5.1.1.2	<i>Aplicação no estudo de caso</i>	<i>51</i>
5.1.2	<i>Definição vias urbanas e área de estudo.....</i>	<i>53</i>
5.1.2.1	<i>Método proposto.....</i>	<i>53</i>
5.1.2.2	<i>Aplicação no estudo de caso</i>	<i>53</i>
5.1.3	<i>Definição e seleção dos perfis de condutores.....</i>	<i>55</i>
5.1.3.1	<i>Método proposto.....</i>	<i>55</i>

5.1.3.2	<i>Aplicação no estudo de caso</i>	57
5.1.4	Definição dos parâmetros de coleta	57
5.1.4.1	<i>Questionário para construção dos perfis dos condutores</i>	58
5.1.4.2	<i>Parâmetros de condução, combustão e emissões de poluentes</i>	59
5.2	Fase 2: Coleta de dados	62
5.2.1	<i>Experimento 1: Influência dos perfis de condutores nas emissões de poluentes</i> ...	62
5.2.2	<i>Experimento 2: Influência dos aspectos locais nas emissões de poluentes</i>	64
5.3	Fase 3: Processamento dos dados	66
5.3.1	<i>Dados provenientes do questionário desenvolvido</i>	66
5.3.2	<i>Dados coletados dos equipamentos on-board</i>	67
5.3.3	<i>Análise estatística</i>	69
5.4	Fase 4: Proposta metodológica para obtenção fatores de emissão	71
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	74
6.1	Caracterização dos condutores voluntários	75
6.2	Experimento 1: Influência dos perfis de condutores	80
6.2.1	<i>Ciclos de condução</i>	81
6.2.2	<i>Emissões de poluentes</i>	89
6.3	Experimento 2: Influência dos aspectos locais	96
6.3.1	<i>Ciclos de condução</i>	97
6.3.2	<i>Emissões de poluentes</i>	102
6.4	Fatores de emissão	116
7	CONCLUSÕES	125
7.1	Questões de pesquisa e conclusões	125
7.2	Limitações da pesquisa	128
7.3	Sugestões para trabalhos futuros	128
7.3	Publicações no período	129
	REFERÊNCIAS	131
	APÊNDICE	138
	A: Questionário desenvolvido	138
	B: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	144
	C: Equações segundo Modelagem de Panis et al. (2006)	146
	D: Matriz de Correlação	151
	ANEXOS	152

1: Carta de Aceite do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará.....	152
2: Caracterização físico-química do combustível diesel	156

1 INTRODUÇÃO

O transporte de carga tem papel primordial no desenvolvimento econômico e na sustentação do atual estilo de vida das populações, embora seja constantemente desconsiderado nos processos de planejamento na maioria das cidades em todo o mundo (LINDHOLM, 2010; McLEOD *et al.*, 2019). Em geral, falta de dados concretos, diversidade de atores envolvidos e distinção de objetivos almejados, intensifica ainda mais a falta de compreensão do fenômeno e dos impactos gerados pelo Transporte Urbano de Cargas (TUC) (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Dentre os impactos gerados pelo TUC destaca-se a poluição atmosférica, que tem consequências diretas no âmbito local e regional, como as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP); e nas mudanças climática e poluição globais, com as emissões de dióxido de carbono (CO₂) (ITF, 2010). O setor de transportes é a maior fonte de consumo de energia e de emissões de poluentes em centros urbanos (OLIVEIRA e D'AGOSTO, 2017).

As emissões de poluentes são estimadas através da multiplicação dos fatores de emissão, geralmente dada em g/km, pela atividade emissora. O passo mais importante e difícil na estimativa dessas emissões é determinar com precisão os fatores de emissão, ajustados para cada categoria de veículo (EPA, 2009; KRECL *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017). Estabelecer o valor exato desses fatores de emissão é fundamental para elaboração dos inventários de emissões, ferramenta de planejamento estratégico que fornece um mapeamento das fontes emissoras bem como a quantidade emitida, é base na avaliação de cenários, oferta *inputs* necessários para os modelos de dispersão, auxilia no monitoramento da eficácia das políticas públicas para controlar as emissões dos veículos e ajuda a avaliar os impactos na saúde de diferentes fontes de exposição (EPA, 2009; KRECL *et al.*, 2017).

A elaboração dos fatores de emissão veicular pode ser feita por meio de vários métodos de coleta, dos quais se destacam chassi dinamométrico, sensores infravermelho e sistemas *on-board*. Apesar dos dois primeiros serem cômodos, agregam elevado custo estrutural e não conseguem representar a realidade do tráfego, principalmente o urbano (FERGUSON, 2001; MARTINS, 2005); em contrapartida, a instrumentação *on-board* permite a coleta de dados sob condições reais de operação veicular. No Brasil, os fatores de emissão são obtidos em chassis dinamométricos, baseados nas metodologias e ciclos de condução americanos para veículos leves e europeus para veículos pesados. Essas metodologias são excessivamente simplificadas e agregadas e não representam a realidade local (CETESB, 2018). Através dos dados reais coletados *on-board* é possível construir ciclos de condução real, composto por uma

série de condições de operação veicular, incluindo marcha lenta, desaceleração, aceleração e cruzeiro. Esses ciclos apresentam diferenças significativas entre si, pois consideram particularidades locais, incorporando comportamentos de condução, tráfego local e até aspectos da geometria da via (NESAMANI E SURBRAMANIAN, 2011; LAI *et al.*, 2012).

Dentre as razões que mais influenciam nas emissões de poluentes veiculares, destaca-se a forma de condução e embora se saiba que os padrões de condução afetem fortemente as emissões de poluentes provenientes dos veículos, o conhecimento empírico existente sobre os padrões de condução ainda é limitado. Em geral, os métodos convencionais para obtenção dos fatores de emissão não incorporam os comportamentos de condução. Além disso, os principais trabalhos na área de comportamento do condutor correlacionam o consumo de combustíveis e as emissões de poluentes a partir de simulações em modelos baseados em velocidade e/ou aceleração, partindo de fatores de emissões embutidos nesses modelos. Se esses modelos não são sensíveis ao comportamento do condutor, possivelmente essas correlações não são adequadas (ERICSSON, 2001; SENTOFF, AULTMAN-HALL E HOLMÉN, 2015; FARIA *et al.*, 2018).

O padrão de condução é geralmente definido pelos perfis de velocidade, porém isso não é suficiente para retratar o perfil do condutor, como a variação das acelerações instantâneas ou até a troca de marchas (ERICSSON, 2001; SENTOFF, AULTMAN-HALL E HOLMÉN, 2015). Neste contexto, a agressividade do condutor aqui abordada tem relação direta com a variação e intensidade dos perfis de aceleração, rotações do motor e a troca de marchas durante a condução veicular e relacionar o estilo de condução com o consumo de combustíveis e as emissões de poluentes é relativamente novo. Em geral, o que se faz são tentativas de mudar o estilo de condução através de treinamentos (técnicas de *eco-driving*), com o real intuito de redução do consumo de combustíveis, principalmente através da troca de marchas em rotações específicas. Além disso, recentemente tem-se investigado também fatores que podem influenciar na forma de condução, como os aspectos locais (geometria da via), tráfego e até fatores climáticos, como observado por Faria *et al.* (2018) a influência dos dias chuvosos na Europa na condução de veículos de passeio.

1.1 Questões de pesquisa

Diante das lacunas encontradas na literatura em relação aos fatores de emissões, bem como os métodos utilizados para obtenção e os fatores que influenciam na condução veicular, e conseqüentemente na emissão de poluentes, levantam-se os seguintes

questionamentos:

- *Como melhorar a estimativa das emissões de poluentes veiculares incorporando fatores socioeconômicos dos condutores?*
- *Como delinear e classificar perfis de condutores?*
- *Como relacionar as emissões de poluentes com perfis de condutores, a condução veicular e incorporando aspectos urbanos locais?*
- *Como obter fatores de emissão veicular para perfis distintos de condutores a partir de dados reais de condução?*

1.2 Objetivos

Diante do exposto, este trabalho propõe uma metodologia para elaboração de fatores de emissão de poluentes de veículos urbanos de carga considerando perfis de condutores distintos e incorporando os aspectos locais. Para isto, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- (i) Propor um método para delinear os perfis de condutores;
- (ii) Analisar e relacionar a influência da agressividade de perfis de condutores distintos nas emissões de poluentes;
- (iii) Analisar e relacionar a influência dos aspectos urbanos locais nas emissões de poluentes;
- (iv) Elaborar fatores de emissão para diferentes níveis de agregação a partir de dados de condução real.

1.3 Estrutura da Tese

A estrutura deste texto foi planejada para contemplar os objetivos específicos estabelecidos com o intuito de preencher as lacunas encontradas acerca da problemática apresentada. O Capítulo 2 contextualiza as emissões de poluentes provenientes do setor de transportes em meio urbano, especificamente do transporte de carga. O Capítulo 3 analisa os métodos existentes de obtenção dos fatores de emissão e os modelos de emissão veiculares. O Capítulo 4 aborda a problemática acerca do comportamento do condutor, um dos principais fatores que influenciam nas emissões veiculares. O Capítulo 5 apresentará a metodologia proposta para obtenção dos fatores de emissão considerando os perfis de condutores distintos

utilizando-se de dados reais. O Capítulo 6 mostram os resultados obtidos e a discussão. O capítulo 7 apresenta resumidamente as conclusões e considerações deste estudo.

2 O SETOR DE TRANSPORTES E AS EMISSÕES DE POLUENTES

O setor de transportes e distribuição de bens e produtos é responsável pela conexão entre os mais distintos locais, através das atividades comerciais e industriais, com impactos diretos no desenvolvimento econômico. Tais conexões são realizadas, no Brasil, principalmente através do modo rodoviário, utilizando a rede viária urbana ou rural disponíveis. Entretanto, essas atividades são responsáveis por diversos impactos negativos, como produção de ruídos e vibração, acidentes, resíduos líquidos e sólidos e a degradação da qualidade do ar, este tem ganhado destaque atualmente (CANDEMIR, ÇELEBI, 2017; KHERBASH, MOCAN, 2015; MCKINNON, BROWNE, PIECYK, 2016).

A atividade de transporte é responsável ainda por 7% a 9% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial e cerca de 12% do PIB brasileiro, e consome significativo volume de energia, entre 9% e 12% da energia mundial consumida e cerca de 19% da energia consumida no Brasil (SIMS *et al.*, 2014). Apesar de ter elevado potencial de gerar impactos negativos, como prejudicar a qualidade do ar local e contribuir com o aquecimento global que, atualmente, é o maior desafio ambiental do planeta (OLIVEIRA, D'AGOSTO, 2017).

A nível global, o setor transportes é um dos principais responsáveis pelas emissões de dióxido de carbono (CO₂), com 23% (ITF, 2010), provocando o efeito estufa. No entanto, tais impactos também ocorrem a níveis local e regional, principalmente nos grandes centros urbanos, onde as atividades logísticas são bem representativas. Poluentes como monóxidos de carbono (CO), óxidos de enxofre (SO_x) e óxidos de nitrogênio (NO_x) são alguns dos principais poluentes veiculares emitidos pelo setor logístico e que contribuem para o agravamento da qualidade do ar a nível local e regional, formação de chuva ácida e prejudicando a saúde da população (KHARBACH; CHFADI, 2017; SANTOS, 2017; TALBI, 2017; TIAN *et al.*, 2014).

2.1 Contexto de Transporte Urbano de Carga (TUC)

Especificamente na conjuntura dos centros urbanos brasileiros, o planejamento do transporte de carga ainda não é amplamente conhecido, debatido e divulgado. Em geral, o cerne na área do planejamento de transportes estende-se para o deslocamento de pessoas, mesmo nos termos da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU, Lei nº 12857/2012) considerar a carga como objeto de serviço do transporte urbano. Tanto a PNMU quanto o Caderno de Referência para Elaboração de Planos de Mobilidade Urbana orientam tratar o transporte de carga na mobilidade urbana (BRASIL, 2012; BRASIL, 2015). Em geral, as cidades brasileiras

têm muitas dificuldades para incorporar o TUC no plano de mobilidade urbana, sendo a restrição de circulação aplicada aos caminhões a solução comumente adotada nos grandes centros pelo poder público e se torna uma conduta que atende parcialmente os interesses dos atores, impactando em toda a cadeia logística (Dias *et al.*, 2018).

Apesar de a carga estar intimamente ligada ao desenvolvimento econômico e garantir o estilo de vida contemporâneo, o transporte de mercadorias acaba sendo entendido pelas autoridades públicas de planejamento como uma atividade privada e é geralmente negligenciada nos planos de mobilidade (Oliveira *et al.*, 2019). Além disso, é notória a dificuldade de obtenção de dados sobre o transporte de carga, já que envolvem diferentes atores com interesses e objetivos distintos (CNT, 2018; Oliveira *et al.*, 2019). Diante disso, é comum adotar medidas a fim de mitigar os impactos negativos causados pela circulação e operação do TUC, como a substituição da frota com dimensões específicas, restrição de circulação e de estacionamento em determinadas regiões dos centros urbanos e de locais de carga e descarga (CNT, 2018).

Dentre essas medidas, a ação comumente imposta pelo poder público é restrição de circulação de veículos maiores em algumas regiões citadinas, substituindo-os pelos Veículos Urbanos de Carga (VUC), que são caminhões de menor porte, cujas medidas de tamanho e de peso bruto total são específicas e determinadas por cada município. É interessante a substituição de caminhão maior (uma carreta, por exemplo) por outros três ou quatro VUCs? Quais os impactos no tráfego, no número de veículos circulantes, no número de pessoas envolvidas, nos custos logísticos e nos impactos em geral nas vias e na poluição atmosférica e sonora do meio urbano? A falta de indicadores no tocante aos impactos ambientais são ainda mais insipientes, já que as leis municipais, em geral, consideram que esses VUCs possam emitir menos poluentes, mas não há estudos que realmente avalie os impactos ambientais dessas substituições (CNT, 2018; Oliveira *et al.*, 2019).

2.2 Poluição atmosférica

A presença de substâncias no ar que envolve risco, perigo ou sérios problemas para a saúde das pessoas é conhecida como poluição atmosférica. As principais fontes de poluição do ar, em geral, estão relacionadas aos processos de combustão, seja industrial, automotiva ou da matéria orgânica (BARTRA *et al.*, 2007). O poluente atmosférico é qualquer matéria que prejudica a saúde humana e o ambiente circundante, podendo estar presentes em diversas formas, principalmente como partículas sólidas e/ou gases (CARBAJAL-HERNÁNDEZ *et al.*,

2012; CONAMA 03/90).

O desenvolvimento urbano e o aumento da motorização individual, consequência da deficiência crônica dos sistemas de transporte de massa, têm intensificado o tráfego nos grandes centros urbanos e agravado ainda mais o problema da poluição atmosférica, cuja principal fonte emissora é a combustão veicular. Algumas medidas paliativas vêm sendo tomadas para a redução dessas emissões, como a inserção de catalisadores e filtros automotivos, e a melhoria composicional dos combustíveis. Porém, o grande número de veículos que circulam nos centros urbanos, e muitas vezes em condições precárias de manutenção, contribui para quantidades alarmantes das emissões de poluentes (RANGEL e CARVALHO, 2003).

Em geral, a poluição atmosférica contribui para o efeito estufa, cujo impacto no cenário global é significativo. Além da problemática ambiental, a poluição atmosférica está associada a diversos problemas de saúde, como alergias no trato respiratório, bronquite, asma, hipertensão e cânceres de pulmão e bexiga (IARC, 2013).

2.3 Emissões de poluentes e combustão veicular

Em geral, as emissões veiculares são divididas em emissões de escape e emissões evaporativas. Na primeira, os produtos da combustão são lançados na atmosfera pelo escapamento do veículo e através dos anéis de segmento do motor. Já nas emissões evaporativas, os hidrocarbonetos voláteis do combustível são lançados diretamente na atmosfera (LIMA, 2007).

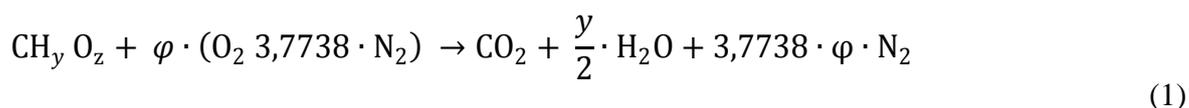
Os veículos automotivos usam motores de combustão interna, sendo os mais comuns os motores de quatro tempos. Os ciclos termodinâmicos classificam os motores em ciclo Otto e ciclo Diesel, cujas principais diferenças são em relação à robustez, às taxas de compressão, à forma de injeção do combustível e à ignição. No motor de ciclo Otto, a injeção do combustível é normalmente indireta e a ignição se dá por meio da centelha gerada pela vela, que inicia o processo de combustão. Já no motor de ciclo Diesel o processo de combustão ocorre por meio da compressão e consequente aquecimento do ar de admissão, seguida da injeção direta do combustível líquido pulverizado na câmara, ocorrendo a combustão (LIMA, 2007).

Os principais poluentes emitidos no processo de combustão veicular são o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO_x), os óxidos de enxofre (SO_x), materiais particulados (MP) e vapor de água. Destacam-se ainda gases que contribuem para o efeito estufa, cujo impacto no cenário global é significativo, como o dióxido de carbono (CO₂) e hidrocarbonetos (HC). Além da problemática ambiental, esses gases estão associados a

diversos problemas de saúde, como alergias no trato respiratório, bronquite, asma, hipertensão e cânceres de pulmão e bexiga (IARC, 2013). Especificamente, nos motores que operam no ciclo Diesel, as emissões de NOx e material particulado são significativamente superiores aos do ciclo Otto, devido as elevadas temperatura e pressão (CÉDRIC *et al.*, 2016).

2.3.1 Emissões do ciclo Diesel

O diesel é uma mistura de hidrocarbonetos derivado da destilação do petróleo bruto usado como combustível nos motores a diesel/gasóleo, formado principalmente por átomos de carbono, hidrogênio e, em baixas concentrações, por enxofre, nitrogênio e oxigênio. A Equação 1 mostra as reações estequiométricas teóricas, considerando a relação ar-combustível (λ) igual a 1, ou seja, quando a combustão é completa.



Onde y é o índice do hidrogênio, z é o do oxigênio e φ uma razão que depende de y e z ($\varphi = 1 + y/4 - z/2$).

Evidentemente esta reação química depende de diversos fatores e é muito comum nos veículos a combustão incompleta, já que os motores não têm um rendimento de cem por cento. Além disto, fatores como a composição do diesel; combustão por propagação, que produz carbono em forma de fuligem (material particulado); condições do motor; temperatura de combustão; presença catalisadores e filtros e até a forma de condução veicular (BRUNETTI, 2012 b).

Em geral, os motores ciclo Diesel funcionam como um motor quatro tempos. O ciclo se inicia com o êmbolo no ponto morto superior (PMS). Neste momento, a válvula de admissão (1) está aberta e o êmbolo ao descer aspira o ar para dentro do cilindro. O êmbolo atinge o ponto morto inferior (PMI), a válvula de admissão fecha e se inicia a compressão (2). A temperatura do ar dentro do cilindro aumenta substancialmente devido à diminuição do volume. Pouco antes do PMS, o combustível diesel começa a ser pulverizado pelo injetor em finas gotículas, misturando-se com o ar quente até que se dá a combustão (3). A expansão começa após o PMS do êmbolo com a mistura (ar e combustível) na proporção certa para a combustão espontânea, na qual o combustível continua a ser pulverizado até momentos antes

do PMI. O ciclo termina com a fase de escape (4), quando o embolo retorna ao PMS, fazendo com que os gases de combustão sejam expulsos do cilindro, reiniciando o ciclo (BRUNETTI, 2012 a).

Os principais poluentes produzidos durante a combustão de diesel são:

(a) Óxidos de carbono: o monóxido de carbono (CO) é um gás incolor, inodoro e venenoso e resultante da combustão incompleta. Elevadas concentrações deste composto podem causar dores de cabeça, náuseas e até morte, dependendo da concentração de exposição, por se ligar à hemoglobina, reduzindo a oxigenação no organismo. O dióxido de carbono (CO₂) é o principal produto da combustão completa de combustíveis fósseis e é um dos gases que absorvem a radiação infravermelha, contribuindo para o efeito estufa (CARVALHO Jr. e LACAVA, 2003).

(b) Óxidos de nitrogênio (NO_x): termo genérico referente a concentração total de óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), são gases comumente encontrados em regiões de intenso tráfego, sendo emitidos durante a combustão dos derivados de petróleo em elevadas temperaturas e pressão. O NO₂ é um gás irritante e seus efeitos estão relacionados às doenças respiratórias, cardiovasculares e mortalidade e a questões ambientais, como a chuva ácida e formação de ozônio (CHIUSOLO *et al.*, 2011).

(c) Hidrocarbonetos (C_xH_y): os voláteis, um grupo particular de compostos orgânicos voláteis (COV) são provenientes da combustão incompleta, geralmente pela falta de O₂ (razão ar/combustível menor que um) e durante as desacelerações, na qual há uma redução dos combustíveis e este é emitido sem queimar. No entanto, o excesso de combustível é geralmente oxidado no catalisador (CARVALHO Jr. e LACAVA, 2003). Na presença de NO_x e radiação solar, os hidrocarbonetos formam ozônio troposférico, contribuindo para o aumento dos gases de efeito estufa. Os hidrocarbonetos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) são os principais VOC em estudo, e a sua ocorrência decorre principalmente das emissões evaporativas. Alguns hidrocarbonetos, como o benzeno e o benzo(a)pireno, estão diretamente relacionados ao câncer de pulmão e de bexiga (RAVINDRA *et al.*, 2008).

(d) Material particulado: é a mistura de gases, partículas sólidas e líquidas em suspensão na atmosfera, cuja origem é, em sua maioria, proveniente da combustão automotiva. A emissão dessas partículas na atmosfera está relacionada à combustão incompleta nos motores, especialmente a diesel, cujo tamanho das partículas são bem pequenos e afetam diretamente na saúde humana por penetrarem nas vias respiratórias e atingirem o coração. Além do risco pelo tamanho micro das partículas, o material particulado possui uma composição bastante complexa, podendo conter centenas de compostos orgânicos (*e.g.* hidrocarbonetos alifáticos e

aromáticos, aldeídos, cetonas, dioxinas, furanos) e inorgânicos (*e.g.* ânions, metais), sendo alguns bastante tóxicos e até cancerígenos (AZIMI *et al.*, 2005; BRUNETTI, 2012 b).

(e) Óxidos de enxofre: é formado principalmente na queima de combustíveis fósseis que contém enxofre. Segundo a legislação vigente no Brasil, o diesel possui de 10 a 50 ppm de enxofre em sua composição (Diesel S10 e S50). O dióxido de enxofre pode ser convertido na atmosfera em ácido sulfúrico, principal espécie contribuinte para chuva ácida. Em seres humanos, pode causar irritação sensorial e respiratória (CARVALHO Jr. e LACAVA, 2003).

2.4 Legislação ambiental e ensaios de emissões veiculares

A Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma que os padrões de qualidade do ar variam de acordo com a abordagem adotada e tem como objetivo balancear os riscos à saúde humana, considerando as viabilidades técnicas e econômicas e diversos fatores políticos e sociais. A Organização reconhece ainda o que os governos devem considerar cuidadosamente quais circunstâncias, os locais e até os valores a serem adotados. No Brasil, os padrões de qualidade do ar são estabelecidos pela resolução CONAMA 491/2018, que revogou e substituiu a resolução CONAMA 03/1990.

A Resolução CONAMA 491/2018 é um dos instrumentos de gestão da qualidade do ar, que determina a concentração de poluentes na atmosfera, associada a um determinado tempo de exposição, para que o ambiente e a saúde humana sejam preservados em relação aos riscos e os danos causados pela poluição atmosférica.

Além deste instrumento de gestão ambiental e considerando que a principal fonte de poluição atmosférica é proveniente da combustão de veículos automotores em meio urbano, o Brasil possui ainda as normas de emissões, denominados por sete fases do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos automotores (PROCONVE). As normas de emissão são aplicáveis a todos os veículos o transporte de individual, de passageiros e de cargas, independentemente do tipo de combustível.

As normas do PROCONVE foram implementadas inicialmente nos anos 1990 e atualmente se encontra atualmente na fase PROCONVE P-7, segundo a Resolução Conama 403/2008, com implementação a partir de 2012. As normas são baseadas nas normas Euro V, com ensaios de medição para os poluentes monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e material particulado no gás de escapamento de motores, conforme os métodos e procedimentos estabelecidos para o Ciclo de Regime Constante (ESC), o Ciclo Europeu de Resposta em Carga (ELR) e o Ciclo de Regime Transiente (ETC) da Diretiva 1999/96 do

Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de dezembro de 1999 (EURO V).

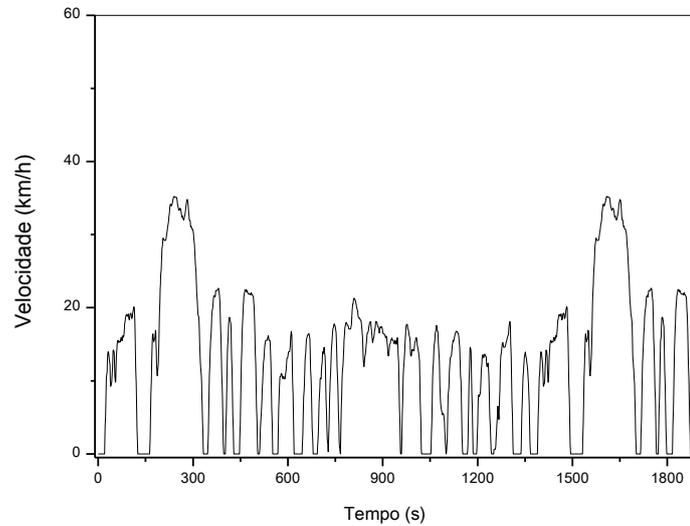
Resumidamente, o ESC simula uma sequência de modos de operação definidos por diferentes condições de carregamento e velocidades do motor. Já o ETC considera, além das informações dos ciclos estacionários, mudanças no modo de operação ao capturar diferentes padrões de condução, tais como o urbano, o rural e o rodoviário. Teoricamente, os ciclos de testes de emissões em motores refletem alguns padrões de condução reais e os níveis de emissões associados, porém não é possível representar todas as condições de condução reais em um limitado conjunto de ciclos de teste (EURO V).

Para ensaios tanto de motores quanto de veículos são usados dinamômetros, equipamentos que simulam a potência resistiva imposta às rodas de um veículo, capazes de aplicar velocidade e carga controladas para fins de medição de um motor ou veículo em termos de torque, potência, simulação de movimento, entre outros (MACIEL FILHO, 2013). Para a análise das emissões provenientes de veículos automotores, geralmente, são feitas através da análise de ciclos de condução em bancadas dinamométricas, cujo princípio é estático. A coleta desses poluentes geralmente é feita por meio de bombas de sucção e fixados em filtros e sacos coletores de gases (*bags*) específicos para posteriores análises em laboratório.

Por definição, ciclo de condução é um procedimento utilizado para determinação de emissões veiculares e é composto por um conjunto de parâmetros, como velocidade, aceleração, distância, duração e frequência das partidas e paradas, com objetivo de simular um padrão de condução próximo da realidade. Diversos ciclos de condução têm sido desenvolvidos em vários países no intuito de buscar reproduzir ao máximo as condições locais de tráfego e comportamentos de condução específicos (MARTINS, 2005; BARLOW *et al.*, 2009).

No Brasil o ciclo de condução adotado para determinação das emissões em veículos leves e comerciais leves é o ciclo americano Federal Test Procedure 75 (FTP-75). Os procedimentos relativos a este ensaio estão descritos na Norma Brasileira NBR 6601 (NBR 6601, 2012). A Figura 01 mostra o ciclo de condução FTP-75, utilizado nos Estados Unidos para veículos leves de passageiros e adotado no Brasil para testes de veículos leves e comerciais leves.

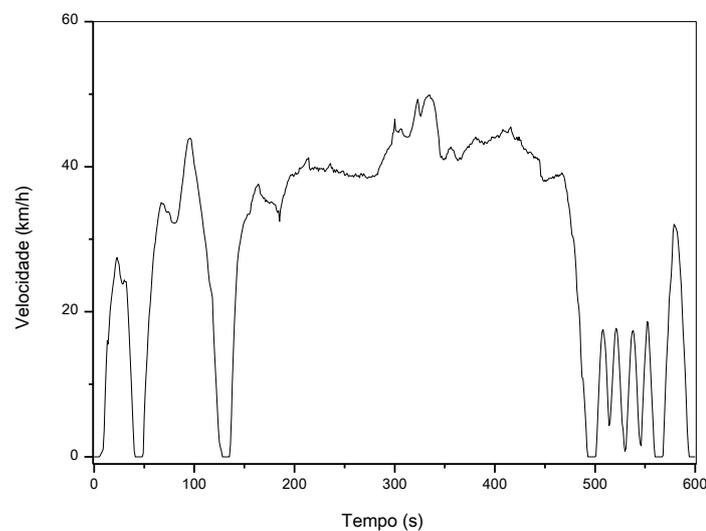
Figura 1 – Ciclo de condução FTP-75, adotado no Brasil para testes de veículos leves e comerciais leves.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O FTP-75 possui duração de 1.800 segundos, atingindo velocidade máxima 35,2 km/h e velocidade média de 13,2 km/h. Em relação à aceleração, a máxima é de 0,57 e média 0 m/s^2 . Em complementação a esse ciclo de condução e no tocante à agressividade do condutor, foi desenvolvido um ciclo complementar, o FTP US06, como mostra a Figura 02. Este ciclo possui duração de 600 segundos e atinge uma velocidade máxima de 49,9 km/h e média 29,8 km/h. Durante o teste, a aceleração máxima é de $1,45 \text{ m/s}^2$ e média de 0 m/s^2 .

Figura 2 – Ciclo de condução complementar FTP US06, que aborda a agressividade do condutor.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Existem diversos outros ciclos de testes empregados em todo mundo, como o Europeu (New European Drive Cycle – NEDC) e o Japonês. Convém salientar que as emissões veiculares e consumo de combustível dependem da forma de condução, o que torna inadequada a comparação direta dos resultados obtidos para o mesmo veículo ensaiado sob diferentes ciclos. O NEDC é usado como um ciclo de referência para a homologação de veículos que tenham que cumprir a norma Euro 6 na Europa e em outros países. É constituído por um ciclo urbano denominado ECE, que é repetido quatro vezes, e por um ciclo extra-urbano, EUDC (MARTINS, 2005; BOSCH, 2005).

Entretanto, como observado por Maciel Filho (2013), esses métodos possuem diversas limitações: (i) os testes de motores não contam com as características do veículo (peso, trem de força, estrutura da carroceria, etc); (ii) o teste de motor não é ideal para avaliação da utilização de um veículo; e, (iii) a remoção do motor de um veículo é bastante trabalhosa e os modelos mais modernos estão atrelados a sistemas eletrônicos cada vez mais complexos oriundos do veículo completo e não só do trem de força.

2.4.1 Métodos de construção de ciclos de condução

Em geral, não há uma metodologia universal para ensaios em dinamômetros de chassi para veículos pesados e diversos laboratórios obtêm resultados de emissões para veículos pesados, focando em novos tipos de veículos, como, por exemplo, veículos que utilizam novas tecnologias de redução de emissões de gases de escape, trens de força mais modernos e/ou o uso de combustíveis alternativos.

Usualmente, os parâmetros essenciais para o desenvolvimento de ciclos de condução são velocidade máxima e média, aceleração, proporção do tempo parado, correlação entre velocidade e aceleração e as distribuições de velocidade e aceleração (NESAMANI e SURBRAMANIAN, 2011).

Segundo André (2004) e Maciel Filho e Strambi (2015) métodos de construção de ciclos de condução incluem tipicamente as seguintes etapas: (i) coleta de dados de condução, (ii) segmentação dos dados de condução, (iii) construção dos ciclos e (iv) avaliação e seleção do ciclo final. Algumas das principais metodologias de construção de ciclos são:

(a) Construção baseada em microviagens: são definidas como toda a atividade de condução entre paradas sequenciais, incluindo o tempo de parada inicial ou final do veículo. Os dados da condução são coletados e em seguida são divididos em microviagens que deverão ser selecionadas para formar o ciclo de condução com o objetivo de se aproximar da condução

observada na prática. A maior limitação é que neste método não se diferenciam os diversos tipos de condições de condução tais como o tipo de via ou seu nível de serviço.

(b) Construção baseada em segmentos: o segmento de uma viagem é obtido dividindo os perfis de velocidade no tempo, utilizando alterações no tipo da via ou nível de serviço, além das paradas. O método permite que toda a condução do veículo seja estratificada por tipo de via ou nível de serviço e, assim, os ciclos podem ser construídos para representar as condições de condução para tipos específicos de vias e condições de tráfego. Sua maior limitação é que seu desenvolvimento é estritamente sob a perspectiva de engenharia de transportes e pouco relaciona às emissões de poluentes.

(c) Construção com classificação padronizada: sequências cinemáticas são classificadas usando métodos estatísticos, no qual os ciclos de construção são construídos reconectando sequências cinemáticas selecionadas aleatoriamente. Apesar de diferenciar as condições cinemáticas de condução, esse método não necessariamente diferencia as emissões associadas a essas atividades.

(d) Construção modal de ciclos: a condução é vista como uma sequência de modos como aceleração, desaceleração, cruzeiro ou espera (parada). As emissões são relacionadas com a operação modal de veículos, além da velocidade média. Neste método os dados da condução são divididos em trechos menores de diferentes durações a partir da aceleração e agrupados em “caixas” de acordo com o modo. A partir de então, uma matriz de transição que contém as probabilidades de sucessões entre os diferentes modos é criada e o ciclo de condução é construído como uma cadeia de Markov, isto é, para cada trecho adicionado, a próxima “caixa” modal é prevista de acordo com o modo do trecho atual e com a matriz de transição. A seleção de cada trecho em uma dada “caixa” também é feita com o método da melhoria incremental para distribuição de frequência de velocidade e aceleração e é necessário que a velocidade do início do trecho seja adequada à velocidade do final do trecho anterior com uma diferença determinada.

(e) Construção baseada na distribuição VSP: considera que a potência veicular específica (do inglês *Vehicle Specific Power*) é um parâmetro mais apropriado por demonstrar relações próximas entre emissões e o padrão de condução. Este parâmetro é definido como o consumo de energia de um veículo por tonelada transportada, incluindo a massa própria do veículo e é calculado a partir da velocidade e aceleração medidas de segundo a segundo, das características da via e do veículo, e é expresso em kW/t. No processo de estimativa de emissões, o VSP é usualmente dividido em “caixas” (*VSP bins*), a cada uma das quais se associa uma taxa de emissão correspondente. A distribuição de VSP representa a proporção de tempo em cada

“caixa” no tempo total de operação.

2.4.2 Ciclos de condução real

Diversos estudos verificaram a necessidade de mensurar as emissões dos veículos em condições reais de operação do inglês Real Drive Emissions (RDE). Esses procedimentos entraram em vigor na Europa desde 2016, considerando diversos fatores e condições de testes, como aspectos locais, tipos de veículos e motores, grade e até condições climáticas.

Neste contexto, Shen *et al.* (2015) desenvolvam ciclos reais de condução para veículos movidos a diesel na cidade de Beijing, China. O trabalho compara os resultados obtidos em ciclo de condução real com os obtidos em simuladores e em geral, observaram que os fatores de emissão encontrados nos simuladores não correspondam com os fatores reais obtidos e, assim, produzindo inventários de emissão inconsistentes.

Achour e Olabi (2016) desenvolveram ciclos de condução real para veículos movidos a gasolina na Irlanda. O trabalho foi realizado destacando as características do tráfego de cada local e, assim, fortalecendo a necessidade de que cada localidade deve ter seu próprio ciclo de condução que auxiliem as autoridades a identificar a qualidade do ar oriunda das emissões veiculares. Os resultados foram comparados com os obtidos por modelos de emissão e foram encontradas boas correlações entre as emissões medidas e estimadas, porém os autores ressaltam a necessidade de cada local possuir ser próprio ciclo de condução.

Kamble *et al.* (2009) desenvolveram ciclos de condução real na Índia, especificamente em seu perímetro urbano, com o intuito de estimar as emissões veiculares e o consumo de combustível cidade na cidade de Punal. Os dados do ciclo foram agrupados em parâmetros que relacionam tempo e espaço e comparados com ciclos de condução já existentes, constatado que os ciclos de condução adaptados não correspondem aos parâmetros velocidade e espaço, não representando a realidade local.

Schifter *et al.* (2005) considerando as particularidades locais e a necessidade de melhor retratar o tráfego local, desenvolveram ciclos de condução real em condições congestionadas e não congestionadas na Cidade do México (ciclo MC). Para isto, foram consideradas diferentes tipos de via. Os autores destacaram que a utilização de um ciclo mais representativo durante os testes de certificação incentiva os fabricantes de veículos a desenvolver sistemas de controle de emissões mais eficazes. Apesar dos procedimentos durante os testes não serem os oficiais utilizados no processo de certificação do país, observou-se que o uso do ciclo MC, que representa melhor os padrões de condução do dia corrente durante os

testes de frotas de veículos em emissões. Além disso, pode-se observar que houve uma melhora na precisão dos fatores de emissão usados nos inventários de emissões.

Varella *et al.* (2019) analisaram o efeito da partida a frio, do grade da via e do estilo de condução de dois motoristas nas emissões de CO₂ e NO_x na região metropolitana de Lisboa, Portugal. Os resultados mostram os efeitos de cada parâmetro, diferença média entre os condutores, de 7% nas emissões de CO₂ e de 55% para NO_x, simulando estilos de condução agressiva e normal. Considerando a partida a frio, as emissões de CO₂ e de NO_x são de aproximadamente 25% e 55% mais altas, respectivamente, do que na partida a quente. Para o grade, grandes oscilações foram observadas em pontos de inclinação, que afeta as emissões durante todas as viagens. Os resultados destacam a necessidade de estudos sobre esses fatores para garantir que os testes RDE evoluam para um procedimento de certificação mais estabelecido do que certificações laboratoriais.

No Brasil, Maciel Filho (2013) desenvolveu ciclos de condução para ônibus urbanos nos horários de pico e fora pico a partir de dados de campo, visando suas aplicações para a estimativa de emissão de poluentes. Para isto, foi considerado o parâmetro VSP para a construção dos ciclos e sua relação com as emissões, calculadas a partir do modelo de emissão americano MOVES.

2.5 Considerações do capítulo

O transporte de carga tem grande relevância no cenário econômico e no desenvolvimento das cidades. No contexto brasileiro, extremamente dependente do modo rodoviário, o caminhão se torna essencial para atender a demanda elevada de consumo de bens e produtos dos centros urbanos. Apesar de sua magnitude na manutenção no estilo de vida moderno, o caminhão se tornou um vilão pela população em geral e pelo poder público, sendo considerado como um problema pelos diversos impactos negativos gerados.

Apesar das legislações vigentes considerarem a carga como objeto de serviço do transporte urbano e fazer parte do planejamento da mobilidade, a tomada de decisão em relação a este eixo é insipiente. Geralmente, a gestão do tráfego dos caminhões se limita a restringir a circulação, seja por tamanho ou por horários, ou a simples substituição por veículos de carga menores, os VUCs, sem considerar os impactos gerados nas vias, no tráfego local, nos custos logísticos ou até mesmo na saúde humana.

O conflito se intensifica ainda mais quando a crise socioeconômica produziu um cenário em que este tipo de veículo passou a ser conduzido por motoristas sem experiência e

por categorias de habilitação tipo B, já que é um caminhão de pequeno porte e considerado do tipo leve, e sai mais barato para o empregador a contratação desse perfil de motorista. Outro quesito que não é colocado na conta é sobre a eficiência energética durante a condução veicular.

A falta de dados concretos sobre todos esses aspectos torna o transporte urbano de cargas peculiar e relevante, tanto na pesquisa científica quanto nos impactos causados na economia e no ambiente como um todo, apesar da complexidade do setor e da variedade de atores envolvidos no processo, com interesses distintos. Para mensurar os impactos na rede viária são necessárias diversas fontes de informações.

No eixo ambiental, especificamente no tocante à poluição atmosférica, são indispensáveis entender o processo de distribuição no meio urbano e as emissões durante o percurso. Para isto, é preciso o desenvolvimento de ciclos de condução reais, baseado no parâmetro VSP e microviagens; e de fatores de emissões, que será aprofundado e discutido no Capítulo 3.

3 FATORES DE EMISSÃO

Este capítulo apresenta o embasamento teórico necessário para elaboração dos fatores de emissão veicular, dando suporte para os objetivos específicos desta tese, abordando os aspectos relacionados aos métodos de obtenção dos fatores de emissão e suas aplicações na modelagem da emissão de poluentes.

3.1 Fatores de emissão veicular

Estudos vêm sendo realizados com o intuito de quantificar e estimar as emissões veiculares, bem como seus impactos. Para isto, é essencial o uso dos fatores de emissão, que retratam a relação entre a quantidade de poluente produzido e quantidade de combustível consumido, expresso em unidade de massa, geralmente em grama, por massa, volume, distância ou duração da atividade emissora. É através dos fatores de emissão que é possível elaborar inventários de emissão, por exemplo (EPA, 2009).

A elaboração dos fatores de emissão veicular pode ser feita por diversos métodos, dos quais se destacam chassi dinamométrico, sensores infravermelho e sistemas *on-board*. Apesar dos dois primeiros serem relativamente práticos, agregam custo estrutural bastante elevado e não conseguem representar a realidade do tráfego, principalmente o urbano (FERGUSON, 2001; MARTINS, 2005). Especificamente, a instrumentação *on-board* permite a coleta de dados sob condições reais de operação veicular.

No Brasil, os fatores de emissão são obtidos em chassis dinamométricos e cálculos de emissões relativos aos combustíveis e não aos veículos, baseados nas metodologias americanas para veículos leves, e europeias para veículos pesados. Em São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) utiliza método *bottom-up*, no qual as emissões de poluentes são estimadas a partir da frota circulante local e os fatores de emissões são obtidos em testes de laboratório e através das taxas fornecidas pelos fabricantes dos veículos e testes em chassis (CETESB, 2017; CETESB, 2018).

A Tabela 1 a seguir resume os principais parâmetros obtidos pelos métodos mais comuns na análise de emissões veiculares.

Tabela 1 - Principais parâmetros obtidos pelos métodos mais comuns na análise de emissões veiculares.

	Parâmetros	Sensor Infravermelho	Chassi Dinamométrico	On- board
Emissões	CO	✓	✓	✓
	CO ₂	✓	✓	✓
	NO _x	✓	✓	✓
	SO _x	✓	✓	✓
	HC	✓	✓	✓
	MP	✓	✓	✓
Dinâmica veicular	Velocidade	✓	✓	✓
	Aceleração	✓	✓	✓
	Temperatura refrigeração do motor		✓	✓
	Rotações do motor (RPM)		✓	✓
	Avanço de tempo de ignição		✓	✓
	Temperatura do ar de admissão		✓	✓
	Posição do acelerador		✓	✓
	Fluxo massa de ar		✓	✓
	Pressão do ar do coletor		✓	✓
	Carga do motor		✓	✓
	Via e localização	Longitude		
Latitude				✓
Inclinação da via				✓
Altitude				✓

Adaptado de Cassiano et al. (2016).

O método de sensoriamento remoto é uma técnica que determina a concentração de poluentes locais enquanto os veículos estão em circulação na via. Essa medida é realizada por meio da atenuação de um feixe luz pelos gases emitidos pelos veículos. Quanto mais forte for à atenuação em um determinado comprimento de onda mais elevada será a concentração de um determinado composto absorvente, poluente. A diferença entre a concentração medida e a concentração padrão é atribuída à frota passante (ANDERSON E HADDEN, 1999). Este método não precisa estar fisicamente ligado ao veículo e se torna uma ferramenta eficiente para monitorar a frota veicular, complementando a ação dos programas de controle de emissões de fontes móveis. Entretanto, ao se utilizar o sensoriamento remoto o resultado obtido é uma estimativa instantânea das emissões de um determinado local para a frota de veículos passantes. Além disto, não são levados em consideração os efeitos da dispersão de poluentes no local. Em geral, os dados de emissão são dados em g/km.

No teste dinamométrico as rodas do veículo são colocadas sobre rolos rotativos que

simulam as variações de velocidades, resistência ao rolamento e o arrasto aerodinâmico. Além disso, uma ventoinha assegura o arrefecimento do motor durante o teste. O gás de escapamento é extraído continuamente ao longo do sistema de escapamento do veículo (BOSCH, 2005).

Para veículos ciclo diesel a principal diferença é um sistema de aquecimento no escapamento, utilizado para evitar a condensação de hidrocarbonetos com alto ponto de ebulição. Para a análise das concentrações dos poluentes analisados é utilizado um diluidor que garante a amostragem a um volume constante. O princípio de funcionamento do diluidor consiste em diluir os gases emitidos com ar ambiente numa proporção que varia entre 1:5 e 1:10. A partir daí um sistema de bombas garante que o fluxo volumétrico total composto de gás de escapamento e ar ambiente seja constante. Então, é coletada uma amostra representativa em bags para posterior determinação da concentração de cada poluente (BOSCH, 2005).

Os testes em chassi dinamométrico visam reproduzir, o mais próximo possível, as condições do veículo na estrada. O uso deste método apresenta resultados altamente reprodutíveis, pois as condições ambientais podem ser mantidas constantes; comparabilidade dos testes, já que pode ser definido um perfil de velocidade tempo uma vez que não existe tráfego; as técnicas de medições podem ser realizadas em um ambiente estacionário. Entretanto, apesar de serem cômodos e eficientes agregam um custo estrutural bastante elevado e não conseguem representar a realidade do tráfego (FERGUSON, 2001; MARTINS, 2005).

A instrumentação *on-board* permite a coleta de dados sob condições reais de operação do veículo, em qualquer local de operação e sob qualquer condição meteorológica. No passado os experimentos *on-board* não eram muito difundidos em função do elevado custo de aquisição dos equipamentos, entretanto atualmente a acessibilidade deste tipo de equipamento tem tornado os testes *on-board* mais difundidos na comunidade científica e com maior precisão e qualidade dos dados obtidos.

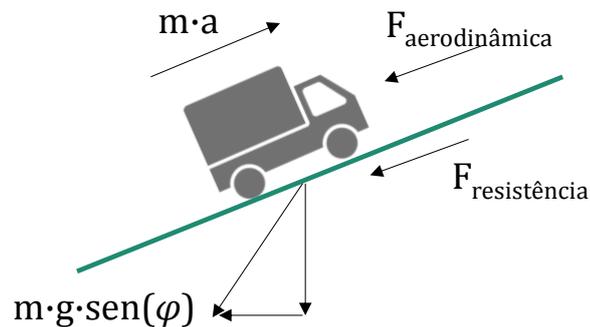
Dentre os equipamentos para medições *on-board*, destaca-se *Portable Emissions Measurement System* (PEMS), que consistem na adição de analisadores de gases portáteis, GPS, medidores e controladores de fluxo e *On-Board Diagnostic* (OBD). Tudo isso garante a coleta dos dados necessários para a determinação dos níveis de poluição dos veículos testados (DUARTE *et al.*, 2015). De todos os equipamentos que compõem um PEMS o OBD ganha um destaque especial devida a sua importância tecnológica e científica. Em geral, o OBD exige que todos os sistemas e componentes do gás de escapamento funcionem visando manter as emissões dentro dos limites de emissões. Dentre os parâmetros monitorados pelo sistema OBD destacam-se o conversor catalítico, possíveis falhas na combustão, a injeção de ar secundário, os sensores de oxigênio (sonda lambda), o sistema de arrefecimento e a sincronização das válvulas (BOSCH,

2005; BAEK E JANG, 2015). Para este tipo de instrumentação *on-board*, tem sido comum a utilização do parâmetro VSP, que é capaz de simplificar as forças atuantes sobre o veículo e, conseqüentemente, adequado para incorporar a instantaneidade do fenômeno das emissões de poluentes em ciclos de condução reais.

3.2 Parâmetro VSP

O parâmetro VSP, desenvolvido por Jiménez-Palacios (1999), é uma simplificação que consiste num balanço simplificado de todas as forças aplicadas no veículo durante a sua condução, permitindo obter uma estimativa da potência por unidade de massa do veículo em cada instante, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Balanço simplificado de todas as forças aplicadas no veículo durante a sua condução, base do parâmetro VSP desenvolvido por Jiménez-Palacios (1999).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A potência específica do veículo é definida como a potência instantânea por unidade de massa do veículo. A potência instantânea gerada pelo motor é utilizada para superar a resistência ao rolamento e a resistência aerodinâmica, e aumentar as energias cinética e potencial do veículo. É igual ao produto da velocidade e aceleração, que inclui os efeitos da inclinação da via, da resistência ao rolamento, arraste aerodinâmico, que é proporcional ao cubo da velocidade instantânea, como descrito na Equação 2:

$$VSP \left(\frac{\text{kW}}{\text{ton}} \right) = v * (a + g * \sin(\varphi) + \Psi) + \zeta * v^3 \quad (2)$$

em que: v é a velocidade (m/s);
 a é a aceleração (m/s²);
 g é a aceleração da gravidade, igual a 9,81m/s²;
 φ é a inclinação da via;
 ψ é o coeficiente de resistência a rolagem
 ζ é o coeficiente de arraste.

A forma mais eficiente de relacionar as emissões de poluentes com a instantaneidade do fenômeno do tráfego e parâmetros veiculares é através do parâmetro VSP, devida a sua interpretação física e as relações diretas ao consumo de combustível e as emissões (HUANG *et al.*, 2013; LAI *et al.*, 2013; ALAM E HATZOPOULOU, 2015).

Como uma das etapas, conforme os objetivos determinados, deste trabalho é a caracterização de perfis de condução e das emissões veiculares, o parâmetro VSP é o mais adequado, já que:

- a) foi desenvolvido para usar dados coletados experimentalmente, quer para os veículos quer para os perfis dinâmicos;
- b) foi igualmente projetado para utilizar dados coletados por meio de *Portable Emission Monitoring System* (PEMS), quer pelo uso de ferramentas não intrusivas, como no caso do OBD-II;
- c) para cada veículo e cada condutor é aplicável independentemente do tamanho da amostra e pode ser escalável para combinar dados de veículos com diferentes condutores.

Por estas razões o parâmetro VSP é a método escolhido pela Environmental Protection Agency (EPA) para servir de base para o *Motor Vehicle Emission Simulator* (MOVES), o modelo de emissões oficial usado nos Estados Unidos para calcular as emissões veiculares.

Apesar de todas essas vantagens no uso do parâmetro VSP, apresenta algumas limitações:

- a) é possível, e até frequente, obter um mesmo valor de VSP sob condições de condução completamente diferentes, por estarem agrupados em situações de condução em intervalos de semelhantes diferentes demandas de potência ao motor. Sendo o VSP em função da velocidade, aceleração e inclinação da via, um mesmo valor de potência pode ser requisitado por uma situação de elevada aceleração (transiente), de elevada inclinação do veículo ao subir uma rampa ou de elevada velocidade constante com aceleração nula ou reduzida. É assim evidente que, perante eventos tão diferentes o consumo de combustível e de emissão de

poluentes não podem ser iguais. O inverso também ocorre em situações de desaceleração, na qual a mesma potência do motor em uma descida íngreme o veículo esteja acelerando, quando na verdade está em corte de injeção;

b) a metodologia desenvolvida por Jiménez (1999) ignora completamente a rotação do motor (rpm), parâmetro fundamental na qualidade da combustão e no rendimento de um motor de combustão interna. Empiricamente, até pelo som e pelas vibrações do motor percebidos pelo condutor, é de se esperar que regimes de elevada rotação levem a consumos de combustível mais elevados. Assim, esses eventos de diferentes velocidades de rotação e posição do acelerador podem resultar na mesma potência. No entanto, isto pode ser atribuído devido à concepção do VSP aplicável em automóveis nos EUA, no qual a maior parte da frota possui câmbio automático, além de apresentarem motores maiores e mais potentes, o que faz com que, comparativamente aos motores europeus e brasileiros, menores e de potências consideravelmente inferiores, operem numa gama de rpm mais reduzida. Assim, um motor menor, para produzir uma potência semelhante ao do motor maior, estará sujeito a um maior esforço de rotação para compensar.

