

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

ANDRÉ NAKAZONE BARBOSA

GABRIEL NAVARRO VASCO

RAFAELA ROCHA FURTADO

VICTOR HENRIQUE KOYANAGUI

**Caracterização do comportamento do rodízio dos anos 2007 a 2019 sob
o ponto de vista do congestionamento e da poluição**

São Paulo

2022

ANDRÉ NAKAZONE BARBOSA

GABRIEL NAVARRO VASCO

RAFAELA ROCHA FURTADO

VICTOR HENRIQUE KOYANAGUI

**Caracterização do comportamento do rodízio dos anos 2007 a 2019 sob
o ponto de vista do congestionamento e da poluição**

Versão original

Entrega do trabalho de conclusão de curso
apresentada na Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo, Brasil, para a
obtenção do diploma de graduação em
engenharia civil.

Orientador: Prof. Doutor Flavio Guilherme
Vaz de Almeida Filho



São Paulo

2022

Autorizamos a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Biblioteca

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Catálogo-na-publicação

Barbosa, André Nakazone

Caracterização do comportamento do rodízio dos anos 2007 a 2019 sob o ponto de vista do congestionamento e da poluição / A. N. Barbosa, G. N. Vasco, R. R. Furtado, V. H. Koyanagui – São Paulo, 2022.
200 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1.Mobilidade urbana 2.Congestionamentos 3.Poluição atmosférica
4.Espaço urbano I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Engenharia de Transportes II.t. III.Vasco, Gabriel Navarro
IV.Furtado, Rafaela Rocha V.Koyanagui, Victor Henrique

Nomes: BARBOSA, André Nakazone; FURTADO, Rafaela Rocha; KOYANAGUI, Victor Henrique; VASCO, Gabriel Navarro

Título: Caracterização do comportamento do rodízio dos anos 2007 a 2019 sob o ponto de vista do congestionamento e da poluição

Trabalho de conclusão de curso apresentado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Brasil, para a obtenção do diploma de graduação em engenharia civil.

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr.
(orientador)

Flávio Guilherme Vaz de Almeida Filho

Instituição:

Escola Politécnica - Univ. de São Paulo (EPUSP)

Julgamento:

Aprovado

Prof. Dr.

Cláudio Luiz Marte

Instituição:

Escola Politécnica - Univ. de São Paulo (EPUSP)

Julgamento:

Aprovado

Prof. Dr.

Edison de Oliveira Vianna Junior

Instituição:

CET - Companhia de Engenharia de Tráfego - SP

Julgamento:

Aprovado

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Doutor Flavio Guilherme Vaz de Almeida Filho que nos apoiou e propulsionou durante toda a elaboração do trabalho.

Ao Edson e ao Olimpio, membros da CET, por nos oferecerem seu tempo e atenção, participando de nossas discussões.

Ao Vicente Petrocelli, membro da CET, que respondeu algumas de nossas dúvidas.

Aos professores do IME-USP, Aline D. de Oliveira, Anatoli Iambartsev, Chang Chiann e Silvia N. Elan, que nos apoiaram e propuseram caminhos com relação ao trabalho estatístico.

À colega Helena K. Shiroma, pelas consultorias nas programações e análises estatísticas.

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que nos proporcionou o ambiente de estudo durante nossa graduação.

Resumo

O presente trabalho caracterizou e analisou os resultados da Operação Horário de Pico (OHP) ou, popularmente conhecido, rodízio veicular na cidade de São Paulo quanto aos impactos ambientais, pelo controle de emissões de poluentes atmosféricos, e quanto aos impactos no trânsito, por meio das informações de congestionamentos. Para tal, o trabalho tratou dados acerca do congestionamento, disponibilizados pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), de poluentes, fornecidos pelo Departamento de Trânsito (Detran) e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), além de informações sobre a percepção da população quanto ao rodízio de veículos obtidas por meio de uma pesquisa respondida por 326 pessoas.

Considerando o intervalo de estudo entre 2007 e 2019, pode-se notar que os congestionamentos na cidade de São Paulo tendem a ser maiores às sextas-feiras, dia da semana que, segundo a pesquisa realizada, apresenta menor número de veículos com restrição de circulação devido ao número da placa do automóvel. O congestionamento apresenta comportamento fortemente marcado pela sazonalidade, tanto ao se analisar o padrão diário, com dois picos de congestionamento ao longo do dia, como também o padrão semanal, com lentidão crescente ao longo da semana, e anual, em que os meses de janeiro e julho apresentam menores índices de lentidão, enquanto os meses de março, abril e novembro tiveram os maiores índices. As análises de eventos pontuais indicaram piores índices de congestionamento para o mês de julho de 2007, em que houve suspensão do rodízio, e melhorias dos índices durante os eventos da Copa do Mundo de 2014, em que houve extensão do horário de restrição de circulação.

Sob o ponto de vista da poluição atmosférica observou-se que, ao longo dos 13 anos de registro, ocorreu redução das concentrações dos poluentes analisados. Tal fato não condiz com a variação de veículos (circulantes ou registrados) no mesmo período, fazendo com que seja possível teorizar que outras políticas de controle de poluição foram mais efetivas do que a OHP. Já os eventos pontuais não demonstraram impactos evidentes diretos para as concentrações medidas, apesar das alterações notadas para a lentidão ao longo da cidade.