3.2.1 Modelagem das emissões baseadas no parâmetro VSP

Dependendo do nível de agregação, a modelagem das emissões pode ser dividida em: (i) modelagem baseada na velocidade média e (ii) modelagem dinâmica. A modelagem baseada na velocidade média tem uma abordagem macroscópica, destinada à elaboração de inventários. Já na modelagem dinâmica, as emissões são estimadas a cada segundo, de um veículo ou de uma frota, sendo aplicado à avaliação do impacto na variação de cenários e geralmente usam como dados de entrada as saídas dos simuladores de tráfego. Em ambos os casos, a calibração do modelo de emissão é feita em dinamômetro de chassi em testes de ciclos de condução, no caso de veículos leves, e testes de bancada no caso de veículos pesados (CAPPIELLO, 2002).

O *Motor Vehicle Emission Simulator* (MOVES) é um sistema de modelagem de emissões, que calcula as emissões de poluentes atmosféricos (gases de efeito estufa e gases tóxicos) de fontes móveis a nível nacional (EUA) e de projeto. É usado para criar fatores de emissão ou inventários de emissões, tanto para veículos automóveis *on-road* e equipamentos não rodoviárias. O propósito do MOVES é fornecer uma estimativa precisa das emissões de carros, caminhões e fontes móveis não rodoviárias sob uma ampla gama de condições definidas (EPA, 2015).

Em geral, o simulador MOVES tem em sua metodologia como base o parâmetro VSP e relaciona as emissões com os modos de operação, agregando o parâmetro VSP, com as faixas de velocidade e de aceleração, descrevendo de forma mais realista a dinâmica veicular e variabilidade do tráfego.

De acordo com Sentoff *et al.* (2015), as diferenças nas emissões médias para diferentes velocidades médias obtidas pela VSP foram comparadas com os resultados de MOBILE6, substituído posteriormente pelo *software* MOVES, e verificou-se um aumento nos valores de NOx e CO com base no modelo de estimação e nas emissões de HC. Os resultados baseados em VSP são menos sensíveis à velocidade. No entanto, em geral, a velocidade VSP com base em parâmetros envolvendo a maior tendência de taxa de emissão com o aumento da velocidade. As emissões de CO tendem a aumentar mais do que para outros poluentes e as emissões de HC tendem a aumentar menos do que para outros poluentes. Assim, foi observado experimentalmente que há um acordo qualitativo significativo entre os resultados observados e estimados, confirmando que a abordagem VSP quando agregado produz estimativas razoáveis de emissões de poluentes. Como este estudo analisou dados de forma desagregada, frequência de 1 Hz, maiores percentuais de erros foram detectados e podem ser atribuídos ao nível de agregação, conforme relatado por Sentoff *et al.* (2015), apesar do modelo não fazer essa distinção.

Wyatt, Li e Tate (2014) confrontaram as emissões instantâneas medidas e estimadas pelo parâmetro VSP e observaram uma diferença entre os valores de emissão de CO₂, que variaram significativamente com o aumento da inclinação da via, influenciando consideravelmente o fator de emissão. Assim, recomendam um estudo mais detalhado em relação a inclinação da via para melhorar as previsões das emissões de poluentes.

É comum o uso desses modelos no Brasil para estimar as emissões de poluentes, porém sem as devidas calibrações e adaptações, fazendo com que, dessa forma, essas estimativas não sejam realistas. Neste contexto, Azevedo *et al.* (2016) compararam as emissões medidas em campo com as emissões estimadas pelo modelo MOVES, através da programação de uma rotina externa ao software, e concluíram que não há coerência entre os valores observados. Em geral, observaram uma superestimação para todas as emissões de poluentes analisadas, com elevados erros percentuais entre o modelo testado e baixas correlações entre os valores observados e estimados para poluentes CO (g/h) e NOx (g/h).

3.3 Considerações do capítulo

Ainda na temática de mensuração dos impactos ambientais gerados pelo setor de transportes, e especificamente do TUC, torna-se necessário o uso de fatores de e emissões, pois os mesmos possibilitam uma compreensão mais precisa sobre o fenômeno relativo as emissões de poluentes. Apesar dos métodos de obtenção vigentes e dos fatores de emissões existentes, a representação desses, quando aplicadas a realidade, torna o resultado simplista e não representativo, subestimando as emissões totais geradas durante o processo de distribuição da carga, por exemplo.

Estruturada na revisão da literatura realizada, considerando o fenômeno da distribuição da carga urbana, discutida no Capítulo 2, a instantaneidade e a variabilidade das emissões de poluentes durante a condução e os modelos integrados de emissão e tráfego baseados em apenas duas variáveis, velocidade e aceleração, torna evidente a lacuna de elaboração de fatores de emissão incluindo as particularidades locais. Para isso, o uso de equipamentos embarcados para mensurar dados dinâmicos veiculares e de emissões instantâneas de poluentes torna o método promissor. No mais, o uso do parâmetro VSP é conveniente e adequado, já que inclui a instantaneidade, momento força, parâmetros inerciais, de via e do veículo. Diversos modelos já o utilizam, porém, ao comparar com dados reais medidos no Brasil, há discrepância, necessitando ajustes e calibrações à realidade (AZEVEDO *et al.*, 2016). Os softwares ainda limitam as calibrações e inserções de informações locais, acarretando ainda mais incoerências para as estimativas brasileiras (MOVES, 2015). Outro elemento limitante nessas estimativas é a restrição de fatores de emissão excessivamente agregados, por tipo de veículo e de combustível, disponibilizados pelas fabricantes e adquiridos através de ciclos de condução americanos aplicados em chassis dinamométricos (CETESB, 2017; CETESB, 2018).

Apesar dos esforços de adaptação fatores de emissões à realidade brasileira, a CETESB reconhece diversas limitações em seu método, já que são obtidos em chassis e com metodologias europeias e americanas, e remenda ainda a obtenção desses fatores por meio de equipamentos embarcados para melhor incorporar e representar a realidade local e as influências dos aspectos locais (principalmente do tráfego e da geometria da via) e da forma de condução veicular, como será discutido do Capítulo 4 (CETESB, 2018).

4. PERFIL DO CONDUTOR

Este capítulo apresenta o embasamento teórico e discussão sobre o perfil do condutor, objeto central desta pesquisa, dando suporte para o objetivo de incorporar os perfis de condutores na modelagem das emissões de poluentes, tratando dos aspectos relacionados às abordagens sobre agressividade, parâmetros para caracterização dos perfis e eco-driving.

4.1 Comportamento do condutor

Compreender o comportamento do condutor é algo relativamente novo (GÜNTHER *et al.*, 2015). No campo da psicologia, Thielen (2011) considera o trânsito uma questão de saúde pública e é relativo ao comportamento humano, que, por sua vez é resultado da interação dos fatores genéticos e ambientais (MONTAGU, 1978).

Neste contexto, Tebaldi e Ferreira (2004) aplicaram questionários para entender o comportamento ao dirigir. Em geral, observaram que a agressividade teve maior relação com nervosismo e estresse. Foi observado nesta pesquisa que (i) pessoas mais velhas tendem a ser menos agressivas; (ii) o sexo masculino tende a ser mais agressivo que o feminino; (iii) quanto maior grau de instrução, mais vê o trânsito como um meio violento; e, (iv) quanto menor o grau de instrução, considera-se melhor motorista.

Agressividade é a qualidade do que é agressivo; combatividade; que tem tendência para atacar ou provocar (AURÉLIO, 2016). Simaglia (2003) considera que a agressividade, sob a ótica da condução veicular, é dirigir próximo ao veículo da frente, ultrapassar pela direita, costurar entre carros, dando consonância ao termo americano “*road rage*”, que é a raiva ao volante.

No âmbito da segurança viária, Machado-León *et al.* (2016) relataram a hipótese baseada em evidências de que o comportamento de condução é um fator humano central que contribui para os acidentes rodoviários. Além disso, o comportamento do condutor, também conhecido como estilo de condução, refere-se à maneira pela qual as pessoas escolhem conduzir ou hábitos que se desenvolveram ao longo do tempo (ELANDER, WEST E FRENCH, 1993). A infração de trânsito mais frequente é o excesso de velocidade, que está relacionada ao risco aumentado de um acidente. Similarmente, a falta de rigor na tomada de decisão, como por exemplo, tomar decisões sem considerar todas as implicações, tem sido considerada um comportamento de condução associado ao envolvimento de acidente (DELHOMME, VERLHIAC e MARTHA, 2009; WEST, ELANDER e FRENCH, 1992). Além disso, vários

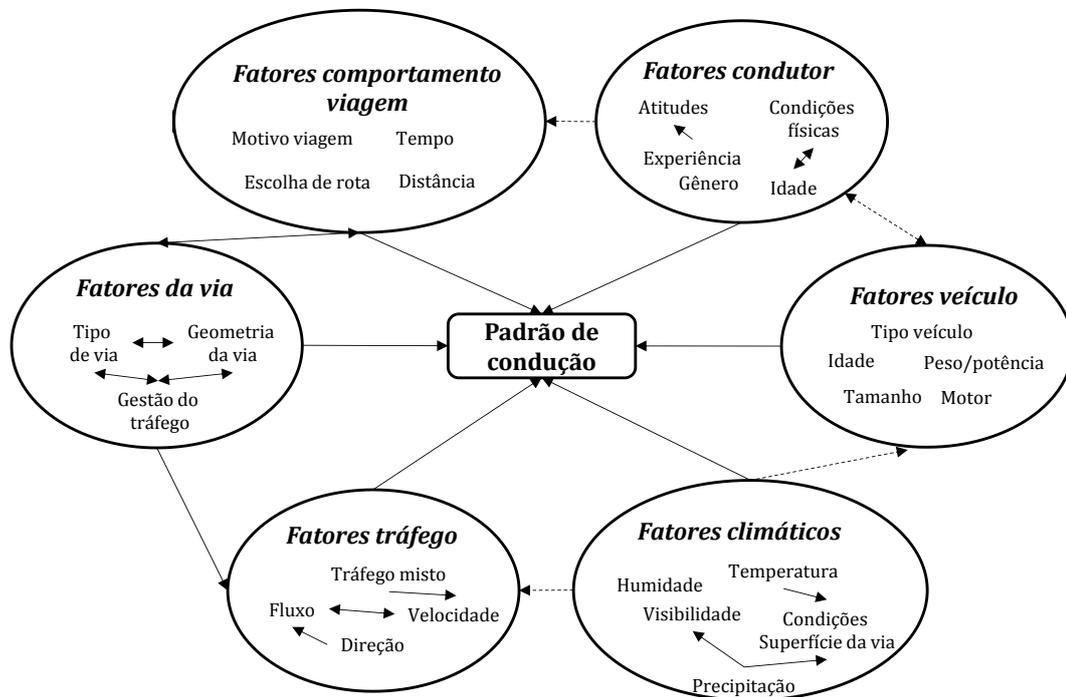
autores forneceram fundamentos para acreditar que os comportamentos de condução arriscados estavam relacionados com o aumento do envolvimento de acidentes para motoristas inexperientes (IVERS *et al.*, 2009; STEVENSON e PALAMARA, 2001).

A percepção de risco dos indivíduos no ambiente de condução pode depender de características socioeconômicas, como sexo e idade. Há evidências relatadas de que os homens tendem a ter um nível mais baixo de risco percebido no ambiente de condução do que as mulheres (GLENDON *et al.*, 2014; IRAGÜEN E ORTÚZAR, 2004; IVERS *et al.*, 2009).

Evidentemente, a forma de condução veicular afeta diretamente o consumo de combustível e as emissões de gases poluentes atmosféricos, juntamente com outras variáveis, como o tipo de veículo, de motor, de combustível. O padrão de condução é geralmente definido pelos perfis de velocidade, porém isso não é suficiente para retratar o perfil do condutor, como a variação das acelerações instantâneas ou até a troca de marchas. Esses fatores são de grande importância para o consumo de combustível e a emissão de poluentes (Ericsson, 2001).

Ericsson (2000) desenvolveu um modelo de causa e efeito da variabilidade nos padrões de condução, como mostra a Figura 04, e está dividido em 6 fatores: comportamento da viagem, condutor, via, tráfego, climáticos e veículo. Para testar quais fatores mais influenciam no consumo de combustíveis e emissões de poluentes, a pesquisadora selecionou 30 famílias aleatoriamente e realizou testes com 29 desses condutores durante duas semanas por meio de equipamentos embarcados com coleta de dados de frequência a cada 10 Hz. Os condutores eram homens e mulheres de diferentes faixas de idade e servidores de uma universidade europeia. Foi constatado que pessoas mais idosas desenvolviam menores velocidades e acelerações e mulheres dirigem em menores velocidades que os homens. Condutores mais jovens e condutores de carros de alto desempenho (esportivos) do sexo masculino tenderam a trocar as marchas de forma mais eficiente em termos energéticos.

Figura 4 – Modelo de causa efeito da variabilidade nos padrões de condução desenvolvido por Ericsson (2000).



Fonte: Adaptado de Ericsson (2000).

A variabilidade do consumo de combustíveis e, conseqüentemente, das emissões de poluentes, foi demonstrada por Holmén e Niemeier (1998), no qual selecionaram 24 indivíduos aleatoriamente e compararam a forma de condução de cada um em um mesmo percurso, determinado previamente, através das medições de duração, frequência e intensidade dos diferentes modos de operação veicular (cruzeiro, aceleração e desaceleração). As emissões de poluentes, medidas por meio de um analisador de gases embarcado, variaram até 95% para o CO e NO_x dentre os condutores.

De Vliegier *et al.*, (1997) compararam a condução de algumas pessoas e as classificaram em calma, normal ou agressivas segundo a emissão de poluentes obtidas a partir do modelo de emissão VITO. Em geral, foi considerado como calmo o condutor que consegue prever e antecipar os movimentos, acelerando e desacelerando de forma mais suave. Evidentemente, o perfil mais agressivo emite mais poluentes que o calmo.

Apesar dos esforços encontrados na literatura, não há um método estabelecido para a definição dos perfis dos condutores, principalmente no contexto dos veículos de carga) e sua relação direta com o consumo de combustível e com a emissão de poluentes, em geral os experimentos são conduzidos (i) através de comparação entre os condutores aleatórios; ou (ii)

através de comparação antes e depois de treinamentos de eco-driving.

4.2 Eco-driving

Em termos gerais, eco-driving representa uma forma de condução que permite, através da utilização de melhores práticas de condução, ajustadas às atuais tecnologias automóveis, obter diversos benefícios, como reduzir o consumo de combustível, aumentar a eficiência energética, reduzir as emissões de poluentes, diminuir o desgaste mecânico do veículo e aumentar a segurança viária.

Com o intuito de reduzir os impactos ambientais causados pela atividade logística, as práticas de *green logistics* buscam inibir ou restringir danos ao meio ambiente e à sociedade ao alcançar um equilíbrio sustentável entre os objetivos econômicos, ambientais e sociais (ENGELAGE, BORGERT, SOUZA, 2016). No Brasil, o Programa de Logística Verde Brasil (PLVB), uma iniciativa entre as empresas membro e a academia científica brasileira, identificou 22 boas práticas que refletem o compromisso com a responsabilidade socioambiental corporativa e que busca capturar, integrar, consolidar e aplicar conhecimentos com o objetivo de reduzir a intensidade das emissões de gases de efeito estufa para o transporte de bens e produtos. Tais práticas são relacionadas às diferentes linhas de atuação da cadeia logística: com foco na redução da atividade, na oferta de infraestrutura, na redução da intensidade energética e na escolha de fontes energéticas com baixo teor de carbono (OLIVEIRA, D'AGOSTO, 2017).

Dentre as 22 boas práticas identificadas pelo PLVB, destacam-se algumas com relação direta aos impactos ambientais causados pelas operações logísticas, como o treinamento de condutores (eco-driving), utilização de diferentes tipos de veículos para realização de carga e descarga, utilização de veículos com maior eficiência energética, manutenção preventiva dos veículos, utilização de fontes energéticas mais limpas e implantação de equipamentos de controles de emissões dos veículos. Além disso, o Serviço Social do Transporte e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SEST SENAT) desenvolve periodicamente cartilhas e boletins informativos, com os temas de eco-driving e meio ambiente, auxiliando e orientando as empresas e os motoristas na questão (CNT, 2018; CNT, 2019).

As práticas de eco-driving são comumente aplicadas em empresas de transporte de pessoas e cargas como uma estratégia de sustentabilidade ambiental e energética para redução de consumo de combustíveis e emissão de poluentes. Para isto, são feitos treinamentos com os condutores profissionais, na qual se orienta a troca de marcha em rotações específicas (BORIBOONSOMSIN, VU E BARTH, 2010).

Além disso, instrui-se ainda que a antecipação dos movimentos, como acelerações e desacelerações mais suaves, dirigir em velocidades médias entre 40 e 60 km/h são práticas que previnem acidentes, reduzem o consumo de combustíveis e as emissões de poluentes. Em alguns países ainda é ocasionalmente trocada a frota de veículos de transporte de pessoas e cargas para veículos com tecnologias para redução de consumo e com design com melhor aerodinâmica (VTL, 2005; IMTT, 2014).

Após treinamentos de eco-driving, Barth e Boriboonsomsin (2009) mostraram que, condutores em um mesmo trajeto e condições de tráfego semelhantes, o consumo de combustíveis e as emissões de CO₂ podem reduzir entre 10 e 20%. Entretanto, Jackson *et al.* (2006) destacaram ainda que um mesmo condutor pode dirigir de maneira diferente dependendo do tráfego e do tipo de via.

Após análise e revisão dos diversos trabalhos citados, a Tabela 2 produzida nesta tese organiza, de forma simplificada, como mostra a seguir, atitudes e técnicas de eco-driving relevantes, dividida em três partes: manutenção veicular, antes de partir e durante a viagem.

Tabela 2 - Atitudes e técnicas de eco-driving.

Manutenção veicular	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar as condições do motor periodicamente, como o nível de água do radiador e do motor, a frio; • Realizar inspeção e manutenção do veículo periodicamente, de acordo com as recomendações do fabricante e dos itens básicos e de segurança.
Antes de partir	<ul style="list-style-type: none"> • Planejar a viagem, considerando o tráfego no percurso a ser realizado até o destino. Se possível, consultar aplicativos que indicam as regiões de tráfego mais intenso e a partir disto escolher a melhor rota; • Calibrar pneus semanalmente na pressão indicada pelo fabricante; • Realizar viagens mais curtas a pé ou de outro modo menos poluente; se possível, fazer viagens encadeadas; • Esquentar o motor por alguns minutos antes de sair de casa, isto ajuda o catalisador do veículo a chegar na temperatura ideal e assim reduzir as emissões de poluentes oriundos da combustão.
Durante a viagem	<ul style="list-style-type: none"> • Usar ar-condicionado somente nos dias e/ou horários de temperaturas mais elevadas, reduzindo assim de 10 a 20% do consumo de combustíveis; • Evitar acelerações e desacelerações bruscas; • Antecipar os movimentos dos condutores à frente; • Evitar andar com o pé sobre a embreagem; • Trocar de marcha nas faixas ideais de RPM; • Atentar-se para o RPM e velocidade do veículo e nos sinais que o veículo dá; • Manter a constância nas velocidades (cruzeiro); • Reduzir as marchas, pressionando levemente o freio e reduzir as marchas, além de preservar os freios, utilizar a marcha engrenada corretamente ajuda a desacelerar e reduzir o consumo de combustível e reduz o desgaste das peças e do motor.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Todas essas atitudes e técnicas ajudam a reduzir o consumo de combustíveis, aumentam a eficiência energética, diminuem as emissões de poluentes, diminuem significativamente o desgaste mecânico, reduz os custos com manutenções e trocas de peças e aumentam a segurança viária, princípios básicos do eco-driving. Através da Tabela 2 produzida que será estruturada a sessão de conhecimentos em eco-driving do Questionário a ser aplicado aos condutores voluntários.

4.3 Parâmetros de caracterização do perfil de condutor

Padrões de condução podem ser descritos por diversos parâmetros, sendo a velocidade média o mais comum. Kuhler e Karstens (1978) descreveram a partir de 10 parâmetros: velocidade média, velocidade média excluindo os tempos parados, aceleração média, desaceleração média, duração, número médio de acelerações-desacelerações, proporção de tempo parado, proporção de tempo de aceleração, proporção tempo cruzeiro, proporção de tempo de desaceleração.

Andre e Pronello (1996) revisaram os parâmetros e encontrou como o mais comum a duração, velocidade média, desvio padrão da aceleração, energia cinética positiva, período idle, número de paradas por quilômetro, velocidade excluindo as paradas, número de acelerações, desacelerações e velocidades, média das paradas e distribuição de velocidade, aceleração e desaceleração.

Baseado nesses parâmetros, Fomunung *et al.* (1999) desenvolveu as variáveis de força inercial (aceleração x velocidade) e poder de arraste (aceleração x velocidade²) para um modelo de emissão de NO_x, base do modelo de emissões de Panis *et al.* (2006), que faz parte do pacote do simulador de tráfego AIMSUM (*Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks*).

Amparada nos diversos parâmetros encontrados na literatura, Ericsson (2001) calculou 62 parâmetros para descrever os padrões de condução, dos quais 16 tiveram grande correlação com o consumo de combustíveis e a emissão de poluentes: fator desaceleração, aceleração com elevada demanda, parado, oscilação velocidade, aceleração com força demandada moderada, aceleração extrema, velocidade 15-30 km/h, velocidade 90-110 km, velocidade 70-90 km/h, velocidade 50-70 km/h, troca de marcha tardia entre 2 e 3, velocidade > 3500 rpm, velocidade > 110 km/h, velocidade entre as marchas 2 e 3, baixa velocidade na marcha 4 e baixa velocidade na marcha 5. Para isto, foi usado o modelo de emissões VETO.

No Brasil, Marín-León e Vizzotto (2003) investigaram o comportamento de

condutores universitários com faixa de idade entre 18 a 25 anos de uma universidade pública. Para isto, desenvolveram um questionário semiestruturado, agrupado em eixos de características demográficas, socioeconômicas, experiências, comportamentos e antecedentes de acidentes no trânsito, opiniões e julgamentos no trânsito e reações emocionais ao dirigir. Nos resultados, foram observados que indivíduos do sexo masculino de maior renda tendem a apresentar comportamentos mais inseguros no trânsito, correndo maiores riscos de acidentes. Além disso, os jovens tendem a não reconhecer os riscos e suas responsabilidades no trânsito.

4.4 Considerações do capítulo

Apesar dos diversos esforços encontrados na literatura, percebe-se que há uma grande variabilidade de abordagens e de fatores que influenciam a forma de condução e, conseqüentemente, nas emissões de poluentes. Nota-se que os parâmetros utilizados para caracterizar os perfis de condutores são categorizados pelos modos de operação desenvolvidos durante a condução veicular. É com base nisto que vários modelos de emissão foram desenvolvidos, mas ainda não existe uma representação adequada para caracterização desses perfis. Nesta pesquisa, a agressividade do condutor reflete como o modo de dirigir de cada condutor influencia no consumo de combustível e nas emissões de poluentes, especificamente na interação com o veículo, na frequência, oscilação e intensidade nas trocas de marchas, rpm, velocidades e os tempos de permanência em cada modo de operação (aceleração, desaceleração, cruzeiro e *idle*). Esses parâmetros poderão ser mensurados por meio dos equipamentos e métodos desenvolvidos, como mostra no Capítulo 5.

Em geral, não há um método estabelecido para a definição dos perfis dos condutores e sua relação direta com o consumo de combustível e com as emissões de poluentes, os experimentos são conduzidos (i) através de comparação entre os condutores aleatórios; ou (ii) através de comparação antes e depois de treinamentos de *eco-driving*. Às vistas do processo de planejamento de transportes, acredita-se que caracterizar os condutores a partir de dados socioeconômicos seja mais viável devido a facilidade de obtenção desses dados. Claramente o comportamento humano pode variar conforme diversos fatores, como estados físico e psicológicos, porém esses fatores são difíceis de estimar e certamente mensurar estas variáveis seria bastante complexo, já que fazem parte de uma outra seara de conhecimento.

No modelo de causa e efeito desenvolvido por Ericsson (2000), por exemplo, a pesquisadora desenvolve um modelo conceitual que engloba vários fatores e variáveis, das quais foram selecionadas 16 de 64 das que tinham maior relação com o consumo de

combustíveis. Ainda que o modelo tenha grande embasamento teórico e experimental, a resolução e a frequência da coleta de dados são relativamente elevadas para o fenômeno em estudo. Além disso, os aspectos locais, que influenciam diretamente na forma de condução, são abordados de forma generalizada e outras variáveis locais precisam ser estudadas.

Assim, neste trabalho, quatro fatores do modelo conceitual de Ericsson (2000) foram isolados: comportamento da viagem, da via, veículo e climáticos. A fim de se inferir e analisar dois fatores intrínsecos a forma de condução, o condutor e o tráfego. A Tabela 3 apresenta de forma resumida as variáveis comparadas.

Tabela 3 - Comparação dos fatores e variáveis.

Fator	Ericsson (2000)	Azevedo 2019 (esta tese)
Condutor	Gênero	Socioeconomia:
	Idade	• Idade
	Experiência	• Renda
	Atitudes	• Educação
	Condições físicas	Experiência:
		• Tipo de habilitação
		• Rotina de dirigir
Tráfego	Velocidade	Aspectos locais:
	Direção	• Tipo de via
	Fluxo	• Direção
	Tráfego misto	• Tráfego
		• Número semáforos
		• Uso do solo

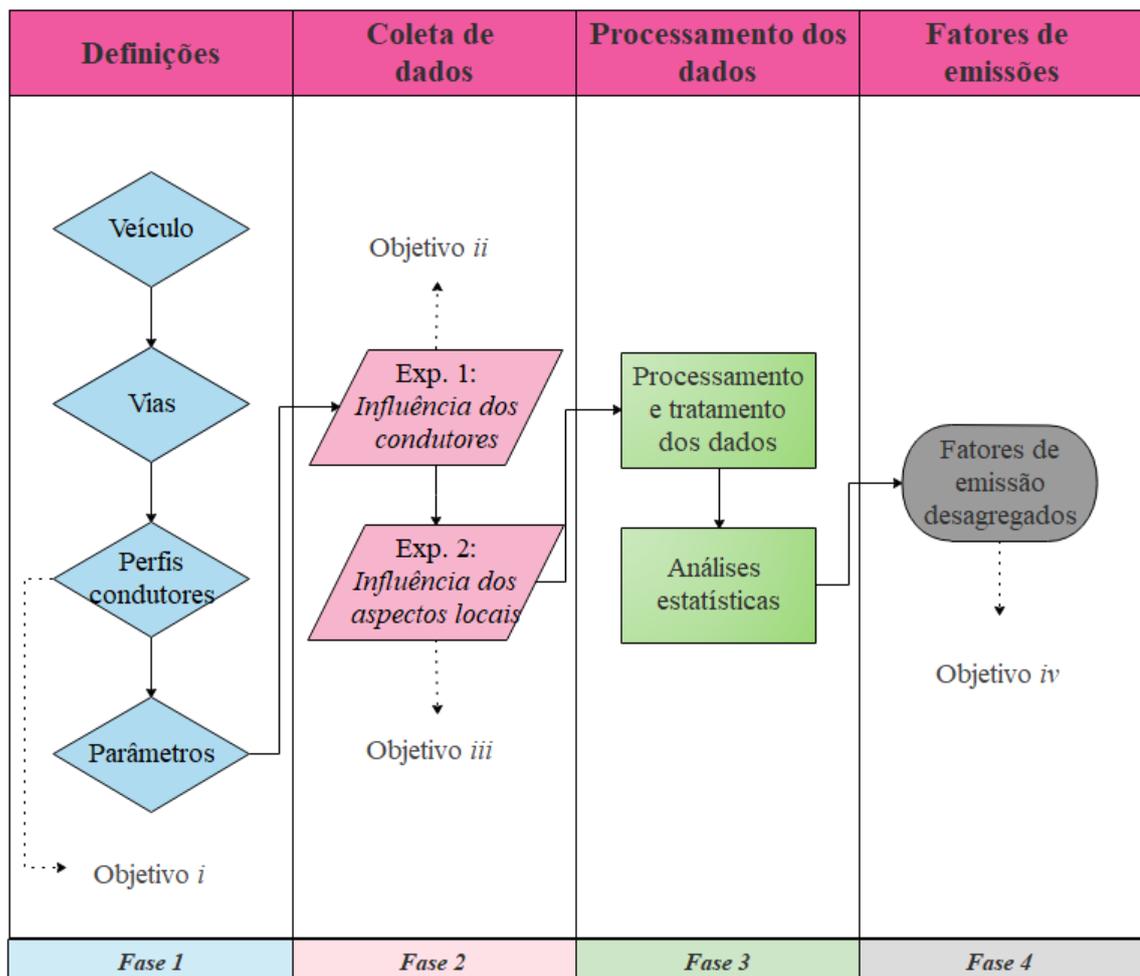
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Fundamentado nos parâmetros pesquisados e nas limitações/lacunas encontradas em relação aos perfis de condutores e dos aspectos locais, e nas recomendações até mesmo da única agência brasileira (CETESB) que busca adaptar os fatores de emissões à realidade brasileira, este trabalho busca aliar o questionário para elaboração de perfis de condutores, comportamento e forma de condução aos dados reais coletados de forma instantânea de desagregada dos principais produtos da combustão a fim de se obterem fatores de emissões mais representativos e adequados.

5. METODOLOGIA

Este Capítulo apresenta a metodologia proposta para obtenção de fatores de emissões que incorporem os perfis de condutores e os aspectos locais, a fim de melhorar as estimativas de emissões de poluentes e mensurar os impactos do TUC, cuja representação esquemática das fases e etapas está apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Método proposto da tese para atingir os objetivos expostos.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O método proposto divide-se em 4 fases: *i*) definições das condições, *ii*) coleta de dados, *iii*) processamento dos dados e *iv*) obtenção dos fatores de emissões desagregados. A primeira fase envolve as escolhas do veículo de teste, dos tipos de vias a serem estudadas, os perfis de condutores e os parâmetros a serem coletados para obtenção dos fatores de emissão desagregados. A segunda fase envolve a coleta de dados, que foi dividida em duas etapas: o experimento 1, que analisa a influência dos perfis dos condutores definidos; e o experimento 2,

que analisa a influência dos aspectos locais na condução veicular e nas emissões de poluentes. A fase dois trata do processamento dos dados e as análises estatísticas e modelagens para a quarta fase, de obtenção dos fatores de emissões desagregados.

5.1 Fase 1: Definições das condições experimentais

Nesta fase do método são definidos *i*) o veículo experimental, *ii*) as vias urbanas e suas áreas de influência, *iii*) os perfis de condutores e *iv*) os parâmetros necessários para atingir os objetivos da tese. A seguir, serão detalhadas as etapas desta fase.

5.1.1 Definição do veículo experimental

5.1.1.1 Método proposto

Os grandes centros urbanos têm adotado medidas restritivas para a circulação de caminhões em determinadas regiões da cidade, a fim de se diminuir os impactos gerados pela presença desses veículos, especialmente relativos aos congestionamentos (BRASIL, 2012; BRASIL, 2015; CNT, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019). No Brasil, dezenas de capitais e cidades metropolitanas implantaram diversos tipos de medidas restritivas de circulação, principalmente no tocante a circulações de caminhões grandes e carretas, estacionamento nas vias e pontos específicos de carga e descarga.

Com isto, essas cidades adotaram padrões de veículos menores, os Veículos Urbanos de Carga (VUC), que possuem tamanho menor, carrega uma menor quantidade de produtos e, teoricamente, impacta menos no tráfego local. Por ser menor, o veículo não exige tipos de habilitação, podendo qualquer pessoa habilitada com categoria B conduzir. Além disso, com a recente crise econômica brasileira, a frota circulante no meio urbano desse tipo de veículo expandiu nos últimos anos, aumentando o número de condutores habilitados na categoria B, já que reduz o custo de contratação e não há necessidade de qualquer tipo de treinamento para esse tipo de VUC. Neste contexto, os veículos experimentais a serem adotados para as análises terá o perfil descrito conforme legislação relativas aos VUCs.

5.1.1.2 Aplicação no estudo de caso

Especificamente na cidade de Fortaleza, Ceará, uma autorização municipal concedida para operação de Veículos Urbanos de Carga (VUC) para circular em período integral

nas áreas com restrição de circulação de caminhões os tornou usuais nas atividades de distribuição de carga no perímetro urbano. Os VUCs, em Fortaleza, são considerados caminhões de menor porte, os quais devem atender limites de comprimento de 7,30m, largura de 2,20m e 4,40m de altura, com peso bruto total máximo de até 10 toneladas, definidos pela Portaria Nº 83 da Autarquia Municipal de Trânsito e de Cidadania, autoridade de trânsito do Município de Fortaleza (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2012). A Tabela 4 mostra as características básicas do padrão do VUC que será adotado neste estudo.

Os VUCs passaram por revisão, manutenção preventiva e foram segurados, a fim de garantir o pleno funcionamento e eficiência do motor, de reduzir os riscos de sinistros e manter a segurança de todos, além de estar em conformidade exigida pelas leis municipais.

Tabela 4 - Características básicas dos veículos transportadores de carga utilizados neste estudo.

Características	VUC 1	VUC 2
Ano/modelo	2011	2014
Marca	Huyn dai	Foton
Motor	2.5 A2 Diesel (D4CB)	Cummins ISF 2.8 Diesel
Comprimento (m)	4,85	4,80
Largura (m)	1,74	1,82
Altura (m)	2,00	2,20
Combustível	Diesel*	Diesel*
Peso médio com baú	4.500 kg	4.300
Sistema de transmissão	Manual, 7 marchas, 6 velocidades	manual de 5 marchas
Sistema de tratamentos dos gases de escape	Catalisador	EGR
Padrão de emissão	Proconve P7/Euro V	Proconve P7/Euro V

Fonte: Elaborado pelo Autor. *7% (v/v) de biodiesel

O combustível diesel utilizado nos testes foi comprado no mercado local e não excedeu o nível de 10 ppm de enxofre e contém 7% (v/v) de biodiesel, de acordo com a legislação brasileira vigente. Os demais aspectos físico-químicos analisados encontram-se também dentro das legislações nacionais e internacionais de qualidade de combustível.

O Anexo 2 apresenta caracterização físico-química dos combustíveis diesel utilizados nos experimentos, realizada pelo Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, de acordo com as Normas Brasileiras Reguladoras e as normas internacionais de caracterização.

5.1.2 Definição vias urbanas e área de estudo

5.1.2.1 Método proposto

O principal atributo selecionado deveu-se pela representatividade de determinados tipos de via no meio urbano. Desta forma, e considerando a problemática do transporte urbano de carga, foram escolhidas vias (i) arteriais e (ii) coletoras, nas quais predominam fluxos de passageiros e atendem grandes deslocamento ao longo da via, e ligam as vias locais às arteriais, respectivamente. A presença massiva desses tipos de vias nos centros urbanos apresenta expressivo volume de tráfego e presença significativa de atividades comerciais e representa as características de tráfego e de condução. Assim, será possível a extrapolação para outras regiões da cidade com características semelhantes.

5.1.2.2 Aplicação no estudo de caso

A cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, está localizada no Nordeste brasileiro e, segundo, as estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui cerca de 2.643.247 habitantes para o ano de 2018, qualificando-se como o quinto maior município do Brasil (IBGE, 2018). A média salarial no município é de 2,7 salários mínimos e a economia local está intrinsecamente ligada ao setor de comércio e serviços. (IBGE, 2016).

A seleção das vias em estudo considerou os seguintes critérios:

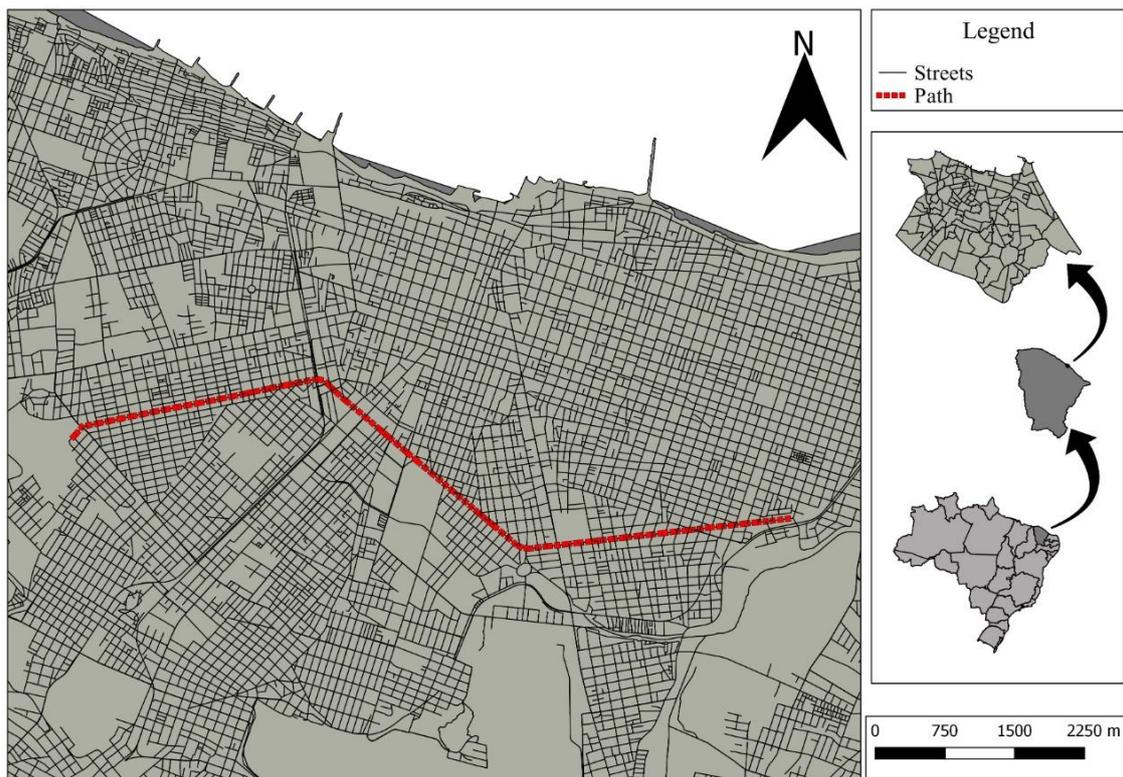
- Mesmo número de pistas, faixas e presença de canteiro central;
- Mesmo sentido e orientação geográfica na cidade;
- Mesma classificação viária;
- Mesma velocidade máxima permitida;
- Extensões semelhantes;
- Diferenças entre o uso do solo residencial e comercial;
- Presença de atividades comerciais.

A área de estudo escolhida é composta por um trecho de aproximadamente 17 km dentre as três vias e nos sentidos de ida e volta (Oeste-Leste e Leste-Oeste), localizadas no perímetro urbano da cidade de Fortaleza. A região foi escolhida devido ao expressivo volume de tráfego, à presença significativa de atividades comerciais, caracterizando-se como polo gerador de tráfego concernente com a distribuição de cargas e representa as características de

tráfego e de condução em Fortaleza.

O percurso é composto por três grandes avenidas, classificadas como coletora, Avenida Jovita Feitosa, e arteriais do tipo I, Avenidas Treze de Maio e Pontes Vieira, segundo a Lei de Uso e Ocupação do Solo de Fortaleza (FORTALEZA, 2015) e as bases de dados de padrão de uso do solo da Agência Reguladora do Estado do Ceará (ARCE, 2012) e da Secretaria de Finanças de Fortaleza (SEFIN, 2015). A via coletora é cercada por uma área mais residencial e as vias arteriais caracterizam-se por maior concentração de comércios, cujos volumes de tráfego entre essas duas vias são semelhantes. A Figura 6 mostra o percurso completo, nos sentidos Oeste-Leste (ida) e Leste-Oeste (volta). Todas as vias têm o limite de velocidade máxima permitida de 60 km/h. A Tabela 5 apresenta as vias selecionadas e a caracterização segundo os critérios listados anteriormente.

Figura 6 – (a) Brasil, (b) Estado do Ceará, (c) Percurso do ciclo de condução realizado na cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 5 - Caracterização das vias selecionadas.

Vias	Classificação funcional	Nomenclatura adotada	Nº de pistas	Nº de faixas	Canteiro central	Extensão (km)	Orientação geográfica	Nº semáf.	US Resid. (%)	US Comerc. (%)
Jovita Feitos a	Coletora	C1	2	2	Sim	2,60	Oeste-Leste	8	53,06	28,57
Jovita Feitos a	Coletora	C2	2	2	Sim	2,60	Leste-Oeste	8	50,00	29,90
Treze de Maio	Arterial I	A1	2	2	Sim	2,90	Oeste-Leste	13	46,09	32,17
Treze de Maio	Arterial I	A2	2	2	Sim	2,90	Leste-Oeste	13	27,38	53,57
Pontes Vieira	Arterial I	A3	2	2	Sim	2,40	Oeste-Leste	11	17,57	60,81
Pontes Vieira	Arterial I	A4	2	2	Sim	2,40	Leste-Oeste	11	7,32	63,41

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As condições de tráfego foram monitoradas por meio de câmeras instaladas no interior dos veículos e pelo Google Trânsito, que oferece visualmente, em escalas de cores (verde para maiores fluidez e vinho para menores), as condições do trânsito em tempo real. Tais características e condições foram registradas para cada viagem e trechos realizados pelos condutores. As coletas foram realizadas em dias de semana, entre os horários de nove horas da manhã e seis horas da noite, de acordo com a disponibilidade dos condutores.

5.1.3 Definição e seleção dos perfis de condutores

5.1.3.1 Método proposto

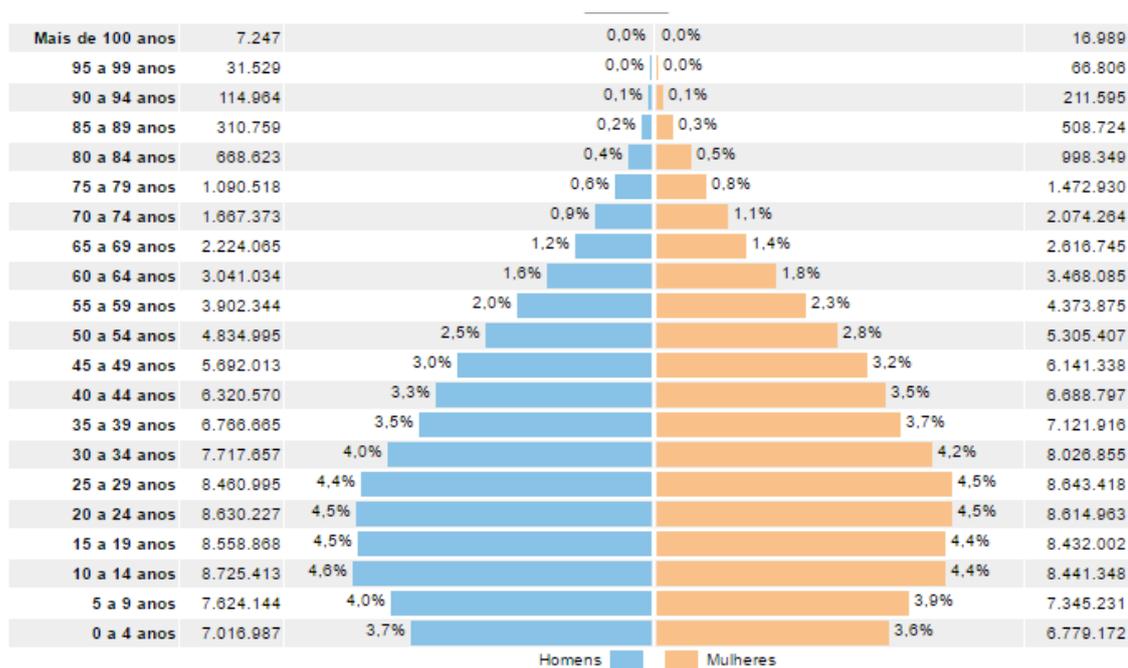
Os condutores convidados para dirigir são habilitados no mínimo na categoria B e com documento válido em território nacional. Em todos os casos, a participação foi voluntária, seguindo o Termo De Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme Apêndice B e escolhidos de forma aleatória.

Os condutores foram divididos em dois grandes grupos: condutores profissionais (P) e condutores não profissionais (NP) e pelos fatores faixas de idade (I1, I2 e I3), de educação (E1 e E2) e de renda (R1 e R2), seguindo o ordenamento resultante da revisão apresentada no Capítulo 4.

A divisão por grupo de condutores profissionais (P) e condutores não profissionais (NP) deve-se a categoria de veículo em estudo. Há a hipótese de que os condutores profissionais

de veículo transportador de carga dirijam de forma diferenciada, devido a experiência. Condutores com habilitações do tipo C, D e E podem ainda ser menos agressivos por passarem por treinamentos comuns a essas categorias. Estas hipóteses serão verificadas no decorrer nos testes. Em relação a faixa de idade, foram analisadas as faixas de maior representatividade da população brasileira através do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Distribuição da população brasileira, segundo os grupos de idade.

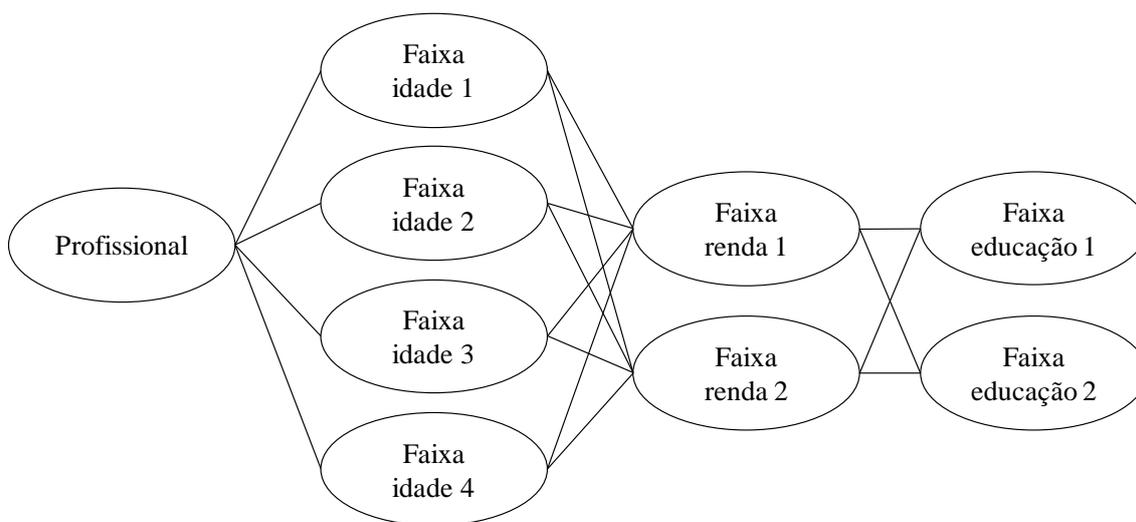


Fonte: Fonte IBGE (2010).

Analisando as faixas de idade mais representativas e com idade mínima necessária para portar habilitação foram definidas as seguintes faixas: (I1) 20 a 30 anos, (I2) 31 a 40 anos (I3) 41 a 50 anos e acima de 50 anos (I4) para ambos os gêneros.

Em relação renda, uma breve pesquisa no mercado de emprego local foi realizada em algumas empresas transportadoras de carga através de entrevista com os empregadores e motoristas. Percebeu-se, e geral, que condutores profissionais habilitados na categoria B recebe em média dois salários mínimos. Assim, foram definidas duas faixas de renda (R1) de até dois salários mínimos e (R2) acima de dois salários mínimos. As informações referentes ao perfil socioeconômico de cada indivíduo foram obtidas através de questionário desenvolvido, conforme Apêndice A. A Figura 7 apresenta resumidamente os perfis de condutores e os fatores a serem analisados.

Figura 8– Fatores e níveis analisados para definição dos perfis de condutores.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.3.2 Aplicação no estudo de caso

Por este trabalho envolver a pesquisa com seres humanos, o Projeto “Desenvolvimento de fatores de emissão de poluentes através de perfis de condutores distintos” foi previamente avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal Do Ceará, respeitando os preceitos éticos da pesquisa, pautados na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. A carta de aceite está no Anexo 1.

O recrutamento dos condutores profissionais foi realizado através do contato direto com as entidades de classes e associações sindicais da categoria dos transportadores de carga, como Serviço Social do Transporte e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SEST SENAT); os autônomos foram convidados através de divulgação em redes sociais; e também no setor Divisão de Transportes da Universidade Federal do Ceará.

5.1.4 Definição dos parâmetros de coleta

A definição dos parâmetros de coleta está dividida entre duas fontes, descritos detalhadamente a seguir. Em geral, os dados foram coletados de duas fontes: do *i*) questionário para construção dos perfis de condutores; e *b*) dos equipamentos embarcados, no quais estão inclusos os parâmetros de condução, combustão e emissões de poluentes.

5.1.4.1 Questionário para construção dos perfis dos condutores

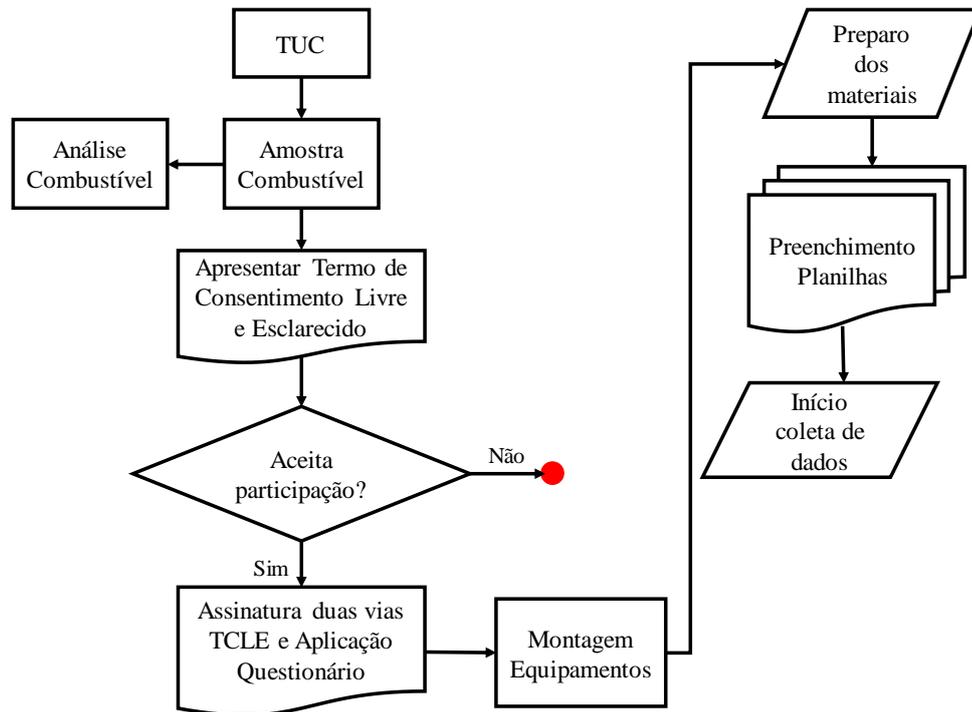
O Questionário desenvolvido está estruturado em parte três grandes partes: *i)* Aspectos socioeconômicos, *ii)* Comportamento na condução veicular e experiência; e *iii)* Eco-driving. A elaboração se deu pelo aprofundamento na revisão da literatura feita a partir das técnicas e atitudes de eco-driving, como descrito no item 4.2 da tese.

A primeira parte consiste nos aspectos socioeconômicos, quem englobam os aspectos gerais, profissionais, de educação e de renda dos motoristas voluntários participantes dos experimentos reais de condução. Através desses dados é possível traçar os perfis dos condutores, conforme a literatura descreve que tais aspectos podem influenciar no modo de condução.

A segunda parte consiste nos aspectos relacionados ao comportamento e à experiência na condução veicular. Esta sessão foi inserida com o objetivo de captar informações que podem afetar o modo de condução, seja pelos hábitos e/vou ou experiências adquiridas com o tempo, que inclui noções sobre tipo e tempo de habilitação, experiência de condução no VUC, rotina ao dirigir, com quem e com quantos anos aprendeu a dirigir e tipo de infrações de trânsito cometidas.