O questionário mostrou que a maioria das pessoas com mais de um automóvel escolhe placas diferentes em decorrência da Operação Horário de Pico. Ademais, apesar da minoria acreditar que o rodízio não funciona bem, a maior parte dos entrevistados indicou não ser a favor do endurecimento de suas regras.

Além de uma extensa caracterização da Operação Horário de Pico e de seus impactos, o estudo apontou indicativos de que as restrições de circulação dos automóveis podem gerar impactos positivos quanto à redução de congestionamentos. Mais estudos sobre o tema são necessários para avaliar a validade de tal medida.

Palavras chave: Rodízio veicular. Emissão de poluentes. Trânsito. Congestionamento.

Abstract

The present work characterized and analyzed the results of Road Space Rationing in the city of São Paulo in terms of environmental impacts, through the control of emissions of atmospheric pollutants, and in terms of impacts on traffic, through information on traffic jams. To this goal, the work treated data about traffic control, made available by the Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), pollutants, provided by the Departamento de Trânsito (Detran) and by the Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), in addition to information on the population's perception of Road Space Rationing obtained through a survey answered by 326 people.

Considering the study period between 2007 and 2019, it can be noted that traffic jams in the city of São Paulo tend to be greater on Fridays, the day of the week which, according to the survey carried out, has a smaller number of vehicles with circulation restrictions due to the license plate number of the car. Congestion shows behavior strongly marked by seasonality, both when analyzing the daily pattern, with two peaks of congestion throughout the day, as well as the weekly pattern, with increasing slowness throughout the week, and the annual pattern, in which the months of January, July and December have lower rates of slowness. The analysis of punctual events indicated worse congestion indexes for the month of July 2007, in which the Road Space Rationing was suspended, and improvements in the indexes during the World Cup events, in which there was an extension of the circulation restriction hours.

The questionnaire showed that most people with more than one car choose different license plates as a result of OHP. Furthermore, despite the minority believing that Road Space Rationing does not work well, most respondents indicated that they were not in favor of tightening their rules.

In addition to an extensive characterization of Operation Hour Peak and its impacts, the study pointed out indications that restrictions on car circulation can generate positive impacts in terms of reducing congestion. More studies on the subject are needed to assess the validity of such a measure.

From the point of view of atmospheric pollution, it was observed that over the 13 years of registration, there was a reduction in the concentrations of the pollutants analyzed, probably associated with policies to control fuel control, improvements in automobiles and changes in standards of circulation, such as the inauguration of subway stations and bus corridors. Punctual events, on the other hand, did not show direct evident impacts on the measured concentrations, despite the changes noted for slowness throughout the city.

Keywords: Road Space Rationing. Emission of pollutants. Traffic. Congestion.

Lista de Siglas:

OHP: Operação Horário de Pico

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CET: Companhia de Engenharia de Tráfego

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ONU: Organização das Nações Unidas

GNV: Gás Natural Veicular

MP: material particulado

OMI : Organização Meteorológica Internacional

OMM : Organização Meteorológica Mundial

PNUMA: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

CLRTAP: Convenção sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância

WCC: Conferência Mundial do Clima

IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

DSV: Departamento de Operações do Sistema Viário

Proconve: Programa de Controle de Emissões Veiculares

Proálcool: Programa Nacional do Álcool

OPAEP: Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo

PCPV: Plano de Controle de Poluição Veicular

SCR: Selective Catalyst Reduction

ZMRC: Zona Máxima de Restrição de Circulação

ZERC: Zona Especial de Restrição de Circulação

VER: Vias Estruturais Restritas

VUC: Veículo Urbano de Carga

AET: Autorização Especial de Trânsito

DCA: Departamento de Ciências Atmosféricas

IAG: Instituto de Astronomia Geofísicas e Ciências Atmosféricas

VEIN: Vehicular Emissions Inventory

DPT: Departamento de Pesquisas e Simulações de Tráfego

OMS: Organização Mundial da Saúde

UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro

Sumário

1. Introdução	18
2. Objetivo	24
2.1. Objetivo Geral	24
2.2. Objetivo Específico	24
3. Justificativa	25
4. Avaliação de medidas de restrição de circulação em outras cidades	26
4.1. Delhi, Índia	27
4.2. Jakarta, Indonésia	32
4.3. Resultados obtidos	37
5. Histórico	38
5.1. Pré - Implantação	38
5.1.1. Questão ambiental em contexto global	38
5.1.2. Demais modos de transporte	39
5.1.3. Políticas de controle de qualidade dos combustíveis e de emissão de poluentes	41
5.2. Pós implantação	45
5.3. Zona de Máxima Restrição de Circulação - ZMRC	47
5.4. Zona de Máxima Restrição de Fretamento	49
6. Materiais e métodos	51
6.1. Intervalo de Estudo	51
6.2. Congestionamento vs. Poluentes	52
6.3. Congestionamento	52
6.4. Poluentes	53
6.4.1. Classificação dos poluentes	53
6.4.2. Fonte de dados	57
6.4.3. Estações de monitoramento	59
6.4.4. Dados de poluição	60
6.5. Questionário	61
6.5.1. Parte um	62
6.5.2. Parte dois	63
	15