A terceira parte do questionário desenvolvido envolve os aspectos e técnicas de eco-driving. Esta sessão foi inserida com objetivo de coletar informações sobre como os motoristas se comportam e sobre o conhecimento que possuem sobre manutenção veicular, elementos importantes antes de iniciar e durante a viagem. Nesta parte, foram inseridas diversas sentenças com atitudes sobre conhecimento e treinamento em eco-driving, planejamento da viagem, uso de veículo para viagens curtas e longas, manutenção veicular, calibração dos pneus, modo de condução, atitudes em situação de congestionamento, como aumentar e reduzir a marcha e a velocidade, uso de ar condicionado, uso de ponto morto, segurança viária e esquentar o motor. Os motoristas respondiam o Questionário marcando as opções que mais se assemelhavam com seu estilo de condução e ações. A Figura 9 ilustra o esquema da participação dos condutores, conforme orientações do Comitê de Ética em Pesquisa.

Figura 9 – Esquema da participação dos condutores.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.1.4.2 Parâmetros de condução, combustão e emissões de poluentes

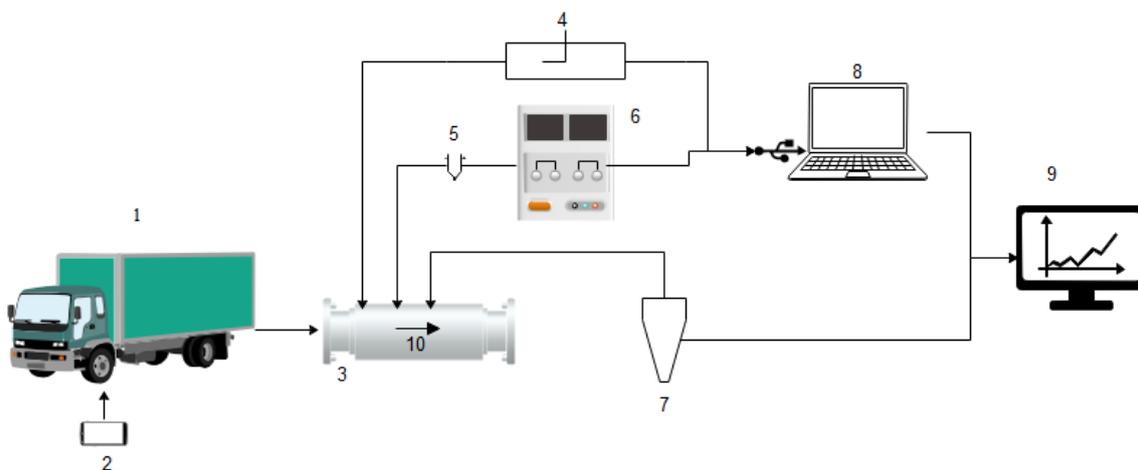
A coleta de dados foi estruturada com base na revisão da literatura realizada, nos quais parâmetros necessários foram selecionados para as análises da influência dos condutores e dos aspectos urbanos na condução veicular, nas emissões de poluentes e para elaboração dos fatores de emissão. Os parâmetros relacionados aos perfis dos condutores foram obtidos através do Questionário elaborado, conforme descrito no 5.1.4.1 desta tese, que auxilia na classificação dos condutores.

A coleta de dados foi feita por meio de instrumentos *on-board* instalados no VUC para monitoramento *real time* durante a condução veicular. Em linhas gerais, o equipamento é composto por cinco instrumentos: i) OBD-II/ECU, ii) GPS, iii) Analisador de gases da combustão, iv) Conjunto ciclone e v) Sonda Pitot. Resumidamente, a unidade móvel de monitoramento real *on-board* é capaz de medir, monitorar e gravar parâmetros de emissões de poluentes oriundos da combustão veicular, como CO₂, CO, NO_x, SO_x, HC e MP; de dinâmica do motor; cinemática veicular e de via (DIAS, 2015). O analisador de gases da combustão passou por manutenção preventiva e certificação de calibração. O sistema completo é acoplado no escape do veículo e não interfere na condução nem no desempenho do veículo.

Os dados de condução são coletados por meio de um dispositivo *On-Board*

Diagnostic (OBD), ligado à unidade de controle do motor (ECU) e monitora os parâmetros dinâmicos do motor continuamente, dispondo de parâmetros como velocidade, aceleração, rotações do motor, fluxo de ar de entrada na câmara de combustão etc. e é largamente utilizado para diagnóstico do motor em oficinas mecânicas. Dentre os parâmetros dinâmicos do motor, destacam-se velocidade, aceleração, RPM e carga do motor. Em relação aos parâmetros da via, destacam-se a localização específica do veículo (latitude, longitude e altitude) e inclinação da via. Todos esses parâmetros são obtidos na frequência de 1 Hz. A Figura 10 apresenta um esquema da unidade de monitoramento *on-board* utilizado na coleta de dados, conforme Cassiano et al. (2016).

Figura 10 – Esquema da unidade de monitoramento *on-board* utilizado na coleta de dados medição dos parâmetros do motor, da cinemática veicular, de via e das emissões instantâneas de poluentes oriundos da combustão veicular.



LEGENDA

1. Transportador urbano de carga
2. OBD-II e GPS
3. Tudo extensor de escapamento
4. Sonda Pitot
5. Termopar
6. Analisador de gases da combustão
7. Ciclone, bomba de vácuo e gasômetro
8. Computador portátil para aquisição e registro de dados
9. Processamento dos dados

Fonte: Elaborado pelo Autor.

É imprescindível ressaltar que todos esses instrumentos utilizados no monitoramento durante os experimentos não causam qualquer risco aos condutores nem ao tráfego, estando assim os riscos associados aos condutores durante os estudos relacionados ao possível estresse causado pelo tráfego urbano e possíveis riscos de acidentes de trânsito em geral. Tabela 6 apresenta de forma resumida, em 9 categorias, os parâmetros medidos e calculados por tipo de instrumento utilizado e o método de aquisição. No total 42 parâmetros foram coletados e calculados para as análises da influência dos condutores e dos aspectos urbanos na condução veicular e nas emissões de poluentes e para elaboração dos fatores de emissão.

Tabela 6 - Parâmetros categorizados por tipo de instrumento utilizado e método de aquisição necessários

Categoria	Parâmetro	Instrumento	Unidade	Aquisição
Perfil do condutor	Socioeconômicos			
	Condução e experiência	-	-	Questionário
	Eco-driving			
Perfil do motor	Velocidade		m/s	
	Aceleração		m/s ²	
	RPM		Rpm	
	Temperatura motor	OBD-II	°C	Medidos
	Posição pedal acelerador		%	
	Troca de marcha		-	
Perfil de combustão	Temperatura escape			
	λ , η excesso de ar	Analizador de gases da combustão	-	Medidos
	η_s , η_t eficiência da combustão		-	
Perfil de emissões	O ₂		%	
	CO ₂			
	NO	Analizador de gases da combustão		Medidos
	NO ₂		ppm	
	NO _x			
	SO ₂			
	Material Particulado	Ciclone	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Calculado por gravimetria
Fluxo escapamento	Pressão do fluido		Pa	
	Fluxo do fluido		cm ³ /min	
	Velocidade do fluido	Sonda Pitot	m/s	Medidos
	Temperatura do escapamento		°C	
	Temperatura ambiente			
Localização	Altitude		m	
	Latitude	GPS	Grau	Medidos
	Longitude		decimal	
Ciclos de condução	Tempo		s	
	Velocidade	ECU/ OBD-II	m/s	Medidos
VSP	Inclinação da via	GPS/Google Earth	%	
	Velocidade instantânea		m/s	Medidos
	Aceleração instantânea	ECU	m/s ²	
	Aceleração da	-	m/s ²	Adotado

	gravidade			
	Coefficiente de resistência a rolagem		-	
	Coefficiente de arraste	Manual veículo	-	Calculado
	Área frontal do veículo		m ²	
	Massa do veículo		t	
Modos de operação	Tempo parado			
	Tempo cruzeiro	OBD-II/ECU/GPS	s	Calculado
	Tempo aceleração			
	Tempo desaceleração			

Fonte: Elaborado pelo Autor.

5.2 Fase 2: Coleta de dados

A coleta de dados dividiu-se em duas etapas de experimentos distintos; o primeiro se refere a *i*) influência dos perfis de condutores nas emissões de poluentes e o segundo a *ii*) influência dos aspectos locais nessas emissões, detalhados nos itens a seguir.

5.2.1 Experimento 1: Influência dos perfis de condutores nas emissões de poluentes

A primeira parte dos experimentos desta tese desenvolveu perfis de condutores para verificar a primeira hipótese de que perfis de condutores podem ser definidos e agrupados e para cada classe, que os perfis de condução são semelhantes entre eles e, conseqüentemente, as emissões de poluentes também, como mostra o esquema abaixo (Figura 11).

Figura 11 – Esquema da hipótese de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para isto, todos os condutores voluntários participantes foram requisitados a fazer o mesmo percurso. O trecho selecionado para a análise da influência dos condutores nas emissões de poluentes foi o da Avenida Jovita Feitosa, via classificada como coletora, nos sentidos Oeste-Leste e Leste-Oeste, ou seja, ida e volta, que compreende um circuito de aproximadamente 8 km.

A escolha do trecho deveu-se pelo experimento envolver diversos condutores, de níveis de experiências, idades e tipos de habilitações diferentes; a proximidade do campus do Pici da UFC como ponto de apoio; e envolver menores riscos próprios e a terceiros de acidentes.

Esta região é caracterizada por área residencial e misto, com fluxos veiculares menores em relação as demais vias em estudo (CTAFOR, 2015), como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Trecho da via coletora do estudo, a Avenida Jovita Feitosa.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Antes do início de cada viagem, os condutores dirigiram pelo campus da Universidade, em um trecho de aproximadamente 2,5 km, objetivando adaptação e *warmup*. Destaca-se que todos os condutores foram instruídos a dirigir de forma livre e conforme seus próprios hábitos de condução. Para analisar a performance dos condutores na via em estudo, foi avaliado o desempenho relativos aos:

- Ciclos de condução reais;
- Velocidades desenvolvidas;
- Perfis de acelerações;
- Trocas de marchas;
- RPM atingidos;
- Tempos de viagem;

- VSP;
- Modos de operação;
- Emissões de CO₂;
- Emissões de NO_x;
- Emissões de SO₂;
- Emissões de MP.

5.2.2 Experimento 2: *Influência dos aspectos locais nas emissões de poluentes*

A segunda parte dos experimentos desta tese tem como objetivo verificar as influências dos aspectos locais no modo de condução e, conseqüentemente, nas emissões de poluentes (Figura 13). Definiu-se como aspectos locais o uso do solo nas regiões em estudo, os tipos de via, o tráfego nas vias e o número de semáforos.

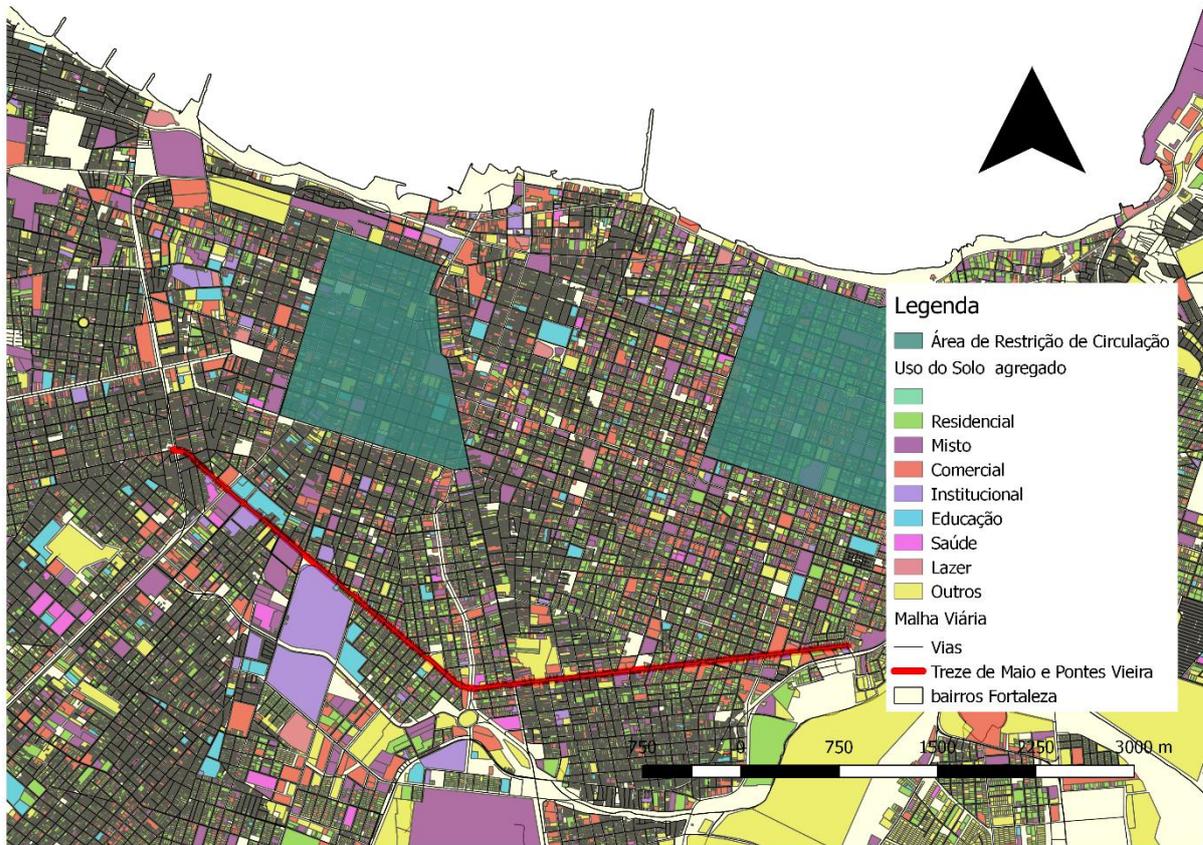
Figura 13 – Esquema da hipótese de pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

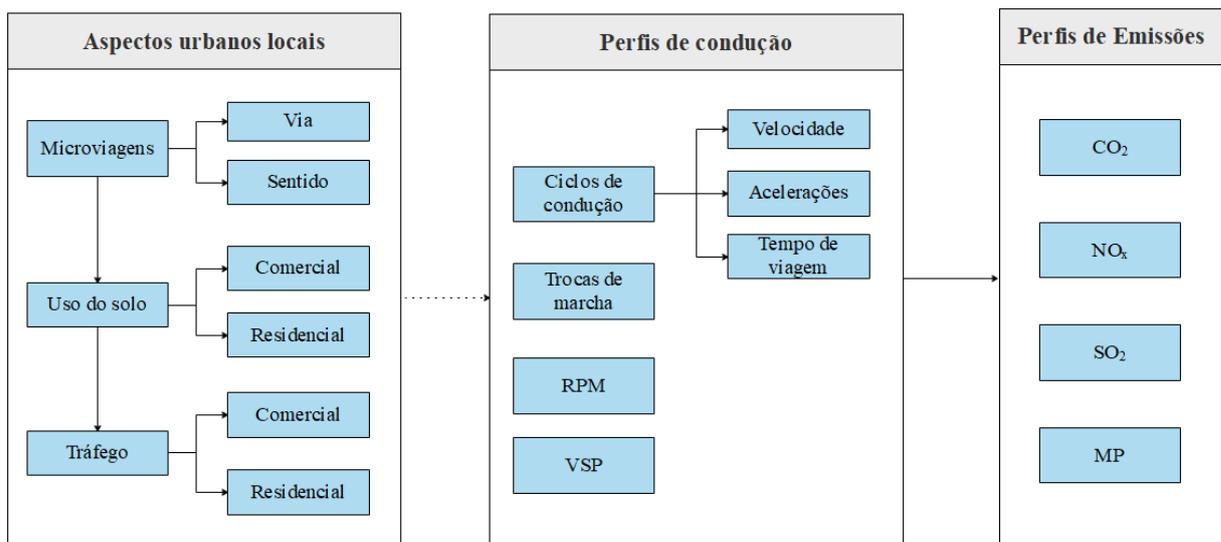
Para isto, os condutores voluntários que obtiveram os melhores desempenhos da etapa anterior conduziram o veículo teste no percurso que compreende as avenidas Treze de Maio e Pontes Vieira, nos sentidos Oeste-Leste e Leste-Oeste, ida e volta, que compreende um circuito de aproximadamente 17 km (Figura 14 e Figura 15).

Figura 14 - Trecho das vias arteriais tipo I do estudo, as Avenidas Treze de Maio e Pontes Vieira.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 15- Etapas de análise de influência dos aspectos locais na condução veicular e nas emissões de poluentes.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para análise dos fatores externos que mais influenciam durante a condução veicular entre os diferentes condutores, microviagens dos trechos de cada via e sentido foram selecionados a partir da comparação entre dias da semana, horários do dia, hora pico e fora pico, uso do solo, tempos de viagem e classificação de carregamento do trecho segundo Google trânsito. Todos esses testes de hipóteses foram feitos considerando as taxas médias e as distribuições de velocidades, acelerações e emissões dos referidos poluentes atmosféricos, conforme os testes descritos na sessão de análise estatística, no fim deste capítulo.

A fim de verificar as diferenças entre os aspectos urbanos locais precisamente, o desempenho foi comparado ainda com a etapa anterior, perfazendo uma análise no circuito completo, que totaliza cerca de 17 km, dentre as 3 vias e 2 sentidos (6 trechos/microviagens).

Para analisar a performance dos condutores nas vias em estudo, foram avaliados os ciclos de condução reais obtidos, bem como as velocidades e acelerações desenvolvidas, as trocas de marchas, RPM atingidos, tempos de viagem, VSP, modos de operação, tráfego imerso, consumo de combustíveis e emissões dos poluentes CO₂, NO_x, SO₂ e MP.

5.3 Fase 3: Processamento dos dados

5.3.1 Dados provenientes do questionário desenvolvido

Os parâmetros relacionados aos perfis dos condutores foram obtidos através do Questionário elaborado e servirá para a classificação deles. A primeira parte, que compreendem os aspectos socioeconômicos determinam os perfis segundo a literatura quanto às perspectivas nos quesitos gênero, idade, renda e educação. Nesta parte, a classificação foi obtida de forma direta das questões objetivas do questionário.

A segunda e terceira partes envolvem aspectos do comportamento na condução veicular, experiência e eco-driving. Nesta sessão, além da obtenção desses aspectos de forma objetiva, diversas situações foram postas para que os condutores selecionassem aquelas que mais se assemelhavam com suas rotinas e hábitos ao dirigir. Os hábitos envolveram os aspectos de treinamentos, planejamento viagem, como aumentar e reduzir velocidades e marchas, como se comportam em situação de congestionamento, uso de veículo particular, uso de ar condicionado e manutenção veicular. Para processar esses dados, foram atribuídos pesos que variaram de 0 a 5, no qual peso zero foi atribuído a hábitos de condução não verdes (eco-driving) e 5 a nota máxima para hábitos de condução ecológica.

5.3.2 Dados coletados dos equipamentos on-board

Os parâmetros coletados e medidos, descritos no item 5.4.2 deste capítulo, foram obtidos basicamente de 4 equipamentos: OBD-II, Ciclone, Analisador de gases da combustão e Sonda Pitot. Todos os dados foram obtidos na frequência de 1 Hz, ajustados e sincronizados em função do tempo.

Em relação ao OBD-II, algumas conversões foram necessárias para padronização com os demais equipamentos, para unidades mais usuais e para cálculos de outros parâmetros, como o RPM, posição do acelerador e velocidades instantâneas. Para obtenção das emissões de poluentes instantâneas, os valores medidos, em ppm, foram multiplicados pelo fluxo instantâneo, medido pela Sonda Pitot.

O Material Particulado foi obtido pelo método gravimétrico. Foram utilizados filtros de celulose, com 47 mm diâmetro e 0,45 µm de porosidade. Os filtros ficaram condicionados por, no mínimo, 24 horas em um dessecador antes e depois das pesagens, em temperaturas e umidades controladas no Laboratório de Avaliação de Contaminantes Orgânicos, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará (LABOMAR/UFC).

Para a avaliação da concentração em massa do material particulado, os filtros foram pesados antes e depois da amostragem em uma balança analítica de precisão de 0,01 mg da Shimadzu, modelo AUW220D. A concentração é determinada através da média da diferença entre as massas dos filtros e dividido pelo volume de ar amostrado, como mostra a equação 3 a seguir:

$$\text{Material Particulado } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(m_f - m_i) \times 10^6}{V} \quad (3)$$

Onde: m_f é a massa final do filtro em gramas; m_i é a massa inicial do filtro em gramas, V é o volume do ar amostrado dado pelo gasômetro acoplado ao Ciclone e 10^6 é o fator de conversão de gramas para microgramas.

O parâmetro VSP foi calculado através da Equação 4 e a Tabela 7 apresenta os valores adotados.

$$VSP \left(\frac{\text{kW}}{\text{ton}} \right) = v \cdot (a + g \cdot \sin(\varphi) + \psi) + \zeta \cdot v^3 \quad (4)$$

Onde: v é a velocidade (m/s);
 a é a aceleração (m/s²);
 g é a aceleração da gravidade, igual a 9,81 m/s²;
 φ é a inclinação da via;
 ψ é o coeficiente de resistência a rolagem
 ζ é o coeficiente de arraste.

Tabela 7 - Valores adotados para o TUC teste.

Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
Velocidade instantânea	v	Medido	m/s
Aceleração instantânea	a	Calculado	m/s ²
Aceleração da gravidade	g	Adotado 9,81	m/s ²
Inclinação da via	φ	Medido	%
Coeficiente de resistência a rolagem ¹	ψ	0,0150	Adimensional
Coeficiente de arraste ¹	ζ	0,9000	Adimensional
Densidade do ar a 30°C ¹	ρ	1,1644	kg/m ³
Área frontal do TUC ²	af	3,91	m ²
Massa TUC e equipamentos ³	m	4.790	kg

Fonte: Elaborado pelo Autor. ¹Valores de referência obtidos em BOSCH (2005). ²Ficha técnica do TUC utilizado nos testes. ³Para este valor ainda foi acrescido a massa dos ocupantes, que variou conforme o condutor.

Os dados reais de emissão foram agregados em função dos modos de operação e construídos os ciclos de condução. A partir de então foram calculados os fatores de emissão para a classe de veículos em estudo. A escolha deste método se deu pela forma desagregada em que os dados são obtidos, o que facilita o entendimento do fenômeno das emissões de poluentes na dinâmica do tráfego e sua instantaneidade. As classes e considerações para cada modo de operação estão apresentados na Tabela 8.

Os ciclos de condução reais foram obtidos através da fragmentação das viagens em microviagens, considerando os trechos de cada avenida e sentido, totalizando 6 microviagens. Para isto, utilizou-se o GPS, nos quais os pontos georreferenciados serviram de delimitação entre as vias em estudo.

Tabela 8 - Modos de operação.

Modo de Operação	Modo de Operação (Descrição)	Vehicle-Specific Power - VSP (Kw/ ton)	Faixas de Velocidade (m/s)	Faixa de aceleração (m/s ²)
0	Desaceleração/Frenagem			acel. < 0
1	Idle		-0,45 ≤ V < 0,45	
11	Coast	VSP < 0	0,45 ≤ V < 11,1	
12	Cruzeiro/Aceleração	0 ≤ VSP < 3	0,45 ≤ V < 11,1	
13	Cruzeiro/Aceleração	3 ≤ VSP < 6	0,45 ≤ V < 11,1	
14	Cruzeiro/Aceleração	6 ≤ VSP < 9	0,45 ≤ V < 11,1	
15	Cruzeiro/Aceleração	9 ≤ VSP < 12	0,45 ≤ V < 11,1	
16	Cruzeiro/Aceleração	12 ≤ VSP	0,45 ≤ V < 11,1	
21	Coast	VSP < 0	11,1 ≤ V < 22,2	
22	Cruzeiro/Aceleração	0 ≤ VSP < 3	11,1 ≤ V < 22,2	
23	Cruzeiro/Aceleração	3 ≤ VSP < 6	11,1 ≤ V < 22,2	
24	Cruzeiro/Aceleração	6 ≤ VSP < 9	11,1 ≤ V < 22,2	
25	Cruzeiro/Aceleração	9 ≤ VSP < 12	11,1 ≤ V < 22,2	
27	Cruzeiro/Aceleração	12 ≤ VSP < 18	11,1 ≤ V < 22,2	
28	Cruzeiro/Aceleração	18 ≤ VSP < 24	11,1 ≤ V < 22,2	
29	Cruzeiro/Aceleração	24 ≤ VSP < 30	11,1 ≤ V < 22,2	
30	Cruzeiro/Aceleração	30 ≤ VSP	11,1 ≤ V < 22,2	
33	Cruzeiro/Aceleração	VSP < 6	22,2 ≤ V	
35	Cruzeiro/Aceleração	6 ≤ VSP < 12	22,2 ≤ V	
37	Cruzeiro/Aceleração	12 ≤ VSP < 18	22,2 ≤ V	
38	Cruzeiro/Aceleração	18 ≤ VSP < 24	22,2 ≤ V	
39	Cruzeiro/Aceleração	24 ≤ VSP < 30	22,2 ≤ V	
40	Cruzeiro/Aceleração	30 ≤ VSP	22,2 ≤ V	

Fonte: Elaborado pelo Autor e Adaptado de Exhaust Emission Rates for Heavy-Duty On-road Vehicles (MOVES, 2015).

A distribuição do VSP foi calculada ainda para demonstrar as relações próximas entre emissões e o padrão de condução. Neste processo, o VSP é usualmente dividido em “caixas” (VSP bins) e para cada uma foi associada uma taxa de emissão medida. A distribuição de VSP representa a proporção de tempo em cada “caixa” no tempo total de operação.

5.3.3 Análise estatística

Todos os dados medidos e calculados foram organizados no Excel e exportados para os pacotes estatísticos, de acordo com cada análise a ser feita. A primeira fase das análises estatísticas foi a verificação da normalidade de todos os dados coletados. Considerou-se como n cada observação obtida, que variou conforme o tempo de viagem para cada condutor. O teste paramétrico, baseado na distribuição *t-student*, foi obtido através da hipótese de que a população segue uma distribuição normal, como mostra resumidamente a seguir o teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra, através do *software* IBM SPSS 25:

H_0 : Os dados seguem uma distribuição normal;

H_1 : Os dados não seguem uma distribuição normal.

O teste de normalidade dos dados obtidos permite a escolha dos demais métodos a serem utilizados nas próximas análises estatísticas. A Tabela 9 a seguir mostra o resultado de uma das amostras do teste de normalidade para as emissões de poluentes medidas durante os experimentos de condução real:

Tabela 9 - Exemplo do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra com 95% de confiança.

		CO ₂ (g/s)	NO (g/s)	NO ₂ (g/s)	NO _x (g/s)	SO ₂ (g/s)
	N	4050	4050	4050	4050	4050
Parâmetros normais^{a,b}	Média	0,534264691	0,002765590	0,000085534	0,002851124	0,000076716
	Desvio Padrão	0,255770182	0,001211294	0,000037463	0,001248757	0,000154349
Diferenças Mais Extremas	Absoluto	0,224	0,117	0,117	0,117	0,381
	Positivo	0,224	0,117	0,117	0,117	0,381
	Negativo	-0,115	-0,074	-0,074	-0,074	-0,310
	Estatística do teste	0,224	0,117	0,117	0,117	0,381
	Significância Sig. (bilateral)	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c
	Sig exata (bilateral)	. ^d	. ^d	. ^d	. ^d	. ^d
	Probabilidade de ponto	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Fonte: Saída de dados do pacote software IBM SPSS 25. ^aA distribuição do teste é Normal. ^bCalculado dos dados.

^cCorreção de Significância de Lilliefors. ^dCálculo impedido por dificuldades numéricas.

Como os dados coletados não seguem distribuição normal, os demais testes adotados envolvem métodos não paramétricos. Apesar de algumas limitações no uso desses métodos, a eficiência dos testes não foi afetada, já que as amostras possuem números bastante elevados de observações em todas as coletas de dados.

Assim, para os testes de não paramétricos com o mesmo condutor, por exemplo, na determinação de modos de condução são diferentes na mesma via e com sentidos opostos, foi utilizado o Teste de sinais. Para comparação de pares de condutores foi utilizado o Teste da soma de postos de Wilcoxon. Para as amostras independentes, seja de condutores e/ou de vias, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Todos esses testes estatísticos foram realizados no pacote software IBM SPSS 25. A correlação entre as variáveis analisadas e a modelagem através de gráficos de superfície foram realizadas no software Statistica. A análise da distribuição dos dados, os gráficos de violino, e *boxplot* foram realizados no software R. Este estudo parte da

premissa que não haverá variações entre os níveis de cada fator. Para isto, será feito um teste de hipótese para cada nível onde:

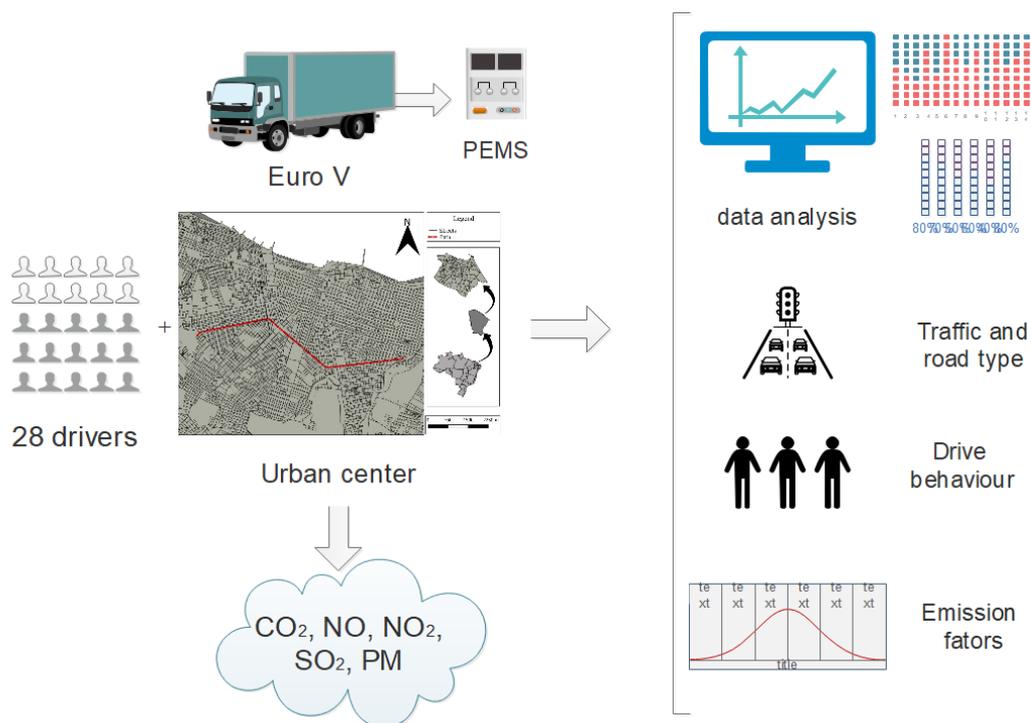
H_0 : não há diferenças estatísticas entre cada nível;

H_1 : há diferenças estatísticas entre cada nível.

5.4 Fase 4: Proposta metodológica para obtenção fatores de emissão

Resumidamente, a Figura 16 apresenta o resumo experimental do método geral proposto para a elaboração dos fatores de emissão para perfis de condutores distintos e incorporando os aspectos locais.

Figura 16- Resumo experimental do método geral proposto para a elaboração dos fatores de emissão



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os condutores profissionais e não profissionais percorreram vias de classificações funcionais e de aspectos locais diferentes. As emissões medidas em tempo real foram sincronizadas com os dados de ciclos de condução reais e com os demais parâmetros de motor, da sonda Pitot e da geolocalização e geometria das vias. A partir desses dados medidos, foram calculados o parâmetro VSP a cada 1 Hz e os modos de operação, conforme descritos na Tabela

8. A média geral das emissões medidas foram agrupados conforme os perfis de condutores traçados e dos tipos de via estudados. A partir de então foram obtidos os fatores de emissão reais para os poluentes medidos.

Os fatores obtidos foram calculados a fim de subsidiar o processo de planejamento de transportes e calculados para diferentes níveis de agregação, cuja aplicação dependerá dos dados de entrada disponíveis. O nível mais desagregado dos fatores de emissão está dividido em para 23 modos de operação, que demonstra o perfil de emissão veicular ao longo da via. O segundo nível de agregação está agrupado para quatro modos de operação: desaceleração/frenagem, aceleração, *idle*/parado e cruzeiro, e foram obtidos ao agrupar as emissões médias medidas conforme perfis de condutores e tipos de vias, conforme a Tabela 10. Neste nível os dados são mais generalizados, sendo aplicado quando se objetiva calcular o impacto total do veículo para um ciclo de condução real.

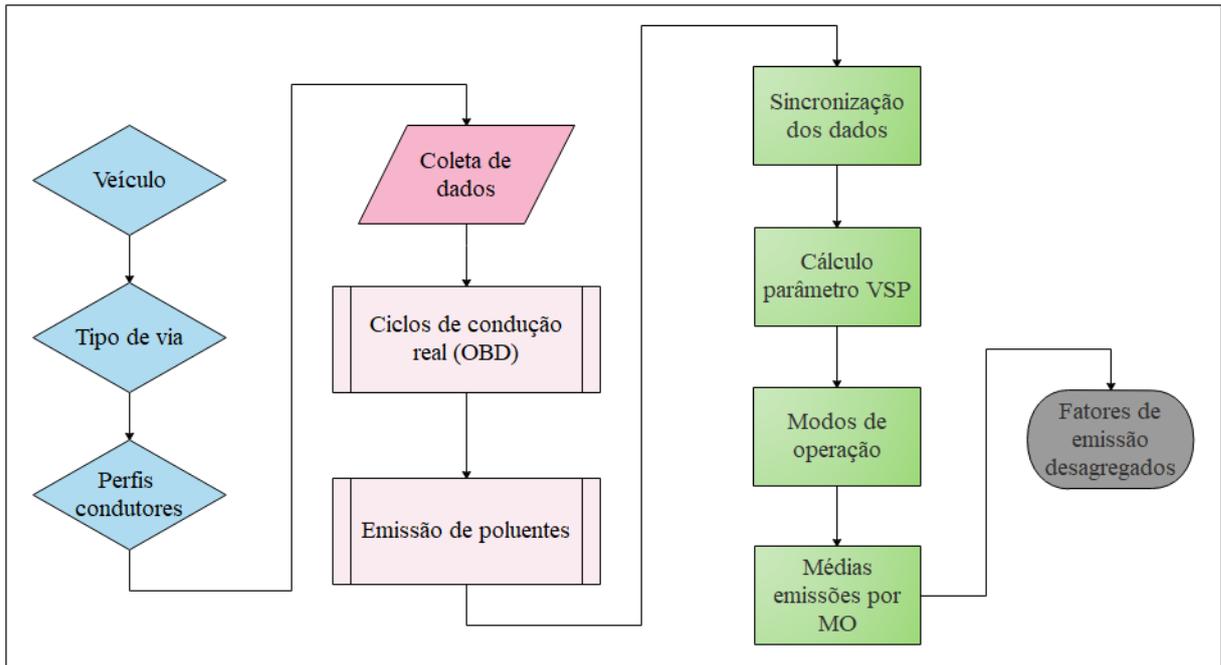
Tabela 10 - Agregação dos modos de operação.

Descrição do Modo de Operação	Modo de Operação (<i>bin</i>)
Desaceleração/frenagem	0
<i>Idle</i> /parado	1
<i>Coast</i>	11, 21
Cruzeiro/Aceleração	12, 13, 14, 15, 16, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 33, 35, 37, 38, 39, 40

Fonte: Elaborado pelo Autor e Adaptado de Exhaust Emission Rates for Heavy-Duty On-road Vehicles (MOVES, 2015).

O terceiro está intimamente relacionado aos simuladores de tráfego integrado aos modelos de emissão, comumente utilizados da modelagem de tráfego, que considera a velocidade e aceleração desenvolvidas pelo veículo. Para este, foram calculadas utilizando método de superfície de resposta no *software* Statistica, na qual foram avaliadas a influência dessas variáveis, velocidade e aceleração instantâneas, nas emissões de poluentes. Resumidamente, a Figura 17 a ser mostra o passo a passo de aplicação do método para outras regiões ou cidades.

Figura 17- Método proposto de aplicação para obtenção dos fatores de emissão de poluentes.

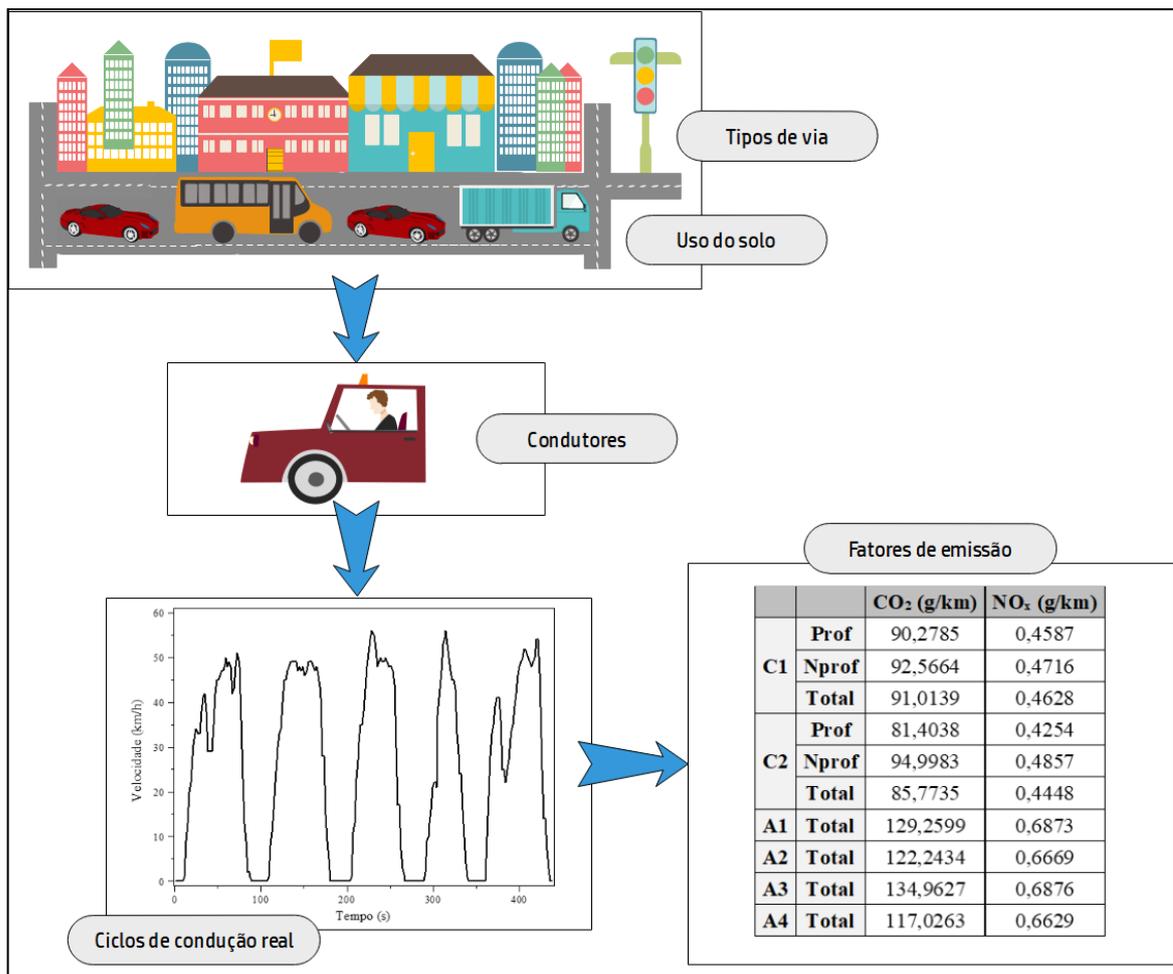


Fonte: Elaborado pelo Autor.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este Capítulo está **dividido em quatro partes**. A primeira traz a caracterização dos condutores voluntários que participaram dos experimentos de condução real. Tal caracterização levou em conta a socioeconomia, experiência de condução e *eco-driving*. A segunda parte verifica a hipótese de que se há diferença no modo de condução e nas emissões de poluentes entre os perfis de condutores delineados na primeira fase. Já a terceira parte verifica a hipótese de que se há e como se dá a influência dos aspectos locais nos ciclos de condução e, conseqüentemente, e nas emissões de poluentes. Por fim, na quarta parte são elaborados os fatores de emissão considerando os perfis de condutores e os aspectos urbanos locais, a fim de se melhorar as estimativas de emissões de poluentes provenientes do transporte de carga, objetivo geral desta tese. Na Figura 18, apresenta-se um infográfico que busca sintetizar a organização do método.

Figura 18 - Infográfico da disposição do Capítulo.

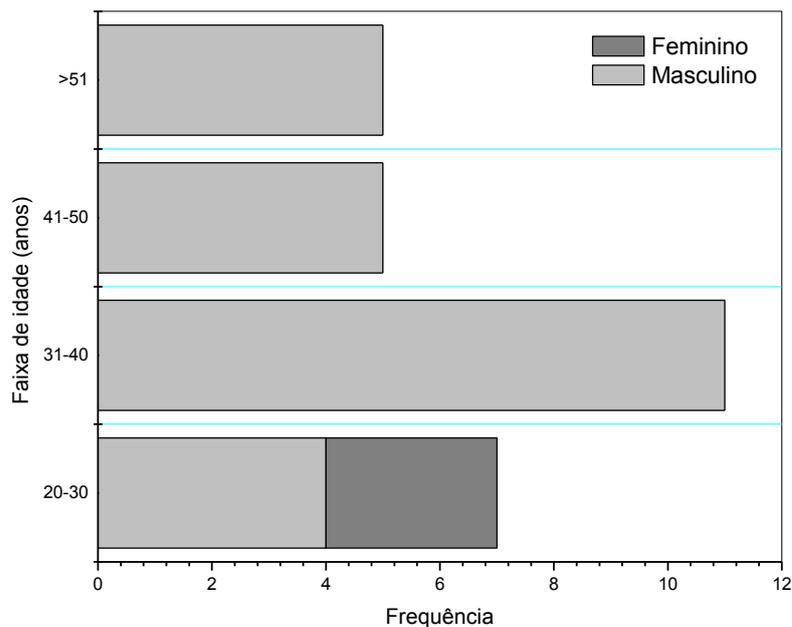


Fonte: Elaborado pelo Autor.

6.1 Caracterização dos condutores voluntários

No total, foram selecionados 28 condutores, sendo 25 do gênero masculino e 3 do gênero feminino. Por haver pouquíssimas mulheres condutoras profissionais na área do transporte de carga, não foi possível encontrar este gênero para a categoria, limitando-se apenas a não profissionais. Para eliminar a interferência do fator veículo, decidiu-se fixar o mesmo VUC para todos os experimentos. Para o fator idade, a na primeira faixa, de 20 a 30 anos, foram selecionados 4 homens e 3 mulheres, totalizando 7 condutores; para a faixa I2, de 31 a 40 anos, foram 11 condutores; para a faixa I3, de 41 a 50 anos, 5 condutores; e I4, acima de 51 anos, foram 5 condutores, como mostra a Figura 19.

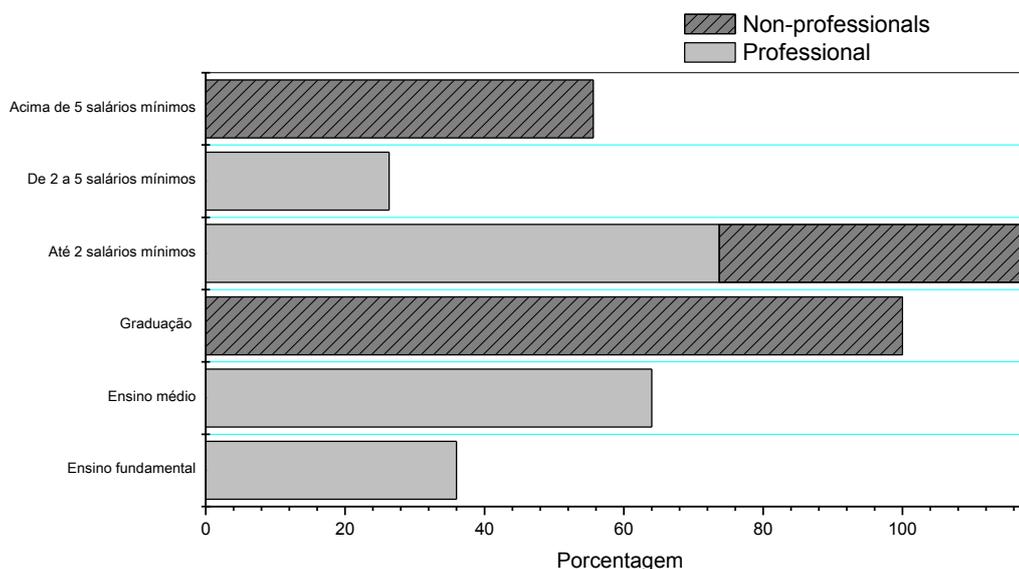
Figura 19 - Frequência das faixas de idade e gênero dos condutores voluntários participantes dos experimentos de condução real.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação ao fator profissional, os condutores foram divididos em profissionais do transporte de carga e não profissionais. A amostra selecionada de condutores foi composta por 19 condutores profissionais e 9 não profissionais. A Figura 20 apresenta as porcentagens em relação a educação e a renda dos condutores profissionais e não profissionais.

Figura 20 - Percentagens da composição da amostra de condutores profissionais e não profissionais em relação a educação e a renda.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

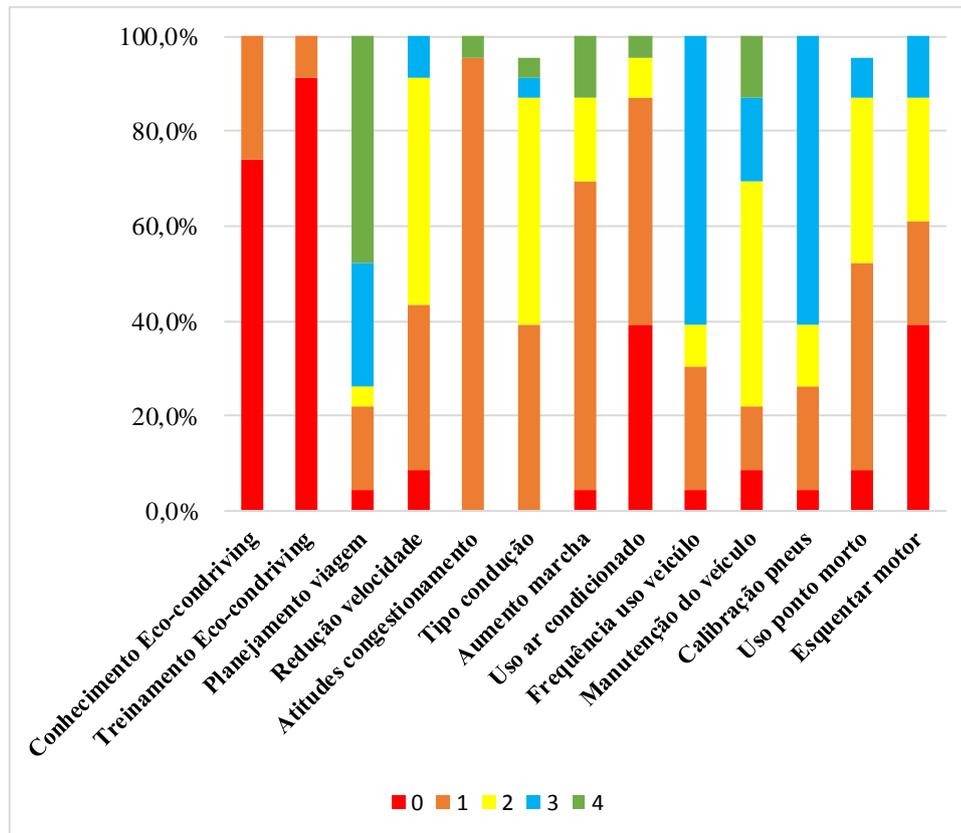
Em relação ao tempo de profissão, 68,4% dos condutores estão até dez anos na profissão de transporte de carga e 31,6% estão há dez ou mais anos nesta profissão. Em relação a escolaridade, 37% dos profissionais do transporte de carga possuem somente o ensino fundamental e 63% concluíram ensino médio. Já os condutores não profissionais, todos possuíam nível superior completo. Em relação a renda, 73,7% dos profissionais do transporte de carga ganham até dois salários mínimos e 26,3% ganham entre 2 e 5 salários mínimos. Já a renda dos condutores não profissionais varia entre até dois salários mínimos (44,4%) e acima de 5 salários mínimos (55,6%).

O tipo de habilitação também é distinto entre os condutores participantes. Dentre os profissionais, 73,7% são habilitados na categoria D e 26,3% são habilitados na categoria E. Já os condutores não profissionais são habilitados nas categorias B e AB. É importante ressaltar que o veículo transportador de carga utilizado nestes experimentos exige categoria mínima de habilitação B, por ser um caminhão leve de menor porte. Sobre a experiência de condução, os condutores profissionais dirigem em média 6 horas ou mais por dia. Já os condutores não profissionais dirigem, em média, uma hora por dia. Em relação às infrações cometidas no trânsito, 47,4% dos condutores profissionais afirmaram já ter cometido pelo menos uma infração leve ou média.

A Figura 21 a seguir mostra os percentuais em relação ao conhecimento e experiência sobre as técnicas de *eco-driving*, abordado na última parte do questionário

desenvolvido e aplicado. Em relação ao *eco-driving*, 78,9% dos condutores voluntários não possuem qualquer conhecimento das técnicas ou sequer ouviram falar, apesar de alguns condutores profissionais, por experiência na área, terem alguma noção de redução de consumo de combustíveis, direção defensiva ou segurança, aspectos que compõem as bases de *eco-driving*.

Figura 21 - Porcentagens em relação ao conhecimento e experiência sobre *eco-driving*, abordado na última parte do questionário desenvolvido e aplicado.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dentre os condutores participantes, 73,9% declaram não saber o que é *eco-driving*. Apenas um condutor profissional afirmou já ter passado por treinamento durante a carreira de motorista, apesar de confessar que acaba esquecendo ao longo do tempo.

Sobre planejar a viagem antes de sair de casa, independente do motivo, 73,9% dos condutores afirmaram usar algum tipo de aplicativo ou buscar informações para consultar a situação de tráfego e então escolher a melhor rota; 26,1% afirmaram não ter qualquer planejamento ou ainda fazer sempre o mesmo percurso, por costume, independentemente da situação do tráfego. A frequência do uso de veículo particular é significativamente mais elevada

entre os condutores não profissionais e 69,6% dos condutores não profissionais declararam retirar o veículo da garagem apenas para percursos longos, aproveitando ainda para passar em lugares que estão no caminho (viagens encadeadas).

Antes de sair de casa, 87% dos condutores acreditam que esquentar o motor do veículo antes era desnecessário ou era algo a ser feito apenas com veículos mais antigo (motores a carburador ou movidos somente a álcool); apenas 13% disseram que essa atitude poderia ajudar na economia de combustíveis.

Em situações de congestionamento, 95,7% os motoristas disseram manter o veículo em ponto morto e engata a marcha apenas na hora de andar, acelerando suavemente; apenas um dos condutores não profissionais afirmou manter o pé na embreagem o tempo todo e sai junto com o veículo da frente. Acerca da forma de condução, os condutores afirmaram que para economizar é melhor manter velocidades mais baixas ou andar a 80 km/h gasta até 20% menos combustível do que a 100 km/h. Para aumentar a marcha, 82,6% ficam de olho no conta giros (RPM) e troca quando o motor começa a roncar mais alto e o carro parece mais pesado; 17,4% revelou não prestar muita atenção nos sinais que o carro dá e muda quando percebe que chegou no limite da marcha. Já para reduzir a marcha, 91,3% dos condutores afirmaram pisar no freio aos poucos até desacelerar ou no freio e na embreagem ao mesmo tempo; apenas 8,7% disse pisar no freio com força assim que decidir. Acerca do uso de ponto morto, os condutores pensam que desacelerar e deixar o carro engrenado é melhor, além de que é muito perigoso utilizá-lo (andar na banguela); apenas um revelou já ter feito isso em ladeiras e estradas.

A maioria dos condutores disseram ainda utilizar o ar condicionado do veículo apenas nos dias de calor intenso e em percursos longos, apesar de alguns revelarem não sair de casa sem ligar, mesmo sabendo do aumento do consumo de combustível.

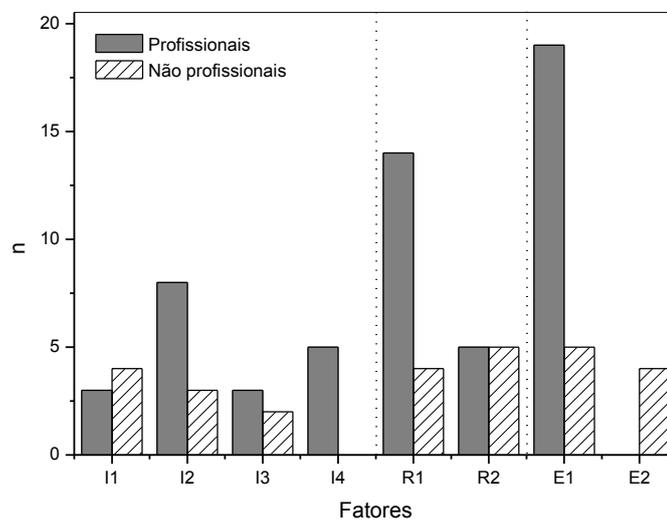
Acerca da calibração dos pneus, 60,9% dos condutores afirmaram verificar e ajustar a pressão semanalmente. Esta percentagem é menor entre os condutores não profissionais, apenas 8,7% reparam neste quesito e realizam periodicamente a calibração. No tocante a manutenção veicular, apenas 17,4% se atenta para a verificação semestral ou anual dos desgastes de peças e manter a manutenção em dia dos veículos; a maioria leva a oficina apenas quando percebe algo inadequado no funcionamento.

Com a aplicação do questionário desenvolvido, percebeu-se que todos os condutores acreditam que algumas práticas de eco-condução não fazem diferença na redução do consumo de combustíveis e nas emissões de poluentes, como por exemplo aguardar alguns minutos para esquentar o motor. Especificamente, este é um procedimento simples que condiciona o catalisador a chegar na temperatura ideal e fazer seu papel na redução das emissões

de poluentes. Dentre os condutores profissionais, apenas dois deles revelaram maior conhecimento e aplicação das técnicas de *eco-driving*. Em geral, percebeu-se que há uma compreensão sobre diversos aspectos de modo intuitivo e não consciente, especialmente em relação ao consumo de combustíveis e às consequências ambientais.

A primeira etapa deste trabalho se propôs a traçar perfis de condutores através da coleta de dados socioeconômicos, experiência de condução e atitudes ao dirigir. Assim, foram gerados perfis envolvendo profissional, faixas de idade, renda e educação. A Figura 22 apresenta resumidamente o número de condutores para cada fator analisado.

Figura 22 - Número de condutores profissionais e não profissionais por fator analisado.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Verificou-se que há diferenças significativas entre as categorias de condutores profissionais e não profissionais em todos os fatores avaliados. A idade média dos condutores profissionais foi de 42,5 anos, enquanto dos não profissionais foi de 34 anos; com maior frequência para a faixa I2. Para o fator renda, as categorias também se diferem, com maior expressividade para a faixa R1 para os profissionais. O fator educação foi consonante, nos quais os profissionais possuem até o ensino médio. Em geral, os perfis socioeconômicos encontrados nesta pesquisa para a classe de condutores profissionais do transporte de carga corroboram com os dados divulgados na Pesquisa CNT perfil dos caminhoneiros 2019 (CNT, 2019), que entrevistou mais de mil entrevistas no ano de 2018 nos principais postos e pontos comerciais em todo o Brasil, o que torna a amostra dos condutores profissionais participantes dos experimentos válida e representativa. Para os condutores não profissionais, a amostra limitou-se a colaboradores, alunos e professores da UFC, incluindo o gênero feminino, gênero não

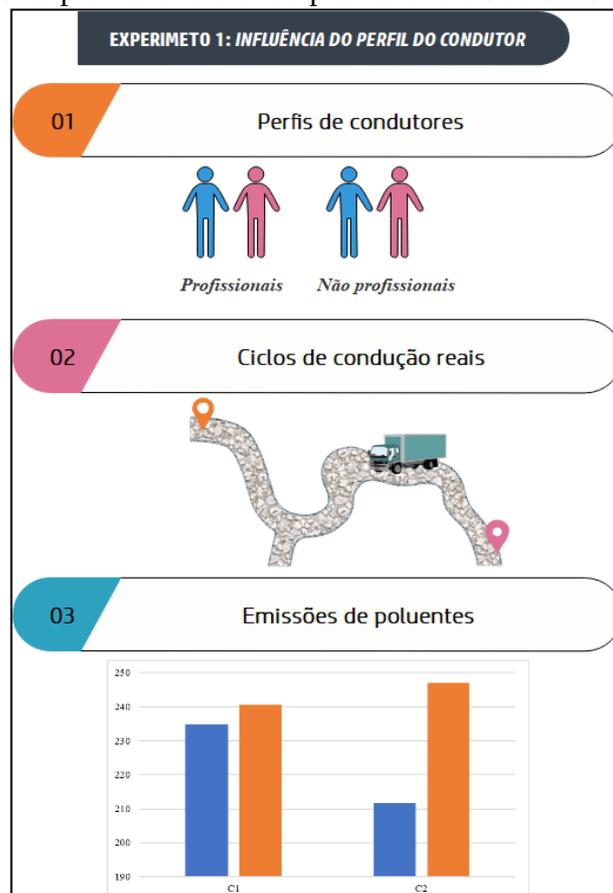
encontrado dentre os profissionais do transporte de carga.

Em geral, foram delineados os perfis dos condutores profissionais, para diferentes faixas de idade estabelecidas, com renda de até dois salários mínimo e educação até o ensino médio. Para os não profissionais, três faixas de idade, com renda nas duas faixas estabelecidas (até e acima de dois salários mínimos) e educação a nível de graduados. As análises e experimentos seguintes serão baseadas nos perfis elaborados.

6.2 Experimento 1: Influência dos perfis de condutores

A primeira parte do experimento consistiu na verificação da hipótese se há diferença no modo de condução entre os condutores profissionais e não profissionais, já que foram detectadas heterogeneidades entre estas categorias na etapa anterior deste trabalho. A Figura 23 mostra o esquema do experimento.

Figura 23 - Experimento para verificação da hipótese se há diferença no modo de condução entre os condutores profissionais e não profissionais e as emissões de poluentes.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

6.2.1 Ciclos de condução

Todos os condutores percorreram o mesmo trecho da Avenida Jovita Feitosa (JF), coletora, nos sentidos Oeste-Leste (OL), C1, e Leste-Oeste (LO), C2. Nesta etapa, o desempenho foi verificado para ambas as categorias (P x NP), primeiro fator a ser analisado, bem como as emissões durante os percursos e a comparação com ciclos de condução padrões utilizados no Brasil (FTP 75 e US06).

A Tabela 11 a seguir apresenta resumidamente as características dos ciclos de condução reais obtidos dos condutores profissionais e não profissionais, nos sentidos Oeste-Leste (OL) e Leste-Oeste (LO) da Avenida Jovita Feitosa (JF) e padrões (FTP-75 e US06) para os parâmetros velocidade, aceleração e modos de operação.

Tabela 11 - Ciclos de condução e modos de operação dos condutores nas vias coletoras C1 e C2, Fortaleza/CE; e dos ciclos de condução padrões FTP-75 e US06.

	C1 (JF – OL)		C2 (JF – LO)		FTP-75	US06
	P	NP	P	NP		
Velocidade média (km/h)	27,41	23,83	25,70	17,39	13,2	29,8
Velocidade máxima (km/h)	68,98	54,97	55,98	52,99	35,2	49,9
Aceleração máxima (m/s ²)	5,275	1,530	4,025	2,220	0,570	1,450
Aceleração mínima (m/s ²)	-3,190	-2,360	-8,880	-1,945	-0,570	-1,191
Aceleração média positiva (m/s ²)	0,402	0,376	0,314	0,442	0,197	0,259
Desaceleração (%)	23	23	25	22	-	-
Idle (%)	13	14	13	23	-	-
Coast (%)	22	23	20	20	-	-
Cruzeiro/aceleração (%)	42	40	41	35	-	-

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A velocidade média e a máxima dos condutores profissionais em ambos os sentidos da Av. JF são superiores aos dos não profissionais. Em relação ao FTP-75, as velocidades médias observadas chegam a quase o dobro para os ciclos de condução reais, e se aproximam das velocidades do ciclo padrão US06. Nesta situação, não significa que os condutores selecionados sejam agressivos, mas pode ser atribuída às características de tráfego da região em estudo, pelo tipo da via (coletora), que tem uma maior fluidez no tráfego devido menor volume de veículos na região, pela experiência ao conduzir este tipo de veículo e até mesmo pelas condições reais de condução.

As acelerações máximas e mínimas são significativamente maiores entre os condutores profissionais em ambos os sentidos de C1 e C2 em relação aos condutores não profissionais. Em relação ao FTP-75 são significativamente diferentes, observou-se uma

proximidade dos valores de acelerações máximas apenas entre os condutores não profissionais e o ciclo padrão US06. As acelerações médias em todos os ciclos de condução, reais e padrão, são iguais a zero; as acelerações positivas dos ciclos de condução reais, tanto para os profissionais quanto não profissionais são superiores aos ciclos padrões. Ainda sobre o parâmetro aceleração, observou-se uma variabilidade média maior entre os condutores profissionais, CV aproximadamente de 26,5% em ambos os sentidos; já para os condutores não profissionais, o CV foi de aproximadamente 19%.

Quanto aos modos de operação, em geral, não foram observadas diferenças significativas entre os condutores profissionais e não profissionais, em ambos os sentidos da Av. JF, com uma única distinção no sentido LO para os condutores não profissionais no MO cruzeiro, sendo atribuído aos profissionais maior constância nas velocidades desenvolvidas e na condução de um modo geral.

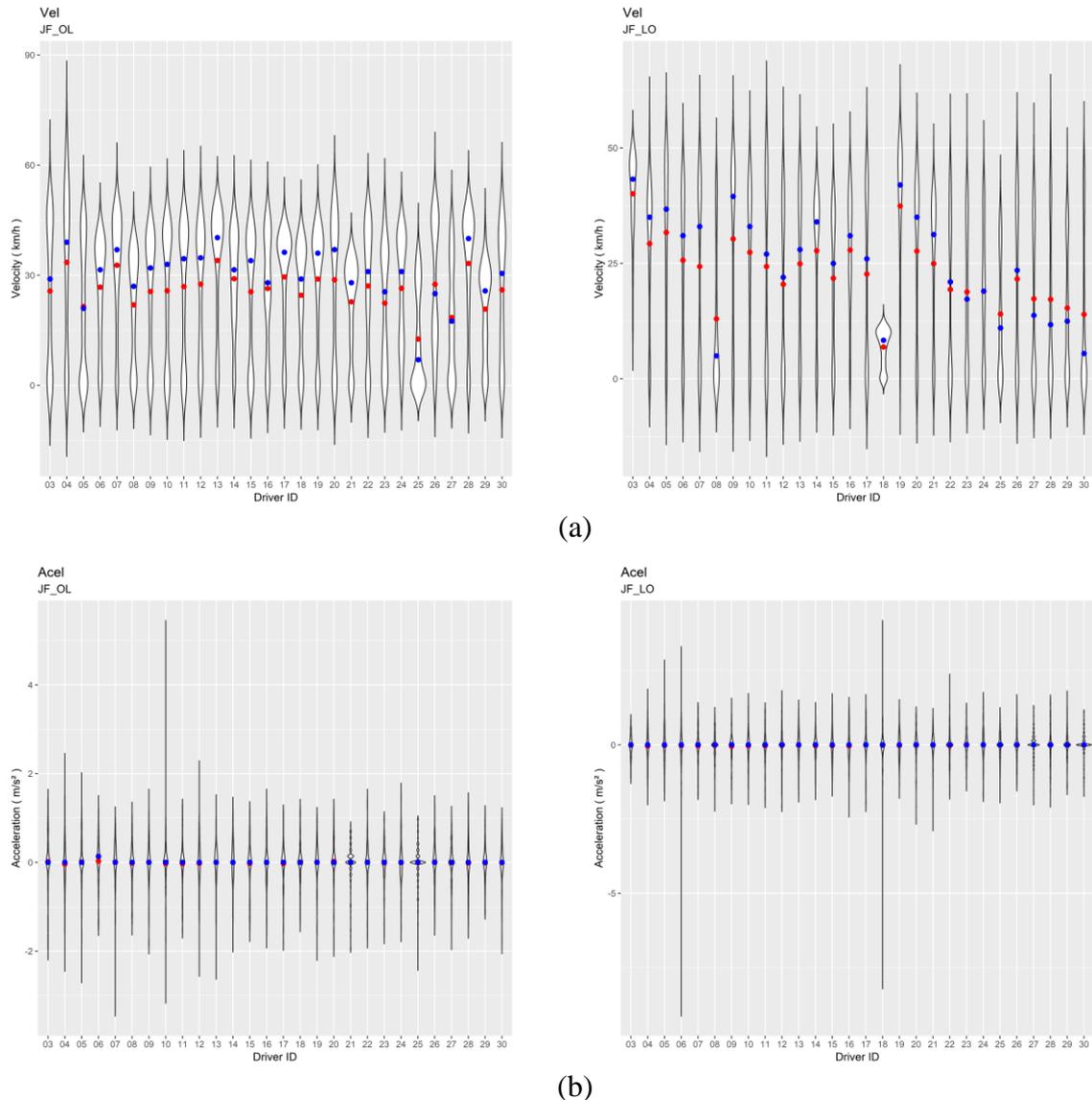
Estatisticamente, verificou-se a hipótese de que se existem diferenças significativas entre as duas categorias de condutores em estudo para os parâmetros de velocidade e aceleração em ambos os sentidos da via. Para isto, utilizou-se o Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes, conforme descrito na sessão de Método deste trabalho, com significância de 0,05, conforme mostra a Tabela 12. Graficamente, os resultados deste teste se encontram na Figura 24.

Tabela 12 - Verificação da diferença entre as categorias para o primeiro fator condutores, profissional e não profissional, para os parâmetros de velocidade e aceleração em C1 e C2.

Parâmetro	Hipótese nula	Teste	Significância	Decisão
Velocidade	A distribuição de Velocidade (km/h) é a mesma entre as categorias de Profissionais e de Não profissionais.	Teste U de Mann-Whitney de amostras independentes	0,000	Rejeitar a hipótese nula.
Aceleração	A distribuição de Aceleração (m/s^2) é a mesma entre as categorias de Profissionais e de Não profissionais.			0,012

São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é 0,05. Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 24 - Distribuição dos parâmetros de velocidade (a) e aceleração (b) nos sentidos OL e LO da Av. Jovita Feitosa entre as categoria de condutores.



Legenda: Pontos vermelhos indicam a média e os azuis as medianas. Condutores profissionais de 03 a 21 e não profissionais de 22 a 30.

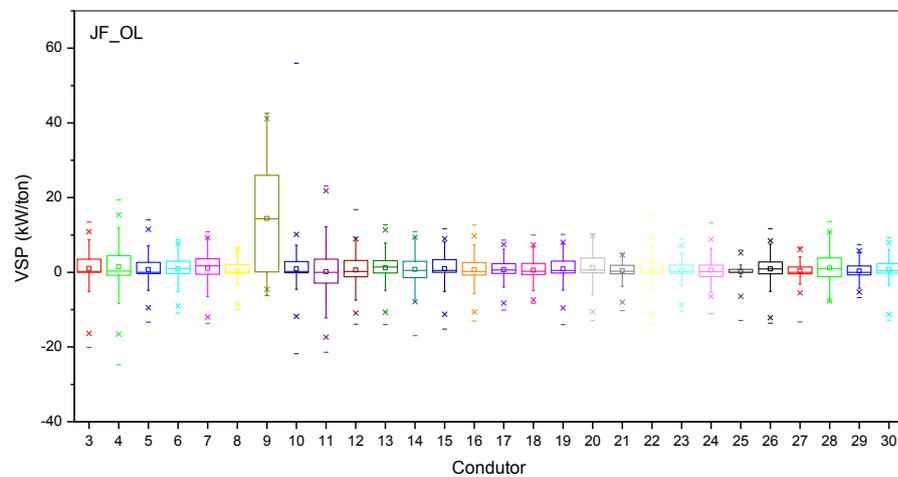
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nos ciclos de condução reais analisados, observaram-se, em ambos os sentidos, que há sim diferenças entre as duas categorias e estatisticamente rejeitou-se a hipótese nula de que são categorias iguais dentre os condutores. Nos gráficos de violino observa-se ainda que as médias e medianas são maiores e mais constantes para os profissionais, com densidade do número de observações em torno também das médias e medianas (maior frequência), e o formato confirma que os dados coletados não seguem distribuição normal. Os não profissionais apresentam um gráfico de violino cujo perfil é mais esguio e em forma de linha, com grande

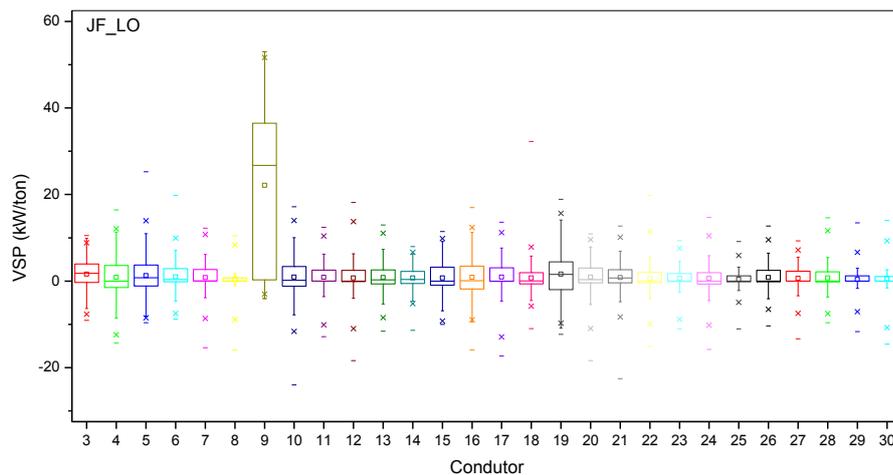
variação na distribuição dos parâmetros de velocidade e aceleração.

A Figura 25 a seguir apresenta a distribuição do parâmetro VSP nos sentidos OL e LO da Av. Jovita Feitosa entre as categorias de condutores. Não há diferenças significativas entre as classes de condutores analisadas, o que pode ser atribuído aos vários *bins* subdivididos que estão agregados. Maiores confluências encontram-se entre os *bins* cujas aceleração e velocidades são iguais ou próximas a zero, caracterizando os modos de operação *idle*, acelerações positivas e desacelerações relativamente mais baixas (*bins* 0, 1 e 11).

Figura 25 - Distribuição do parâmetro VSP nos sentidos OL (a) e LO (b) da Av. Jovita Feitosa entre as categorias de condutores profissionais (03 a 21) e não profissionais (22 a 30).



(a)



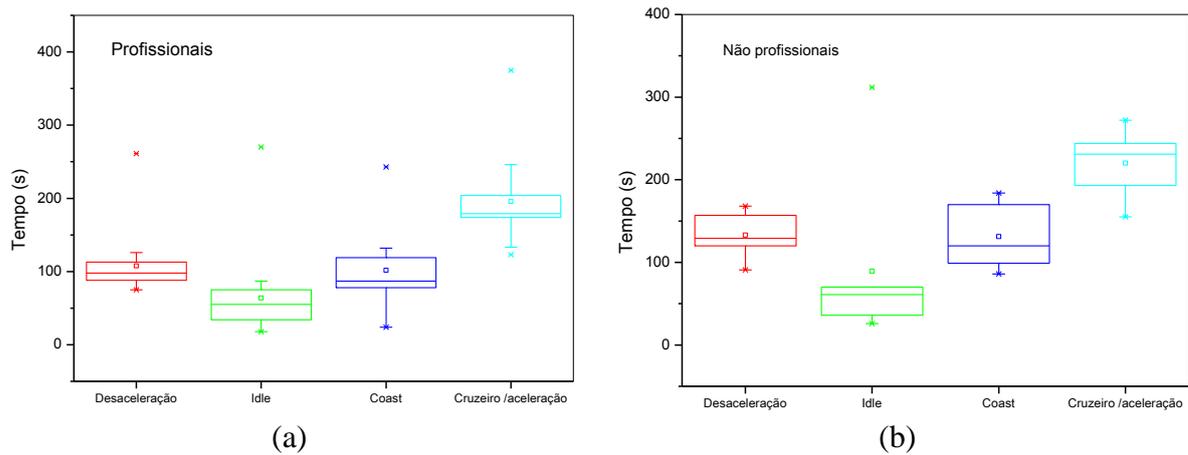
(b)

Legenda: Condutores profissionais de 03 a 21 e não profissionais de 22 a 30.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

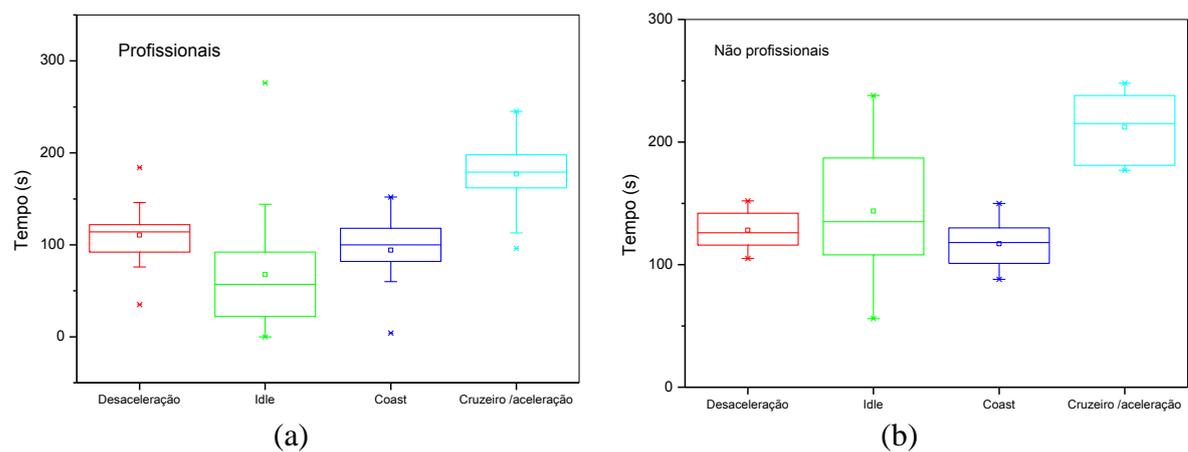
Para uma melhor análise da distribuição do parâmetro VSP, dividiu-se em modos de operação, conforme descrito no item 5.3.2. As Figuras 26 e 27 apresentam a distribuição dos modos de operação nos dois sentidos da Av. Jovita Feitosa entre as categorias de condutores profissionais (a) e não profissionais (b).

Figura 26 - Distribuição dos modos de operação no sentido OL da Av. Jovita Feitosa entre as categorias de condutores profissionais (a) e não profissionais (b).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 27 - Distribuição dos modos de operação no sentido LO da Av. Jovita Feitosa entre as categorias de condutores profissionais (a) e não profissionais (b).



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para os condutores profissionais, em ambos os sentidos OL e LO da Av. JF, os maiores tempos foram observados no MO aceleração/cruzeiro e *coast*, corroborando com o parâmetro de velocidades mais constantes observadas para esta categoria. Já para a categoria de condutores não profissionais observa-se uma maior variabilidade em todos os MO. Maiores diferenças em relação aos profissionais foram observadas nos MO *idle* no sentido LO. A

presença significativa do MO *idle* acarreta maiores tempos de viagem, que será mais bem discutido a seguir. A Tabela 13 a seguir apresenta o tempo médio em cada MO.

Tabela 13 - Modos de operação nos ciclos de condução reais dos condutores na Avenida Jovita Feitosa, nos sentidos Oeste-Leste e Leste-Oeste, Fortaleza/CE.

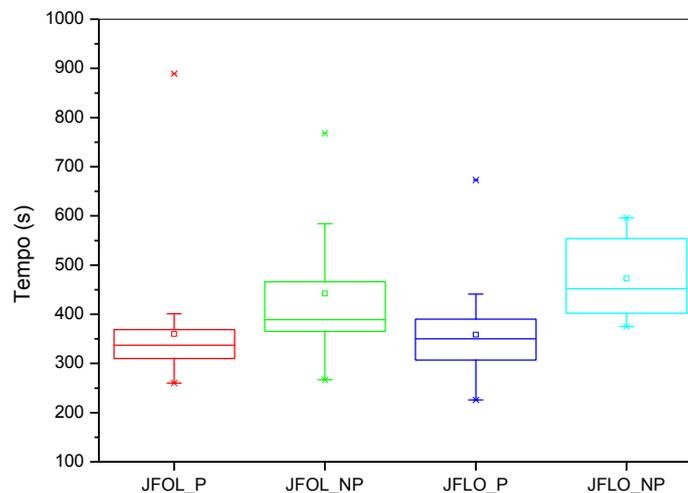
Modos de operação (tempo médio, em segundos)	C1 (JF – OL)		C2 (JF – LO)	
	P	NP	P	NP
Desaceleração	107,7	133	110,6	128,1
Parado (<i>idle</i>)	63,7	89,4	67,6	143,7
<i>Coast</i>	101,7	131,2	94,2	117,0
Cruzeiro/aceleração	195,5	220,1	176,9	212,1

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em geral, os tempos médio em todos os MO são menores para a categoria de condutores profissionais, apontando menores tempos de viagem para esta classe. Tempos médios no MO *idle* (parado e/ou baixas velocidades) foram observadas para a classe não profissionais, e pode acarretar taxas de emissões mais elevadas. Acredita-se que esses tempos maiores sejam atribuídas as experiências de condução. A relação com as condições de tráfego será discutida na segunda parte dos experimentos deste trabalho.

Sob a ótica da engenharia de tráfego, a medida de desempenho analisada foi a variabilidade tempo de viagem dos condutores, comumente utilizável na avaliação desempenho da rede sob as variações de fluxos veiculares. A Figura 28 mostra a variação de dados observados dos tempos de viagem por meio de quartis (*Boxplot*).

Figura 28 - Variação dos tempos de viagem nos sentidos OL e LO da Av. Jovita Feitosa entre as categorias para o fator condutores profissionais e não profissionais.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O tempo de viagem médio dos condutores profissionais na Av. Jovita Feitosa sentido OL foi de 360 segundos e no sentido LO foi de 359 segundos. Já os condutores não profissionais, nesta Avenida, no sentido OL foi de 442 segundos e no sentido LO foi de 473 segundos. As maiores velocidades e constância no modo de operação cruzeiro entre os condutores profissionais tendem a mais constância (normalidade na distribuição do tempo de viagem) e menores tempos de viagem. Os não profissionais, além de maior variabilidade, observaram-se valores significativamente maiores, com distribuição não regular e frequência de tempos de viagem maiores.

São notórias as diferenças entre os ciclos de condução para as duas classes de condutores analisadas. A partir de então, levantou-se o questionamento: o mesmo condutor dirige da mesma forma em vias diferentes? Para isto, comparou-se o ciclo de condução de cada condutor, variando o sentido da Av. Jovita Feitosa. Para análise estatística, aplicou-se o Teste não-paramétrico dos Postos Sinalizados de Wilcoxon de Amostras Relacionadas para cada condutor, com nível de significância de 0,05. A Figura 29 a seguir apresenta o resumo do teste de hipótese para um condutor.

Figura 29 - Resumo do teste de hipótese para um condutor na Av. Jovita Feitosa, para os sentidos OL e LO.

	Hipótese nula	Teste	Sig.	Decisão
1	A mediana das diferenças entre @05 OL e @05 LO é igual a 0.	Teste dos Postos Sinalizados de Wilcoxon de Amostras Relacionadas	,283	Retter a hipótese nula.

Fonte: saída de análises de dados IBM SPSS 25, utilizado neste trabalho. *São exibidas significâncias assintóticas. O nível de significância é 0,05.

Dentre os condutores profissionais, 36,8% (7 dos 19) não rejeitam a hipótese nula, sugerindo que estes condutores dirigem da mesma forma, no mesmo tipo de via, variando apenas o sentido. Para os condutores não profissionais, a porcentagem para o referido teste foi de 22,2%, perfazendo um total de 9 condutores dos 28 participantes. Destaca-se que o tráfego nesta região não há diferenças significativas de volume de tráfego circulante para os sentidos OL e LO.

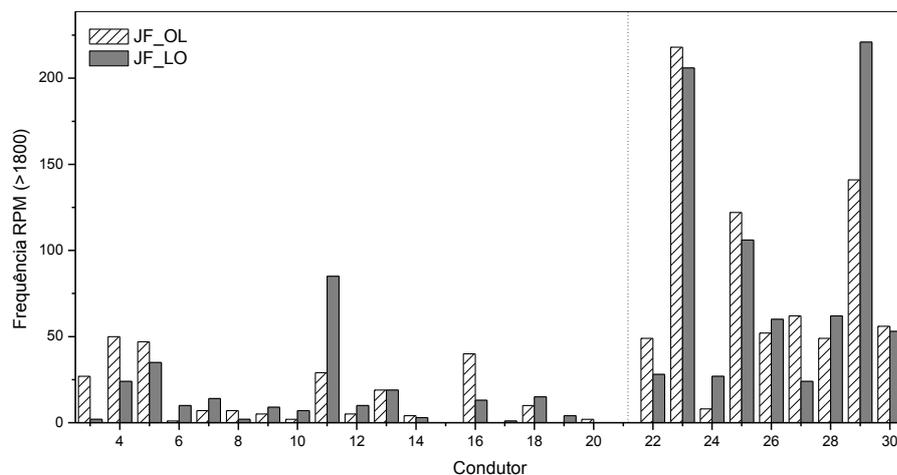
Na tentativa de buscar explicações plausíveis para este fenômeno, verificou-se que 77% destes possuem idade superior a 35 anos, podendo ser atribuído ao hábito de dirigir. Entretanto, em geral, percebeu-se que os condutores tendem a mudar a forma de conduzir, dependendo da situação, possivelmente pelo tráfego na região, por maior cautela, ou afinidade

e costume de dirigir um veículo de maior porte e potência. Em síntese, o condutor tende a adaptar sua forma de condução ao meio e condições. Não foram observadas consonâncias e diferenças estatísticas significativas para os fatores renda e educação.

Resultados semelhantes em relação ao comportamento do condutor foram encontrados por Faria et al. (2018), que investigaram padrões de condução (velocidade e aceleração) dentre 47 condutores em ambientes e condições climáticas distintas da cidade de Lisboa, Portugal. Para condições de chuva, os resultados forneceram evidências que os motoristas tendem a dirigir com mais calma, a velocidade média é 22% menor que sem chuva e as acelerações também foram menores. Quando considerado o tipo de via, a com classificação local apresenta padrões de direção mais agressivos em termos de aceleração. Ressalta-se que o trabalho não se aprofundou na caracterização dos perfis dos condutores participantes dos experimentos.

Por fim, para os ciclos de condução analisados neste trabalho, avaliou-se ainda a eficiência para troca de marcha através do RPM. A Figura 30 mostra a frequência de RPMs superiores a 1.800, valor máximo estabelecido conforme recomendações do fabricante e conferência em testes precedentes pela equipe de coleta. Destaca-se que este valor não foi revelado em qualquer momento para os condutores, já que a ideia era avaliar a percepção dos condutores aos sinais que o veículo dava entre uma marcha e outra, por exemplo, quesito avaliado tanto no questionário quanto na condução veicular.

Figura 30 - Frequência de RPM superiores a 1.800, conforme valor máximo estabelecido.



Legenda: Condutores profissionais 3 a 21 e não profissionais do 22 ao 30.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

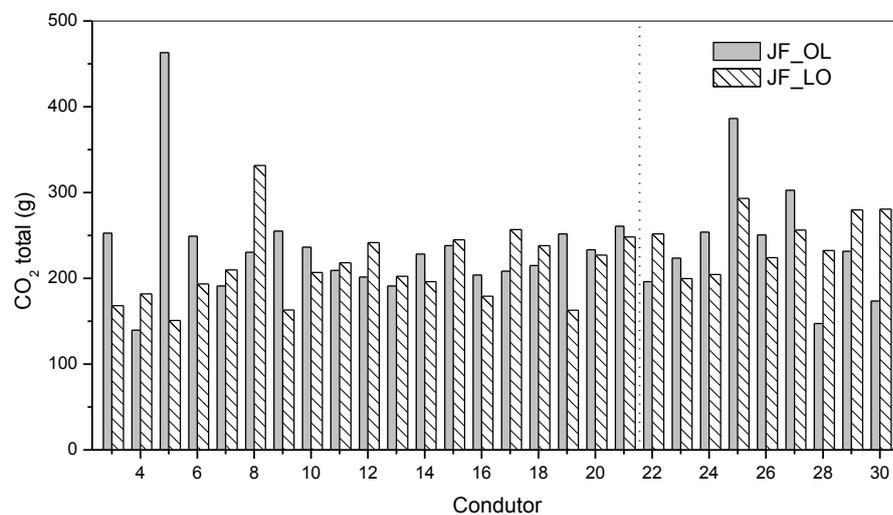
Dentre os conceitos e técnicas de *eco-driving*, uma das mais valorosas em termos de redução do consumo de combustíveis e de emissão de poluentes (eficiência energética) é a

troca de marcha no tempo correto. Ao examinar a Figura 30, são distintas as frequências entre as classes de condutores, na qual os condutores profissionais conduzem de maneira bem mais eficiente, inferindo que o hábito e a rotina diária de dirigir influenciem bastante. Dentre os condutores não profissionais, os que tiveram desempenho inferior são os mais jovens e com menor tempo de habilitação, sem conhecimento em *eco-driving*, com pouca ou falta de habilidade na condução de um veículo de maior porte e potência, que não os tornam mais agressivos e sim menos experientes.

6.2.2 Emissões de poluentes

Neste tópico são comparadas as emissões de poluentes mensuradas na primeira etapa deste trabalho, conforme descrito no Capítulo 5. A Figura 31 apresenta as emissões totais de CO₂ para todos os condutores, durante os experimentos na Av. Jovita Feitosa, nos sentidos OL e LO.

Figura 31 - Emissões totais de CO₂ (g) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.



Legenda: Condutores profissionais 3 a 21 e não profissionais do 22 ao 30.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Aparentemente, diferenças não são perceptíveis entre as classes de condutores, notando-se apenas taxas de emissões ligeiramente maiores no sentido LO. A Tabela 14 mostra as médias de CO₂ (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa para todos os condutores.

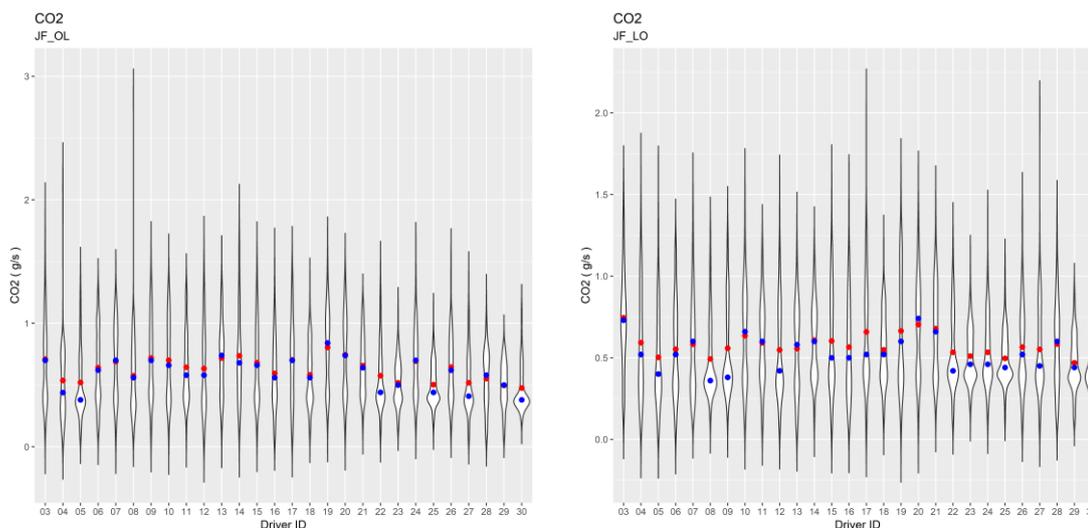
Tabela 14 - Médias de CO₂ (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO, para os condutores profissionais e não profissionais.

	C1	C2
Profissionais	234,72	211,65
Não Profissionais	240,67	247,00

Fonte: Elaborado pelo Autor.

É através da Tabela 14 que é possível observar as diferenças entre as emissões para as classes, confirmando melhor desempenho dos condutores profissionais em ambos os sentidos da Av. Jovita Feitosa, inclusive em relação as emissões de CO₂, e que os ciclos de condução e modos de operação têm relação direta na eficiência energética e emissões de poluentes. A distribuição das emissões instantâneas de CO₂ estão na Figura 32 abaixo.

Figura 32 - Distribuição das emissões instantâneas de CO₂ (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.

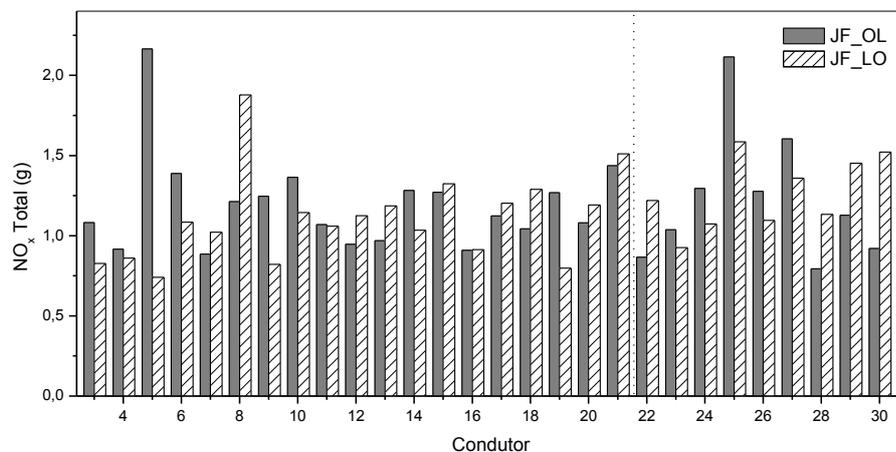


Legenda: Pontos vermelhos indicam a média e os azuis as medianas. Condutores profissionais de 03 a 21 e não profissionais de 22 a 30.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A distribuição das taxas de emissões de CO₂ confirmam a não normalidade dos dados coletados. Para a classe de condutores profissionais, o formato de violino tende a ser mais alongado e linear, com probabilidade de distribuição dos dados mais variáveis. A classe de condutores não profissionais tende a maior distribuição das emissões de CO₂ em torno da mediana. As taxas de emissão para o poluente NO_x estão na Figura 33 a seguir para todos os condutores, durante os experimentos na Av. Jovita Feitosa, nos sentidos OL e LO.

Figura 33 - Emissões totais de NO_x (g) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.



Legenda: Condutores profissionais de 03 a 21 e não profissionais de 22 a 30.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

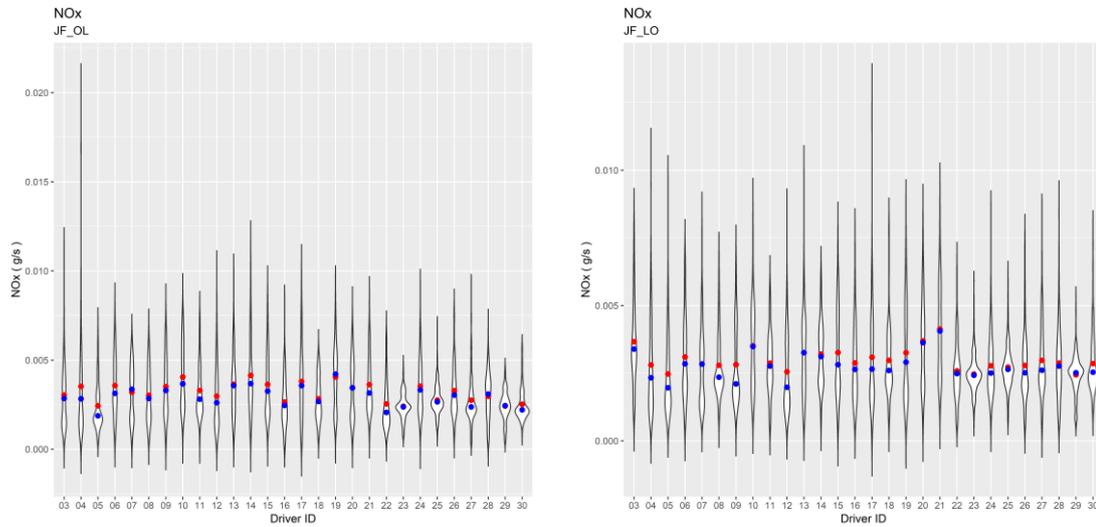
Assim como as emissões de CO₂, poucas diferenças são perceptíveis entre as classes de condutores. Entretanto, notam-se taxas de emissões ligeiramente maiores no sentido OL para a classe de condutores profissionais, ao contrário do que foi visto para o CO₂. Apesar dessa pequena dissimilaridade entre as classes de condutores, assim como para as emissões de CO₂, as taxas de emissões de NO_x são ligeiramente maiores entre os não profissionais, como mostra a Tabela 15 das medidas realizadas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa para todos os condutores. A distribuição das emissões instantâneas de NO_x estão na Figura 34 abaixo.

Tabela 15 - Médias de NO_x (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO, para os condutores profissionais e não profissionais.

	C1	C2
Profissionais	1,19	1,11
Não Profissionais	1,23	1,26

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 34 - Distribuição das emissões instantâneas de NO_x (g/s) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.

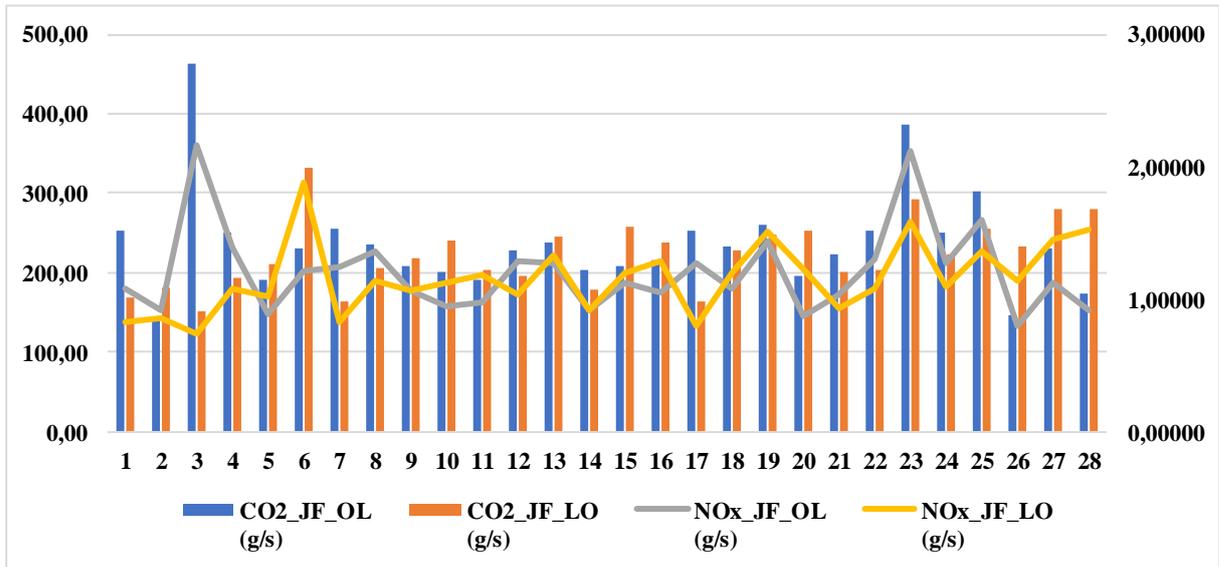


Legenda: Pontos vermelhos indicam a média e os azuis as medianas. Condutores profissionais de 03 a 21 e não profissionais de 22 a 30.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A distribuição das taxas de emissões NO_x, assim como as de CO₂, confirmam a não normalidade dos dados coletados, para a classe de condutores profissionais, o formato de violino tende a ser mais alongado e linear, com probabilidade de distribuição dos dados mais variáveis e para os não profissionais uma maior distribuição em torno da mediana. Comparando as taxas de NO_x e de CO₂, identificam-se, de forma geral, similaridades de tendências de emissões totais entre esses dois poluentes. A confirmação está na Figura 35 abaixo. Para o sentido OL, o coeficiente de correlação de Pearson entre as taxas de emissões de NO_x e de CO₂ foi de $\rho = 0,9479$ e para o sentido LO foi de $\rho = 0,9513$. As diferenças para o fator entre as classes profissionais e não profissionais foram detectadas. Em relações aos fatores idade, renda e educação não foram significantes ou constatadas diferenças significativas estatisticamente.

Figura 35 - Emissões de CO₂ (g/s), no eixo principal, e de NO_x (g/s), no eixo secundário, medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.

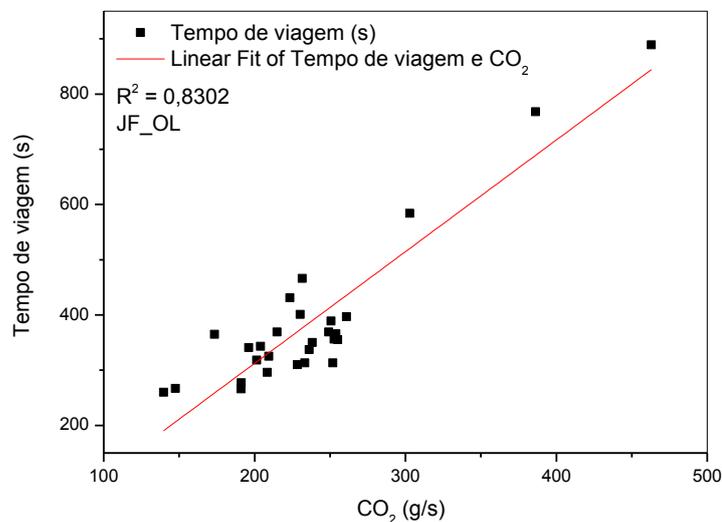


Legenda: Condutores profissionais de 1 a 19 e não profissionais de 20 a 38.

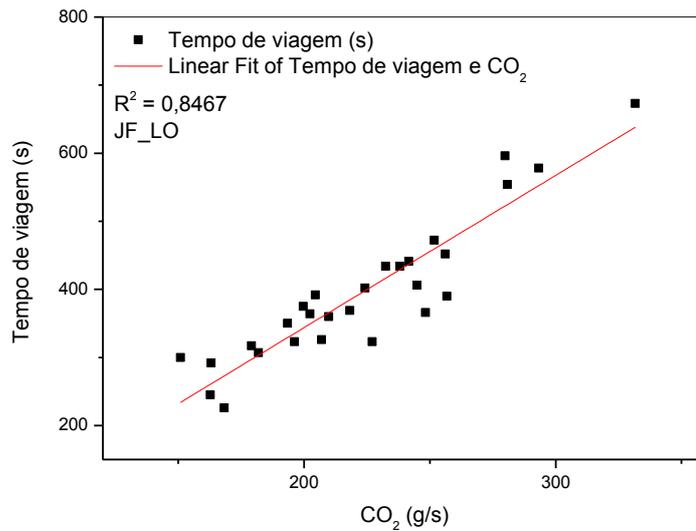
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Semelhanças entre tendências e coeficiente de correlação de Pearson também foram observadas entre as taxas totais de emissões totais de CO₂ (g/s) e os tempos de viagem para ambos os sentidos, como mostra a Figura 36. Para o sentido OL da JF, o coeficiente de correlação de Pearson entre as taxas de emissões de CO₂ e os tempos de viagem foi de $\rho = 0,8302$, e para o sentido LO foi de $\rho = 0,8467$.

Figura 36 - Correlações entre as emissões totais de CO₂ (g/s) e os tempos de viagens na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL (a) e LO (b), para todos os condutores.



(a)

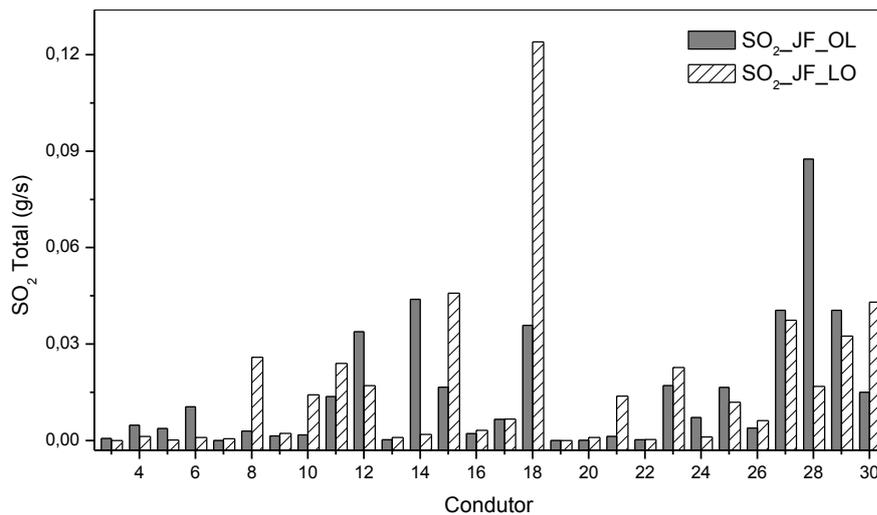


(b)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As Figuras 37 e 38 apresentam, respectivamente, as emissões totais de SO₂ e as de material particulado para todos os condutores, durante os experimentos na Av. Jovita Feitosa, nos sentidos OL e LO.

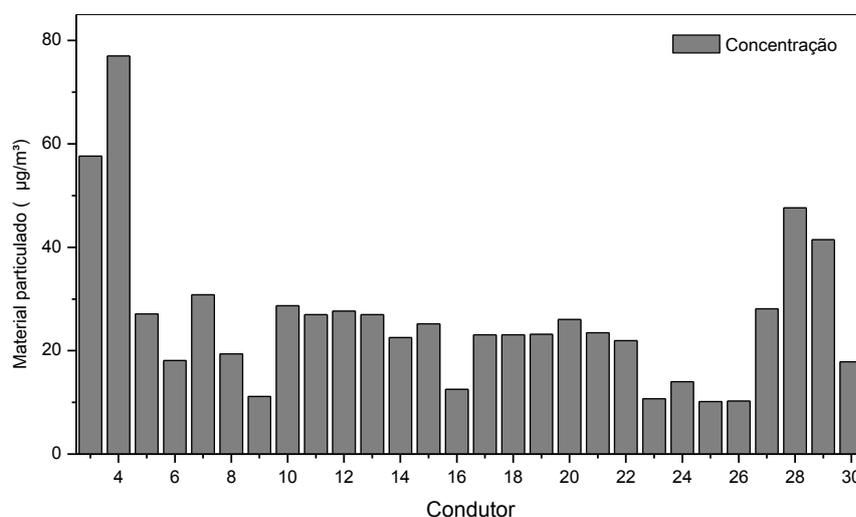
Figura 37 - Emissões totais de SO₂ (g) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.



Legenda: Condutores profissionais 3 a 21 e não profissionais do 22 ao 30.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 38 - Emissões totais de material particulado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) medidas no escapamento do TUC, na Avenida Jovita Feitosa, sentidos OL e LO.



Legenda: Condutores profissionais 3 a 21 e não profissionais do 22 ao 30.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Emissões de SO_2 e MP estão mais relacionadas aos processos de combustão e condições na câmara de combustão e motor. Não foram observados quaisquer padrões, inclusive sem distribuição normal. A Tabela 16 apresenta as médias de emissões de CO_2 e NO_x por modos de operação.

Tabela 16 - Média de emissões de CO_2 e NO_x por modos de operação nos ciclos de condução reais dos condutores na Avenida Jovita Feitosa, nos sentidos OL e LO, Fortaleza/CE.