6.5.3. Confiabilidade	64
6.5.4. Tratamento dos dados	67
7. Hipóteses e verificação	68
7.1. O comportamento usual em dias úteis mostra pico de congestionamento durante o horário de OHP, e queda durante o intervalo entre 10h e 17h;	68
7.2. Dias Úteis da semana possuem variedade em relação à quilometragem de congestionamento medidas.	69
7.3. De 2007 a 2019 houve um aumento consideravelmente constante no número de veículos, registrados e circulantes, na cidade de São Paulo;	76
7.4. Os anos que possuem maior valor de veículos circulantes possuem uma relação direta com o aumento de quilometragem congestionada registrada;	79
8. Congestionamento	87
8.1. Caracterização	87
8.1.1. Sazonalidade	87
8.1.1.1. Diário - pico manhã x vale do almoço x pico tarde	87
8.1.1.2. Semanal - mostrar que os dias úteis são piores	87
8.1.1.3. Anual - mostrar que diferentes épocas do ano apresentam comportamentos distintos (exemplo: dezembro-janeiro; julho)	88
8.2. Comparação entre os resultados das suspensões e do rodízio normal	90
8.2.1. Reamostragem por Bootstrapping	92
8.2.2. Comparação de cenários	93
8.3. Análises pontuais	101
8.3.1. Suspensão de julho de 2007	102
8.3.2. Extensão do Rodízio na Copa do Mundo de Futebol de 2014	108
9. Poluição	112
9.1. Análise anual dos poluentes	112
9.2. Análise mensal e semanal de poluentes	112
9.3. Análises pontuais	117
9.3.1. Suspensão de julho de 2007	118
9.3.2. Extensão do Rodízio na Copa do Mundo de Futebol de 2014	122
9.3.3. Greves	127
10. Questionário	133
10.1. Caracterização dos respondentes	133
	16

10.1.1. Idade	133
10.1.2. Localização	134
10.2. Confiabilidade	137
10.3. Resultados	138
10.4. Impacto da idade na percepção pública	144
10.5. Relação da percepção pública com os impactos avaliados do rodízio e considerações	146
11. Conclusão e Considerações Futuras	149
12. Referências	154

1. Introdução

O fluxo de automóveis nos centros urbanos vem sendo estudado desde as primeiras problematizações que o grande número de veículos acarreta em ambientes cada vez mais populosos. Dessa maneira, políticas de controle de emissões de poluentes e programas de adequação à dinâmica veicular devem ser aspectos de grande relevância no planejamento urbano de uma sociedade. Em concordância com tal reflexão, de acordo com Oktanza Nafila em *Road space rationing to reduce traffic congestion: an evaluation of the odd-even scheme in Jakarta, Indonesia* (NAFILA, 2018), há métodos de Gerenciamento de Demanda de Viagens (TDM, em inglês) que consistem em estratégias para promover mudanças nas escolhas de modos de transportes, evitando o uso de veículos particulares e modificando a demanda de viagens de duas maneiras mais usuais: primeiro, através de promoções de transportes mais saudáveis e eficientes (conhecidos como *Soft Policies* ou *Pull Measures*, que em tradução livre seria “Políticas Suaves” e “Medidas de Impulsão”, respectivamente), ou segundo, desencorajando usuários de veículos privados (conhecido como *Hard Policies* ou *Push Measures*, que em tradução livre seria “Políticas Agressivas” e “Medidas de Coação” respectivamente). Dentre as medidas classificadas como *Push Measures*, Oktanza Nafila (2018) citou que uma das mais conhecidas é o sistema de restrição veicular baseada na identificação da placa, análoga à maneira que a Operação Horário de Pico (popularmente conhecido como Rodízio de carros, ou apenas Rodízio, denominações que serão tratadas como sinônimo nesse trabalho) em São Paulo. Também segundo Nafila em sua pesquisa, alguns dos principais motivos pelos quais o Rodízio é sempre uma opção para ser implantada são: a facilidade de implantação e controle comparado com a logística de pedágios urbanos e a sensação mais agradavelmente percebida pelo público, uma vez que todos os donos de carros seguem a mesma regra.

O modelo de restrição veicular da cidade de São Paulo já está em vigor há mais de duas décadas e, para muitos paulistanos, já foi incorporado às dinâmicas de mobilidade individuais. Contudo, a avaliação de seu funcionamento se faz necessária em decorrência do longo período de manutenção de tal política; para permitir a contextualização do momento de implementação da restrição veicular na

cidade de São Paulo, é necessário fazer um breve histórico de projetos que ocorreram ou foram planejados nos anos anteriores e que incentivaram a concepção da operação como é vista atualmente.

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, promoveu de 1976 a 1980 ações preventivas e corretivas para proteger a saúde da população contra os efeitos da poluição do ar. Neste período, desenvolveu a Operação Inverno, que combatia os danos causados à saúde pelo episódio agudo de poluição através de um conjunto de medidas preventivas, atuando até meados da década de 1980. Conseguiu reduzir os teores de enxofre dos óleos combustíveis industriais e a substituição de matrizes energéticas em caldeira (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, 1997).

No final da década de 1980, CETESB começou a priorizar a fiscalização de emissões excessivas de fumaça preta por veículos movidos a diesel. O programa compreendeu desde as inspeções, treinamento e orientação aos transportadores, até a aplicação de multas aos motoristas de veículos em condições inapropriadas (padrão 2 da escala Ringelmann¹) (BIANEK, J., 2021). A partir de 1995, esse trabalho sofreu ainda mais intensificação no período do inverno, e ganhou o nome de Operação Caça-Fumaça.

No mesmo ano, implantou-se a Operação Rodízio, campanha voluntária de restrição à circulação de veículos automotores leves, realizada durante 5 dias e organizada pelas Secretaria do Meio Ambiente, CETESB e Defesa Civil do Estado de São Paulo. Durante esse período, registrou-se adesão de 38,1% e chegou a um pico de 45,1%. Mesmo antes de ser implementada, os organizadores esperavam através de pesquisas de opinião pública, que a adesão seria significativa na população do Estado, entre 64% e 90% (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, 1997).

A partir da Operação Rodízio de 1995, tinha-se amparo para o desenvolvimento e aplicação da Operação Rodízio 96, de natureza obrigatória e de

¹ Escala Ringelmann - método utilizado para quantificar a densidade das fumaças analisadas. Possui um gradiente de tons de cinza, que é utilizado por comparação visual com os gases emitidos. Setorizado em 5 padrões, cada fração representa um aumento de 20% da densidade da fumaça. (COELHO, 2013)

maior duração (cerca de um mês). Essa Operação visava inicialmente diminuir as concentrações de monóxido de carbono em cerca de 30% e depois focou em restringir a circulação de cerca de 20% dos veículos.²

Para essa Operação, o nível de aprovação por parte da população reduziu, segundo pesquisa do Datafolha na época, 62% estariam a favor (FOLHA DE S. PAULO, 1996). Todavia, segundo Rogério Schlegel (SCHLEGEL, 1996) colunista da Folha durante esse período, a pesquisa realizada em 1996 entrevistou apenas os cidadãos que utilizavam veículos particulares, enquanto a de 1995 incluiu um espectro que englobava também a população que não possuía veículos automotores.

Em março de 1996, o governo estadual de São Paulo criou, por meio da edição do decreto Nº40.700, o Programa Operação de Controle da Poluição do Sistema de Transportes do Estado de São Paulo. Tal programa estipulava que em um prazo de até 60 dias deveriam ser apresentadas propostas de diretrizes para o controle de poluição, principalmente para a Região Metropolitana de São Paulo, para melhor integração da variável ambiental no controle do sistema de transportes individual e coletivo (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, 1997).

Simultânea às questões ambientais que estavam sendo levantadas pelas propostas citadas, a dinâmica do tráfego na cidade de São Paulo passou por importantes mudanças nas últimas décadas; com o crescimento populacional, a frota de veículos também apresentou considerável aumento. Entre 1992 e 1996, a frota de veículos particulares no município cresceu 22%, acompanhada de um crescimento de 24% no consumo de combustíveis; além disso, no mesmo período observou-se uma piora de 13% da velocidade média do tráfego no sistema estrutural no período da tarde e uma piora de 22% no período da manhã (CET, 2005).

Com base neste cenário de importantes alterações no tráfego da cidade, e inspirados no modelo visto pela Operação Rodízio em 1995 e 1996, em outubro de

² Segundo os idealizadores, baseados em modelos elaborados pela EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) e dados fornecidos pela CET (Companhia de Engenharia de Tráfego), estimou-se que em uma avenida com características semelhantes a Av. Dr. Arnaldo, o rodízio de duas placas por dia acarretaria em uma redução de monóxido de carbono em cerca de 31%, nos horários de maior concentração de veículos, das 7h às 20h.

1997, por meio da LEI Nº 12.490, foi implantado o sistema de rodízio veicular no município de São Paulo. Essa operação ganhou o nome oficial de Operação Horário de Pico (OHP), ou popularmente conhecido como Rodízio, e sua área de atuação é dentro da cidade de São Paulo. Segundo o site da Prefeitura de São Paulo (PREFEITURA DE SÃO PAULO ^F, 2022), o programa de restrição de veículos automotores no município de São Paulo tem por objetivo “a melhoria das condições do trânsito, através da redução do número de veículos em circulação nas vias públicas, de 2ª a 6ª feira, exceto feriados”. Nota-se, portanto, que o objetivo dessa OHP visava a melhora no trânsito local, e não mais os aspectos ambientais que inspiraram as operações anteriores na Grande São Paulo, embora seja possível relacioná-las como visto na Operação Rodízio 96.

O funcionamento da Operação Horário de Pico é baseado em dias da semana específicos nos quais alguns finais de placas de veículos não podem circular durante um período de tempo, organizado segundo a Quadro 01:

Quadro 01 - Restrições de circulação segundo o último dígito da placa

Finais de placas que não podem circular durante a semana (dia e horário)					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Das 7h às 10h e das 17h às 20h	1 e 2	3 e 4	5 e 6	7 e 8	9 e 0

Fonte: CET, 2022

Além disso, a área na qual essa limitação deve ser respeitada é focada no centro expandido da cidade de São Paulo, ou seja, não engloba a totalidade do município. A área, representada na Figura 01, é limitada pelas Marginais Pinheiros e Tietê, Avenida dos Bandeirantes, Afonso D'Escagnolle Taunay, Tancredo Neves, Professor Luís Inácio de Anhaia Mello e Salim Farah Maluf, além do Complexo Viário Maria Maluf, Viaduto Grande São Paulo e das Juntas Provisórias.