Modos de operação	JF - OL				JF - LO			
	Profissionais		Não profissionais		Profissionais		Não profissionais	
	CO_2 (g/s)	NO_x (g/s)	CO_2 (g/s)	NO_x (g/s)	CO_2 (g/s)	NO_x (g/s)	CO_2 (g/s)	NO_x (g/s)
Desaceleração	0,6701	0,0034	0,5722	0,0029	0,6078	0,0031	0,5579	0,0028
Idle	0,6233	0,0032	0,5513	0,0028	0,5454	0,0028	0,5068	0,0027
Coast	0,6802	0,0035	1,1023*	0,0055	0,6328	0,0033	1,0479*	0,0053
Cruzeiro/aceleração	0,6577	0,0033	3,8660*	0,0186	0,6136	0,0032	4,0381*	0,0201

*Modos de operação pouco representativos nas amostras. Fonte: Elaborado pelo Autor.

As taxas de emissões de CO_2 e NO_x são relativamente maiores para os condutores profissionais. Apesar dessas taxas pouco maiores para os modos de operação nesta classe de condutores, ao considerar os tempos de viagem, as emissões totais acabam sendo menores. Em geral, maiores taxas de NO_x foram observadas para os MO *coast* e *cruzeiro/aceleração*, que foram menos representativos nas amostras dos condutores não profissionais, já que estes não desenvolveram velocidades maiores. As taxas de emissões para os poluentes SO_2 não foram

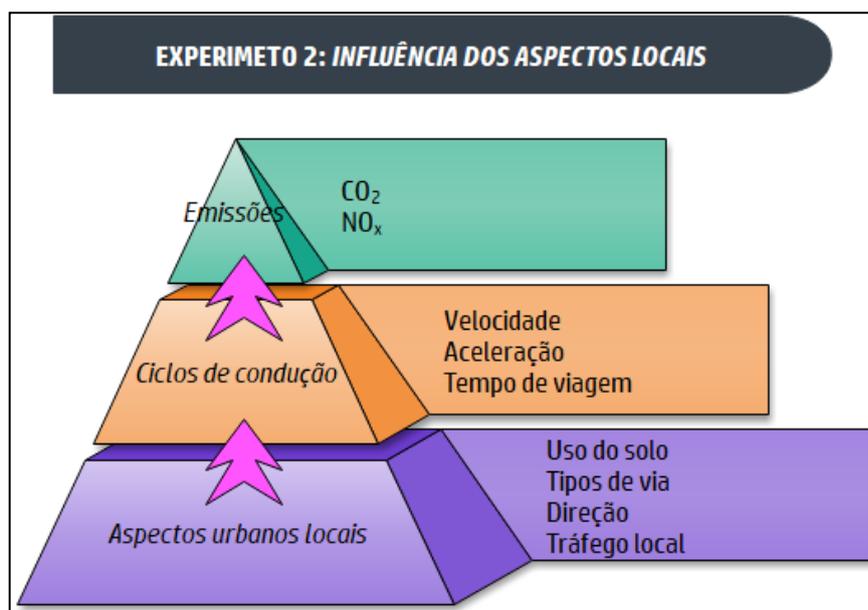
significativas e não foram observados quaisquer padrões. Por não ter sido coletado de forma instantânea, as taxas de emissões de MP não foram calculadas por MO.

Este experimento visou verificar a hipótese de que perfis de condutores dirigem de forma diferente, o que implica em emissões diferentes. Para isto, a influência do aspecto condutor foi avaliada através de análise dos ciclos de condução reais obtidos, trocas de marchas, modos de operação e emissões medidas. Há diferenças significativas entre as classes de condutores profissionais e não profissionais. Não foi possível agrupar e determinar o perfil de condução quanto aos aspectos socioeconômicos, como faixa de idade, renda e educação propostos. A experiência diária, as habilidades adquiridas na profissão de condutor profissional são mais incisivas na forma de dirigir.

6.3 Experimento 2: Influência dos aspectos locais

A segunda parte do experimento consistiu na verificação da hipótese de que se há e como se dá a influência dos aspectos locais nos ciclos de condução e, conseqüentemente, e nas emissões de poluentes, como mostra a Figura 39.

Figura 39 - Experimento para verificação da hipótese de que se há e como se dá a influência dos aspectos locais nos ciclos de condução e nas emissões de poluentes.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

6.3.1 Ciclos de condução

Para isto, os condutores que tiveram melhor desempenho na primeira fase do experimento foram convidados a percorrer os trechos das Avenidas Treze de Maio e Pontes Vieira, nos sentidos Oeste-Leste (OL) e Leste-Oeste (LO), ambas classificadas como arteriais tipo I, conforme a hierarquia viária. Além disto, os ciclos de condução e emissões de poluentes foram contrastados com a etapa anterior, a fim de confrontar o uso do solo e tipos de via.

A Tabela 17 a seguir apresenta resumidamente as características dos ciclos de condução reais dos condutores, nos sentidos Oeste-Leste (OL) e Leste-Oeste (LO) das Avenidas Jovita Feitosa (JF), Treze de Maio (TM) e Pontes Vieira (PV) e padrões (FTP-75 e US06) para os parâmetros velocidade, aceleração e modos de operação.

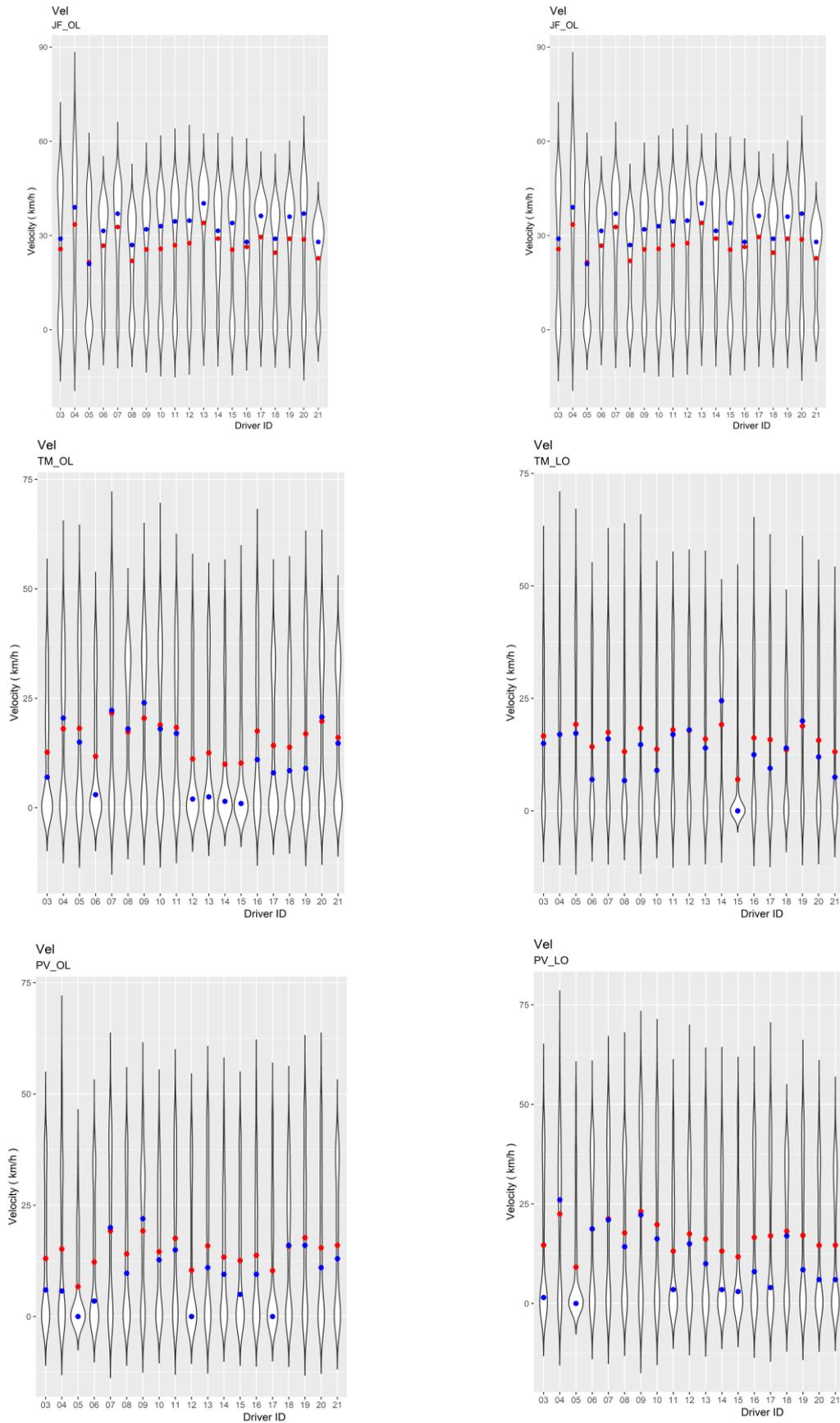
Tabela 17 - Características dos ciclos de condução reais nas avenidas JF, TM e PV nos sentidos OL e LO e ciclos padrões FTP-75 e US06.

	C1	C2	A1	A2	A3	A4	FTP 75	US 06
Velocidade média (km/h)	27,41	25,70	15,76	15,86	14,37	13,22	13,2	29,8
Velocidade máxima (km/h)	68,98	55,98	56,99	58,97	58,97	63,00	35,2	49,9
Aceleração máxima (m/s ²)	5,275	4,025	1,950	1,940	1,665	1,945	0,570	1,450
Aceleração mínima (m/s ²)	-3,190	-8,880	-3,335	-3,055	-0,099	-2,640	-0,570	-1,191
Aceleração média positiva (m/s ²)	0,402	0,437	0,444	0,465	0,457	0,465	0,197	0,259
Desaceleração (%)	23,0	24,6	40,9	41,2	19,6	17,9	-	-
Idle (%)	13,6	15,1	20,2	19,0	34,9	35,5	-	-
Coast (%)	21,7	21,0	19,3	19,1	18,3	18,9	-	-
Cruzeiro/aceleração (%)	41,7	39,4	19,6	20,8	27,2	27,7	-	-

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao comparar os ciclos de condução reais desenvolvidos nas vias, são notórias as diferenças entre as vias cujas classificações hierárquicas são diferentes, sendo a Av. Jovita Feitosa, coletora, possui velocidades médias bastante superiores em relação às outras duas, Treze de Maio e Pontes Vieira, ambas arteriais tipo I. Entre cada par de via, sentidos OL-LO, as diferenças não são significativas. Considerando os ciclos padrões FTP-75 e US06 e comparando com os ciclos de condução reais obtidos, percebe-se, em termos de velocidade média, que há maior influência dos tipos de via que da agressividade dos condutores. A distribuição das velocidades está apresentada na Figura 40 abaixo.

Figura 40 - Distribuição do parâmetro de velocidade nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.



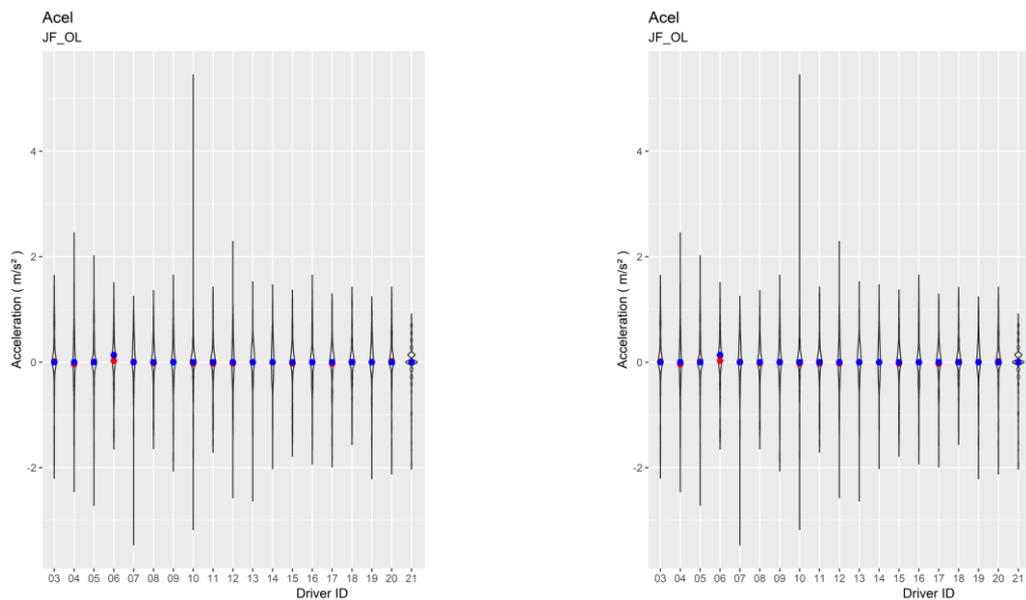
Legenda: Pontos vermelhos indicam a média e os azuis as medianas.

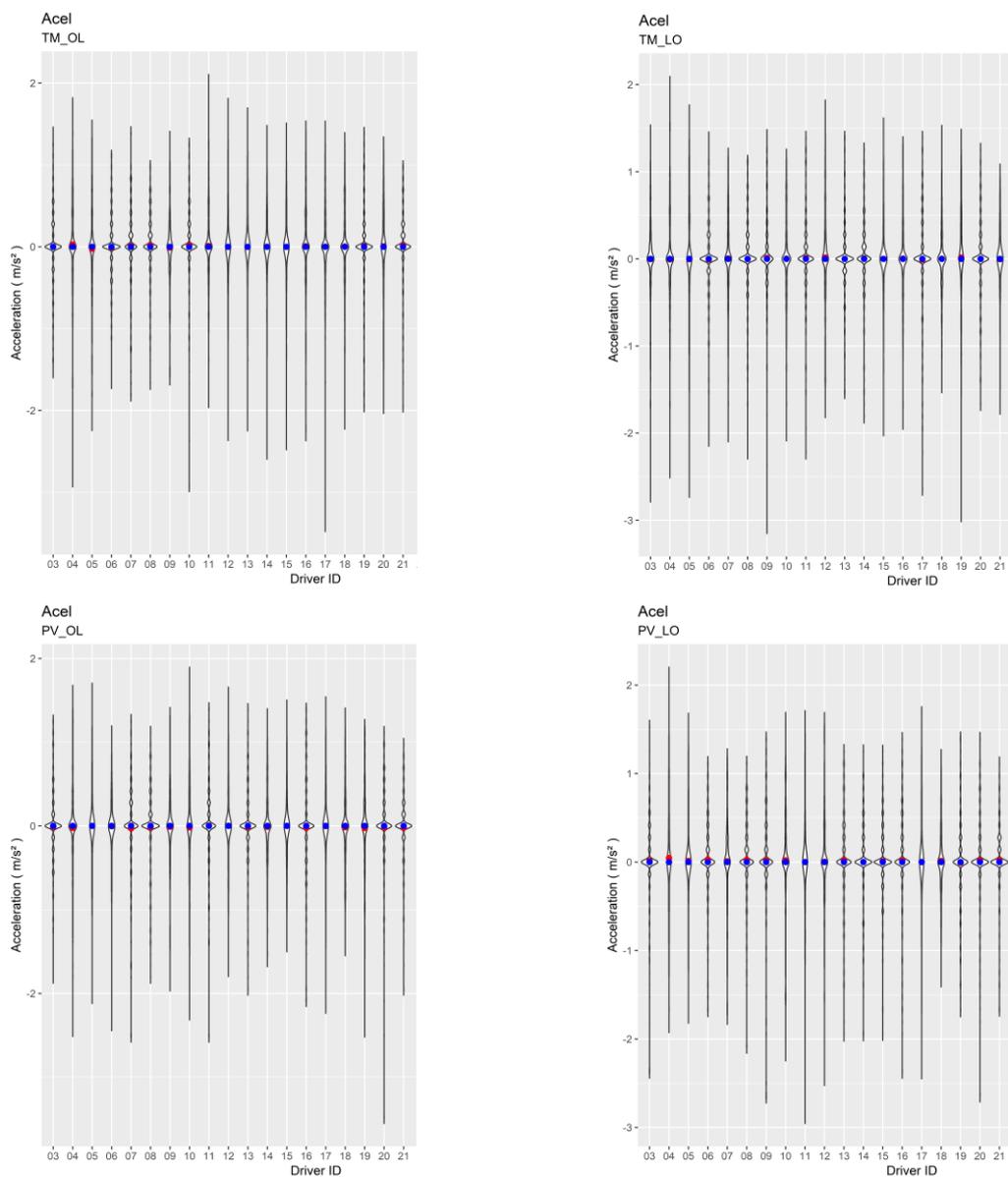
Fonte: Elaborado pelo Autor.

As observações para o parâmetro velocidade estão distribuídos em torno da mediana na Av. JF, cujas médias foram superiores em relação as demais vias em estudo. Já o formato do gráfico de violino para as Av. TM e PV, em ambos os sentidos, apresenta-se de forma mais linear, com médias e medianas superiores aos maiores pontos de distribuição.

Em relação ao parâmetro aceleração, as maiores amplitudes foram observadas na Av. JF., assim como também as velocidades máximas. Em geral, todas as acelerações (médias, médias positivas, máximas e mínimas) dos ciclos de condução reais têm amplitudes maiores que os ciclos de condução padrões, até mesmo que o ciclo agressivo US06. A distribuição das acelerações está apresentada na Figura 41 abaixo. Em todos os ciclos de condução reais obtidos observaram-se perfis lineares e com médias e medianas em torno de zero. Menores amplitudes para este parâmetro foram observadas em ambos os sentidos da Av. TM. Em geral, a variabilidade dos parâmetros de velocidades e acelerações foram $TM < PV < JF$.

Figura 41 - Distribuição dos parâmetros de aceleração nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.



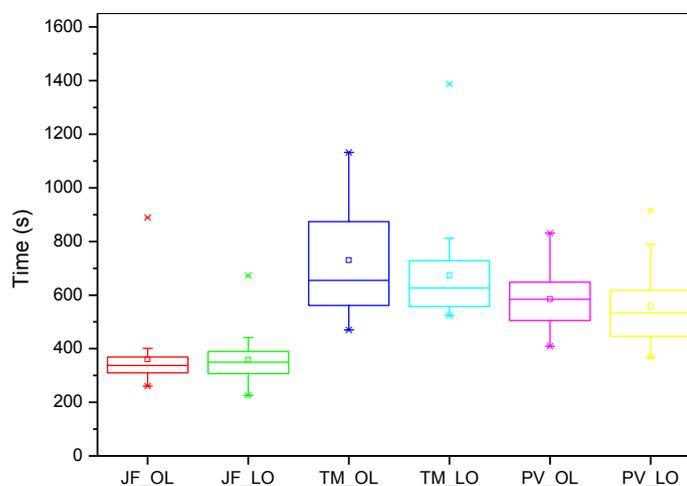


Legenda: Pontos vermelhos indicam a média e os azuis as medianas.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Figura 42 seguir mostra a variação de dados observados dos tempos de viagem por meio de quartis (*Boxplot*).

Figura 42 - Variação dos tempos de viagem nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os menores tempos de viagem foram observados na Av. JF (coletora), seguido da PV, e por fim, da TM (arteriais tipo I). Com exceção do sentido OL da TM, os demais trechos apresentaram distribuição normal para o parâmetro TV. Especificamente o trecho TM-OL apresentou maior variabilidade para todos os condutores. Resumidamente, a Tabela 18 mostra os tempos médio de viagem para as vias em estudo.

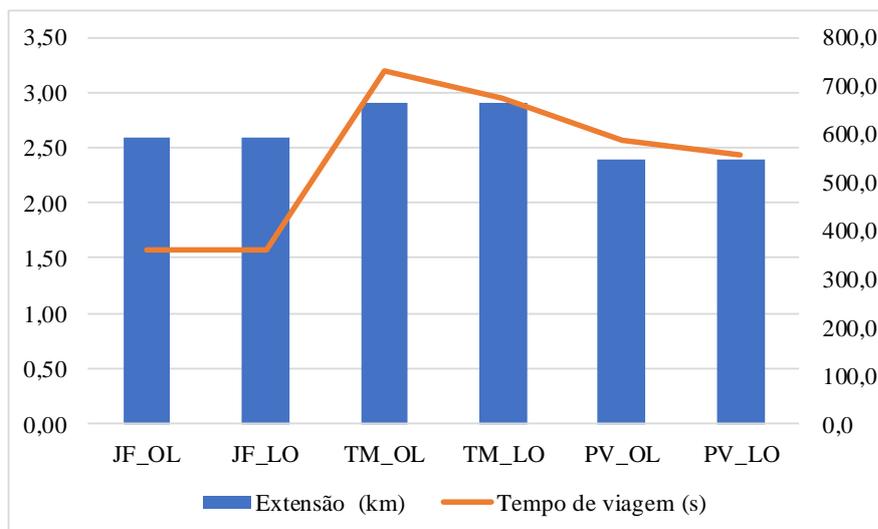
Tabela 18 - Tempos médio de viagem dos ciclos de condução reais nas avenidas Jovita Feitosa (C1 e C2), Treze de Maio (A1 e A2) e Pontes Vieira (A3 e A4) nos sentidos OL e LO.

	C1	C2	A1	A2	A3	A4
Tempo de viagem médio (s)	360,2	358,5	730,3	673,0	585,0	557,2

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Apesar dos trechos OL e LO da Av. TM serem um pouco maiores em termo de extensão, não justificaria tamanha diferença em relação aos tempos de viagem, como mostra a Figura 43. Acredita-se que outros aspectos locais influenciem mais, objetos de investigação nesta etapa do trabalho.

Figura 43 - Extensão dos trechos e tempos médio de viagem nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.

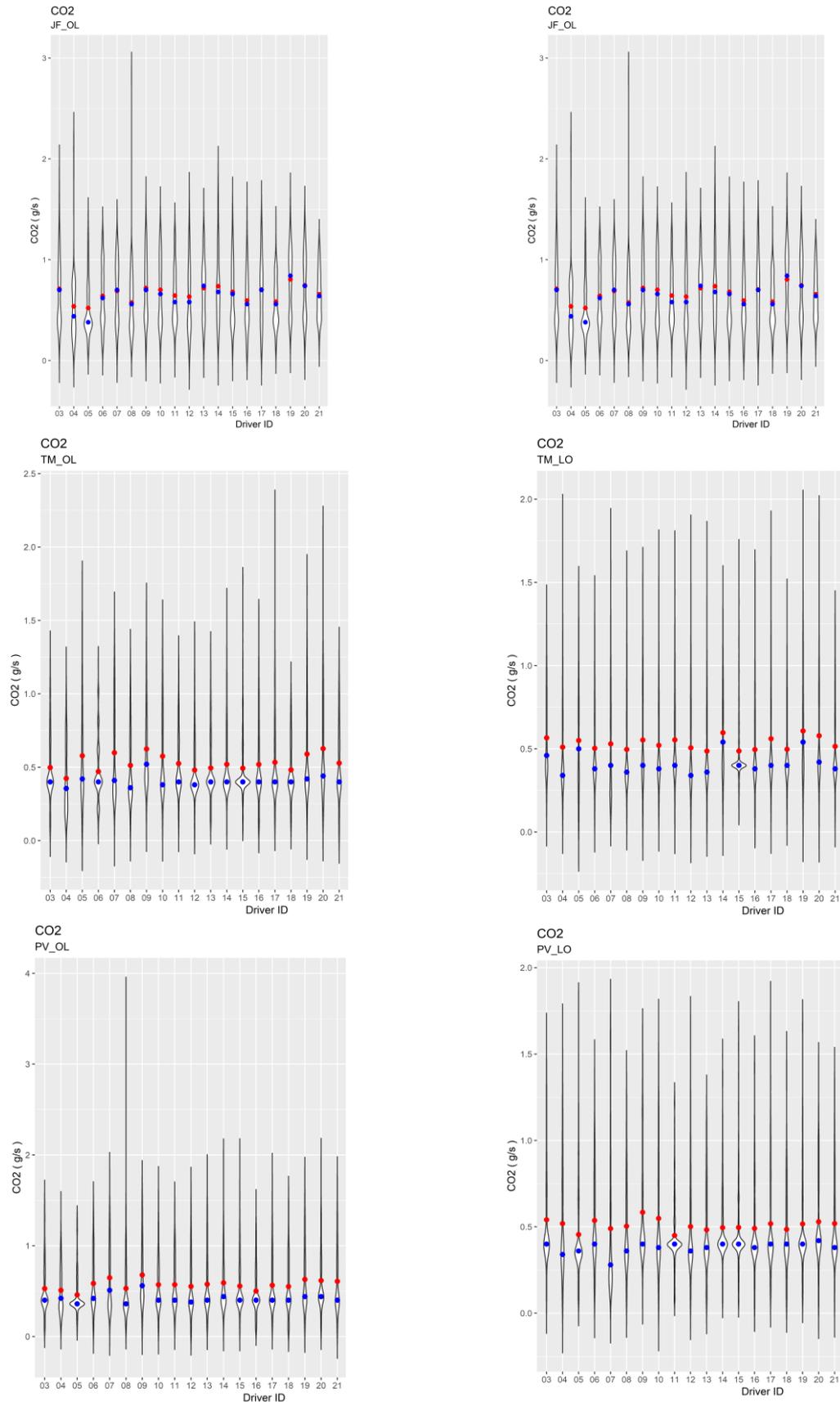


Fonte: Elaborado pelo Autor.

6.3.2 Emissões de poluentes

Neste tópico são comparadas as emissões de poluentes mensuradas nos diferentes tipos de vias estudados, conforme revisão da literatura e descrito no Capítulo 5, considerando como parâmetros para análise dos aspectos locais os tipos de via, sentido/direção, tráfego local, uso do solo e número de semáforos por trecho. Para isto, as emissões de CO₂ e NO_x instantâneas foram comparadas considerando esses parâmetros. As Figuras 44 e 45 mostram a distribuição das emissões de CO₂ e NO_x nos trechos em estudo.

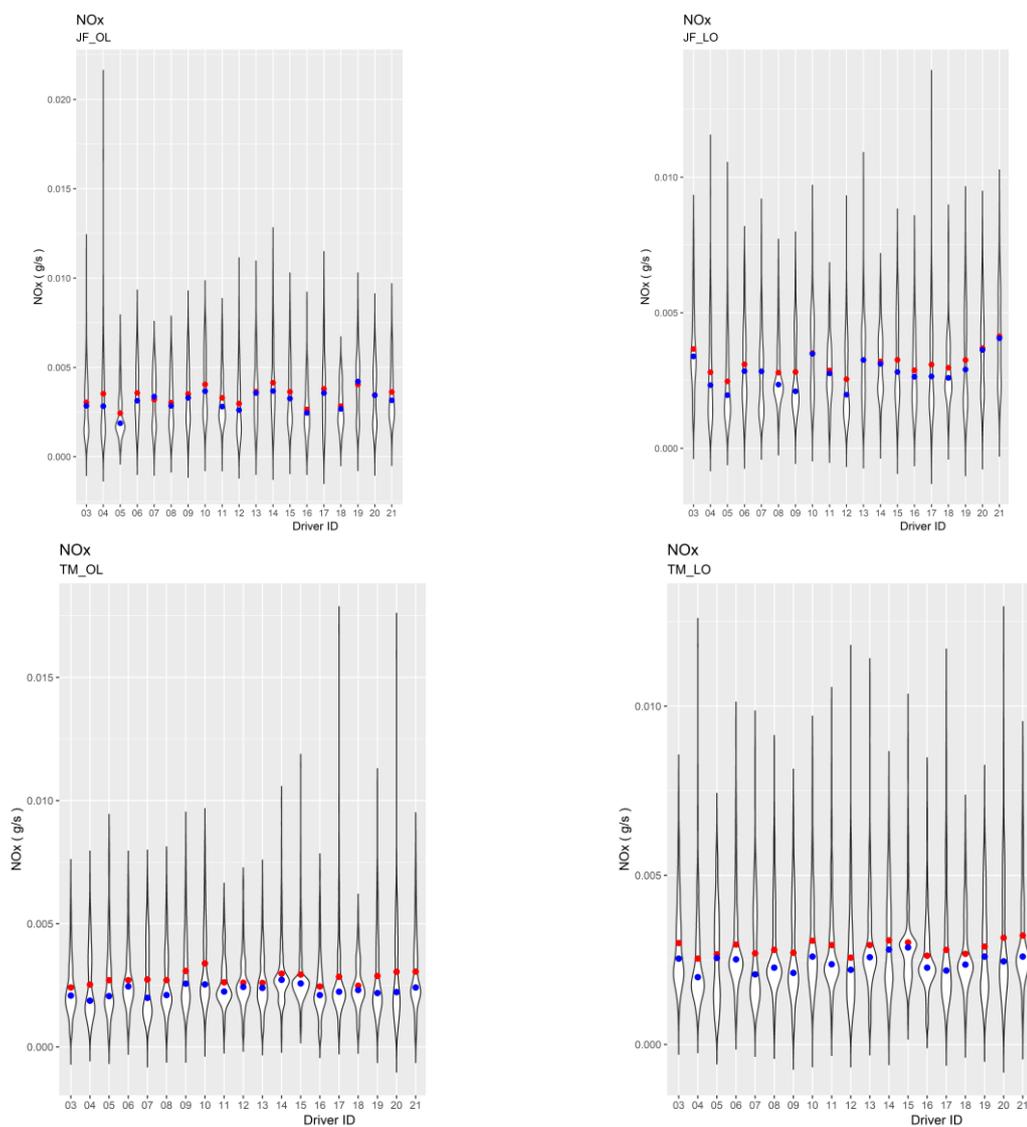
Figura 44 - Distribuição das emissões de CO₂ nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.

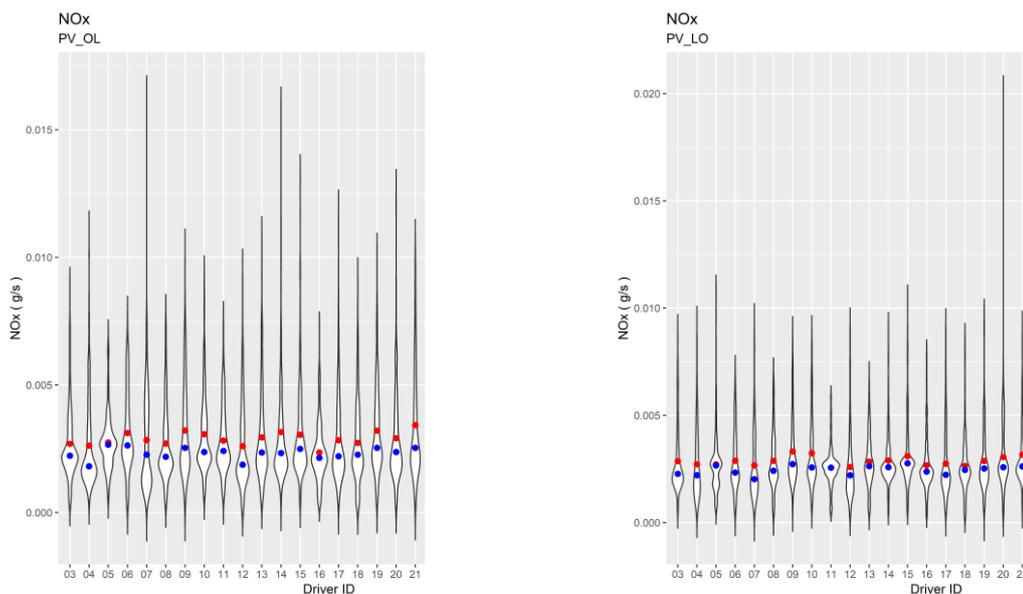


Legenda: Pontos vermelhos indicam a média e os azuis as medianas.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 45 - Distribuição das emissões de NOx nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.



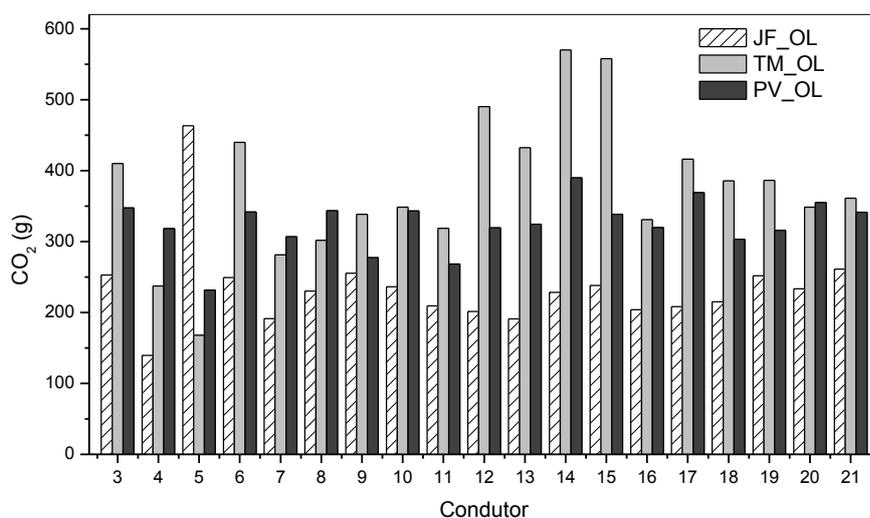


Legenda: Pontos vermelhos indicam a média e os azuis as medianas.

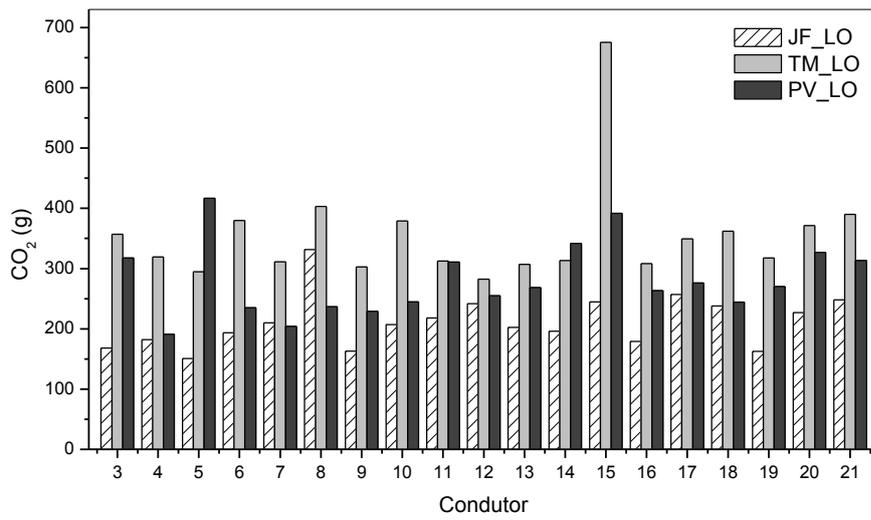
Fonte: Elaborado pelo Autor.

As distribuições das emissões de CO₂ e de NO_x têm perfis mais lineares na via coletora, JF, com médias menores em relação as demais vias arteriais, TM e PV. Os perfis nestas vias estão distribuídos em torno da mediana, e em geral as médias de emissões foram maiores. A seguir, as Figuras 46 e 47 mostram as emissões totais de CO₂ e de NO_x dentre os condutores profissionais nos seis trechos em estudo.

Figura 46 - Emissões totais de CO₂ dos condutores profissionais nos sentidos OL (a) e LO (b) das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.



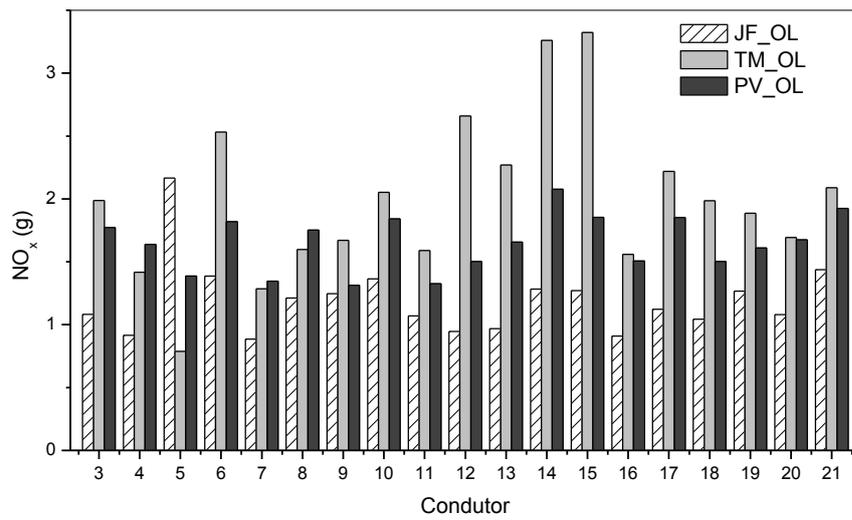
(a)



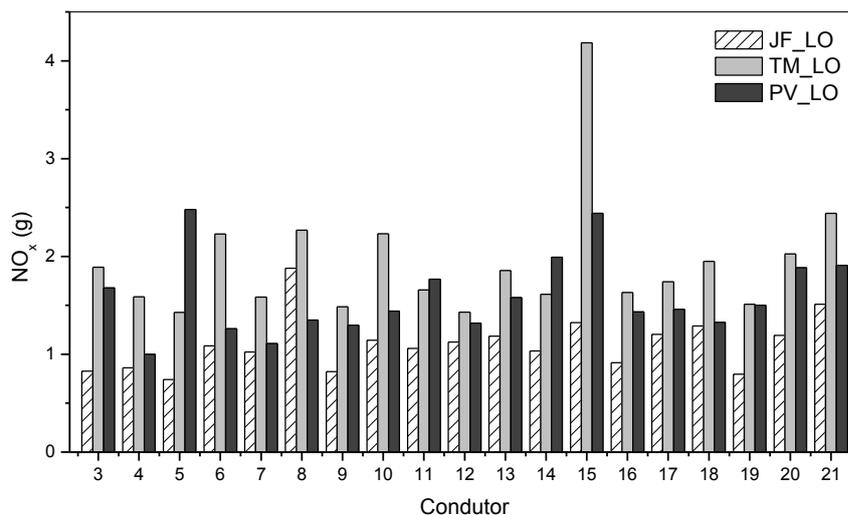
(b)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 47 - Emissões totais de NO_x dos condutores profissionais nos sentidos OL (a) e LO (b) das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

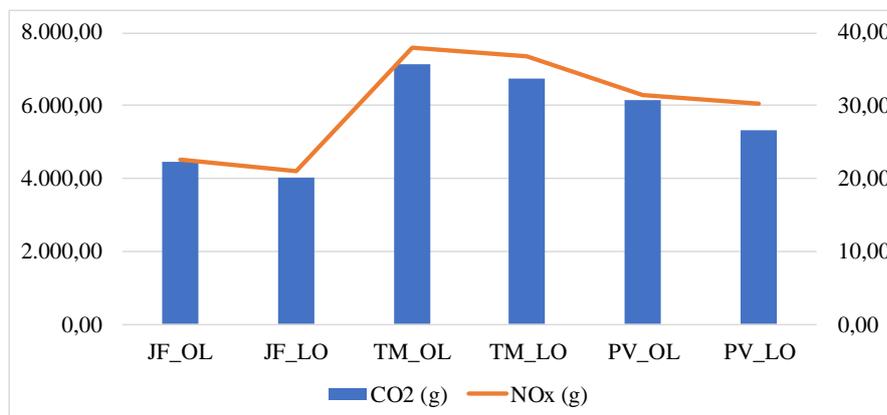
Em geral, as emissões de CO₂ e de NO_x foram maiores na TM sentido OL (arterial tipo I). O sentido OL em todas as vias foi maior que o sentido LO, independentemente do tipo de via. Como já foram discutidos, aspectos como tempo de viagem e extensão da via não são suficientes para explicar tais emissões relativamente elevadas e diferentes entre os trechos. Destaca-se ainda que todos esses condutores fazem parte do grupo de profissionais. Resumidamente, a Tabela 19 apresenta a estatística descritiva para as emissões de CO₂ e de NO_x nos seis trechos. É possível observar ainda que há uma tendência semelhante entre as emissões totais de CO₂ e NO_x, como mostra a Figura 48.

Tabela 19 - Estatística descritiva das emissões de CO₂ e de NO_x em nos seis trechos.

	C1	C2	A1	A2	A3	A4	
CO ₂	Média (g/s)	234,72	211,65	374,85	354,51	323,91	280,86
	Máximo (g/s)	463,08	331,62	569,89	675,30	390,01	416,46
	Desvio padrão (g/s)	62,71	43,28	99,79	85,61	36,57	59,81
	Emissão total (g)	4.459,76	4.021,35	7.122,22	6.735,22	6.154,30	5.336,40
NO _x	Média (g/s)	1,1926	1,1061	1,9931	1,9340	1,6503	1,5909
	Máximo (g/s)	2,1652	1,8786	3,3240	4,1836	2,0773	2,4785
	Desvio padrão (g/s)	0,2911	0,2756	0,6348	0,6263	0,2206	0,4047
	Emissão total (g)	22,6590	21,0159	37,8691	36,7465	31,3558	30,2274

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 48 - Emissões totais de CO₂ e NO_x nos sentidos OL e LO das Av. Jovita Feitosa, Treze de Maio e Pontes Vieira.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Com o intuito de buscar fatores e relações que melhor expliquem essas emissões tão distintas, principalmente entre a via tipo coletora das arteriais tipo I, e como discutido no modelo conceitual de Ericsson (2000) e no escopo de testar a hipótese de que aspectos urbanos locais podem influenciar no modo de condução e, conseqüentemente, nas emissões de poluentes, buscou-se informações mais robustas sobre o uso do solo em cada trecho analisado. A Tabela 20 abaixo apresenta a composição dos lotes lindeiros para cada trecho das vias.

Tabela 20 - Uso do solo nas avenidas Jovita Feitosa (JF), Treze de Maio (TM) e Pontes Vieira (PV) nos sentidos Oeste-Leste (OL) e Leste-Oeste (LO).

	C1	C2	A1	A2	A3	A4
Residencial (%)	53,06	50,00	46,09	27,38	17,57	7,32
Comercial (%)	28,57	29,90	32,17	53,57	60,81	63,41
Misto (%)	13,78	18,14	14,78	11,90	13,51	19,51
Outros (%)	4,59	1,96	6,96	7,14	8,11	9,76

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os trechos OL e LO da Av. JF (coletora) são compostos por maior uso do solo de classificação residencial, ultrapassando 50%. Já nos demais trechos, especialmente no da PV o US é predominantemente comercial e misto. Acreditava-se que o US comercial interferisse mais no tráfego local, devido ao acesso aos lotes, aumento do tráfego local e até estacionamento na via tanto dos veículos automotores quanto dos VUC. Entretanto, observa-se que as velocidades mais baixas e as emissões mais elevadas são nos trechos da via TM, em ambos os sentidos. Ainda na busca de fatores que melhor expliquem essas relações, buscou-se ainda o shape de localização dos semáforos da cidade de Fortaleza, como mostra a Tabela 21 abaixo.

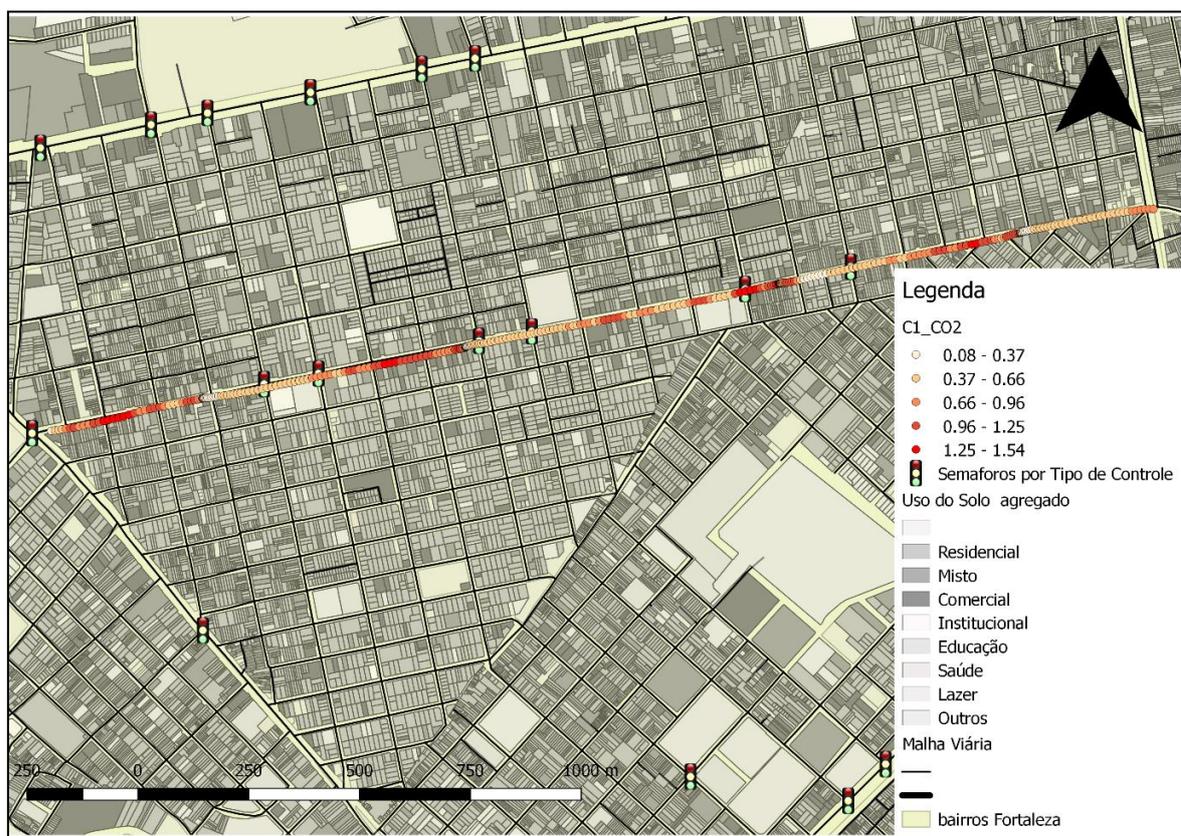
Tabela 21 - Presença de semáforos nos seis trechos.

	C1	C2	A1	A2	A3	A4
Número de links	24	25	24	26	21	21
Número de semáforos	8	8	13	13	11	11
Distância média entre semáforos (km)	0,33	0,33	0,22	0,22	0,22	0,22
Distância média entre semáforos nos links	3,00	3,13	1,85	2,00	1,91	1,91

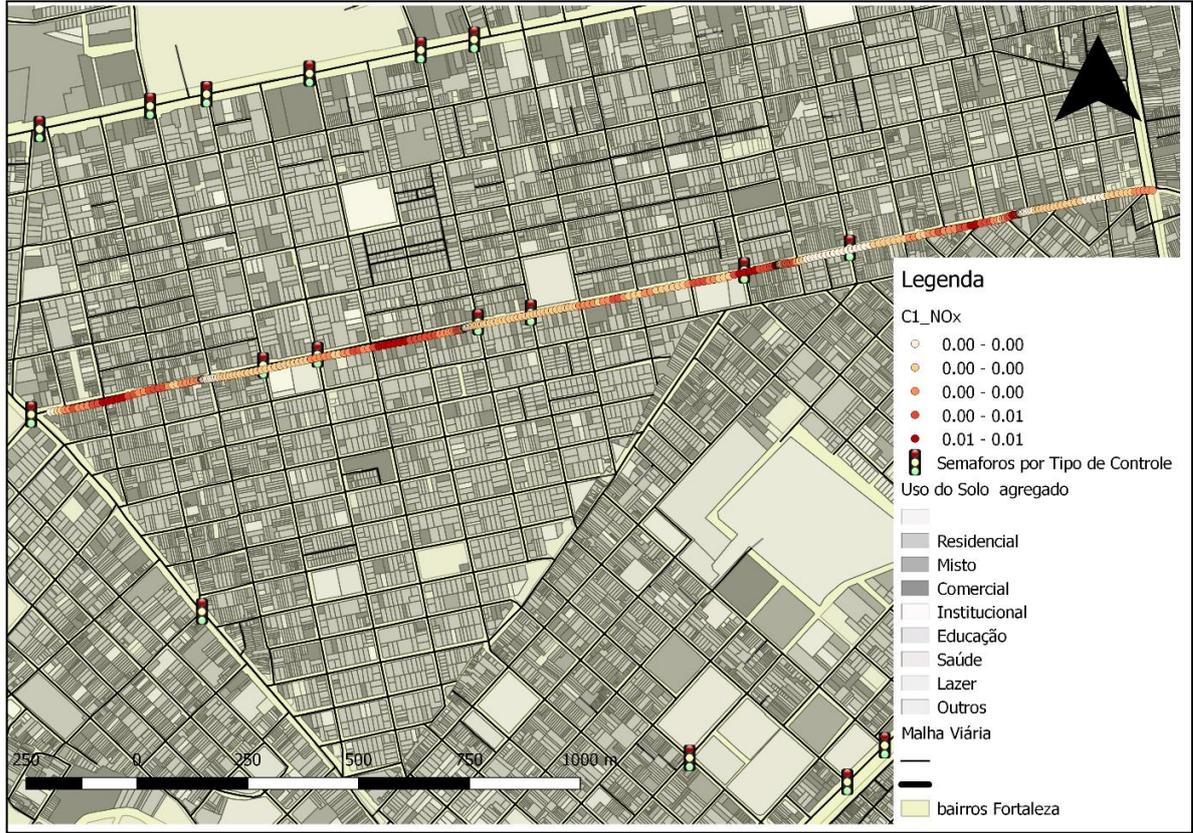
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A quantidade de semáforos e uma má gestão e sincronização entre esses nos trechos afeta fortemente os tempos de viagens, o desenvolvimento de velocidades mais constantes (modos de operação cruzeiro) e acarreta emissões bastante elevadas em ambos os sentidos, como no caso da TM (arterial tipo I). Com o intuito de avaliar os perfis de emissões de poluentes ao longo da via, estas foram plotadas. A distribuição das emissões de poluentes nos trechos está na Figura 49 a seguir.

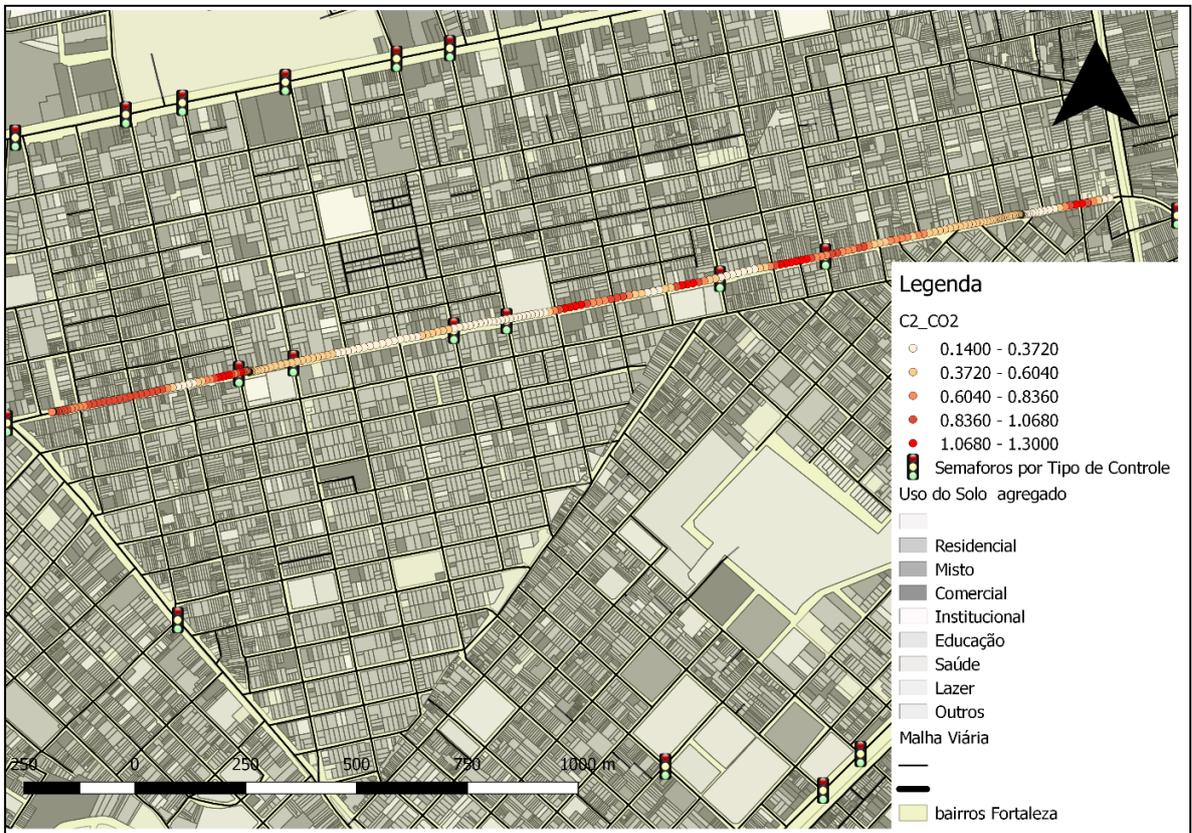
Figura 49 - Emissões de CO₂ e de NO_x ao longo dos trechos da Av. Jovita Feitosa (C1 e C2), Treze de Maio (A1 e A2) e Pontes Vieira (A3 e A4).