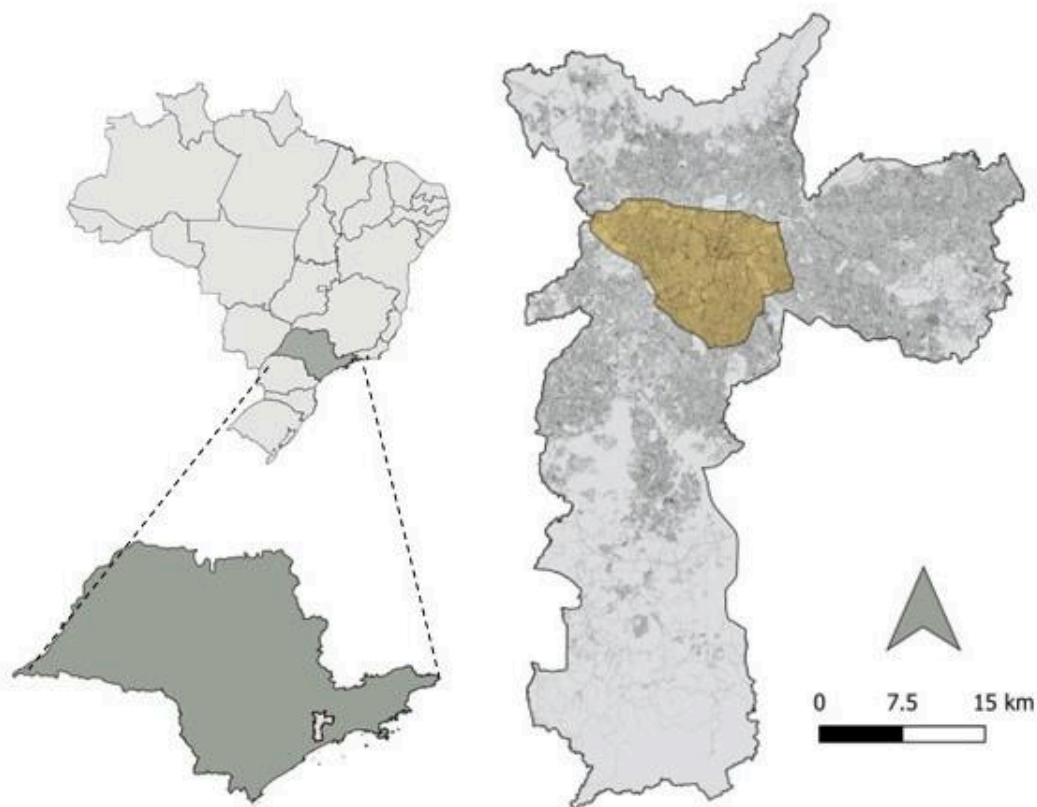
Tais restrições são válidas para veículos particulares, independentemente da cidade de origem do veículo, que não sejam essenciais para os serviços da cidade ou que não transportam pessoas com deficiência (esses veículos citados devem ser devidamente identificados); motos, táxis e vans escolares também são isentas do rodízio. Alguns veículos podem ter suas áreas de ação modificadas, a exemplo dos caminhões e ônibus fretados, nas chamadas Zona de Máxima Restrição de Circulação - ZMRC e Zona de Máxima Restrição de Fretamento, respectivamente. As punições não consideram a ocorrência de infrações anteriores e o intervalo entre elas, ou seja, é possível receber mais de uma infração no mesmo dia. Como forma de garantir maior adesão e apresentar punição àqueles que descumprem a restrição, é aplicada uma multa para os infratores; em 2022, a infração, classificada como média, resulta em uma cobrança no valor de R\$130,12 e quatro pontos na Carteira Nacional de Habilitação.

A área do rodízio representa um importante ponto focalizador dos fluxos de veículos da cidade de São Paulo, embora ela ainda seja consideravelmente pequena perto das dimensões da megacidade. De acordo com o IBGE (2022), a cidade possui uma área de mais de 1500 km² e população estimada de mais de 12 milhões de pessoas; a frota de automóveis registrados é de quase 6 milhões de carros, mais de 1 milhão de motos e mais de 700 mil caminhões e caminhonetes. Nota-se que se trata de uma cidade com volumes e dimensões extremas se comparadas a maior parte das organizações urbanas, confirmada pelo ranking feito pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2018 que posiciona São Paulo como a 4º cidade mais populosa do mundo (UNITED NATIONS, 2018). Esse fato, entretanto, pode vir a carregar empecilhos, como é o caso da posição da cidade no aspecto “Tempo gasto no trânsito”, indicada na pesquisa *TOMTOM TRAFFIC INDEX Ranking 2021* (TOMTOM, 2022), que categoriza São Paulo como 68º pior cidade do mundo em 2021 (18º se considerarmos cidades com mais de 8 milhões de habitantes) em uma lista com 404 cidades, e que já chegou a um pico de trânsito de 293km em 2009 (TERRA, 2022).

Devido às diversas operações públicas que visavam o uso dos veículos e o controle de poluentes atmosféricos que atingiram a Região Metropolitana em um curto espaço de tempo, este trabalho levanta o questionamento sobre como, a partir

de dados disponibilizados ao público, o Rodízio de veículos afetou a dinâmica veicular na cidade de São Paulo. Dessa maneira, esta pesquisa visou responder os seguintes questionamentos: “Como comparar São Paulo em cenários com e sem a presença da OHP?”; “A dinâmica de veículos sofreu alguma alteração devido à presença ou ausência da Operação?”; “A emissão de poluentes sofreu algum impacto devido a presença do Rodízio?”; “Como a população, atualmente, enxerga a relevância da OHP?”. A partir dessas dúvidas, o presente trabalho elaborou métodos e visou obter respostas que fossem elucidativas e inspiradoras para análises cada vez mais específicas, dada a grande complexidade do tema.