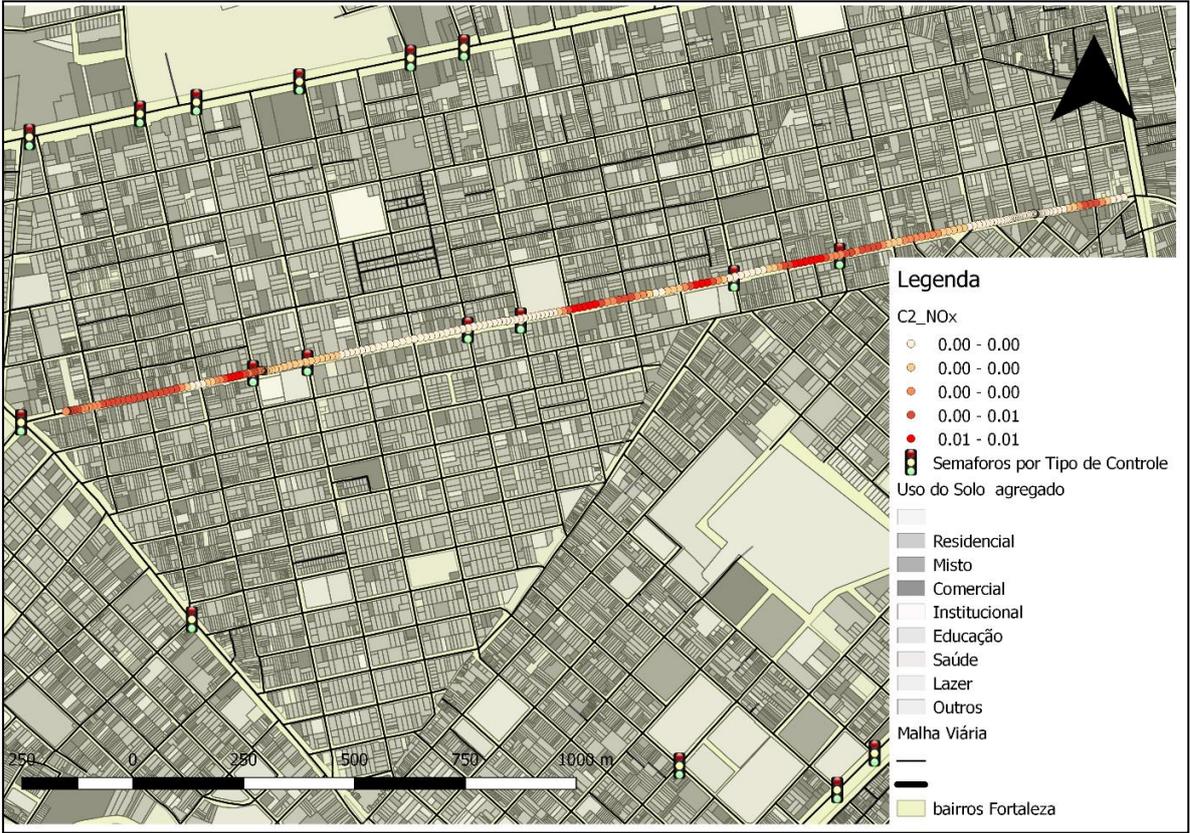
(a)



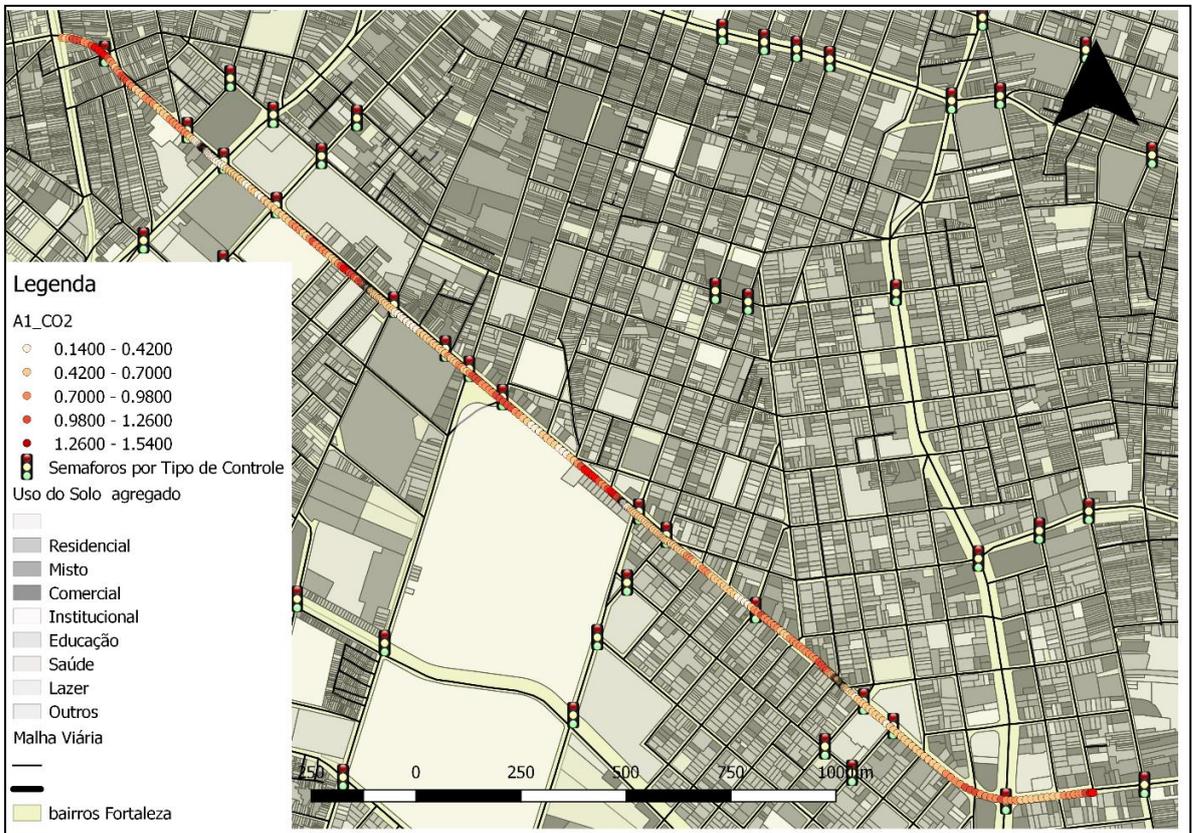
(b)



(c)



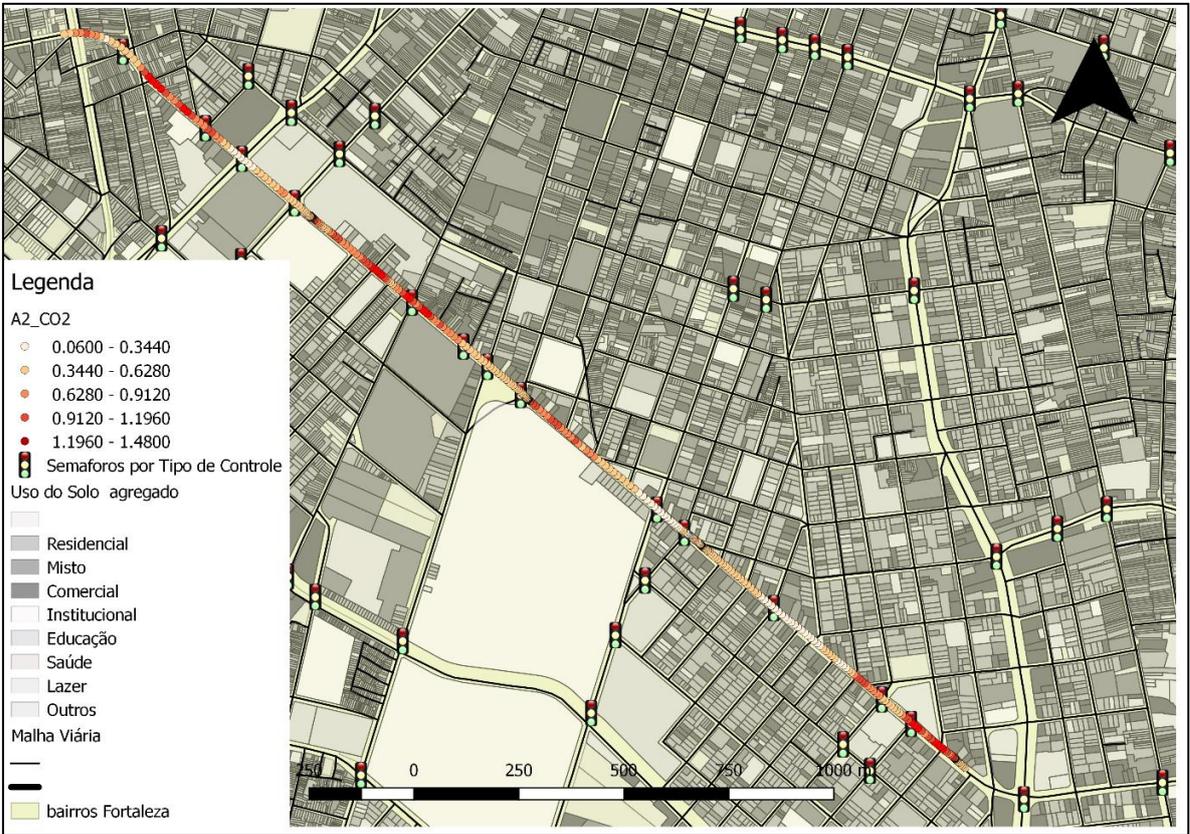
(d)



(e)



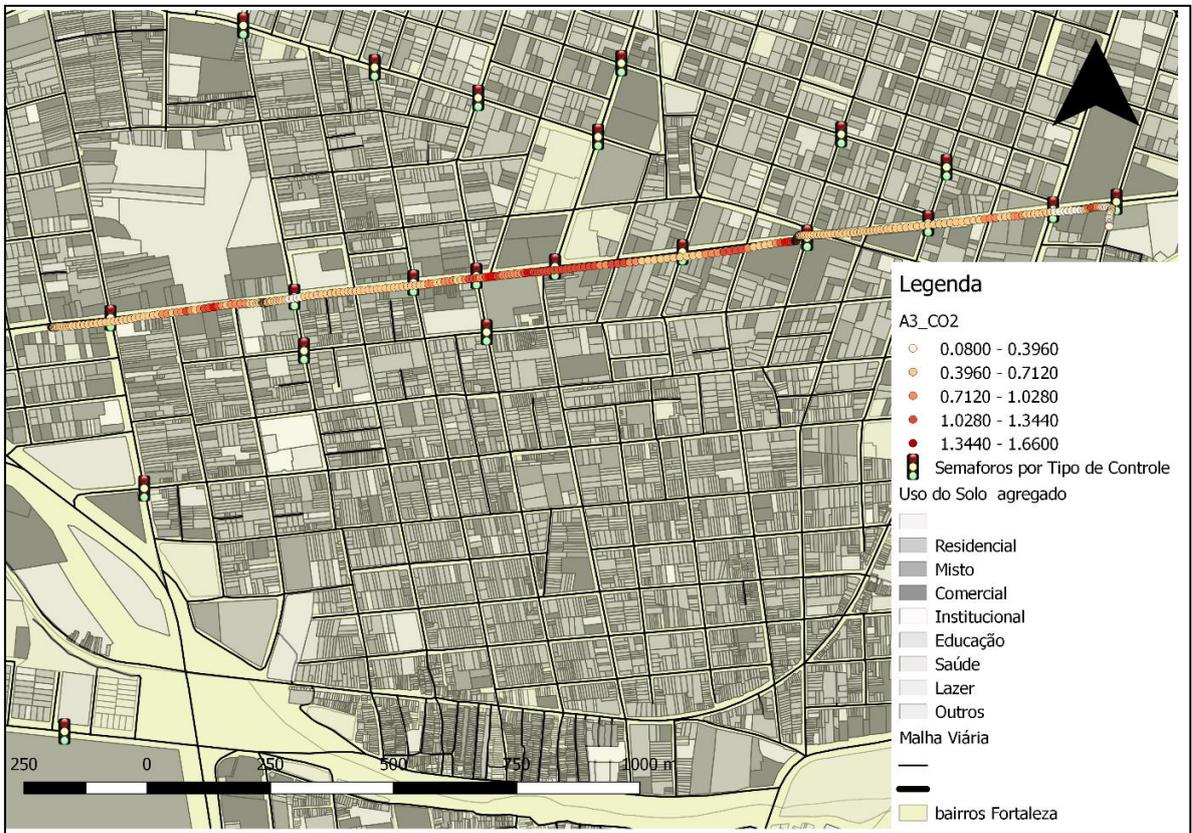
(f)



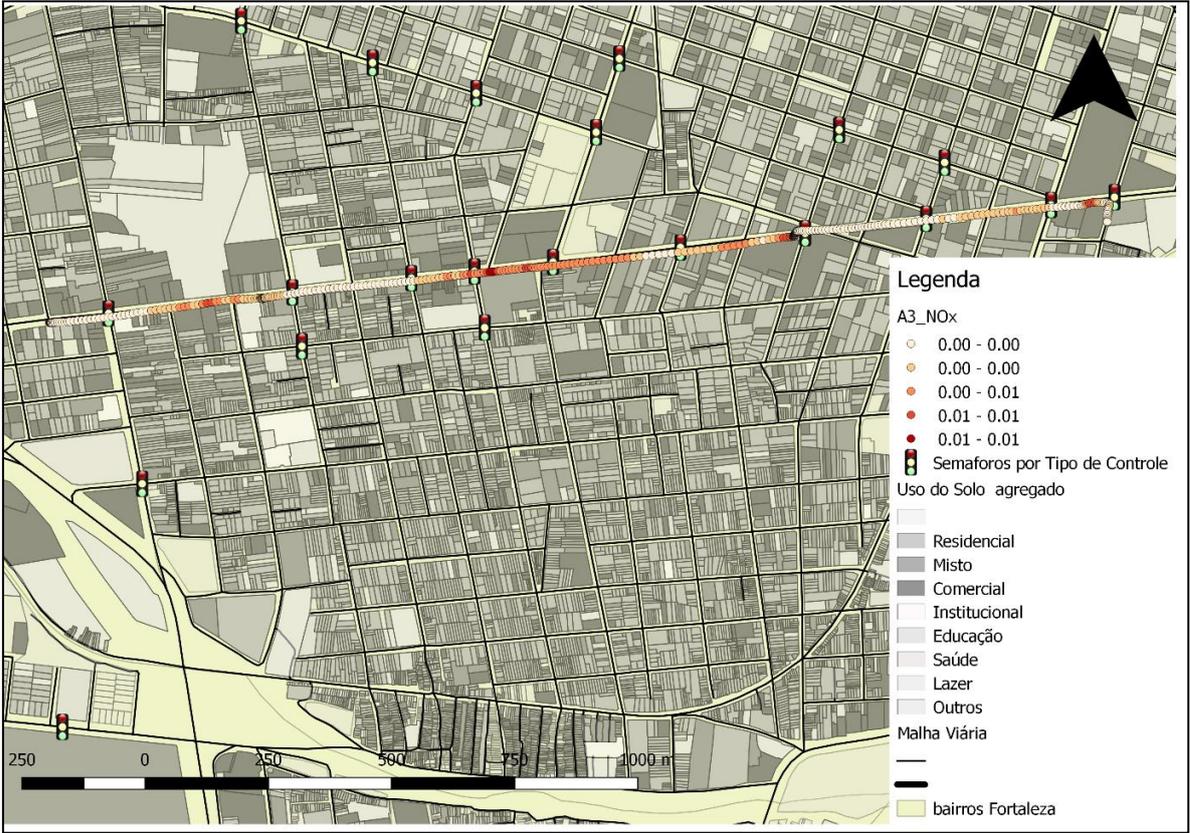
(g)



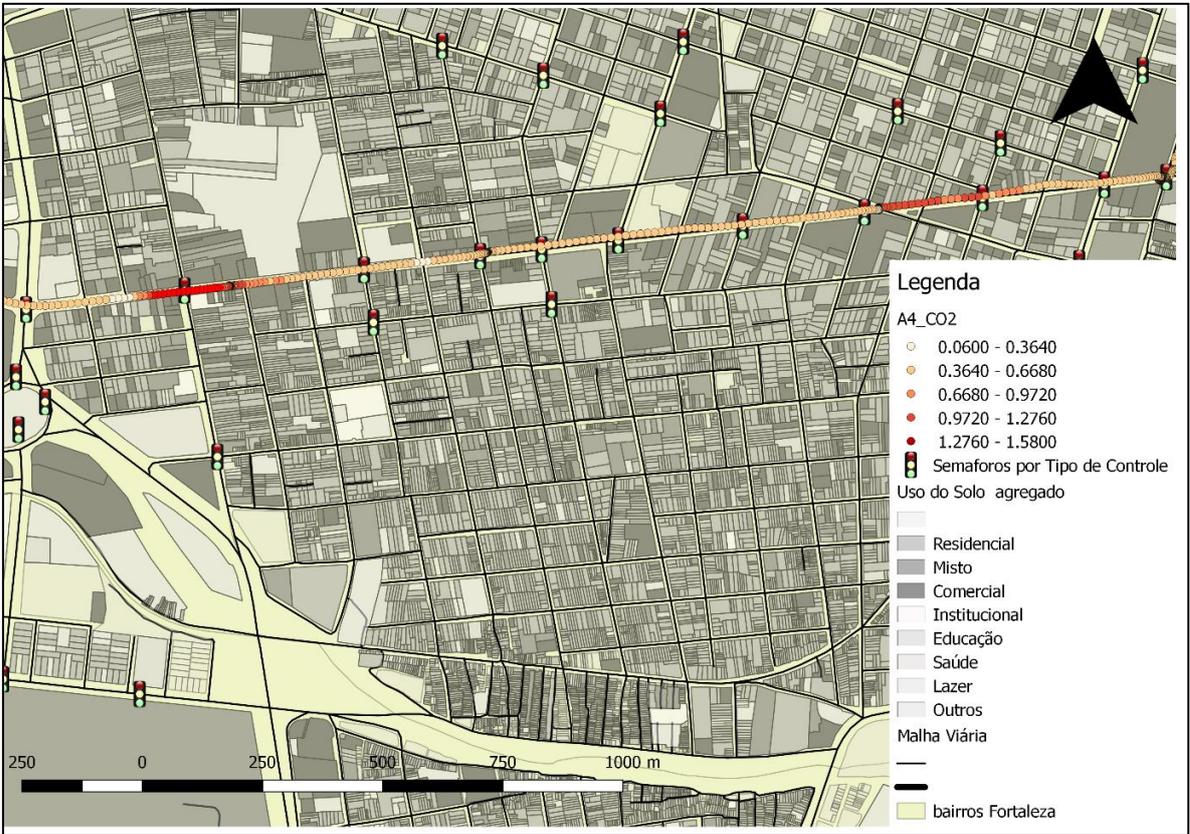
(h)



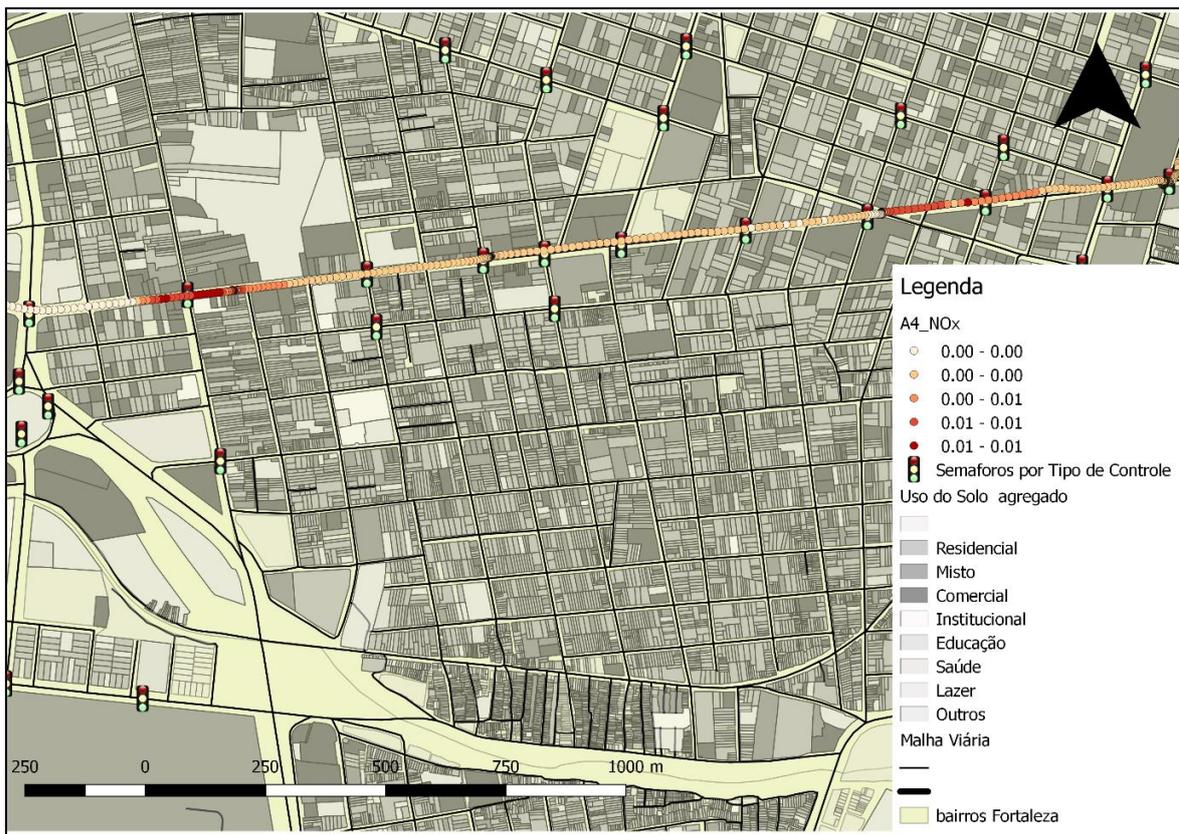
(i)



(j)



(k)



(I)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em geral, as emissões tanto de CO₂ quanto de NO_x ao longo da via apresentaram maiores taxas próximo as interseções semaforizadas, principalmente quando o ciclo se encontrava em fase vermelha, quando várias sequências de *stop and go* influenciam diretamente na fluidez e nas emissões de poluentes. Este padrão foi observado para todos os condutores, indicando que os aspectos locais influenciam tanto na condução quanto nas emissões de poluentes. Especificamente nos casos das vias arteriais (A1 a A4), Treze de Maio e Pontes Vieira, a quantidade de semáforos interferiu significativamente nas fluidez do tráfego local, o que refletiu consideravelmente em tempos de viagem maiores e emissões totais significativamente elevadas.

Os sentidos OL e LO dos trechos possuem ainda características distintas em relação ao volume de tráfego. A depender do horário, um sentido é mais carregado que outro, no início da manhã por exemplo o sentido OL é mais carregado que o sentido LO; já no fim do dia, o inverso ocorre. Isso impacta tanto nos ciclos de condução quanto nas emissões de poluentes.

Na busca de verificar os fatores relacionados ao tráfego que influenciam nas emissões de poluentes, as microviagens foram separadas por dia da semana, horários, tempos

de viagem e carregamento da via conforme o Google trânsito. A partir de então, as emissões foram comparadas através de testes de Kruskal-Wallis. Em geral, os testes apontaram que o que mais influencia nas emissões de poluentes são o horário e o tempo de viagem para mais de 90% das microviagens. O dia da semana não influencia tanto em pico ou fora pico e sim o intervalo de horário e foram observadas interseções com bastante tráfego, especialmente próximo aos semáforos. Assim, verificou-se a segunda hipótese de que os aspectos urbanos locais influenciam nos ciclos de condução e, conseqüentemente, nas emissões de poluentes, tanto quanto os perfis de condutores, como discutido anteriormente.

6.4 Fatores de emissão

O primeiro nível de agregação foi obtido através dos *bins* desagregados dos modos de operação, calculados a partir do parâmetro VSP, da velocidade e da aceleração instantâneas e então associadas às médias de emissão medidas para cada um dos poluentes, CO₂, NO_x e MP, que tiveram representatividade estatísticas, conforme descrito no capítulo 5. Por terem sido identificados influências quanto aos perfis de condutores profissionais e não profissionais, bem como diferenças de padrão de condução e emissões para os tipos de vias, os fatores também foram desagregados considerando tais critérios. Como mostram as Tabelas 22 e 23 a seguir.

Os fatores desagregados por *bins* e por perfis dos condutores, profissionais e não profissionais, apresentam taxas pouco maiores para a classe de profissionais, principalmente para *bins* maiores, que envolvem maiores velocidades. Entretanto, ressalta-se que ao considerar os tempos de viagem para esta classe, as emissões ainda são menores que para os não profissionais. Em relação aos tipos de vias estudados, as vias arteriais apresentam fatores relativamente menores que as vias coletoras e podem ser atribuídas às faixas de velocidades maiores atingidas neste tipo de via.

Para o segundo nível de agregação, os fatores obtidos no primeiro nível foram agregados em quatro modos de operação, desaceleração/frenagem, *idle*/parado, *coast*, aceleração/cruzeiro. Desta forma é possível fazer uma análise mais agregada e generalizada quanto as emissões totais, especificamente quando há disponibilidade de informações entre as proporções cada modo de operação. As Tabelas 24 e 25 mostram os fatores de emissão obtidos por modo de operação para os perfis de condutores e por tipos de vias. O padrão entre perfis de condutores e tipos de vias é semelhante para esse nível de agregação. Em geral, os fatores de emissão obtidos são maiores para os modos de operação aceleração, quando há um maior consumo de combustível. Apesar do modo de operação *idle* apresentar menores fatores de

emissão, deve-se ressaltar que o tempo elevado parado em interseções semaforizadas aumenta significativamente o tempo de viagens, e as emissões de poluentes. No contexto do transporte urbano de carga, este fator é extremamente relevante e impactante, já que as operações de carga e descarga geralmente são feitas com o veículo ligado, além do tempo parado devido as condições de trânsito.

A Tabela 26 apresenta os fatores de emissão obtidos para a relação em g/km, nos quais as emissões foram obtidas através da média das emissões totais pelo espaço percorrido em cada microviagem. Como o espaço percorrido foi o mesmo para todos os condutores e as emissões foram maiores para a categoria não profissional, o fator em g/km obtido para esta categoria foi maior. Em relação ao tipo de via, as arteriais com maiores volumes de tráfego e uso do solo mais comercial tiveram maiores taxas e fatores de emissão.

Tabela 22 - Fatores de emissão de CO₂ (g/s) desagregados por modo de operação e para cada tipo de via.

		CO ₂ (g/s)																						
		MO_0	MO_1	MO_11	MO_12	MO_13	MO_14	MO_15	MO_16	MO_21	MO_22	MO_23	MO_24	MO_25	MO_27	MO_28	MO_29	MO_30	MO_33	MO_35	MO_37	MO_38	MO_39	MO_40
C1	Prof	0,67014	0,62329	0,65540	0,66426	0,63997	0,61080	0,52256	0,59645	0,68959	0,69442	0,72628	0,67998	0,64959	0,57785	0,68667	0,97938	0,93231	-	-	-	-	-	-
	Nprof	0,57223	0,55135	0,56821	0,53610	0,52000	0,41694	0,44667	0,69667	0,60091	0,62663	0,59010	0,65984	0,74000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	0,63867	0,60017	0,62738	0,62306	0,60141	0,55115	0,49979	0,62378	0,66121	0,67272	0,67726	0,67326	0,65713	0,57785	0,68667	0,97938	0,93231	-	-	-	-	-	-
C2	Prof	0,60783	0,54545	0,59908	0,55803	0,58771	0,61287	0,55134	0,43376	0,67607	0,63835	0,71378	0,68736	0,66122	0,60313	0,36667	0,55556	0,63250	-	-	-	-	-	-
	Nprof	0,55791	0,50680	0,55475	0,50836	0,53355	0,53308	0,52233	0,51167	0,55483	0,46405	0,48363	0,55465	0,62200	0,45000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	0,59179	0,53302	0,58483	0,54147	0,57030	0,58722	0,54125	0,45973	0,63727	0,58258	0,64014	0,65274	0,64969	0,57250	0,36667	0,55556	0,63250	-	-	-	-	-	-
A1	Total	0,54771	0,47434	0,51805	0,50455	0,53935	0,53069	0,49219	0,48679	0,63102	0,66297	0,65030	0,60915	0,55043	0,62214	0,55333	0,68975	0,68477	-	-	-	-	-	-
A2	Total	0,55921	0,51067	0,55085	0,52156	0,56300	0,54903	0,50576	0,48431	0,61891	0,55671	0,59399	0,59745	0,56475	0,36375	0,65000	0,60857	0,67772	-	-	-	-	-	-
A3	Total	0,59377	0,52023	0,57910	0,54157	0,57119	0,59131	0,58792	0,75639	0,70333	0,71618	0,69606	0,68699	0,71498	0,71292	0,50000	0,56333	0,78214	-	-	-	-	-	-
A4	Total	0,52306	0,52079	0,51876	0,51649	0,51869	0,57293	0,50604	0,56913	0,56459	0,59575	0,55050	0,57964	0,47967	0,75417	0,63500	0,58400	0,51354	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 23 - Fatores de emissão de NO_x (g/s) desagregados por modo de operação e para cada tipo de via.

		NO _x (g/s)																						
		MO_0	MO_1	MO_11	MO_12	MO_13	MO_14	MO_15	MO_16	MO_21	MO_22	MO_23	MO_24	MO_25	MO_27	MO_28	MO_29	MO_30	MO_33	MO_35	MO_37	MO_38	MO_39	MO_40
C1	Prof	0,00344	0,00316	0,00337	0,00343	0,00329	0,00299	0,00254	0,00273	0,00358	0,00351	0,00364	0,00335	0,00304	0,00302	0,00319	0,00478	0,00466	-	-	-	-	-	-
	Nprof	0,00291	0,00281	0,00291	0,00269	0,00265	0,00212	0,00237	0,00370	0,00295	0,00307	0,00289	0,00321	0,00380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	0,00327	0,00305	0,00322	0,00319	0,00308	0,00272	0,00249	0,00299	0,00338	0,00337	0,00337	0,00330	0,00310	0,00302	0,00319	0,00478	0,00466	-	-	-	-	-	-
C2	Prof	0,00313	0,00284	0,00308	0,00290	0,00305	0,00318	0,00291	0,00226	0,00350	0,00323	0,00365	0,00357	0,00326	0,00296	0,00190	0,00310	0,00322	-	-	-	-	-	-
	Nprof	0,00281	0,00268	0,00278	0,00256	0,00265	0,00263	0,00270	0,00255	0,00285	0,00232	0,00249	0,00260	0,00295	0,00236	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	0,00303	0,00279	0,00299	0,00279	0,00292	0,00301	0,00284	0,00235	0,00329	0,00293	0,00328	0,00332	0,00317	0,00284	0,00190	0,00310	0,00322	-	-	-	-	-	-
A1	Total	0,00293	0,00248	0,00276	0,00265	0,00279	0,00277	0,00267	0,00252	0,00345	0,00366	0,00350	0,00334	0,00321	0,00362	0,00313	0,00348	0,00365	-	-	-	-	-	-
A2	Total	0,00299	0,00273	0,00294	0,00282	0,00305	0,00297	0,00279	0,00239	0,00336	0,00303	0,00314	0,00310	0,00293	0,00184	0,00324	0,00307	0,00347	-	-	-	-	-	-
A3	Total	0,00309	0,00261	0,00305	0,00281	0,00294	0,00306	0,00298	0,00363	0,00347	0,00358	0,00344	0,00329	0,00343	0,00395	0,00216	0,00269	0,00351	-	-	-	-	-	-
A4	Total	0,00292	0,00298	0,00291	0,00293	0,00293	0,0032	0,00277	0,00309	0,00308	0,00324	0,00315	0,00331	0,00278	0,00454	0,00319	0,00334	0,00291	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 24 - Fatores de emissão de CO₂ (g/s) agregados por modo de operação e para cada tipo de via.

		CO ₂ (g/s)			
		Desaceleração/Frenagem	Idle	Coast	Cruzeiro/Aceleração
C1	Prof	0,67014	0,62329	0,68018	0,65771
	Nprof	0,57223	0,55135	1,10235	3,86595
	Total	0,63867	0,60017	0,81588	1,68893
C2	Prof	0,60783	0,54545	0,63280	0,61362
	Nprof	0,55791	0,50680	1,04793	4,03811
	Total	0,59179	0,53302	0,76623	1,71435
A1	Total	0,54771	0,47434	0,57633	0,57215
A2	Total	0,55921	0,51067	0,58283	0,55204
A3	Total	0,593771	0,520229	0,63441	0,622545
A4	Total	0,523058	0,520791	0,545905	0,555612

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 25 - Fatores de emissão de NO_x (g/s) agregados por modo de operação e para cada tipo de via.

		NO _x (g/s)			
		Desaceleração/Frenagem	Idle	Coast	Cruzeiro/Aceleração
C1	Prof	0,00344	0,00316	0,00351	0,00330
	Nprof	0,00291	0,00281	0,00553	0,01858
	Total	0,00327	0,00305	0,00416	0,00821
C2	Prof	0,00313	0,00284	0,00326	0,00316
	Nprof	0,00281	0,00268	0,00531	0,02011
	Total	0,00303	0,00279	0,00392	0,00861
A1	Total	0,00293	0,00248	0,00311	0,00307
A2	Total	0,00299	0,00273	0,00313	0,00296
A3	Total	0,00309	0,00261	0,00324	0,00315
A4	Total	0,00292	0,00298	0,00302	0,00311

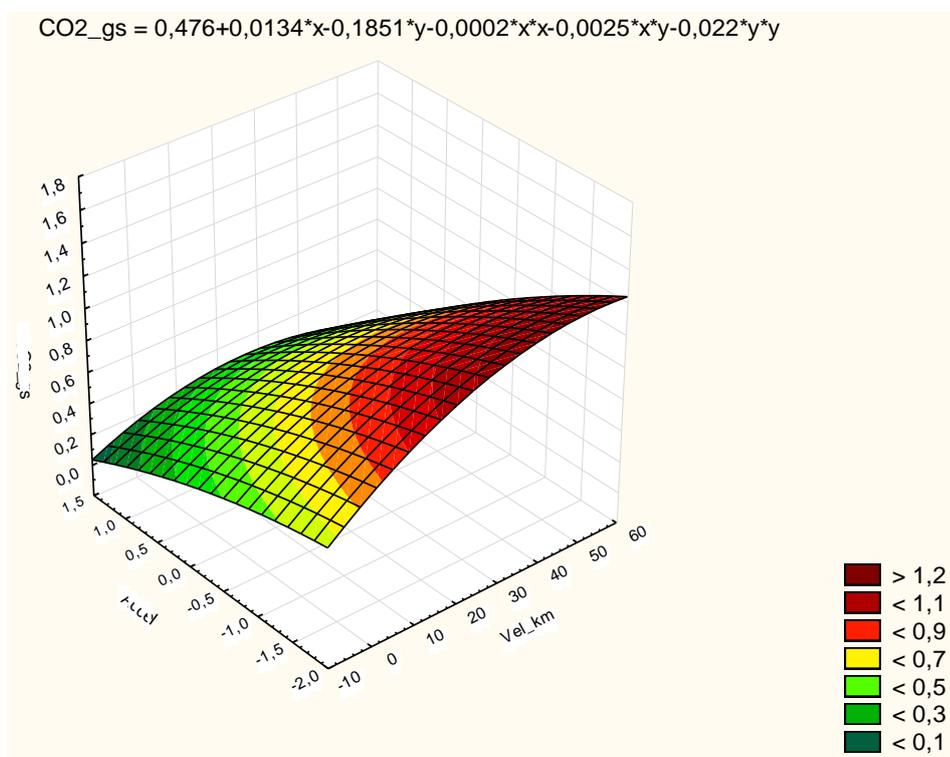
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 26 - Fatores de emissão de CO₂, e NO_x (g/km) agregados para cada tipo de via.

		CO ₂ (g/km)	NO _x (g/km)
C1	Prof	90,2785	0,4587
	Nprof	92,5664	0,4716
	Total	91,0139	0,4628
C2	Prof	81,4038	0,4254
	Nprof	94,9983	0,4857
	Total	85,7735	0,4448
A1	Total	129,2599	0,6873
A2	Total	122,2434	0,6669
A3	Total	134,9627	0,6876
A4	Total	117,0263	0,6629

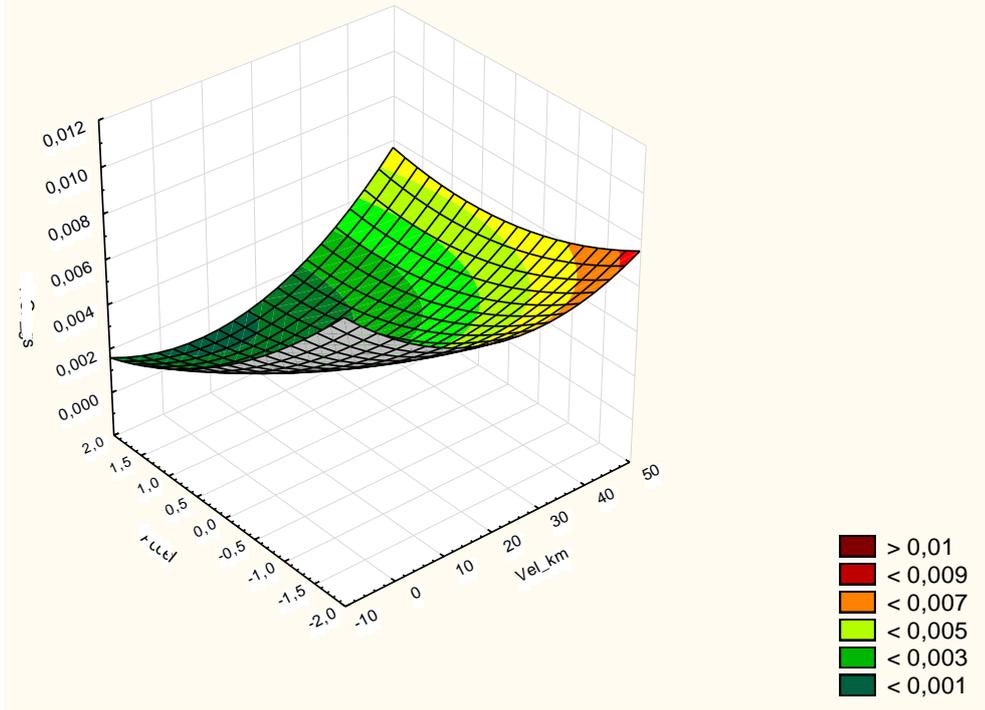
Fonte: Elaborado pelo Autor.

O terceiro nível está intimamente relacionado ao modelo de Panis *et al.* (2006), cujas relações entre as emissões de poluentes são modeladas com os parâmetros de velocidade e de aceleração instantâneas através de gráficos de superfície. A Figura 50 apresenta algumas dessas relações e as equações modeladas obtidas. As demais equações estão no Apêndice C.

Figura 50 - Emissões de CO₂ e de NO_x em vias coletoras (a) e (b) e em vias arteriais (c) e (d).

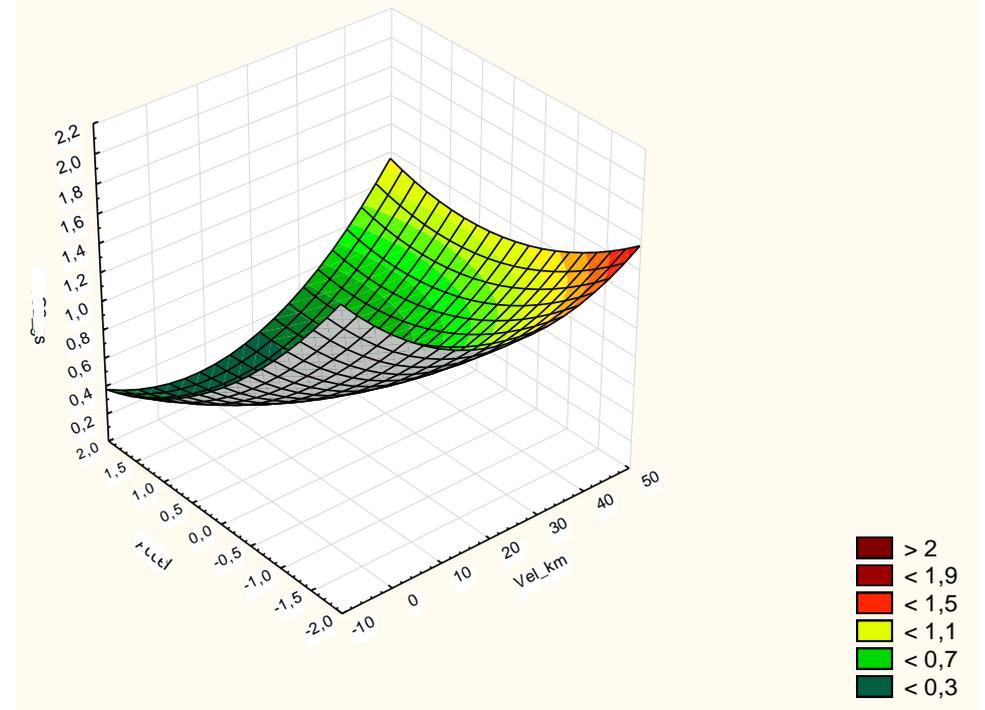
(a)

$$\text{NOx_gs} = 0,0035 - 0,0001 \cdot x - 0,0019 \cdot y + 2,8253 \cdot 10^{-6} \cdot x^2 + 2,8999 \cdot 10^{-5} \cdot x \cdot y + 0,0003 \cdot y^2$$

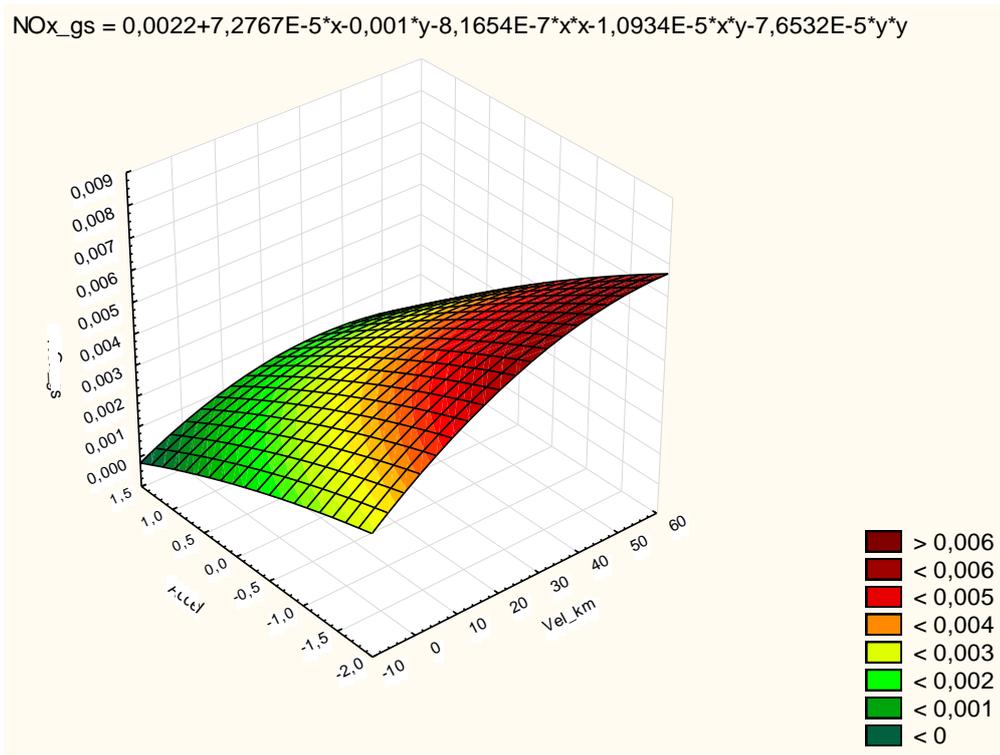


(b)

$$\text{CO2_gs} = 0,7006 - 0,0192 \cdot x - 0,3691 \cdot y + 0,0005 \cdot x^2 + 0,0053 \cdot x \cdot y + 0,0684 \cdot y^2$$



(c)



(d)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em geral, as emissões são influenciadas pela velocidade e aceleração, porém as taxas são diferentes. Velocidades maiores estão associadas às taxas de variação de acelerações (bruscas) e aumentam as taxas de emissões. Os modelos de emissão integrado aos de tráfego são comumente utilizados na área de planejamento de transportes, principalmente na modelagem de cenários e apesar da facilidade da ferramenta, diversos esforços têm sido feitos para calibrar esses modelos.

Uma limitação ao modelo de Panis *et al.* (2006) é delimitar a emissão aos valores apenas de velocidades e acelerações, haja vistas que esse processo é influenciado por diversos aspectos e fatores, como discutido em todo este trabalho. Neste aspecto, a modelagem através do VSP é mais eficiente por incorporar fatores veiculares e geometria da via, variáveis de fácil obtenção e melhora na estimativa das emissões de poluentes. Nessa perspectiva, uma análise de correlação foi feita com todos os dados de emissão medidos e os demais parâmetros coletados durante os experimentos. Dentre os parâmetros que mais influenciam nas emissões de CO₂ foram a posição do acelerador ($\rho = 0,8521$), inclinação da via ($\rho = 0,9143$) e temperatura do escapamento ($\rho = -0,9022$). Já para o NO_x os parâmetros que mais influenciam foram a posição do acelerador ($\rho = 0,8156$), a inclinação da via ($\rho = 0,8771$), a temperatura do escapamento ($\rho = 0,8669$) e a eficiência de combustão ($\rho = 0,8694$). A matriz de correlação

completa está no Apêndice D.

A forma como são elaborados os fatores de emissão são extremamente agregados e a forma como são obtidos não conseguem representar e expressar as emissões em condições reais. Através das coletas de dados on-board e mensurar as emissões em condições reais pode demonstrar como as emissões variam no meio, sofrendo influência de diversos aspectos. Neste trabalho, fixaram-se o veículo (VUC), vias, combustível e aspectos climáticos, a fim de que pudesse avaliar como os perfis de condutores distintos e os aspectos locais interferem nas emissões de poluentes.

Na hipótese 1 desta tese considerou ser possível delinear perfis de condutores a partir da socioeconomia. A partir disto, os condutores poderiam ser agrupados em classes e cada classe possuíam semelhanças em relação à condução e conseqüentemente tinham perfis de emissões semelhantes. Maiores diferenças foram identificadas entre as categorias de condutores profissionais e não profissionais. Não foram observadas relações diretas com significância estatísticas quanto aos fatores idade, renda e educação, mas sim em relação a experiência de condução e rotina ao dirigir.

Na hipótese 2 desta tese considerou que os aspectos urbanos locais podem influenciar no modo de condução. A partir de então, diferentes tipos de via (classificações hierárquicas viárias) e uso do solo, os condutores poderiam dirigir diferente, o que implicaria em perfis de emissões de poluentes diferentes. A hipótese foi corroborada com os resultados obtidos e os condutores tendem a adaptar a sua forma de condução. Os ciclos de condução reais são fortemente afetados pelos tipos de via, uso do solo local e forma como é feita a gestão de tráfego local.

É possível a melhora das estimativas das emissões de poluentes provenientes do setor de transportes a partir de dados reais através dos fatores de emissão obtidos. Em geral, existem diversos modelos para compreensão e explicação do fenômeno das emissões de poluentes provenientes do setor de transportes. Especificamente na seara do conhecimento do planejamento de sistemas de transportes é necessário entender que o nível de agregação influencia nos valores dos fatores de emissão. Atualmente, como são obtidos os fatores, principalmente em países como o Brasil, não é possível ser tão generalizado e agregado, já que o fenômeno é tão complexo e depende de diversos fatores.

Independentemente do tipo de modelo que represente melhor o fenômeno das emissões de poluentes proveniente dos veículos, vale ressaltar que é essencial que seja calibrado e adequando para a realidade a ser aplicado. Além disso, é importante destacar que o modelo escolhido tenha a facilidade de coleta ou obtenção dos dados de entrada, uma vez não há

vantagens ao aplicar um modelo cujos dados necessários sejam inviáveis ou de difícil aplicação, por isso este trabalho buscou elaborar fatores com níveis de agregação, com possibilidades de dados de entrada diferentes e obtidos de forma aplicado a realidade local. O melhor modelo é aquele que é aplicável e representativo.

7 CONCLUSÕES

O setor de transportes é o que mais impacta na poluição atmosférica dos centros urbanos e com a dependência pelo setor rodoviário, principalmente nos países em desenvolvimento como o Brasil, essa questão se torna ainda mais relevante. Para estimar com precisão o impacto do setor, bem como avaliar cenários, políticas de intervenções e até os impactos causados na saúde são necessários fatores de emissão que represente a realidade.

Dentre as razões que mais influenciam nas emissões de poluentes veiculares, destaca-se a forma de condução e embora se saiba que os padrões de condução afetem fortemente as emissões de poluentes provenientes dos veículos, o conhecimento empírico existente sobre os padrões de condução ainda é limitado. Os métodos convencionais para obtenção dos fatores de emissão não incorporam os comportamentos de condução e em geral, esse comportamento correlaciona o consumo de combustíveis e as emissões de poluentes a partir de simulações em modelos baseados em velocidade e/ou aceleração, partindo de fatores de emissões já embutidos nesses modelos. Se esses modelos não são sensíveis ao comportamento do condutor, possivelmente essas correlações estejam inadequadas. Além disso, aspectos locais como o uso do solo, os tipos de via e o tráfego local podem influenciar no modo de condução veicular.

Neste trabalho, propôs-se um método para a obtenção desses fatores de emissão através de dados reais, que podem ser facilmente obtidos e já são costumeiramente utilizados no processo de planejamento do sistema de transportes, como dados socioeconômicos, classificações hierárquicas viárias e aspectos urbanos locais em geral. Tais considerações têm aplicação direta ao urbano planejamento de transporte em relação à estrutura da cidade para o consumo de combustível e a poluição do ar urbano através da variação do padrão de condução. A seguir são apresentadas as questões de pesquisa norteadoras desta pesquisa e as principais conclusões obtidas.

7.1 Questões de pesquisa e conclusões

Diante das lacunas encontradas na literatura em relação aos fatores de emissões, bem como os métodos utilizados para obtenção destes e os aspectos que influenciam na condução veicular, e conseqüentemente na emissão de poluentes, surgiram as questões de pesquisa, que estão abaixo respondidas conforme resultados obtidos e discutidos no Capítulo 6. A partir da questão central desta tese (*como melhorar a estimativa das emissões de poluentes*

veiculares incorporando fatores como o condutor?), desdobraram-se as demais questões de pesquisa, a fim de se melhorar a estimativa das emissões de poluentes provenientes dos veículos se deu por meio do uso de métodos embarcados, que relaciona as condições operacionais reais com as emissões instantâneas, medidas ao longo das vias. Através dos ciclos de condução reais obtidos, que incorpora tanto os aspectos locais (geometria da via, condições de tráfego) quanto dos condutores foi possível melhorar a estimativa ao incorporar esses fatores.

- *Como delinear e classificar perfis de condutores?*

O desenvolvimento do questionário objetivou delinear tanto os perfis socioeconômicos quanto as atitudes no trânsito e o conhecimento de técnicas que ajudam na melhora da condução veicular (*eco-driving*). A hipótese inicial era que através de dados socioeconômicos esses condutores pudessem ser agrupados em clusters semelhantes e então a forma de condução e as emissões seriam semelhantes. Entretanto, só foram verificadas diferenças entre as classes de condutores profissionais e não profissionais, com ciclos de condução e emissões bastante diferentes estatisticamente. Em geral, a experiência de condução influencia mais na condução que os aspectos socioeconômicos.