Figura 01 - Centro expandido, área de abrangência do Rodízio veicular no município de São Paulo.



Fonte: Os autores baseado no site GeoSampa.

2. Objetivo

2.1. Objetivo Geral

Caracterizar a OHP entre os anos de 2007 e 2019, sob o ponto de vista de congestionamentos e poluição atmosférica, auxiliando na análise de efetividade do rodízio na cidade de São Paulo

2.2. Objetivo Específico

Tendo em vista a verificação da validade do programa de restrição de circulação dos veículos em São Paulo, o trabalho buscou:

- Explicitar o contexto em que a implementação da OHP ocorreu, permitindo o entendimento das circunstâncias e dos objetivos da proposta;
- Verificar hipóteses acerca do Rodízio que são aceitos de forma geral e, portanto, pouco questionadas;
- Caracterizar o funcionamento do rodízio de veículos entre 2007 e 2019, evidenciando os padrões de comportamento e as alterações pontuais que ocorreram ao longo dos anos;
- Caracterizar o impacto da restrição nos congestionamentos do município de São Paulo, explicitando os padrões observados quanto à mobilidade da população sendo que, congestionamento e lentidão serão tratados como sinônimos para esse trabalho;
- Caracterizar o impacto da restrição para a poluição atmosférica;
- Identificar a aceitação da população geral quanto ao Rodízio;
- Detectar indícios da efetividade ou não do Rodízio para a redução de congestionamentos e da poluição atmosférica;
- Fornecer subsídios para estudos posteriores acerca da efetividade da Operação Horário de Pico;
- Relacionar os impactos observados com a percepção da população.

3. Justificativa

A política de adoção do Rodízio municipal em São Paulo de forma definitiva a partir de 1997 gerou grandes efeitos para a mobilidade da população não apenas do município, mas da Região Metropolitana de forma geral. Apesar do decreto partir de premissas de melhorias significativas na cidade resultantes da restrição de circulação de automóveis, os impactos devem ser verificados a longo prazo. Passados mais de 20 anos de sua implementação, avaliar se há indicadores de que o programa atendeu os objetivos inicialmente estabelecidos é necessário.

Apesar de o estudo enfatizar os dados disponibilizados para o município de São Paulo, ressalta-se que as conclusões do estudo poderiam ser aplicadas a outras cidades como base para diagnósticos futuros acerca da implantação de medidas semelhantes ao modelo de Rodízio veicular de São Paulo. Além disso, a retomada da discussão de uma política de impacto tão amplo pode criar bases para estudos mais aprofundados sobre mobilidade urbana, abrindo caminhos para o aperfeiçoamento de políticas sobre o tema.

4. Avaliação de medidas de restrição de circulação em outras cidades

Tendo em mente que o estudo de impacto ambiental não é trivial, mostrou-se necessário a revisão de pesquisas que analisam os impactos ambientais de sistemas de Rodízio de veículos em outras cidades. A partir de tais pesquisas, o presente trabalho teve bases comparativas para agregar, refutar ou confirmar as nossas conclusões.

Com o intuito de abranger melhor as diversas possibilidades que pudessem alterar as nossas análises, mostrou-se necessário que este trabalho analisasse cidades semelhantes cujas características populacionais e de frota veicular fossem comparáveis com as de São Paulo.

Os autores determinaram ser pertinente salientar os devidos aspectos referentes à frota de veículos e população da cidade de São Paulo:

- Cidade com população próxima à de São Paulo - cerca de 12 milhões de habitantes (WORLD POPULATION REVIEW ^C, 2022)
- Registro de mais de 6 milhões de carros e 1 milhão de motos (IBGE, 2022)
- Países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento;
- Cidade com crescimento veloz, orgânico e de maneira não padronizada.

Com essas premissas, buscou-se cidades com grande população, grande volume de automóveis, processo de urbanização menos orientado (ao contrário das cidades europeias e anglo-americanas) e com material de estudo de fácil acesso à pesquisa. Dentre as possibilidades, analisou-se:

- Jakarta, Indonésia: Com uma população de mais de 11 milhões de habitantes (WORLD POPULATION REVIEW ^B, 2022), com 4.5 milhões de carros e 13 milhões de motos (ISMAIL, 2018);
- Delhi, Índia: Com uma população de mais de 17 milhões de habitantes (WORLD POPULATION REVIEW ^A, 2022), mais de 3 milhões de carros e cerca de 8 milhões de motos (THE PRINT, 2022).

Esta pesquisa obteve dados que pudessem ser levados à similaridade com a realidade paulistana, o que fez com que possíveis lacunas pudessem ser preenchidas com análises de regiões internacionais. Por fim, para compilar de maneira mais eficiente os diversos termos regionais utilizados nas cidades para se referir ao tipo de restrição veicular vista em São Paulo (Rodízio), foi realizada uma compilação das principais nomenclaturas obtidas durante a pesquisa. Dessa forma, lista-se:

- Road Space Rationing, utilizada em países anglófonos.
- Hoy No Circula, utilizada no México (RODRÍGUEZ, 2016)
- Pico y Placa, utilizada na Colômbia (RODRÍGUEZ, 2016)
- Rodízio de Veículos, utilizado no Brasil

Com isso, segue-se uma síntese dos resultados obtidos das pesquisas analisadas em outras cidades.

4.1. Delhi, Índia

Figura 02: Mapa da cidade de Delhi



Fonte: Retirado do site Maps of India (2020)

De acordo com a pesquisa *Study on Ambient Air Quality of Megacity Delhi, India During Odd–Even Strategy* (SHARMA et al, 2017) e *Number Plate Based Road Space Rationing - A Case Of New Delhi* (KURIAKOSE et al, 2017), o rodízio de Delhi foi dividido em duas fases. Fase 1, de 1º de janeiro de 2016 a 15 de janeiro de 2016, durante o inverno no país e Fase 2, de 15 de abril de 2016 a 30 de abril de 2016, durante o verão no país. Os veículos que sofreram as restrições eram os particulares, com as seguintes exceções: carros movidos a Gás Natural Veicular (GNV), ônibus, veículos elétricos/híbridos, veículos de duas rodas, três rodas, veículos de emergência como ambulância e bombeiros, caminhões, veículos exclusivos para mulheres, incluindo crianças de até 12 anos viajando com elas, veículos da polícia e carros com números VIP seletivos. O rodízio de veículos foi baseado em divisão entre placas com final par e placas com final ímpar, afetando 50% da frota.

O estudo realizado por Sharma (2017) observou alguns poluentes atmosféricos antes da implantação do programa, durante e após seu término, em cada fase. E os resultados podem ser resumidos de acordo com a Tabela 01:

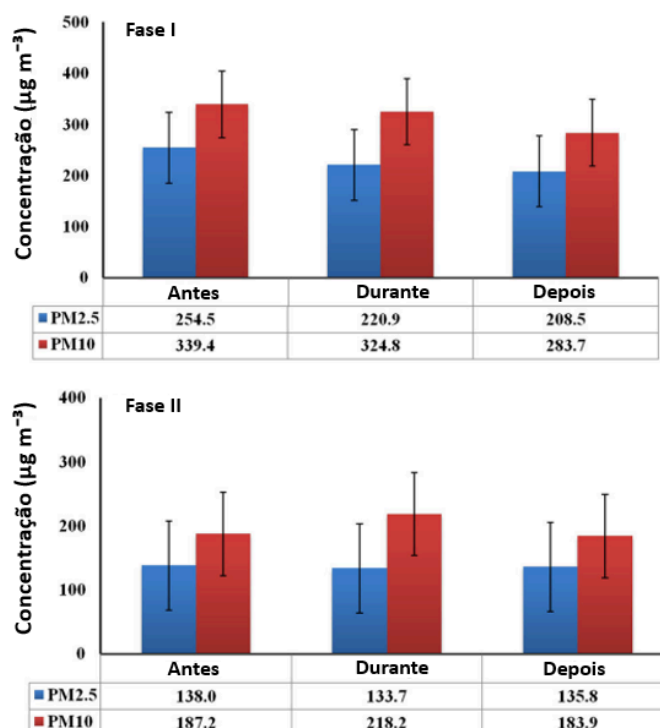
Tabela 01: Proporções médias de gases residuais ambientais antes, durante e depois das etapas

Parâmetros	Antes	Durante	Depois
Fase 1 (1-15 de janeiro de 2016)			
NO _x (ppb)	47,06 ± 6,61	41,36 ± 6,09	49,92 ± 5,92
CO (ppm)	1,78 ± 0,14	1,69 ± 0,27	1,77 ± 0,13
SO ₂ (ppb)	1,97 ± 0,37	1,74 ± 0,28	2,22 ± 0,19
NH ₃ (ppb)	25,9 ± 4,23	15,16 ± 2,98	22,45 ± 3,37
Fase 2 (15-30 de abril de 2016)			
NO _x (ppb)	38,46 ± 8,42	32,59 ± 9,12	39,18 ± 6,91
CO (ppm)	2,77 ± 0,53	2,10 ± 0,32	2,23 ± 0,45
SO ₂ (ppb)	2,22 ± 0,41	2,17 ± 0,29	2,42 ± 0,43
NH ₃ (ppb)	20,11 ± 5,12	12,07 ± 4,18	16,42 ± 4,21

Fonte: Adaptado de SHARMA et al, 2017

Além desses poluentes, a pesquisa de Sharma (2017) também analisou a concentração de material particulado de 2,5 µm e 10 µm, denominados MP2,5 e MP10 respectivamente, apresentados na Figura 03.

Figura 03: Concentração de MP2,5 e MP10 antes, durante e depois das etapas



Fonte: Adaptado de SHARMA et al, 2017

Pode-se notar que os 4 poluentes analisados pela pesquisa em Delhi demonstraram uma curva de comportamento Alto-Baixo-Alto, fazendo com que a percepção seja de que o sistema de rodízio possa ter levado a resultados positivos durante sua implantação.