A aplicação do questionário desenvolvido mostrou que todos os condutores acreditam que algumas práticas de eco-condução não fazem diferença na redução do consumo de combustíveis e nas emissões de poluentes, apesar de que há uma compreensão sobre diversos aspectos de modo intuitivo e não consciente, especialmente em relação ao consumo de combustíveis e às consequências ambientais.

Os condutores profissionais conduzem de maneira bem mais eficiente, inferindo que o hábito e a rotina diária de dirigir influenciam bastante. Dentre os condutores não profissionais, os que tiveram desempenho inferior são os mais jovens e com menor tempo de habilitação, sem conhecimento das técnicas de *eco-driving*, com pouca ou falta de habilidade na condução de um veículo de maior porte e potência, que não os tornam mais agressivos e sim menos experientes. Em geral, o condutor tende a adaptar sua forma de condução ao meio e condições. Não foram observadas consonâncias e diferenças estatísticas significativas diretamente para os fatores renda e educação.

- *Como relacionar as emissões de poluentes com perfis de condutores e a condução veicular, incorporando aspectos locais?*

Os perfis obtidos após a aplicação do questionário foram divididos entre os fatores profissional, faixa de idade, renda e educação. Para cada fator e nível foram testadas as similaridades para os ciclos de condução e as emissões de poluentes medidos. A relação entre as emissões com os ciclos de condução real se deu através do uso do parâmetro VSP, que tanto incorpora os aspectos do veículo, de geometria da via e do condutor.

A incorporação dos aspectos locais se deu pela fase experimental em que os condutores dirigiram em vias de características urbanas diferentes em relação ao uso do solo, número de semáforos e volumes de tráfegos distintos em determinados horários. Os resultados mostraram que tanto os perfis, profissionais e não profissionais, quanto os aspectos locais influenciam fortemente nas emissões de poluentes, tanto no decorrer das vias quanto no total de poluentes emitidos durante os testes. Um aspecto local que teve um grande impacto nas emissões foi o número de semáforos, que interfere na constância das velocidades e desenvolvimento do modo de operação cruzado, intensificando os eventos de curto prazo, como *stop and go*; quanto maior a inconstância, maior a variabilidade das emissões.

- *Como obter fatores de emissão veicular para perfis de condutores distintos a partir de dados reais de condução?*

Os fatores de emissão veicular foram obtidos para duas classes de condutores, profissionais e não profissionais, e para os tipos de vias coletora e arteriais. Em ambos os casos, o perfil do condutor e os aspectos locais mostraram diferenças significativas no perfil das emissões de poluentes avaliadas. Os ciclos reais de condução foram obtidos tanto para entender o modo de condução e por ser coletado em vias reais, está intimamente ligado aos aspectos locais, incluindo as condições de tráfego. Os fatores foram obtidos para vários níveis de agregação, a ser aplicado dependendo dos dados disponíveis no processo de planejamento.

Em geral, existem diversos modelos para compreensão e explicação do fenômeno das emissões de poluentes provenientes do setor de transportes. Especificamente na seara do conhecimento do planejamento de sistemas de transportes é necessário entender que o nível de agregação influencia nos valores dos fatores de emissão. Atualmente, como são obtidos os fatores, principalmente em países como o Brasil, não é possível ser tão generalizado e agregado, já que o fenômeno é tão complexo e depende de diversos fatores.

Independentemente do tipo de modelo que represente melhor o fenômeno das emissões de poluentes proveniente dos veículos, vale ressaltar que é essencial que seja calibrado e adequando para a realidade a ser aplicado. Além disso, é importante destacar que o modelo escolhido tenha a facilidade de coleta ou obtenção dos dados de entrada, uma vez não há

vantagens ao aplicar um modelo cujos dados de entrada necessários sejam inviáveis ou de difícil obtenção, por isso este trabalho buscou elaborar fatores de emissão com níveis de agregação, com possibilidades de dados de entrada diferentes e obtidos de forma aplicada a realidade local. O melhor modelo é aquele que é aplicável e representativo.

7.2 Limitações da pesquisa

Apesar de a coleta ter sido realizada de forma embarcada e em ambiente real de operação e de tráfego, o poluente material particulado foi medido de forma agregada, por trecho, o que o torna simplificado e agregado, uma limitação do equipamento utilizado. O ideal é que se meça de forma mais desagregada, com frequência de 1 Hz, como foi feito com os demais poluentes analisados. Além disso, houve ainda a limitação de mensurar outros poluentes, como os hidrocarbonetos e monóxido de carbono, também relevantes produtos da combustão veicular.

7.3 Sugestões para trabalhos futuros

O desenvolvimento desta tese faz parte do desenvolvimento de diversas pesquisas do Grupo de impactos ambientais do transporte de carga. Neste contexto e como trabalho futuro sugerem-se o estudo do comportamento de outros tipos de veículos, como automotores e motocicletas, comumente utilizados no contexto de distribuição de carga urbana na era do e-commerce, que tem ganhado destaque com as novas formas de consumo. Neste contexto, torna relevante ainda o estudo também de outros poluentes, como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e demais poluentes de impactos na saúde humana e no meio ambiente. O estudo de outros tipos de vias/classificações hierárquicas viárias, como as expressas, também se torna importante dado o contexto urbano como um todo. Munidos destas e demais informações da modelagem da oferta, será possível o avaliar o impacto do transporte urbano de carga em geral.

Considerando o contexto do transporte de carga e a distribuição, sugere-se ainda o estudo de diferentes níveis de carregamentos e como impacta no consumo de combustíveis e nas emissões. Além disso, é importante ainda mensurar, de forma real/embarcada, os processos logísticos de carga e descarga, que impactam significativamente nos custos logísticos, principalmente no consumo de combustíveis pelo tempo adicional do modo de operação *idle*.

Considerando o treinamento em *eco-driving*, sugere-se também a comparação *ex ante* e *ex post*, com análise dos ciclos de condução reais na eficiência energética após a aplicação das técnicas, visando o surgimento das novas tecnologias e do uso de novas fontes de

energias, como a elétrica.

7.3 Publicações no período

1. DIAS, H. L. F.; MACENA, F. A.; AZEVEDO, J. A. H.; BERTONCINI, B. V.; OLIVEIRA, M. L. M.; CAVALCANTE, F. S. A. **CALIBRAÇÃO DE MODELOS DE EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS PARA AUXILIAR NO PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO DE CARGA.** In: XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2015, Ouro Preto. Anais XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2015.
2. FEITOSA, B. B.; AZEVEDO, J. A. H.; CASSIANO, D. R.; BERTONCINI, B. V. **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS CINEMÁTICOS NAS EMISSÕES PROVENIENTES DE VEÍCULOS TRANSPORTADORES DE CARGA.** In: XXXIV Encontro de Iniciação Científica da UFC, 2015, Fortaleza. Anais do XXXIV Encontro de Iniciação Científica, 2015.
3. AZEVEDO, J. A. H.; CASSIANO, D. R.; ARAUJO, R. S.; CAVALCANTE, F. S. A.; OLIVEIRA, M. L. M.; BERTONCINI, B. V. **DESENVOLVIMENTO DAS TAXAS BÁSICAS DE EMISSÕES VEICULARES EM ÁREA URBANA PROVENIENTES DE VEÍCULOS A DIESEL A PARTIR DE COLETAS DE DADOS REAIS.** In: XXX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2016, Rio de Janeiro. Anais do XXX Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2016.
4. AZEVEDO, J. A. H.; CASSIANO, D. R.; FEITOSA, B. B.; ARAUJO, R. S.; CAVALCANTE, F. S. A.; OLIVEIRA, M. L. M.; BERTONCINI, B. V. **ESTIMATIVE OF THE EMISSIONS FROM DIESEL FREIGHT TRANSPORTATION IN URBAN AREAS STARTING FROM VSP PARAMETER.** In: Transportation Research Board 95th Annual Meeting, 2016, Washington. TRB 95th Annual Meeting, 2016.
5. CASSIANO, D. R.; AZEVEDO, J. A. H.; DIAS, H. L. F.; ARAUJO, R. S.; CAVALCANTE, F. S. A.; BERTONCINI, B. V.; POLICARPO, N. A.; OLIVEIRA, M. L. M. **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., 2016, v. 1, p. 237-244.
6. FEITOSA, B. B.; AZEVEDO, J. A. H.; BERTONCINI, B. V. **COMPARATIVO ENTRE RESULTADOS OBTIDOS DE MODELOS DE EMISSÃO BASEADOS EM CICLOS DE CONDUÇÃO REAIS E SIMULADOS.** In: XXXV Encontro de Iniciação Científica, 2017, Fortaleza. Anais do XXXV Encontro de Iniciação Científica da UFC, 2017.
 7. AZEVEDO, J. A. H.; CASSIANO, D. R.; BERTONCINI, B. V. **MONITORAMENTO, CONTROLE E MODELAGEM DE POLUIÇÃO DO AR' - Estimation of Emissions from Diesel Freight Transportation in Urban Areas Starting from VSP.** 2017. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).
 8. AZEVEDO, J. A. H.; CASSIANO, D. R.; BERTONCINI, B. V. **PERFORMANCE DAS EMISSÕES INSTANTÂNEAS PROVENIENTES DE VEÍCULO URBANO DE CARGA.** In: XXXI ANPET Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2017, Recife. Anais do XXXI ANPET Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2017.
 9. AZEVEDO, J. A. H.; CASSIANO, D. R.; FEITOSA, B. B.; OLIVEIRA, M. L. M.; LIMA, E. P.; BERTONCINI, B. V. **INFLUÊNCIAS DOS MODOS DE OPERAÇÃO NAS EMISSÕES DE POLUENTES PROVENIENTES DE VEÍCULOS FLEX EM REGIÃO URBANA.** Revista Transportes (Rio de Janeiro), v. 25, p. 91, 2017.

REFERÊNCIAS

- ACHOUR, H.; OLABI, A. G. Driving cycle developments and their impacts on energy consumption of transportation. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p.1778-1788, 2016.
- AHLSTROM, C.; KIRCHER, K. Changes in glance behaviour when using a visual eco-driving system – A field study. **Applied Ergonomics**, v. 58, p.414-423, 2017.
- ALAM, A.; HATZOPOULOU, M. Modeling Transit Bus Emissions using MOVES: Validation of Default Distributions and Embedded Drive Cycles with Local Data. In **Transportation Research Board Annual Meeting**, Washington, D.C., 2015.
- ANDERSON, G. L.; HADDEN, D. M. **The Gas Monitoring Handbook**. New York, Ickus Guides, 1999.
- ANDRE, M.; PRONELLO, C. **Speed and Acceleration Impact on Pollutant Emissions**. SAE Technical Papers, 1996.
- ANDRÉ, M. The ARTEMIS European Driving Cycles for Measuring Car Pollutant Emissions. **Science of the Total Environment**, v. 73, p. 334-335, 2004.
- AURÉLIO. **Dicionário da língua portuguesa Aurélio**. Disponível em: <<https://dicionarioaurelio.com/agressividade>>. Acesso em: 13 Mar. 2017. - Aurélio: agressivo: 1- Que envolve agressão. 2 - Que. Disponível em: <<https://dicionarioaurelio.com/agressivo>>. Acesso em: 13 Mar. 2017.
- AZEVEDO, J. A. H.; CASSIANO, D. R.; FEITOSA, B. B.; ARAÚJO, R. S.; CAVALCANTE, F. S. A.; OLIVEIRA, M. L. M.; BERTONCINI, B. V. Estimative of the emissions from diesel freight transportation in urban areas starting from VSP parameter. 95th **Transportation Research Board Annual Meeting**, 10-14 January 2016, Washington, D.C., 2016.
- AZIMI, S.; ROCHER, V.; MULLER, M.; MOILLERON, R.; THEVENOT, D. R. Sources, distribution and variability of hydrocarbons and metals in atmospheric deposition in an urban area (Paris, France). **Science of the Total Environment**, v.337, p.223–239, 2005.
- BAEK, S.; JANG, J. W. Implementation of integrated OBD-II connector with external network. **Information Systems**, v.50, p.69–75, 2015.
- BARLOW, T.; LATHAM, S.; McCRAE, I. S.; BOULTER, P. G. **A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions**. 280p., 2009.
- BARTH, M.; BORIBOONSOMSIN, K. Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system. Transportation Research Part D: **Transport and Environment**, v.14, n.6, p.400-410, 2009.
- BARTRA, J.; MULLOL, J.; DEL CUVILLO, A.; DÁVILA, I.; FERRER, M.; JÁUREGUI, I.; MONTORO, J.; SASTRE, J.; VALERO, A. Air pollution and allergens. **Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology**, v.17, p.3-8, 2007.

BOSCH, R. **Manual of automotive technology**. Edgard Blücher, São Paulo, 2005.

BORIBOONSOMSIN, K.; VU, A.; BARTH, M. **Eco-Driving: Pilot Evaluation of Driving Behavior Changes among U.S. Drivers**. University of California Transportation Center, University of California, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 03/90**, de 28 de junho de 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 15/10/2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 403/08**, de 11 de novembro de 2008.

BRASIL. Casa Civil, Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Lei nº 12.587**, de 3 de janeiro de 2012.

BRASIL. **Caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana**. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana - Ministério das Cidades. 2015.

BRUNETTI, F. **Motores de combustão interna**: volume 1. São Paulo: Blucher, 2012.

CAPPIELLO, A. **Modeling Traffic Flow Emissions**. Department of Civil and Environmental Engineering. Massachusetts Institute of Technology. USA, 2002.

CARBAJAL-HERNÁNDEZ, J. J.; SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, L. P.; CARRASCO-OCHOA, J. A.; MARTÍNEZ-TRINIDAD, J. F. Assessment and prediction of air quality using fuzzy logic and autoregressive models. **Atmospheric Environment**, v.60, p.37-50, 2012.

CARVALHO Jr., J. A.; LACAVA, P. T. **Emissões em processos de combustão**. UNESP. 2003.

CANDEMIR, Y; ÇELEBI, D. An inquiry into the analysis of the Transport & Logistics Sectors' Role in Economic Development. **Transportation Research Procedia**, 25C, p.4696–4711, 2017.

CASSIANO, D. R.; AZEVEDO, J. A. H.; DIAS, H. L. F.; ARAUJO, R. S.; CAVALCANTE, F. S. A.; BERTONCINI, B. V.; POLICARPO, N. A.; OLIVEIRA, M. L. M. 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, 2016.

CÉDRIC, L., GORIAUX, M., TASSEL, P., PERRET, P., ANDRÉ, M., LIU, Y. Impact of aftertreatment device and driving conditions on black carbon, ultrafine particle and NO_x emissions for Euro 5 Diesel and gasoline vehicles. **Transportation Research Procedia**, v.14, p.3079-3088. 2016.

CETESB (São Paulo). **Emissões veiculares no estado de São Paulo 2017** [recurso eletrônico] / CETESB; Coordenação técnica Marcelo Pereira Bales; Elaboração Antônio de Castro Bruni [et al.]. São Paulo: CETESB, 2018. 1 arquivo de texto (214 p.): il. color., PDF; 51,67 MB. (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103). Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>> ISBN 978-85-9467-066-3

CHIUSOLO, M.; CADUM, E.; STAFOGGIA, M.; GALASSI, C.; BERTI, G.; FAUSTINI, A.; BISANTI, L.; VIGOTTI, M. A.; PATRIZIA DESSÌ, M.; CERNIGLIARO, A.; MALLONE, S.; PACELLI, B.; MINERBA, S.; SIMONATO, L.; FORASTIERE, F. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality and susceptibility factors in 10 Italian cities: the EpiAir study. **Environmental Health Perspectives**, v.119, p.1233–1238, 2011.

DIRECTIVE 107/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 December 2004. **Relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air**. Official Journal of the European Union.

DELHOMME, P.; VERLHIAC, J.-F.; MARTHA, C. Are drivers' comparative risk judgments about speeding realistic? **Journal of Safety Research**, v.40, n.5, p.333–339, 2009.

DIAS H. L. F., BERTONCINI B. V., OLIVEIRA M. L. M, CAVALCANTE F. S. A., ARAÚJO R. S. Procedimento para coleta dinâmica embarcada de emissões provenientes de veículos transportadores de carga em área urbana. **Transportes**, v. 23, n.3, p. 18-25, 2015.

DUARTE, G. O.; GONÇALVES, G. A.; BAPTISTA, P. C.; FARIAS, T. L. Establishing bonds between vehicle certification data and real-world vehicle fuel consumption – A Vehicle Specific Power approach. **Energy Conversion and Management**, v. 92, p. 251–265, 2015.

ELANDER, J.; WEST, R.; FRENCH, D. Behavioral correlates of individual differences in road-traffic crash risk: An examination of methods and findings. **Psychological Bulletin**, v.113, n.2, p.279–294, 1993.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Emissions Factor Program Improvements**. 40CFR Parts 60, 61 and 63. USA, 2009.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Exhaust Emission Rates for Heavy-Duty On-road Vehicles in MOVES2014**. EPA-420-R-15-015a, November 2015.

ERICSSON, E. **Driving pattern in urban areas – descriptive analysis and initial prediction model**. Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Planning, Bulletin 185. Lund, 2000.

ERICSSON, E. Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust Emissions factors. **Transportation Research Part D**, v.6, p.325-345, 2001.

FARIA, M.; ROLIM, C.; DUARTE, G.; FARIAS, T.; BAPTISTA, P. Assessing energy consumption impacts of traffic shifts based on real-world driving data. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 62, n. April, p. 489–507, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.03.008>>.

FERGUSON, C.R., KIRKPATRICK, A. T. **Internal combustion engines: applied thermosciences**. New York: Jonh Wiley & Sons, Inc. 369p, 2015.

FOMUNUNG, I.; WASHINGTON, S.; GUENSLER, R. A statistical model for estimating oxides of nitrogen emissions from light duty motor vehicles. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v.4, n.5, p.333-352, 1999.

GLENDON, A. I.; MCNALLY, B.; JARVIS, A.; CHALMERS, S. L.; SALISBURY, R. L. Evaluating a novice driver and pre-driver road safety intervention. **Accident Analysis and Prevention**, 64, 100–110, 2014.

GÜNTHER, H.; CRISTO, F.; NETO, I.; FEITOSA, Z. O. **Pesquisas sobre comportamento no trânsito. Laboratório de Psicologia Ambiental**. Universidade de Brasília. ISBN: 978-85-8040-315-2. 384 p., 2015.

HOLMÉN, B.; NIEMEIER, D. Characterizing the Effects of Driver Variability on Real-World Vehicle Emission. **Transportation Research Part D**, v.3, p.117-128, 1998.

HUANG, C.; LOU, D.; HUA, Z.; FENG, Q.; CHEN, Y.; CHEN, C.; TAN, P.; YAO, D. Use of portable emissions measurement system (PEMS) for the development and validation of passenger car emission factors. **Atmospheric Environment**, v. 64, pp. 329–338, 2013.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**. V.109. Outdoor air pollution. In press. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População residente, por sexo e grupos de idade, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=12>. Acessado em: 21/10/2016.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K.Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C.Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IRAGÜEN, P.; ORTÚZAR, J. D. D. Willingness-to-pay for reducing fatal accident risk in urban areas: An Internet-based Web page stated preference survey. **Accident Analysis and Prevention**, v.36, n.4, p.513–524, 2014.

International Transport Forum (ITF). **Reducing Transport Greenhouse Gas Emissions**. On: **Transport and Innovation: Unleashing the Potencial**. Germany, 2010.

IVERS, R.; SENSERRICK, T.; BOUFOUS, S.; STEVENSON, M.; CHEN, H. Y.; WOODWARD, M., NORTON, R. Novice drivers' risky driving behavior, risk perception, and crash risk: Findings from the DRIVE study. **American Journal of Public Health**, v.99, n.9, p.1638–1644, 2009.

INSTITUTO DA MOBILIDADE E DOS TRANSPORTES TERRESTRES (IMTT). **Guia de economia de combustíveis**, 2014.

JACKSON, E.; QU, Y.; HOLMÉN, B.A.; AULTMAN-HALL, L. Driver and road type effects on light-duty gas and particulate emissions. **Transportation Research Record**, 2006.

JIMENEZ-PALACIOS, J. L. **Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing**. PhD Thesis. Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1999.

KAMBLE, S., MATHEW, T., AND SHARMA, G. Development of real-world driving cycle: case study of Pune, India. **Transportation Research Part D**, v.14, n.2, 132-140, 2009.

KHARBACH, M.; CHFADI, T. CO₂ emissions in Moroccan road transport sector: Divisia, Cointegration, and EKC analyses. **Sustainable Cities and Society**, v. 35, n. August, p. 396–401, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.016>>.

KRECL, P.; JOHANSSON, C.; TARGINO, A. C.; STRÖM, J.; BURMAN, L. Trends in black carbon and size-resolved particle number concentrations and vehicle emission factors under real-world conditions. **Atmospheric Environment**, v. 165, p. 155–168, 2017.

KUHLER, M.; KARSTENS, D. **Improved Driving Cycle for Testing Automotive Exhaust Emissions**, "SAE Technical Paper 780650, 1978.

LAI, J.; YU, L.; SONG, G.; GUO, P. CHEN, X. Development of City-specific Driving Cycles for Transit Buses Based on VSP Distributions. In: **91th Transportation Research Board Annual Meeting**, Washington, D.C, 2012.

LAI, J., YU, L., SONG, G., GUO, P., CHEN, X. Development of City Specific Driving Cycles for Transit Buses Based on VSP Distributions: Case of Beijing. **Journal of Transportation Engineering**, v. 139, n.7, 2013, pp. 749–757, 2013.

LI, Y.; ZHENG, J.; LI, Z. YUAN, L.; YANG, Y.; LI, F. Re-estimating CO₂ emission factors for gasoline passenger cars adding driving behaviour characteristics – A case study of Beijing. **Energy Policy**, v. 102, p.353-361, 2017.

LI, CHENXU; YU, LEI; SONG, GUOHUA. Improved binning of operating modes in epa simulator program for transit buses: Case study in Beijing. **Transportation Research Record**, v. 2627, n. January, p. 57–66, 2017.

LIMA, E. P. **Análise da emissão de poluentes automotivos na cidade de Maringá**. 2007. 163 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá, 2007.

LINDHOLM, M. A sustainable perspective on urban freight transport: Factors affecting local authorities in the planning procedures. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 2, n. 3, p. 6205–6216, 2010.

LIU, Y.L.; GE, Y.E.; GAO, H. O. Improving estimates of transportation emissions: Modeling hourly truck traffic using period-based car volume data. **Transportation Research Part D**, v. 26, pp.32-41, 2014.

MACIEL FILHO, F. F. **Construção de ciclos de condução para estimativa de emissões veiculares para ônibus urbano**. 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

MACIEL FILHO, F. F.; STRAMB, O. Construção de ciclos de condução para estimativa de emissões veiculares para ônibus urbanos. In: **XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte**. Curitiba, 2015.

MACHADO-LEÓN, J. L.; OÑA, J.; OÑA, R.; EBOLI, L.; MAZZULLA, G. Socio-economic and driving experience factors affecting drivers' perceptions of traffic crash risk. **Transportation Research Part F**, v.37, p.41–51, 2016.

MARTINS, J. **Internal combustion engines**. Publindústria, Porto, 2005.

MCKINNON, A. C.; BROWNE, M.; WHITEING, A. **Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics**. 3th edition, 2016.

MCLEOD, Sam et al. Conceptualizing freight generation for transport and land use planning: A review and synthesis of the literature. **Transport Policy**, v. 74, n. October 2017, p. 24–34, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.11.007>>.

MONTAGU, A. **A natureza da Agressividade humana**. Rio de Janeiro: Biblioteca de Ciências Sociais, Zahar, 1978.

NESAMANI, K. S.; SUBRAMANIAN, K. P. Development of a Driving Cycle for Intra-city Buses in Chennai, India. **Atmospheric Environment**, v. 45, p. 5469-5476, 2011.

OLIVEIRA, L. K. de (Org.); NASCIMENTO, C. O. L.; PINTO, P. H. G.; SANTOS, O. R.; BRACARENSE, L. dos S. F. P.; OLIVEIRA, R. L. M. de; SCHREINER, S.; BERTONCINI, B. V.; YAMASHITA, Y. **A logística urbana no Brasil: A inserção do transporte urbano de mercadorias nas políticas públicas**. 1. ed. Rio de Janeiro: PoD Editora, 2019. 134p., 2019.

OLIVEIRA, C. M.; D'AGOSTO, M. A. **Reference guide on sustainability. Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS)**. 2017

PANIS, L. I.; BROEKX, S.; LIU, R. Modelling instantaneous traffic emission and the influence of traffic speed limits. **Science of the Total Environment**, v.371, p.270–285, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA, **Diário Oficial do Município** (DOM, 2012). “Autarquia Municipal de Trânsito, serviços públicos e cidadania”.

RANGEL, M. C.; CARVALHO, M. F. A. Impacto dos catalisadores automotivos no controle da qualidade do ar. **Química Nova**, v.26, n.2, p.265-277, 2003.

RAVINDRA, K.; SOKH, R.; GRIEKEN, R. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. **Atmospheric Environment**, v.42, p.2895–2921, 2008.

SANTOS, G. Road transport and CO₂ emissions: What are the challenges? **Transport Policy**, v. 59, n. November 2015, p. 71–74, 2017.

SENTOFF, K. M., AULTMAN-HALL, L., AND HOLMÉN, B. A. Implications of driving style and road grade for accurate vehicle activity data and emissions estimates. **Transportation Research Part D**, Vol. 35, pp. 175–188, 2015.

SHEN, X.; YAO, Z.; ZHANG, Q.; WAGNER, D. V.; HUO, H.; ZHANG, Y.; ZHENG, B.; HE, K. Development of database of real-world diesel vehicle emission factors for China. **Journal of Environmental Sciences**, v.31, p.209–220, 2015.

SCHIFTER, I.; DÍAZ, L.; RODRÍGUEZ, R.; LÓPEZ-SALINAS, E. Driving cycle for vehicle emissions estimation in the metropolitan area of Mexico City. **Environmental Technology**, v.26, p.145-154, 2005.

SIMAGLIA, N. (2003). **Direção Agressiva**. Disponível em: <http://autoesporte.globo.com/edic/ed424/seguranca.htm>. Acessado em: 19/12/2016.

STEVENSON, M. R.; PALAMARA, P. Behavioural factors as predictors of motor vehicle crashes: Differentials between young urban and rural drivers. **Australian and New Zealand Journal of Public Health**, v.25, n.3, p.245–249, 2001.

TALBI, B. CO₂ emissions reduction in road transport sector in Tunisia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 69, n. June 2015, p. 232–238, 2017.

TEBALDI, E.; FERREIRA, V. R. T. Comportamentos no trânsito e causas da agressividade. *Revista de Psicologia da Universidade do Contestado (UnC)*, n.3. **Nervosismo e estresse pela experiência**, 2004.

THIELEN, I. P. Perspectivas para a Psicologia do Trânsito. **Interação em Psicologia**, v.15, n. especial, p.77-86, 2011.

TIAN, Y.; ZHU, Q.; LAI, K.; LUN, Y. H. V. Analysis of greenhouse gas emissions of freight transport sector in China. **Journal of Transport Geography**, v. 40, p. 43–52, 2014.

VLIEGER, I.; KEUKELEERE, D.; KRETZSCHMAR, J. G. On-board emission and fuel consumption measurement campaign on petrol-driven passenger cars. **Atmospheric Environment**, v.31, n.22, p.3753-3761, 1997.

VTL. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. **Module 4f: EcoDriving**. Federal Ministry for Economic Cooperation and Development. 2005.

WEST, R.; ELANDER, J.; FRENCH, D. Decision making, Personality and driving style as correlates of individual accident risk. **TRL contractor report**, (CR 309). 1992.

WYATT, D. W.; LI, H; TATE, J. E. The impact of road grade on carbon dioxide (CO₂) emission of a passenger vehicle in real-world driving. **Transportation Research Part D**, v. 32, pp. 160–170, 2014.

APÊNDICE

A: Questionário desenvolvido

DADOS CONDUTOR	
Nome:	
Gênero: <input type="checkbox"/> feminino <input type="checkbox"/> masculino. Idade:	Contato:
Cidade onde mora:	
Qual o seu estado civil?	
<input type="checkbox"/> Solteiro (a)	<input type="checkbox"/> Separação legal (judicial ou divórcio)
<input type="checkbox"/> Casado (a)	<input type="checkbox"/> Outro
<input type="checkbox"/> Viúvo (a)	
Em relação à moradia:	
<input type="checkbox"/> Mora em casa própria	<input type="checkbox"/> não tem casa própria
Onde e como você mora atualmente?	
<input type="checkbox"/> Em casa ou apartamento, com minha família.	
<input type="checkbox"/> Em casa ou apartamento, sozinho (a).	
<input type="checkbox"/> Em quarto ou cômodo alugado, sozinho (a).	
<input type="checkbox"/> Em habitação coletiva: hotel, hospedaria, quartel, Pensionato, república etc.	
<input type="checkbox"/> Outra situação.	
Quem mora com você? (se for o caso, marcar mais de uma alternativa)	
<input type="checkbox"/> Moro sozinho (a)	<input type="checkbox"/> Filhos
<input type="checkbox"/> Pai	<input type="checkbox"/> Esposa/marido/companheiro (a)
<input type="checkbox"/> Mãe	<input type="checkbox"/> Outros parentes
<input type="checkbox"/> Irmãos	<input type="checkbox"/> Amigos ou colegas
Quantas pessoas moram em sua casa? (contando com você, seus pais, irmãos ou outros parentes que moram em uma mesma casa).	
<input type="checkbox"/> Duas pessoas	<input type="checkbox"/> Cinco pessoas
<input type="checkbox"/> Três pessoas	<input type="checkbox"/> Quatro pessoas
<input type="checkbox"/> Seis pessoas	<input type="checkbox"/> Mais de seis pessoas
<input type="checkbox"/> Moro sozinho (a)	
Quantos filhos você tem?	
<input type="checkbox"/> Um filho	<input type="checkbox"/> Dois filhos.
<input type="checkbox"/> Três filhos	<input type="checkbox"/> Quatro ou mais filhos
<input type="checkbox"/> Não tenho filhos	
PROFISSIONAL E EDUCAÇÃO	
Em que você trabalha atualmente?	
<input type="checkbox"/> Na agricultura (campo, fazenda, pesca).	
<input type="checkbox"/> Na indústria.	
<input type="checkbox"/> No comércio, banco, transporte ou outros serviços.	
<input type="checkbox"/> Como trabalhador (a) doméstico (a).	
<input type="checkbox"/> Como funcionário (a) do governo federal, estadual ou municipal.	
<input type="checkbox"/> Como profissional liberal, professor (a) ou técnico (a) de nível superior.	
<input type="checkbox"/> No lar.	
<input type="checkbox"/> Trabalho em casa em serviços (costura, comida, aulas particulares etc.).	
<input type="checkbox"/> Não trabalho/desempregado.	
Qual sua posição nesse trabalho?	
<input type="checkbox"/> Motorista profissional do transporte de carga, carteira assinada	
<input type="checkbox"/> Motorista profissional do transporte de pessoas, carteira assinada	
<input type="checkbox"/> Motorista profissional autônomo	
<input type="checkbox"/> Gerente, administrador (a) ou diretor (a) de empresa privada.	
<input type="checkbox"/> Funcionário (a) público (a) (federal, estadual ou municipal), com funções de direção.	
<input type="checkbox"/> Militar (guarda-civil, polícia estadual ou forças armadas), com posto de comando.	
<input type="checkbox"/> Empregado (a) no setor privado, com carteira assinada.	
<input type="checkbox"/> Funcionário (a) público (a) (federal, estadual ou municipal), sem função de direção.	

<input type="checkbox"/> Mestrado ou doutorado
<input type="checkbox"/> Não sei informar
Concluiu o ensino fundamental (1º grau) em:
<input type="checkbox"/> Curso regular <input type="checkbox"/> Curso supletivo
Como fez seus estudos de ensino médio (2º grau)?
<input type="checkbox"/> Integralmente em escola pública
<input type="checkbox"/> Integralmente em escola particular
<input type="checkbox"/> Maior parte em escola pública
<input type="checkbox"/> Maior parte em escola particular
<input type="checkbox"/> Em escolas comunitárias/cnec ou outro
Concluiu o ensino médio (2º grau) em:
<input type="checkbox"/> Curso regular <input type="checkbox"/> Curso supletivo
Em que turno você fez o ensino médio (2º grau)?
<input type="checkbox"/> Todo diurno <input type="checkbox"/> Todo noturno
<input type="checkbox"/> Maior parte diurno <input type="checkbox"/> Maior parte noturno
<input type="checkbox"/> Outro
Você frequentou cursinho preparatório para o vestibular?
<input type="checkbox"/> Sim, por menos de 1 semestre <input type="checkbox"/> Sim, por 1 semestre
<input type="checkbox"/> Sim, por um ano <input type="checkbox"/> Sim, por mais de um ano
<input type="checkbox"/> Não
Você já iniciou algum curso superior?
<input type="checkbox"/> Sim, mas não conclui <input type="checkbox"/> Sim, estou cursando
<input type="checkbox"/> Sim, mas já conclui <input type="checkbox"/> Não
Assinale a(s) atividade(s) ou O(s) curso(s) que você realiza ou realizou fora da sua escola durante o ensino médio (2º grau).
<input type="checkbox"/> Curso de língua estrangeira
<input type="checkbox"/> Curso de computação ou Informática
<input type="checkbox"/> Curso preparatório para o vestibular (cursinho)
<input type="checkbox"/> Artes plásticas ou atividades Artísticas em geral
<input type="checkbox"/> Esportes, atividades físicas
<input type="checkbox"/> Outros

RENDA

Com relação a sua atividade remunerada mensal:
<input type="checkbox"/> Sem renda
<input type="checkbox"/> Até 1 Salário Mínimo
<input type="checkbox"/> De 1 a 2 Salários Mínimos
<input type="checkbox"/> De 2 a 5 Salários Mínimos
<input type="checkbox"/> Acima de 5 Salários Mínimos
Você contribui na renda familiar?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Quantas pessoas contribuem para a obtenção dessa renda familiar?
<input type="checkbox"/> Uma <input type="checkbox"/> Quatro
<input type="checkbox"/> Duas <input type="checkbox"/> Cinco
<input type="checkbox"/> Três <input type="checkbox"/> Mais de cinco
Quantas pessoas são sustentadas com a renda familiar?
<input type="checkbox"/> Uma <input type="checkbox"/> Quatro
<input type="checkbox"/> Duas <input type="checkbox"/> Cinco
<input type="checkbox"/> Três <input type="checkbox"/> Mais de cinco
Somando a sua renda com a renda das pessoas que moram com você, quanto é, aproximadamente, a renda familiar? (considere a renda de todos que moram na sua casa.)

<input type="checkbox"/> Até 1 salário mínimo	<input type="checkbox"/> Mais de 5 salários mínimos			
<input type="checkbox"/> De 1 a 2 salários mínimos	<input type="checkbox"/> Nenhuma renda			
<input type="checkbox"/> De 2 a 5 salários mínimos				
Quantos carros existem em sua residência?				
<input type="checkbox"/> Nenhum	<input type="checkbox"/> Um			
<input type="checkbox"/> Dois	<input type="checkbox"/> Três			
<input type="checkbox"/> Quatro ou mais				
Quantas motos existem em sua residência?				
<input type="checkbox"/> Nenhuma	<input type="checkbox"/> Um			
<input type="checkbox"/> Dois	<input type="checkbox"/> Três			
<input type="checkbox"/> Quatro ou mais				
Possui computador em sua casa?				
<input type="checkbox"/> Não possuo computador				
<input type="checkbox"/> Possuo apenas um sem acesso à internet				
<input type="checkbox"/> Possuo apenas um com acesso à internet				
<input type="checkbox"/> Possuo mais de um sem acesso à internet				
<input type="checkbox"/> Possuo mais de um com acesso à internet				
Quais e quantos dos itens abaixo há em sua casa?				
	1	2	3 ou mais	Não tem
Tv				
Videocassete e/ou dvd				
Rádio				
Microcomputador				
Notebook				
Automóvel				
Máquina de lavar roupa				
Geladeira				
Telefone fixo				
Telefone celular				
Smartphone				
Acesso à internet				
Tv por assinatura				
Qual das atividades abaixo ocupa a maior parte do seu tempo livre? (se for o caso, marcar mais de uma alternativa)				
<input type="checkbox"/> Tv	<input type="checkbox"/> Religião			
<input type="checkbox"/> Teatro	<input type="checkbox"/> Cinema			
<input type="checkbox"/> Música	<input type="checkbox"/> Bares e boates			
<input type="checkbox"/> Leitura	<input type="checkbox"/> Internet			
<input type="checkbox"/> Esportes	<input type="checkbox"/> Outra			
Qual o meio que você mais utiliza para se manter informado (a)? (se for o caso, marcar mais de uma alternativa)				
<input type="checkbox"/> Jornal escrito	<input type="checkbox"/> TV			
<input type="checkbox"/> Rádio	<input type="checkbox"/> Revistas			
<input type="checkbox"/> Internet	<input type="checkbox"/> Outros			
<input type="checkbox"/> Nenhum				

CONDUÇÃO E EXPERIÊNCIA

Já dirigiu o veículo de teste antes?				
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não			
Tipo de habilitação: (Marcar mais de uma se necessário)				
<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> E

Rotina de dirigir (horas por dia):	
<input type="checkbox"/> Menos de 1 hora	<input type="checkbox"/> 2 a 3 horas
<input type="checkbox"/> 1 hora	<input type="checkbox"/> 3 a 6 horas
<input type="checkbox"/> 1 a 2 horas	<input type="checkbox"/> Mais de 6 horas
Tempo de habilitação na categoria (anos):	
<input type="checkbox"/> 1 a 5 anos	<input type="checkbox"/> 6 a 10 anos
<input type="checkbox"/> 11 a 15 anos	<input type="checkbox"/> 16 a 20 anos
<input type="checkbox"/> 20 a 25 anos	<input type="checkbox"/> 26 a 30 anos
<input type="checkbox"/> Mais de 30 anos	
Com que você aprendeu a dirigir?	
<input type="checkbox"/> Na autoescola	<input type="checkbox"/> Com amigos
<input type="checkbox"/> Com meu pai	<input type="checkbox"/> Com minha mãe
<input type="checkbox"/> Sozinho(a)	
Com quanto anos você aprendeu a dirigir?	
<input type="checkbox"/> Com menos de 16 anos	<input type="checkbox"/> Entre 18 e 25 anos
<input type="checkbox"/> Entre 16 e 18 anos	<input type="checkbox"/> Com mais de 25 anos
Você já participou de “rachas”?	
<input type="checkbox"/> Não	
<input type="checkbox"/> Sim, apenas para assistir	
<input type="checkbox"/> Sim, como condutor	
Envolvimento em acidentes de trânsito:	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Quantas vezes?	
Infrações de trânsito cometidas:	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Quais?	
Multas:	
<input type="checkbox"/> Leve	<input type="checkbox"/> Média
<input type="checkbox"/> Grave	<input type="checkbox"/> Gravíssima

ECO-DRIVING (ECO-CONDUÇÃO)

A eco-condução representa uma forma de condução que permite, através da utilização de melhores práticas de condução, ajustadas às atuais tecnologias automóveis, obter diversos benefícios, como reduzir o consumo de combustível, aumentar a eficiência energética, reduzir as emissões de poluentes, diminuir o desgaste mecânico do veículo e aumentar a segurança rodoviária.

Você já ouviu falar em eco-driving (eco-condução)?

Sim Não

Participou de algum treinamento de eco-driving(eco-condução)?

Sim Não

Você costuma planejar a viagem ou o percurso antes de sair de casa?

Não, quando saio vou vendo o caminho que parece menos engarrafado.

Não, sempre faço o mesmo percurso, independente do congestionamento ou distância.

Sim, inclusive consulto colegas e/ou familiares para ver aonde tem congestionamentos e como posso evita-los.

Sim, inclusive uso aplicativos para ver aonde tem congestionamentos e como posso evita-los.

A melhor forma de reduzir a velocidade é:

Reduzir a marcha primeiro, isso desacelera o carro e preserva o freio.

Pisar no freio aos poucos até desacelerar.

Pisar no freio e na embreagem ao mesmo tempo.

Pisar no freio com força assim que decidir.

<p>Em um congestionamento:</p> <p><input type="checkbox"/> Melhor manter o pé na embreagem o tempo todo e saio junto com o veículo da frente.</p> <p><input type="checkbox"/> Espero o carro da frente se distanciar bem e piso fundo no acelerador.</p> <p><input type="checkbox"/> Desligo o carro e religo quando for andar.</p> <p><input type="checkbox"/> Mantenho o carro em ponto morto e engato apenas na hora de andar, acelerando suavemente.</p>
<p>Indique a afirmativa que mais se assemelha ao seu tipo de condução:</p> <p><input type="checkbox"/> Arrancadas e paradas bruscas não interferem no gasto de combustível.</p> <p><input type="checkbox"/> Em uma estrada, quanto mais rápido o carro, melhor o desempenho e menor o consumo de combustível.</p> <p><input type="checkbox"/> Andar a 80 km/h gasta até 20% menos combustível do que a 100 km/h.</p> <p><input type="checkbox"/> Para economizar, é melhor manter velocidades mais baixas.</p>
<p>Na hora de aumentar a marcha, você:</p> <p><input type="checkbox"/> Só muda quando o carro estiver se esgoelando, pois sabe que chegou o limite da marcha</p> <p><input type="checkbox"/> Fica de olho no conta giros, mas não presta muita atenção nos sinais que o carro dá.</p> <p><input type="checkbox"/> Troca de marcha e piso forte no acelerador.</p> <p><input type="checkbox"/> Troca quando o motor começa a roncar mais alto e o carro parece mais pesado.</p>
<p>Com que frequência você usa o ar condicionado?</p> <p><input type="checkbox"/> Bastante, mas em percursos curtos costumo abrir um pouco os vidros.</p> <p><input type="checkbox"/> Sempre, não saio de caso sem ligar.</p> <p><input type="checkbox"/> Apenas nos dias de calor intenso e em percursos longos, assim, dá tempo de resfriar o carro todo.</p> <p><input type="checkbox"/> Nos dias quentes, mesmo em distâncias curtas.</p>
<p>Com que frequência você tira o carro da garagem?</p> <p><input type="checkbox"/> Distâncias longas e curtas, mas às vezes prefiro ir a pé.</p> <p><input type="checkbox"/> Para distâncias longas, mas aproveito para passar em lugares que estão no caminho.</p> <p><input type="checkbox"/> Sempre, inclusive distâncias curtas, independentemente do local.</p> <p><input type="checkbox"/> Apenas para percursos longos, Distâncias pequenas são feitas a pé.</p>
<p>Quando você faz a manutenção do seu veículo?</p> <p><input type="checkbox"/> Leva a uma oficina apenas quando uma peça quebra ou algo parece errado.</p> <p><input type="checkbox"/> Faço uma revisão completa uma vez por ano para verificar o desgaste das peças.</p> <p><input type="checkbox"/> Não me preocupo muito, mas levo para a oficina perto de casa de vez em quando.</p> <p><input type="checkbox"/> Eventualmente faço uma revisão para ver se está tudo funcionando bem.</p>
<p>Quando você calibra os pneus?</p> <p><input type="checkbox"/> Sempre que o frentista se oferece para dar uma olhada.</p> <p><input type="checkbox"/> Toda vez que preciso passa no posto de gasolina.</p> <p><input type="checkbox"/> Semanalmente. Sei a calibragem de cabeça!</p> <p><input type="checkbox"/> Às vezes sinto o carro estranho, então levo ao posto para ver o que é.</p>
<p>Você costuma andar em ponto morto?</p> <p><input type="checkbox"/> Não, pois penso que desacelerar e deixar o carro engrenado é melhor.</p> <p><input type="checkbox"/> Nunca. Além de não economizar combustível, descer na banguela é muito perigoso.</p> <p><input type="checkbox"/> Na maioria das ladeiras, mas em estradas acho arriscado.</p>
<p>Sobre esquentar o motor:</p> <p><input type="checkbox"/> É fundamental antes de sair de casa para que o carro “pegue no tranco”.</p> <p><input type="checkbox"/> Era necessário apenas para veículos mais antigos, os modernos não precisam disso.</p> <p><input type="checkbox"/> Não costumo fazer isso, é perda de tempo.</p> <p><input type="checkbox"/> O motor aquecido ajuda a economizar combustível na rua.</p>

B: Termo se Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado por Julie Anne Holanda Azevedo como participante da pesquisa intitulada "DESENVOLVIMENTO DE FATORES DE EMISSÃO DE POLUENTES ATRAVÉS DE PERFIS DE CONDUTORES DISTINTOS". Você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos.

Esta pesquisa desenvolverá uma metodologia para relacionar os perfis de condutores distintos com o consumo de combustível e a emissão de poluentes para a elaboração de fatores de emissão para os diferentes estilos de condução.

Os condutores selecionados serão convidados a conduzir o veículo transportador de carga de pequeno porte na região em estudo. Durante os experimentos serão colhidos os dados referentes a condução veicular e as emissões de poluentes.

Os dados de condução serão coletados através de um dispositivo chamado On-Board Diagnostic (OBD), ligado à unidade de controle do motor (ECU) e monitora os parâmetros dinâmicos do motor continuamente, dispondo de parâmetros como velocidade, aceleração, rotações do motor, etc. Este dispositivo não interfere na condução nem no veículo e é largamente utilizado para diagnóstico do motor em oficinas mecânicas. A emissões de poluentes será monitorado através de um analisador de gases acoplado ao escape do veículo e também não interfere na condução nem no desempenho do veículo.

Por meio dos fatores de emissão será possível traçar o perfil de uma determinada população e estimar o consumo de combustível e a emissão de poluentes em uma determinada região, elaborar inventários de emissões de poluentes de fontes veicular, avaliar de cenários e até gestão de políticas públicas para melhoramento da qualidade do ar.

É imprescindível ressaltar que todos esses equipamentos utilizados no monitoramento durante os experimentos não causam qualquer risco aos condutores nem ao tráfego em geral, estando assim os riscos associados somente ao possível estresse causado pelo tráfego urbano.

A pesquisadora proponente, Julie Anne Holanda Azevedo, utilizará os dados coletados somente para esta pesquisa e manterá o sigilo de todos obtidos, garantindo que as informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto aos responsáveis pela pesquisa, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.

A qualquer momento o participante poderá recusar a continuar participando da pesquisa e que também poderá retirar o seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer prejuízo. O participante voluntário não receberá nenhum pagamento por participar da pesquisa.

Endereço da responsável pela pesquisa:

<p>Nome: Julie Anne Holanda Azevedo Instituição: Universidade Federal do Ceará Endereço: Rua André Chaves, nº 100, apto. 104, Bloco A, Montese Telefones para contato: (85)999004389</p>
--

ATENÇÃO: Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado _____, ____anos, RG: _____, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, ____/____/____

Nome do participante da pesquisa	Data	Assinatura
Nome do pesquisador	Data	Assinatura
Nome da testemunha	Data	Assinatura
Nome do profissional que aplicou o TCLE	Data	Assinatura

C: Equações segundo Modelagem de Panis *et al.* (2006)

CO ₂ (g/s)		
3	JFOL	CO ₂ _gs = 0,3403+0,0163*x+0,1727*y-4,1975E-5*x*x-0,0072*x*y-0,005*y*y
3	JFLO	CO ₂ _gs = 0,8034-0,0109*x-0,0947*y+0,0002*x*x+0,0072*x*y+0,1463*y*y
3	TMOL	CO ₂ (g/s) = 0,3889+0,0027*x+0,1799*y+0,0002*x*x-0,0036*x*y-0,0539*y*y
3	TMLO	CO ₂ _gs = 0,4662+0,0114*x+0,0964*y-0,0002*x*x+0,0028*x*y+0,042*y*y
3	PVOL	CO ₂ _gs = 0,3894+0,006*x+0,1627*y+0,0002*x*x-0,001*x*y-0,0311*y*y
3	PVLO	CO ₂ _gs = 0,4467+0,0193*x+0,2253*y-0,0004*x*x-0,0014*x*y+0,0326*y*y
4	JFOL	CO ₂ (g/s) = 0,2986+0,0068*x+0,0451*y+1,8407E-5*x*x-0,004*x*y-0,0438*y*y
4	JFLO	CO ₂ (g/s) = 0,6011-0,0169*x-0,2332*y+0,0005*x*x+0,006*x*y-0,0488*y*y
4	TMOL	CO ₂ (g/s) = 0,3417+0,0003*x+0,0019*y+0,0001*x*x-0,0017*x*y+0,02*y*y
4	TMLO	CO ₂ (g/s) = 0,3377+0,0122*x-0,1889*y-0,0001*x*x+0,0002*x*y+0,0704*y*y
4	PVOL	CO ₂ (g/s) = 0,3861+0,0139*x-0,0644*y-0,0002*x*x+0,0042*x*y-0,0157*y*y
4	PVLO	CO ₂ (g/s) = 0,2346+0,0245*x-0,0786*y-0,0003*x*x-0,0013*x*y-0,0168*y*y
5	JFOL	CO ₂ _gs = 0,5036+0,0018*x+0,0607*y-2,9448E-5*x*x-0,0017*x*y+0,0133*y*y
5	JFLO	CO ₂ _gs = 0,5128+0,0014*x-0,0605*y-4,6813E-5*x*x+0,0056*x*y+0,0647*y*y
5	TMOL	CO ₂ _gs = 0,3643+0,0079*x-0,0914*y-0,0002*x*x+0,0009*x*y-0,1147*y*y
5	TMLO	CO ₂ _gs = 0,5834-0,0058*x-0,0177*y+8,4061E-5*x*x+0,0006*x*y+0,052*y*y
5	PVOL	CO ₂ _gs = 0,4612+0,0047*x+0,0509*y-0,0001*x*x-0,0049*x*y-0,1015*y*y
5	PVLO	CO ₂ _gs = 0,4448+0,0052*x+0,0052*y-0,0001*x*x+0,0021*x*y+0,0004*y*y
6	JFOL	CO ₂ _gs = 0,8347-0,0005*x-0,0438*y-0,0002*x*x+0,0019*x*y+0,0261*y*y
6	JFLO	CO ₂ _gs = 0,2971-5,0743E-5*x+0,0038*y+0,0003*x*x+0,0022*x*y+0,0013*y*y
6	TMOL	CO ₂ _gs = 0,4698-0,0045*x-0,1175*y+0,0001*x*x+0,0041*x*y+0,0297*y*y
6	TMLO	CO ₂ _gs = 0,5751-0,0162*x+0,0168*y+0,0003*x*x-0,0013*x*y+0,0407*y*y
6	PVOL	CO ₂ _gs = 0,5502-0,0108*x-0,0795*y+0,0004*x*x+0,0002*x*y-0,0571*y*y
6	PVLO	CO ₂ _gs = 0,6381-0,0059*x+0,1129*y+4,9023E-6*x*x-0,0007*x*y+0,0233*y*y
7	JFOL	CO ₂ _gs = 0,9861-0,0284*x+0,0632*y+0,0005*x*x-0,0058*x*y+0,0588*y*y
7	JFLO	CO ₂ _gs = 0,609+0,0175*x-0,1653*y-0,0005*x*x+0,0097*x*y-0,0808*y*y
7	TMOL	CO ₂ _gs = 0,6027-0,0132*x-0,1735*y+0,0003*x*x+0,0026*x*y+0,015*y*y
7	TMLO	CO ₂ _gs = 0,5799+0,0002*x-0,1134*y-8,7664E-5*x*x+0,0036*x*y-0,0333*y*y
7	PVOL	CO ₂ _gs = 0,6972+5,4798E-5*x-0,2968*y-6,586E-5*x*x+0,0116*x*y-0,0471*y*y
7	PVLO	CO ₂ _gs = 0,6424-0,0214*x+0,1925*y+0,0003*x*x-0,0053*x*y+0,1425*y*y
8	JFOL	CO ₂ _gs = 0,6849-0,0121*x-0,2804*y+0,0002*x*x+0,0089*x*y+0,0835*y*y
8	JFLO	CO ₂ _gs = 0,4058+0,0026*x+0,0349*y+0,0001*x*x-0,0101*x*y-0,0004*y*y
8	TMOL	CO ₂ _gs = 0,5337-0,0086*x-0,0182*y+0,0002*x*x-0,0041*x*y+0,1343*y*y
8	TMLO	CO ₂ _gs = 0,3335+0,0156*x-0,0528*y-8,8676E-5*x*x+0,0004*x*y-0,0347*y*y
8	PVOL	CO ₂ _gs = 0,6092-0,0114*x+0,0103*y+0,0002*x*x-0,002*x*y+0,0267*y*y
8	PVLO	CO ₂ _gs = 0,3208+0,0149*x+0,0764*y-0,0001*x*x-0,001*x*y-0,0698*y*y
9	JFOL	CO ₂ _gs = 0,7006-0,0192*x-0,3691*y+0,0005*x*x+0,0053*x*y+0,0684*y*y
9	JFLO	CO ₂ _gs = 0,4706-0,0022*x+0,1326*y+0,0001*x*x-0,0045*x*y+0,0609*y*y
9	TMOL	CO ₂ _gs = 0,476+0,0134*x-0,1851*y-0,0002*x*x-0,0025*x*y-0,022*y*y
9	TMLO	CO ₂ _gs = 0,4688+0,0033*x+0,0325*y+2,8268E-5*x*x-0,0011*x*y+0,0199*y*y
9	PVOL	CO ₂ _gs = 0,6905-0,0062*x-0,2336*y+0,0002*x*x+0,0055*x*y+0,0066*y*y
9	PVLO	CO ₂ _gs = 0,56+0,0163*x-0,104*y-0,0003*x*x+0,0002*x*y-0,045*y*y
10	JFOL	CO ₂ _gs = 0,845-0,0268*x+0,103*y+0,0006*x*x-0,0045*x*y-0,0097*y*y
10	JFLO	CO ₂ _gs = 0,9364-0,0228*x+0,1589*y+0,0003*x*x-0,0068*x*y-0,0556*y*y
10	TMOL	CO ₂ _gs = 0,738-0,0152*x-0,1575*y+0,0002*x*x+0,0018*x*y-0,0065*y*y
10	TMLO	CO ₂ _gs = 0,5099-0,01*x-0,1*y+0,0003*x*x+0,003*x*y+0,0709*y*y
10	PVOL	CO ₂ _gs = 3,2751+0,0289*x-0,0123*y-0,0008*x*x-0,0016*x*y+0,0449*y*y
10	PVLO	CO ₂ _gs = 0,5406-0,018*x+0,1322*y+0,0004*x*x-0,0051*x*y+0,1267*y*y
11	JFOL	CO ₂ _gs = 0,3729-7,7824E-5*x-0,1863*y+0,0003*x*x+0,0068*x*y+0,0227*y*y
11	JFLO	CO ₂ _gs = 0,5428-0,0037*x+0,0058*y+0,0001*x*x-0,0045*x*y+0,0257*y*y
11	TMOL	CO ₂ _gs = 0,3758+0,0019*x-0,0212*y+0,0002*x*x-0,0052*x*y+0,0609*y*y
11	TMLO	CO ₂ _gs = 0,6724-0,0111*x-0,0168*y+0,0001*x*x-0,0009*x*y+0,0424*y*y
11	PVOL	CO ₂ _gs = 0,3861+0,0146*x-0,1823*y-9,6395E-5*x*x-3,8952E-5*x*y-0,0649*y*y
11	PVLO	CO ₂ _gs = 0,472-0,004*x+0,004*y+7,498E-5*x*x+0,0005*x*y-0,0012*y*y

12	JFOL	$CO2_gs = 0,6799-0,0124*x-0,0859*y+0,0003*x*x-0,0044*x*y+0,0144*y*y$
12	JFLO	$CO2_gs = 0,5649+0,0029*x+0,076*y-9,0901E-5*x*x-0,0032*x*y-0,0227*y*y$
12	TMOL	$CO2_gs = 0,4534-0,0051*x-0,0647*y+0,0002*x*x-0,0002*x*y+0,0035*y*y$
12	TMLO	$CO2_gs = 0,5766-0,0099*x+0,0502*y+0,0002*x*x-0,0031*x*y+0,0378*y*y$
12	PVOL	$CO2_gs = 0,2734+0,0219*x-0,4053*y-0,0004*x*x+0,0084*x*y+0,079*y*y$
12	PVLO	$CO2_gs = 0,493+0,0078*x-0,1966*y-0,0002*x*x+0,0061*x*y-0,0274*y*y$
13	JFOL	$CO2_gs = 0,8103-0,017*x-0,4232*y+0,0004*x*x+0,0043*x*y-0,163*y*y$
13	JFLO	$CO2_gs = 0,3536+0,0068*x-0,0997*y+3,6E-5*x*x+7,6575E-5*x*y-0,005*y*y$
13	TMOL	$CO2_gs = 0,4568-0,0056*x+0,0029*y+0,0003*x*x-0,0039*x*y+0,0228*y*y$
13	TMLO	$CO2_gs = 0,3527-0,0057*x+0,1135*y+0,0004*x*x-0,0117*x*y+0,0535*y*y$
13	PVOL	$CO2_gs = 0,4749+0,0031*x-0,1659*y+8,6702E-5*x*x+0,0026*x*y+0,0168*y*y$
13	PVLO	$CO2_gs = 0,3357+0,0064*x-0,1408*y+8,9249E-5*x*x-0,0004*x*y-0,016*y*y$
14	JFOL	$CO2_gs = 0,9099-0,0018*x+0,3464*y-0,0001*x*x-0,0107*x*y-0,008*y*y$
14	JFLO	$CO2_gs = 0,7181-0,0073*x+0,1514*y+0,0001*x*x-0,0014*x*y-0,0085*y*y$
14	TMOL	$CO2_gs = 0,5284-0,0006*x-0,0749*y-1,2004E-5*x*x+0,0015*x*y+0,0024*y*y$
14	TMLO	$CO2_gs = 0,7137-0,0154*x+0,1088*y+0,0003*x*x-0,0074*x*y+0,014*y*y$
14	PVOL	$CO2_gs = 0,6694-0,0083*x+0,0458*y+0,0001*x*x-0,0046*x*y-0,0763*y*y$
14	PVLO	$CO2_gs = 0,5639-0,0075*x-0,052*y+9,0556E-5*x*x+0,0008*x*y-0,0394*y*y$
15	JFOL	$CO2_gs = 0,4535-0,0002*x-0,445*y+0,0002*x*x+0,0115*x*y+0,0903*y*y$
15	JFLO	$CO2_gs = 0,4615+0,0021*x-0,0852*y+0,0001*x*x-0,0048*x*y-0,0473*y*y$
15	TMOL	$CO2_gs = 0,437+0,0061*x-0,1491*y+8,7999E-6*x*x+7,8698E-5*x*y-0,0578*y*y$
15	TMLO	$CO2_gs = 0,4286+0,0038*x-0,1327*y+0,0001*x*x-0,0013*x*y+0,0901*y*y$
15	PVOL	$CO2_gs = 0,4542-0,0043*x-0,1059*y+0,0004*x*x-0,0044*x*y+0,1385*y*y$
15	PVLO	$CO2_gs = 0,4082-0,0051*x-0,0482*y+0,0004*x*x-0,002*x*y-0,0201*y*y$
16	JFOL	$CO2_gs = 0,3664-0,0019*x+0,0474*y+0,0003*x*x-0,0067*x*y+0,0018*y*y$
16	JFLO	$CO2_gs = 0,531+0,008*x-0,131*y-0,0002*x*x+0,0026*x*y-0,079*y*y$
16	TMOL	$CO2_gs = 0,3862-0,0067*x-0,0254*y+0,0004*x*x-0,0014*x*y+0,0687*y*y$
16	TMLO	$CO2_gs = 0,4215+0,008*x-0,2497*y-9,7232E-5*x*x+0,0067*x*y-0,0335*y*y$
16	PVOL	$CO2_gs = 0,4107+0,0004*x-0,1466*y+0,0002*x*x+0,0021*x*y+0,0184*y*y$
16	PVLO	$CO2_gs = 0,4815-0,0064*x-0,2005*y+0,0002*x*x+0,0064*x*y-0,0097*y*y$
17	JFOL	$CO2_gs = 0,3566+0,0154*x+0,0041*y-9,9017E-5*x*x+0,0207*x*y-0,0063*y*y$
17	JFLO	$CO2_gs = 0,6221-0,0031*x+0,1947*y+0,0001*x*x-0,0088*x*y+0,0356*y*y$
17	TMOL	$CO2_gs = 0,4005-0,0039*x+0,1272*y+0,0004*x*x+0,0135*x*y+0,0813*y*y$
17	TMLO	$CO2_gs = 0,5399+0,0129*x+0,0308*y-0,0003*x*x+0,0008*x*y-0,0364*y*y$
17	PVOL	$CO2_gs = 0,4229+0,002*x+0,1705*y+0,0002*x*x+0,0096*x*y+0,0763*y*y$
17	PVLO	$CO2_gs = 0,543-0,0044*x-0,0061*y+5,2756E-5*x*x+0,0033*x*y+0,0607*y*y$
18	JFOL	$CO2_gs = 0,6616+0,0006*x+0,0666*y-0,0001*x*x-0,0002*x*y+0,0565*y*y$
18	JFLO	$CO2_gs = 0,4296+0,0031*x-0,1276*y+5,5246E-5*x*x+0,0043*x*y-0,0188*y*y$
18	TMOL	$CO2_gs = 0,4984-0,0036*x-0,0266*y+6,1466E-5*x*x-0,0011*x*y+0,0494*y*y$
18	TMLO	$CO2_gs = 0,3549+0,0152*x-0,197*y-0,0002*x*x+0,0004*x*y+0,1108*y*y$
18	PVOL	$CO2_gs = 0,6536-0,0127*x-0,0438*y+0,0002*x*x+0,0015*x*y-0,0233*y*y$
18	PVLO	$CO2_gs = 0,3396+0,0018*x-0,158*y+0,0002*x*x+0,0037*x*y+0,0397*y*y$
19	JFOL	$CO2_gs = 0,967-0,0002*x-0,1319*y-0,0001*x*x-0,0009*x*y-0,1647*y*y$
19	JFLO	$CO2_gs = 0,7612-0,0181*x-0,1155*y+0,0004*x*x-0,0021*x*y-0,0496*y*y$
19	TMOL	$CO2_gs = 0,6916-0,0092*x-0,1008*y+7,4262E-5*x*x-0,0007*x*y+0,0424*y*y$
19	TMLO	$CO2_gs = 0,7779-0,0149*x+0,0006*y+0,0002*x*x-0,0032*x*y+0,0086*y*y$
19	PVOL	$CO2_gs = 0,6852-0,0104*x-0,1144*y+0,0002*x*x+0,0071*x*y-0,0381*y*y$
19	PVLO	$CO2_gs = 0,6375-0,0144*x-0,0248*y+0,0002*x*x-0,0006*x*y-0,014*y*y$
20	JFOL	$CO2_gs = 0,6351+0,0185*x+0,3803*y-0,0004*x*x-0,0053*x*y-0,0008*y*y$
20	JFLO	$CO2_gs = 0,5422-0,002*x-0,2341*y+0,0002*x*x+0,0034*x*y-0,0475*y*y$
20	TMOL	$CO2_gs = 0,5271+0,0084*x+0,1413*y-0,0001*x*x+0,0024*x*y+0,1118*y*y$
20	TMLO	$CO2_gs = 0,4086+0,0071*x-0,0358*y+7,7653E-5*x*x-0,0077*x*y+0,1214*y*y$
20	PVOL	$CO2_gs = 0,6327-0,0028*x-0,1774*y+5,5077E-5*x*x+0,0044*x*y-0,0177*y*y$
20	PVLO	$CO2_gs = 0,4642-0,0095*x-0,1552*y+0,0004*x*x+0,0053*x*y+0,0444*y*y$
21	JFOL	$CO2_gs = 0,4604+0,0223*x+0,077*y-0,0005*x*x+0,0086*x*y+0,0049*y*y$
21	JFLO	$CO2_gs = 0,7642-0,0073*x+0,0458*y+0,0001*x*x-0,0054*x*y+0,0261*y*y$
21	TMOL	$CO2_gs = 0,3768+0,0093*x+0,0324*y-2,7996E-5*x*x+0,007*x*y+0,0688*y*y$
21	TMLO	$CO2_gs = 0,3807+0,0011*x+0,0599*y+0,0003*x*x+0,0199*x*y+0,1607*y*y$

21	PVOL	$CO2_gs = 0,5515-0,0161*x-0,2286*y+0,0006*x*x+0,0021*x*y+0,1941*y*y$
21	PVLO	$CO2_gs = 0,3785+0,016*x+0,2157*y-0,0002*x*x+0,0015*x*y+0,0289*y*y$
22	JFOL	$CO2_gs = 0,5377+0,0033*x-0,021*y-6,3383E-5*x*x+0,0002*x*y+0,0534*y*y$
22	JFLO	$CO2_gs = 0,5315+0,0053*x-0,0005*y-0,0002*x*x+0,0003*x*y+0,0302*y*y$
23	JFOL	$CO2_gs = 0,5041-0,0021*x+0,1418*y+7,1367E-5*x*x-0,0023*x*y+0,0561*y*y$
23	JFLO	$CO2_gs = 0,5449-0,0022*x+0,0641*y+4,217E-5*x*x+0,0021*x*y+0,024*y*y$
24	JFOL	$CO2_gs = 0,6278+0,0085*x-0,0078*y-0,0002*x*x-0,0009*x*y-0,031*y*y$
24	JFLO	$CO2_gs = 0,488+0,0065*x+0,0321*y-0,0001*x*x-0,001*x*y-0,0313*y*y$
25	JFOL	$CO2_gs = 0,4903+0,002*x+0,1036*y-5,0261E-5*x*x-0,0041*x*y+0,0392*y*y$
25	JFLO	$CO2_gs = 0,4685-0,0029*x+0,0153*y+0,0002*x*x-0,0007*x*y+0,1131*y*y$
26	JFOL	$CO2_gs = 0,5424-0,0015*x-0,1573*y+0,0001*x*x+0,0003*x*y-0,0431*y*y$
26	JFLO	$CO2_gs = 0,4236+0,0033*x-0,2233*y+5,001E-5*x*x-0,0019*x*y+0,101*y*y$
27	JFOL	$CO2_gs = 0,5838-0,0182*x-0,0643*y+0,0004*x*x-0,0046*x*y+0,1176*y*y$
27	JFLO	$CO2_gs = 0,5997-0,0048*x+0,0161*y+8,6081E-5*x*x-0,002*x*y+0,0351*y*y$
28	JFOL	$CO2_gs = 0,6643-0,0055*x+0,074*y+5,3528E-5*x*x-0,003*x*y+0,0045*y*y$
28	JFLO	$CO2_gs = 0,5174-0,006*x+0,0327*y+0,0002*x*x-0,004*x*y+0,0526*y*y$
29	JFOL	$CO2_gs = 0,4703-0,0092*x-0,0016*y+0,0004*x*x-0,0033*x*y+0,0317*y*y$
29	JFLO	$CO2_gs = 0,4525+0,0028*x-0,0141*y-5,9613E-5*x*x-0,0043*x*y+0,0193*y*y$
30	JFOL	$CO2_gs = 0,458+0,003*x-0,1114*y-4,1267E-5*x*x+0,0021*x*y-0,1137*y*y$
30	JFLO	$CO2_gs = 0,563+0,0008*x+0,0261*y-0,0001*x*x-0,0022*x*y-0,0299*y*y$

NO _x (g/s)		
3	JFOL	$NOx_gs = 0,0012+9,5122E-5*x+0,0004*y-5,4225E-7*x*x-2,7307E-5*x*y-1,6961E-5*y*y$
3	JFLO	$NOx_gs = 0,003+2,2458E-5*x-1,5806E-6*y-1,7683E-7*x*x+1,4363E-5*x*y+0,0005*y*y$
3	TMOL	$NOx (g/s) = 0,0018+2,8742E-5*x+0,0008*y+7,5035E-7*x*x-2,0692E-5*x*y-0,0002*y*y$
3	TMLO	$NOx_gs = 0,0024+8,5502E-5*x+0,0005*y-1,7294E-6*x*x+1,7723E-5*x*y+0,0002*y*y$
3	PVOL	$NOx_gs = 0,002+3,7343E-5*x+0,0009*y+5,9046E-7*x*x-2,4002E-5*x*y-0,0002*y*y$
3	PVLO	$NOx_gs = 0,0023+0,0001*x+0,0012*y-2,1988E-6*x*x-9,7061E-6*x*y+0,0001*y*y$
4	JFOL	$NOx (g/s) = 0,0017+5,7832E-5*x-0,0002*y+3,0282E-8*x*x-2,8633E-5*x*y-0,0005*y*y$
4	JFLO	$NOx (g/s) = 0,0032-0,0001*x-0,0009*y+2,6386E-6*x*x+2,2058E-5*x*y-8,0412E-5*y*y$
4	TMOL	$NOx (g/s) = 0,0016+1,3798E-5*x-0,0003*y+1,0584E-6*x*x-1,5931E-5*x*y+9,6364E-5*y*y$
4	TMLO	$NOx (g/s) = 0,0017+4,8566E-5*x-0,0009*y-2,7613E-7*x*x-6,0327E-7*x*y+0,0004*y*y$
4	PVOL	$NOx (g/s) = 0,0016+6,6429E-5*x-0,001*y-1,1301E-7*x*x+9,5133E-7*x*y+0,0004*y*y$
4	PVLO	$NOx (g/s) = 0,0016+0,0001*x-0,0006*y-1,6326E-6*x*x+8,687E-6*x*y-0,0001*y*y$
5	JFOL	$NOx_gs = 0,0024+2,3899E-6*x+0,0002*y-1,35E-8*x*x-6,1259E-6*x*y+5,6998E-5*y*y$
5	JFLO	$NOx_gs = 0,0021+3,3756E-5*x-9,341E-7*y-6,2096E-7*x*x+1,4612E-5*x*y+0,0003*y*y$
5	TMOL	$NOx_gs = 0,0018+2,0797E-5*x-0,0003*y-7,4292E-7*x*x+3,0796E-6*x*y-0,0005*y*y$
5	TMLO	$NOx_gs = 0,0028-2,448E-5*x-0,0002*y+4,0409E-7*x*x+7,5211E-6*x*y+0,0002*y*y$
5	PVOL	$NOx_gs = 0,0027+2,7147E-5*x+0,0002*y-4,9752E-7*x*x-1,9479E-5*x*y-0,0004*y*y$
5	PVLO	$NOx_gs = 0,0027+1,485E-5*x+0,0001*y-4,4342E-7*x*x+6,587E-6*x*y+2,2883E-5*y*y$
6	JFOL	$NOx_gs = 0,0048+1,3574E-5*x-0,0002*y-1,7359E-6*x*x+9,4513E-6*x*y-1,6476E-5*y*y$
6	JFLO	$NOx_gs = 0,0018+7,5888E-6*x-3,1451E-5*y+1,1961E-6*x*x+1,415E-5*x*y-8,3397E-7*y*y$
6	TMOL	$NOx_gs = 0,0028-4,3504E-5*x-0,0005*y+1,2737E-6*x*x+2,2955E-5*x*y+0,0002*y*y$
6	TMLO	$NOx_gs = 0,0033-0,0001*x-5,7932E-5*y+2,4221E-6*x*x-7,6972E-6*x*y+0,0002*y*y$
6	PVOL	$NOx_gs = 0,0032-5,3088E-5*x-9,0054E-5*y+1,8151E-6*x*x-2,6612E-6*x*y-0,0002*y*y$
6	PVLO	$NOx_gs = 0,0034-3,894E-5*x+0,0007*y+2,3457E-7*x*x-7,9427E-6*x*y+0,0002*y*y$
7	JFOL	$NOx_gs = 0,0048-0,0001*x+0,0004*y+2,3821E-6*x*x-3,4469E-5*x*y+0,0003*y*y$
7	JFLO	$NOx_gs = 0,0028+9,6186E-5*x-0,0009*y-2,3665E-6*x*x+4,9867E-5*x*y-0,0004*y*y$
7	TMOL	$NOx_gs = 0,0027-4,778E-5*x-0,0008*y+1,2912E-6*x*x+9,4129E-6*x*y-0,0001*y*y$
7	TMLO	$NOx_gs = 0,0026+5,2273E-5*x-0,0009*y-1,3544E-6*x*x+2,2361E-5*x*y-0,0003*y*y$
7	PVOL	$NOx_gs = 0,0031+1,3419E-5*x-0,0014*y-6,7731E-7*x*x+5,4516E-5*x*y-0,0003*y*y$
7	PVLO	$NOx_gs = 0,0035-0,0001*x+0,001*y+1,5859E-6*x*x-3,8895E-5*x*y+0,0007*y*y$
8	JFOL	$NOx_gs = 0,0037-8,8948E-5*x-0,0016*y+1,7199E-6*x*x+4,4707E-5*x*y+0,0005*y*y$
8	JFLO	$NOx_gs = 0,0024+2,7793E-5*x+7,8179E-5*y+1,2134E-7*x*x-4,64E-5*x*y-0,0001*y*y$
8	TMOL	$NOx_gs = 0,0027-1,8752E-5*x+0,0001*y+4,4263E-7*x*x-3,319E-5*x*y+0,0006*y*y$

8	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,002+7,612\text{E-}5*x-0,0003*y-4,5529\text{E-}7*x*x+2,8769\text{E-}6*x*y-0,0002*y*y$
8	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,003-3,3191\text{E-}5*x-0,0002*y+3,7207\text{E-}7*x*x-3,0973\text{E-}6*x*y+8,2046\text{E-}5*y*y$
8	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,002+7,3926\text{E-}5*x+0,0005*y-7,0215\text{E-}7*x*x-1,0272\text{E-}5*x*y-0,0004*y*y$
9	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0035-0,0001*x-0,0019*y+2,8253\text{E-}6*x*x+2,8999\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
9	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0024-2,2267\text{E-}5*x+0,0007*y+8,6324\text{E-}7*x*x-2,4438\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
9	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0022+7,2767\text{E-}5*x-0,001*y-8,1654\text{E-}7*x*x-1,0934\text{E-}5*x*y-7,6532\text{E-}5*y*y$
9	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0023+5,0695\text{E-}6*x+0,0001*y+4,1349\text{E-}7*x*x-4,5335\text{E-}7*x*y+0,0002*y*y$
9	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0032-6,3019\text{E-}6*x-0,0012*y+1,5467\text{E-}7*x*x+2,585\text{E-}5*x*y-7,1364\text{E-}5*y*y$
9	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0033+7,0507\text{E-}5*x-0,0008*y-1,5377\text{E-}6*x*x+8,3848\text{E-}6*x*y-0,0003*y*y$
10	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0048-0,0001*x+0,0008*y+2,8862\text{E-}6*x*x-3,7986\text{E-}5*x*y+7,0853\text{E-}7*y*y$
10	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0049-0,0001*x+0,0008*y+1,629\text{E-}6*x*x-3,1407\text{E-}5*x*y-0,0002*y*y$
10	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0044-0,0001*x-0,0007*y+1,4172\text{E-}6*x*x+5,3795\text{E-}6*x*y-5,0794\text{E-}5*y*y$
10	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,003-4,1549\text{E-}5*x-0,0007*y+1,5044\text{E-}6*x*x+1,8853\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
10	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0001-3,2284\text{E-}6*x+2,8821\text{E-}6*y+8,7532\text{E-}8*x*x-4,0899\text{E-}8*x*y-4,3243\text{E-}6*y*y$
10	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0031-7,6018\text{E-}5*x+0,0006*y+1,9014\text{E-}6*x*x-2,1689\text{E-}5*x*y+0,0006*y*y$
11	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0021-3,9655\text{E-}5*x-0,0007*y+2,1446\text{E-}6*x*x+2,7443\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
11	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0025+5,773\text{E-}6*x-2,3088\text{E-}5*y+1,736\text{E-}7*x*x-1,9469\text{E-}5*x*y+4,4518\text{E-}5*y*y$
11	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,002+2,3038\text{E-}6*x-5,2979\text{E-}5*y+8,6091\text{E-}7*x*x-2,431\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
11	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0036-7,3468\text{E-}5*x-0,0002*y+1,0226\text{E-}6*x*x+6,7464\text{E-}6*x*y+0,0002*y*y$
11	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,002+7,2314\text{E-}5*x-0,0007*y-6,5994\text{E-}7*x*x-4,843\text{E-}6*x*y-0,0004*y*y$
11	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0026-1,3566\text{E-}5*x+3,7728\text{E-}5*y+2,8636\text{E-}7*x*x+2,2497\text{E-}7*x*y+3,1581\text{E-}5*y*y$
12	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0032-5,8556\text{E-}5*x-0,0003*y+1,3124\text{E-}6*x*x-3,3504\text{E-}5*x*y+0,0002*y*y$
12	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0026+7,4829\text{E-}6*x+0,0003*y-2,7953\text{E-}7*x*x-1,0243\text{E-}5*x*y+6,2305\text{E-}6*y*y$
12	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0025-2,0175\text{E-}5*x-0,0003*y+1,0413\text{E-}6*x*x-3,1013\text{E-}6*x*y+1,857\text{E-}5*y*y$
12	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0029-2,7648\text{E-}5*x+0,0004*y+3,3215\text{E-}7*x*x-2,3819\text{E-}5*x*y+0,0001*y*y$
12	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0013+0,0001*x-0,0019*y-2,6968\text{E-}6*x*x+3,9556\text{E-}5*x*y+0,0002*y*y$
12	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0026+3,135\text{E-}5*x-0,001*y-9,312\text{E-}7*x*x+3,4314\text{E-}5*x*y-0,0002*y*y$
13	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0051-0,0001*x-0,0019*y+2,1072\text{E-}6*x*x+1,6128\text{E-}5*x*y-0,001*y*y$
13	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0022+6,3009\text{E-}5*x-0,0008*y-5,6121\text{E-}7*x*x+2,9104\text{E-}6*x*y-0,0002*y*y$
13	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0024-1,5465\text{E-}5*x+1,8671\text{E-}5*y+1,0262\text{E-}6*x*x-1,9722\text{E-}5*x*y+0,0001*y*y$
13	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0023-2,6557\text{E-}5*x+0,0008*y+2,1138\text{E-}6*x*x-5,8107\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
13	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0024+3,844\text{E-}5*x-0,001*y-1,9573\text{E-}7*x*x+2,4349\text{E-}5*x*y-5,4796\text{E-}5*y*y$
13	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0022+3,5717\text{E-}5*x-0,0007*y+2,5368\text{E-}7*x*x+6,7867\text{E-}6*x*y-0,0001*y*y$
14	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0051-1,0648\text{E-}5*x+0,0022*y-5,9268\text{E-}7*x*x-6,6009\text{E-}5*x*y+2,0412\text{E-}5*y*y$
14	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0037-3,6869\text{E-}5*x+0,0005*y+5,3672\text{E-}7*x*x+1,0113\text{E-}5*x*y+1,5035\text{E-}5*y*y$
14	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,003-5,8028\text{E-}6*x-0,0004*y+4,3865\text{E-}8*x*x+4,8804\text{E-}6*x*y+2,1711\text{E-}5*y*y$
14	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0036-8,015\text{E-}5*x+0,0007*y+1,6019\text{E-}6*x*x-3,9909\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
14	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0036-3,037\text{E-}5*x+0,0003*y+2,178\text{E-}7*x*x-2,834\text{E-}5*x*y-0,0005*y*y$
14	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0032-3,942\text{E-}5*x-0,0002*y+4,9368\text{E-}7*x*x+7,0014\text{E-}7*x*y-0,0002*y*y$
15	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0024-3,2345\text{E-}6*x-0,0025*y+1,1631\text{E-}6*x*x+6,5272\text{E-}5*x*y+0,0005*y*y$
15	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0024+3,0909\text{E-}6*x-0,0005*y+1,0136\text{E-}6*x*x-2,4011\text{E-}5*x*y-0,0001*y*y$
15	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0027+3,7041\text{E-}5*x-0,0008*y-1,513\text{E-}7*x*x+2,1967\text{E-}6*x*y-0,0003*y*y$
15	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0027+1,1462\text{E-}5*x-0,0007*y+7,5976\text{E-}7*x*x-5,9762\text{E-}6*x*y+0,0005*y*y$
15	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0025-1,3774\text{E-}6*x-0,001*y+1,4263\text{E-}6*x*x+3,6641\text{E-}6*x*y+0,0005*y*y$
15	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0026-1,6748\text{E-}5*x-0,0004*y+1,971\text{E-}6*x*x-2,4017\text{E-}7*x*y-0,0002*y*y$
16	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0016-6,4274\text{E-}6*x+0,0003*y+1,3297\text{E-}6*x*x-3,6393\text{E-}5*x*y-2,032\text{E-}5*y*y$
16	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0028+2,6346\text{E-}5*x-0,0006*y-6,3962\text{E-}7*x*x+1,6604\text{E-}5*x*y-0,0003*y*y$
16	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0019-3,87\text{E-}5*x+0,0001*y+1,8403\text{E-}6*x*x-1,3771\text{E-}5*x*y+0,0004*y*y$
16	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0023+2,3217\text{E-}5*x-0,0011*y-1,5116\text{E-}7*x*x+3,6102\text{E-}5*x*y-8,7234\text{E-}5*y*y$
16	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,002-3,0033\text{E-}6*x-0,0005*y+8,3616\text{E-}7*x*x+3,9934\text{E-}6*x*y+8,5112\text{E-}5*y*y$
16	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0026-2,19\text{E-}5*x-0,0009*y+6,5073\text{E-}7*x*x+3,315\text{E-}5*x*y-1,8523\text{E-}5*y*y$
17	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0017+9,2787\text{E-}5*x+0,0001*y-5,3588\text{E-}7*x*x+0,0001*x*y-9,6658\text{E-}5*y*y$
17	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0032-4,2875\text{E-}5*x+0,0013*y+9,7642\text{E-}7*x*x-4,8912\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
17	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0022-8,5485\text{E-}5*x+0,0006*y+4,1293\text{E-}6*x*x+7,2327\text{E-}5*x*y+0,0005*y*y$
17	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0027+5,1884\text{E-}5*x+0,0003*y-1,3522\text{E-}6*x*x+2,8455\text{E-}6*x*y-0,0001*y*y$
17	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,002+3,8329\text{E-}5*x+0,0005*y+5,2426\text{E-}7*x*x+7,1525\text{E-}5*x*y+0,0004*y*y$

17	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0029-4,9289\text{E-}5*x+0,0001*y+8,5027\text{E-}7*x*x+1,2344\text{E-}5*x*y+0,0004*y*y$
18	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0032+4,2066\text{E-}6*x+0,0003*y-6,3186\text{E-}7*x*x+1,2151\text{E-}6*x*y+0,0002*y*y$
18	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0024+4,2394\text{E-}5*x-0,0009*y-5,9284\text{E-}7*x*x+3,3457\text{E-}5*x*y-0,0001*y*y$
18	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0025-1,6626\text{E-}5*x-9,65\text{E-}5*y+4,4708\text{E-}7*x*x-4,6393\text{E-}6*x*y+0,0003*y*y$
18	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,002+7,1149\text{E-}5*x-0,0011*y-1,0369\text{E-}6*x*x+9,0719\text{E-}6*x*y+0,0006*y*y$
18	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0033-5,6757\text{E-}5*x-0,0003*y+8,6504\text{E-}7*x*x+6,1633\text{E-}6*x*y-0,0002*y*y$
18	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,002+1,695\text{E-}6*x-0,0009*y+1,0612\text{E-}6*x*x+4,3327\text{E-}5*x*y+0,0002*y*y$
19	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,005+8,3071\text{E-}7*x-0,0006*y-6,7646\text{E-}7*x*x-9,0266\text{E-}6*x*y-0,0009*y*y$
19	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0035-8,9332\text{E-}5*x-0,0004*y+1,9732\text{E-}6*x*x-1,3177\text{E-}5*x*y-0,0002*y*y$
19	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0034-5,5121\text{E-}5*x-0,0007*y+6,2313\text{E-}7*x*x+6,188\text{E-}8*x*y+0,0002*y*y$
19	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0039-8,7199\text{E-}5*x-0,0001*y+1,1314\text{E-}6*x*x-1,1893\text{E-}5*x*y-6,9979\text{E-}6*y*y$
19	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0034-1,4165\text{E-}5*x-0,0007*y+2,5178\text{E-}7*x*x+4,0041\text{E-}5*x*y-0,0003*y*y$
19	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0035-9,3061\text{E-}5*x-0,0001*y+1,5657\text{E-}6*x*x-5,6592\text{E-}6*x*y+2,6645\text{E-}5*y*y$
20	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0028+0,0001*x+0,0017*y-2,1056\text{E-}6*x*x-2,1696\text{E-}5*x*y-0,0002*y*y$
20	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0029-3,1255\text{E-}5*x-0,0012*y+1,6557\text{E-}6*x*x+1,4775\text{E-}5*x*y-0,0003*y*y$
20	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0025+2,5065\text{E-}5*x+0,001*y-1,9155\text{E-}7*x*x+1,6108\text{E-}5*x*y+0,0008*y*y$
20	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0021+2,9742\text{E-}5*x-0,0003*y+8,3443\text{E-}7*x*x-3,5909\text{E-}5*x*y+0,0009*y*y$
20	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0029+9,9818\text{E-}6*x-0,001*y-2,9244\text{E-}7*x*x+3,5518\text{E-}5*x*y-9,7137\text{E-}5*y*y$
20	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0027-4,3385\text{E-}5*x-0,0008*y+2,0235\text{E-}6*x*x+3,0142\text{E-}5*x*y+0,0002*y*y$
21	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0024+0,0002*x+0,0002*y-3,3535\text{E-}6*x*x+6,6103\text{E-}5*x*y-1,8416\text{E-}5*y*y$
21	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0046-2,7462\text{E-}5*x+0,0006*y+2,3065\text{E-}7*x*x-4,2497\text{E-}5*x*y+0,0002*y*y$
21	TMOL	$\text{NOx_gs} = 0,0021+5,0087\text{E-}5*x+4,1609\text{E-}5*y+7,5868\text{E-}8*x*x+5,2484\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
21	TMLO	$\text{NOx_gs} = 0,0024+1,5248\text{E-}5*x+0,0002*y+1,3654\text{E-}6*x*x+0,0001*x*y+0,0006*y*y$
21	PVOL	$\text{NOx_gs} = 0,0031-6,8646\text{E-}5*x-0,0015*y+2,5095\text{E-}6*x*x+1,7451\text{E-}5*x*y+0,0011*y*y$
21	PVLO	$\text{NOx_gs} = 0,0024+9,2131\text{E-}5*x+0,0011*y-1,2865\text{E-}6*x*x-1,1862\text{E-}5*x*y-0,0002*y*y$
22	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0022+2,1446\text{E-}5*x-8,2564\text{E-}5*y-2,9929\text{E-}7*x*x+3,027\text{E-}6*x*y+0,0003*y*y$
22	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0027+1,3936\text{E-}5*x+0,0001*y-6,1826\text{E-}7*x*x-1,6827\text{E-}7*x*y+3,5571\text{E-}5*y*y$
23	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0026-3,0905\text{E-}5*x+0,0004*y+5,4227\text{E-}7*x*x-1,0233\text{E-}5*x*y+0,0004*y*y$
23	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0027-3,4889\text{E-}5*x-0,0001*y+6,5862\text{E-}7*x*x+1,2249\text{E-}5*x*y+0,0003*y*y$
24	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0028+6,4367\text{E-}5*x-0,0003*y-1,0424\text{E-}6*x*x+2,2502\text{E-}6*x*y-0,0001*y*y$
24	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0027+3,5394\text{E-}5*x+0,0002*y-9,3517\text{E-}7*x*x-5,9886\text{E-}6*x*y-0,0002*y*y$
25	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0027-4,7709\text{E-}7*x+0,0005*y-3,0378\text{E-}9*x*x-2,85\text{E-}5*x*y+0,0002*y*y$
25	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0028-3,4361\text{E-}5*x+0,0003*y+1,0063\text{E-}6*x*x-2,4383\text{E-}6*x*y+0,0006*y*y$
26	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0032-2,585\text{E-}5*x-0,0009*y+7,7637\text{E-}7*x*x+1,2236\text{E-}5*x*y-0,0002*y*y$
26	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0021+1,8961\text{E-}5*x-0,001*y+1,5651\text{E-}7*x*x-8,6643\text{E-}6*x*y+0,0005*y*y$
27	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0031-6,9941\text{E-}5*x-0,0006*y+1,5104\text{E-}6*x*x-1,2036\text{E-}5*x*y+0,0005*y*y$
27	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0031-9,7544\text{E-}6*x+0,0001*y+6,4023\text{E-}8*x*x-6,164\text{E-}6*x*y+0,0002*y*y$
28	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0036-4,1797\text{E-}5*x+0,0002*y+5,6658\text{E-}7*x*x-1,096\text{E-}5*x*y+0,0002*y*y$
28	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0025-2,163\text{E-}5*x+2,4022\text{E-}5*y+5,8676\text{E-}7*x*x-1,7414\text{E-}5*x*y+0,0002*y*y$
29	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0024-4,8481\text{E-}5*x+2,5024\text{E-}5*y+1,8015\text{E-}6*x*x-9,3382\text{E-}6*x*y+0,0001*y*y$
29	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0025-1,2207\text{E-}5*x-2,7922\text{E-}5*y+2,9485\text{E-}7*x*x-1,6024\text{E-}5*x*y+6,4731\text{E-}5*y*y$
30	JFOL	$\text{NOx_gs} = 0,0024+1,1891\text{E-}5*x-0,0004*y-1,0487\text{E-}7*x*x+5,8484\text{E-}6*x*y-0,0006*y*y$
30	JFLO	$\text{NOx_gs} = 0,0031-1,848\text{E-}5*x+7,5626\text{E-}5*y-4,5425\text{E-}8*x*x-1,5824\text{E-}5*x*y-0,0001*y*y$

D: Matriz de Correlação

	Mean	SD	Vehicle speed ECU	Vehicle speed ECU	aceleração	engine speed	engine speed	throttle position	engine coolant temp	iniciação via	VSP	PRESS	VEL	TEMP	FLOW	λ_n	TI (°C)	nt	Qs=100-ns	ns=nt	O2 (g/s)	CO2 (g/s)	NO (g/s)	NO2 (g/s)	NOx (g/s)	SO2 (g/s)	
Vehicle speed ECU	65.1771	2.10455	1.000000	0.871620	0.978511	-0.415511	0.543325	-0.065061	0.416037	0.005223	0.019853	0.498609	-0.371025	-0.028085	-0.137115	-0.259580	-0.395318	0.409225	0.400871	0.410692	0.355629	-0.118378	0.346224				
Vehicle speed ECU	5.9221	8.069	0.871620	1.000000	0.820584	-0.021596	0.422103	-0.019612	0.282110	0.142110	0.312798	0.578891	-0.239452	0.051261	-0.019771	-0.244109	-0.252415	0.274037	0.309747	0.277233	0.241768	-0.003277	0.233338				
aceleração	0.9209	2.176	0.978511	0.820584	1.000000	-0.407575	0.543749	-0.069712	0.419212	0.069644	0.003560	0.478345	-0.375486	-0.035307	-0.157845	-0.240279	-0.402921	0.131353	0.393338	0.414025	0.355119	-0.143038	0.347869				
engine speed	982.3009	496.214	-0.415511	-0.021596	-0.407575	1.000000	-0.428605	0.121734	-0.114021	-0.484460	0.254560	0.043223	0.482533	0.141106	0.304256	0.221800	0.483527	0.483436	0.304256	0.491907	-0.484118	-0.421840	0.238649	-0.417770			
throttle position	76.7543	271.262	0.543325	0.422103	0.543749	-0.428605	1.000000	-0.100699	0.932435	-0.023891	-0.155095	0.553136	-0.895871	-0.032891	-0.492515	-0.495018	-0.919335	0.929046	0.852053	0.929482	0.815625	-0.369282	0.804322				
engine coolant temp	125.6190	2.9738	-0.065061	-0.019612	-0.069712	0.121734	-0.100699	1.000000	-0.114021	-0.114021	-0.005639	0.054371	-0.018529	0.094527	-0.032797	-0.896862	-0.896862	0.198410	-0.011814	0.155231	-0.114007	-0.102297	0.018205	-0.111352			
iniciação via	4.5634	18.639	0.416037	0.282110	0.419212	-0.884460	0.932435	-0.114021	1.000000	-0.046173	-0.201340	0.394361	-0.985142	-0.040349	-0.571027	-0.527095	-0.984338	0.998816	0.914297	0.999095	0.877117	-0.401072	0.865091				
VSP	0.9954	5.232	0.005223	0.142110	0.069644	0.254560	-0.023891	-0.005639	-0.046173	1.000000	0.209456	0.082933	0.045256	0.095744	-0.012051	0.056299	0.041140	0.007000	0.022957	-0.046660	-0.038491	0.050938	-0.145385				
PRESS	12.1553	14.107	0.019853	0.312798	0.003560	0.547054	-0.155095	0.054371	-0.201340	0.209456	1.000000	0.342125	0.196623	0.109555	0.008925	0.246759	0.147686	0.206608	-0.147580	-0.201214	-0.171360	0.142415	-0.171232				
VEL	4.6044	4.662	0.498609	0.578891	0.478345	0.043223	0.553136	-0.018529	0.394361	0.029233	0.342125	1.000000	-0.331579	0.045891	-0.216781	-0.239461	-0.376908	0.388640	0.377261	0.390068	0.339775	-0.116928	0.334514				
TEMP	30.6448	6.644	-0.371025	-0.239452	-0.375486	0.482533	-0.895871	0.094527	-0.985142	0.045256	0.196623	-0.331579	1.000000	0.047734	0.429511	0.563388	0.967029	-0.385043	-0.910243	-0.985330	-0.866870	0.389267	-0.856535				
FLOW	445.5600	2507.771	-0.028085	0.051261	-0.035307	0.141106	-0.032679	-0.027997	-0.040349	0.069744	0.109555	0.045891	0.047734	1.000000	0.009971	0.001683	0.085662	0.055762	-0.041288	-0.004302	-0.031489	0.067216	-0.016954				
λ_n	6.0747	3.150	-0.220714	-0.227691	-0.198946	0.155161	-0.406930	0.048243	-0.433225	-0.012051	0.008925	-0.216781	0.429511	0.009971	1.000000	0.320381	-0.140638	0.708115	0.324759	-0.194549	0.643903	-0.432435	-0.413218	-0.381538			
TI (°C)	73.2318	18.121	-0.366873	-0.214519	-0.377829	0.483346	-0.855129	0.198410	-0.896862	0.069299	0.246759	-0.338029	0.904677	0.001683	0.320381	1.000000	0.439937	1.000000	0.564770	-0.270388	0.873933	-0.797264	0.386479	-0.794954			
Qs=100-ns	90.1867	4.884	-0.137115	-0.019771	-0.157845	0.304256	-0.492515	-0.011814	-0.571027	0.041140	0.147686	-0.127681	0.563388	-0.055427	-0.140638	0.439937	1.000000	0.370876	0.684554	-0.583985	-0.527044	-0.508495	-0.383093	-0.413430			
ns=nt	86.2916	19.016	-0.395318	-0.252415	-0.403921	0.483527	-0.919335	0.092168	-0.985142	0.046173	0.201340	-0.394361	-0.985142	-0.040349	-0.571027	-0.527095	1.000000	0.570876	0.848535	-0.984440	-0.869404	0.519034	-0.855647				
O2 (g/s)	8.3242	20.042	0.409225	0.274037	0.413153	-0.485392	0.929046	-0.114009	0.998816	-0.047620	-0.203186	0.388640	-0.985043	-0.041288	-0.019459	-0.898825	-0.513958	0.986959	0.902278	0.999774	0.890412	-0.417295	0.877818				
CO2 (g/s)	0.7117	0.744	0.400871	0.309747	0.393338	-0.419407	0.852053	-0.115499	0.914297	-0.022957	-0.147580	0.377261	-0.902243	-0.016834	-0.439003	-0.786068	-0.343499	-0.843635	0.902278	1.000000	0.910156	0.70437	-0.044999	0.764077			
NO (g/s)	5.9661	20.827	0.410692	0.277233	0.414025	-0.384118	0.929482	-0.114007	0.999095	-0.046660	-0.201214	0.390068	-0.985330	-0.040349	-0.031489	-0.866870	-0.508495	0.986959	0.999774	0.910156	1.000000	0.891394	-0.400540	0.878928			
NOx (g/s)	0.0002	0.001	0.353629	0.241768	0.355119	-0.421840	0.815625	-0.102297	0.877117	-0.038491	-0.171360	0.339775	-0.866870	-0.031489	-0.413218	-0.424691	-0.508495	0.869404	0.890412	0.770437	1.000000	0.891394	-0.284978	0.938851			
SO2 (g/s)	0.0028	0.001	-0.118378	-0.003277	-0.143038	0.238649	-0.369282	0.018205	-0.401072	0.069638	0.142415	-0.116928	0.389267	0.067216	-0.381538	0.366479	0.715162	-0.383093	0.519034	0.044999	0.044999	1.000000	0.400540	-0.284978	1.000000		
	0.0002	0.001	0.346224	0.233338	0.347869	-0.417770	0.804322	-0.111352	0.865491	-0.045385	-0.171323	0.334514	-0.856535	-0.016954	-0.408813	-0.794954	-0.413430	-0.398933	-0.855647	0.764077	0.878928	0.938851	-0.263278	1.000000			

ANEXOS

1: Carta de Aceite do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de fatores de emissão de poluentes através de perfis de condutores distintos

Pesquisador: JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 62982616.3.0000.5054

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.887.601

Apresentação do Projeto:

Projeto de Tese a ser apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, cujo o objetivo é analisar a influência da agressividade de perfis de condutores distintos no consumo de combustíveis e na emissão de poluentes. O estudo desenvolverá uma metodologia para relacionar os perfis de condutores distintos com o consumo de combustível e a emissão de poluentes para a elaboração de fatores de emissão para os diferentes estilos de condução. Os condutores selecionados serão convidados a conduzir o veículo transportador de carga de pequeno porte na região em estudo. Serão selecionados 120 condutores habilitados no mínimo na categoria B e divididos em dois grandes grupos: (P) condutores profissionais e (NP) condutores não profissionais. A partir disto, os condutores serão subdivididos por (G1) gênero masculino e (G2) feminino, faixa de idade e renda. Durante os experimentos serão colhidos os dados referentes a condução veicular e as emissões de poluentes. Os dados de condução serão coletados através de um dispositivo chamado On-Board Diagnostic (OBD), ligado à unidade de controle do motor (ECU) e monitora os parâmetros dinâmicos do motor continuamente, dispondo de parâmetros como velocidade, aceleração, rotações do motor, etc. Este dispositivo não interfere na condução nem no veículo e é largamente utilizado para diagnóstico do motor em oficinas mecânicas. A emissões de poluentes serão

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodolfo Teófilo

CEP: 60.430-275

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3366-8344

E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 1.887.601

monitoradas por meio de um analisador de gases acoplado ao escape do veículo que não interfere na condução nem no desempenho do veículo. Por meio dos fatores de emissão será possível traçar o perfil de uma determinada população e estimar o consumo de combustível e a emissão de poluentes em uma determinada região, elaborar inventários de emissões de poluentes de fontes veicular, avaliar de cenários e até gestão de políticas públicas para melhoramento da qualidade do ar. Os resultados serão tratados em laboratório e aplicadas técnicas de análises de dados para busca parâmetros para construção dos ciclos de condução e a sua relação com o perfil do condutor. A partir de então, poderão ser obtidos os fatores de emissão para os diferentes perfis de condutor estudados.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Analisar a influência da agressividade de perfis de condutores distintos no consumo de combustíveis e na emissão de poluentes.

Objetivo Secundário:

- (i) Propor um método para definição dos perfis de condutores;
- (ii) Relacionar os perfis de condutores distintos com consumo de combustíveis e a emissão de poluentes;
- (iii) Elaborar fatores de emissão para as faixas de perfis de condutores definidos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: O pesquisador relata que todos os equipamentos utilizados no monitoramento durante os experimentos não causam qualquer risco aos condutores nem ao tráfego em geral, estando assim os riscos associados aos condutores durante os estudo relacionados ao possível estresse causado pelo tráfego urbano e possíveis riscos de acidentes de trânsito em geral.

Benefícios: Os entrevistados não receberão nenhum benefício direto; entretanto, o pesquisador afirma que será possível traçar o perfil de uma determinada população e estimar o consumo de combustível e a emissão de poluentes em uma determinada região, elaborar inventários de emissões de poluentes de fontes veicular, avaliar de cenários e até gestão de políticas públicas para melhoramento da qualidade do ar.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa com objeto de pesquisa claros e congruentes com a metodologia apresentada.

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodolfo Teófilo

CEP: 60.430-275

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3366-8344

E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 1.887.601

Outros	TERMO_DE_COMPROMISSO_PARA_UTILIZACAO_DE_DADOS.pdf	12/12/2016 15:25:42	AZEVEDO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVR E_E_ESCLARECIDO.pdf	12/12/2016 15:16:49	JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO	Aceito
Orçamento	DECLARACAO_ORCAMENTO.pdf	12/12/2016 15:16:27	JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_PESQUISADORES.pdf	12/12/2016 15:16:08	JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AUTORIZACAO_INSTITUICAO.pdf	12/12/2016 15:15:46	JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO	Aceito
Cronograma	DECLARACAO_CRONOGRAMA.pdf	12/12/2016 15:15:23	JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO	Aceito

Situação do Parecer:

Pendente

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 09 de Janeiro de 2017

Assinado por:
FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA
(Coordenador)

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodolfo Teófilo

CEP: 60.430-275

UF: CE **Município:** FORTALEZA

Telefone: (85)3366-8344

E-mail: comepe@ufc.br

Continuação do Parecer: 1.887.601

Entretanto, não no TCLE não há menção sobre os procedimentos a serem adotados em caso de acidentes ou intercorrências durante a realização do experimento, como por exemplo, quem prestará socorro, quem arcará com as despesas em caso de acidentes ou quaisquer outras ações necessárias a garantir a integridade física e emocional dos participantes. Procedimentos administrativos descritos e congruentes com as recomendações da Resolução 466/12.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram apresentados e estão de acordo com a Resolução 466/12, com exceção do TCLE (vide item Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações).

Recomendações:

Vide item Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pesquisadora deverá:

- Revisar a linguagem utilizada no TCLE adotando termos de fácil compreensão por parte da amostra.
- Incluir no TCLE a descrição dos procedimentos a serem adotados no caso de acidentes ou qualquer outra intercorrência durante o experimento.
- Incluir versão e data da última modificação do TCLE, no rodapé de todas as páginas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_842406.pdf	13/12/2016 12:45:56		Aceito
Outros	CARTA_APRECIACAO_CEP.pdf	13/12/2016 12:45:28	JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_JULIE_ANNE_HOLANDA_AZEVEDO.pdf	13/12/2016 12:34:56	JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	13/12/2016 11:54:44	JULIE ANNE HOLANDA AZEVEDO	Aceito
Outros	TERMO_DE_COMPROMISSO_PARA_UTILIZACAO_DE_DADOS.pdf	12/12/2016 15:25:42	JULIE ANNE HOLANDA	Aceito

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodolfo Teófilo

CEP: 60.430-275

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3366-8344

E-mail: comepe@ufc.br

2: Caracterização físico-química do combustível diesel

ENSAIOS	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	METODOLOGIA
ASPECTO VISUAL	límpida com impureza	turva com impureza	límpida e isenta de impureza	NBR 14954
MASSA EPECÍFICA A 20°C	832,9Kg/m ³	830,3Kg/m ³	834,2Kg/m ³	NBR 14065
TEOR DE ENXOFRE	4,6	4,6	5,0	ASTM D5453
TEOR DE BIODIESEL	8,3	8,7	10,0	EN 14078
PONTO DE FULGOR	56,5	62,5	54,5	NBR 7974
DESTILAÇÃO - PIE	160,3	166,1	149,7	NBR 9619
DESTILAÇÃO - 10% EVAP.	194,9	197,7	227,4	
DESTILAÇÃO - 50% EVAP.	267,6	271,0	295,2	
DESTILAÇÃO 85% EVAP.	322,6	322,5	332,4	
DESTILAÇÃO 95% EVAP.	343,3	341,2	349,9	

Fonte: Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará (2018).