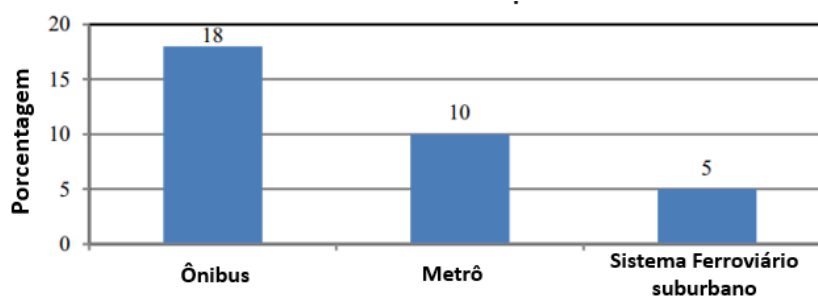
Entretanto, de acordo com a pesquisa realizada em Delhi, o material particulado não demonstrou um comportamento similar ao das outras emissões, conforme apresentado na Figura 03. Analisando a Fase 1, o material continuou decaindo mesmo após o retorno da completude da frota, enquanto na Fase 2 houve um agravamento das emissões de MP10 durante o período em que foi implantado o rodízio. Com esses comportamentos, os pesquisadores não chegaram a concluir se o sistema de rodízio adotado na cidade de Delhi obteve grandes interferências nas emissões de material particulado, atribuindo a maior parcela das causas de alterações de concentrações às condições climáticas (como frequência e intensidade pluviométrica ou direção e fluxo de ventos). Porém, também demonstraram que tais resultados foram obtidos para um período curto de

programa, não sendo possível concluir benefícios do rodízio em projetos de longo prazo.

Quanto às alterações no trânsito local durante o período em que o programa estava atuante, a pesquisa *Impact of Odd Even Scheme on Transportation Systems in Delhi*, (RAO et al, 2017), realizou um questionário online com 500 pessoas durante a Fase 1 do programa de rodízio de Delhi. As perguntas analisaram a percepção dos cidadãos de Delhi quanto às alterações de comportamento que tiveram que ocorrer para que o programa obtivesse sucesso. Entre as perguntas realizadas estavam o tempo e velocidade de viagem, uso de caronas, reações contra o programa, conforto nas alterações de fluxo de passageiros em trens e ônibus, segurança, satisfação geral, entre outras perguntas.

A pesquisa também demonstrou que houve uma mudança no comportamento dos cidadãos quanto à escolha dos modos de transporte, mostrando que houve um considerável aumento no número de usuários que utilizam transportes coletivos, podendo ser simplificado pela Figura 04:

Figura 04: Porcentagem de aumento do número de usuários devido ao Programa Par-ímpar, segundo modo de transporte



Fonte: Adaptado de RAO et al, 2017

Além disso, a pesquisa demonstrou que ao término do programa houve diminuição na velocidade média e aumento no tempo de percurso, independentemente do sentido da viagem, como mostrado na Tabela 02:

Tabela 02: Velocidades médias e tempos de viagem de carro e de ônibus durante o Programa

Parâmetro	Durante o Programa		Depois do Programa	
	Ônibus	Carro	Ônibus	Carro
Direção: Badarpur para Minto Road				
Velocidade Média (km/h)	18,2	23,7	16,7 (-8,00%)	19,9 (-16,2%)
Tempo de viagem (min)	81	62	88 (8,6%)	74 (19,4%)
Direção: Route Minto Road para Badarpur				
Velocidade Média (km/h)	14,7	-	10,5 (-29%)	-
Tempo de viagem (min)	103	-	145 (40,8%)	-
Valores entre parênteses mostram as porcentagens de aumento e redução em relação ao período de funcionamento do programa				
- ' indica dados não coletados				

Fonte: Adaptado de RAO et al, 2017

Cabe ressaltar que além da implantação do programa, de acordo com a pesquisa, houve um acréscimo na frota de ônibus em cerca de 23%.

A partir de RAO *et al* (2017), houve melhoras significativas, ainda mais com incentivo de outros programas que auxiliaram na concretização do programa, como aumento na frota de ônibus. Entretanto, ao final dos dias analisados (Fase 1), notou-se que o nível de aprovação do programa começou a ter uma leve queda, juntamente com a satisfação com os transportes públicos. Dessa maneira, os próprios pesquisadores levantaram o questionamento sobre a real efetividade do programa caso ele seja demasiadamente prolongado.

Analisa-se, portanto, que a partir de tais pesquisas realizadas na cidade de Delhi, na Índia, é possível teorizar que os resultados esperados para a implantação de um programa de rodízio em curto prazo (menos de 1 mês de duração) acrescido de incentivos ao transporte público (como aumento na frota) possam resultar em uma melhora em alguns poluentes atmosféricos emitidos por veículos, e uma melhora no trânsito local. Entretanto, nada pode se concluir sobre os resultados esperados a longo prazo, tanto no viés ambiental quanto no de tráfego de veículos.

4.2. Jakarta, Indonésia

Figura 05: Mapa da cidade de Jakarta



Fonte: Adaptado dos sites On the World Map (2019) e Maps of World (2013)

Baseando-se na pesquisa já citada de Oktanza Nafila (NAFILA, 2018), houve processos de tentativa de implantação de rodízio em Jakarta, alguns deles distintos do modelo paulistano. Como exemplo, pode-se citar o chamado “3 em 1” (ISMAIL, 2018), em que os veículos que possuíam pelo menos 3 passageiros estavam isentos do rodízio; durou pouco tempo devido às autoridades locais argumentarem problemas de impactos sociais.

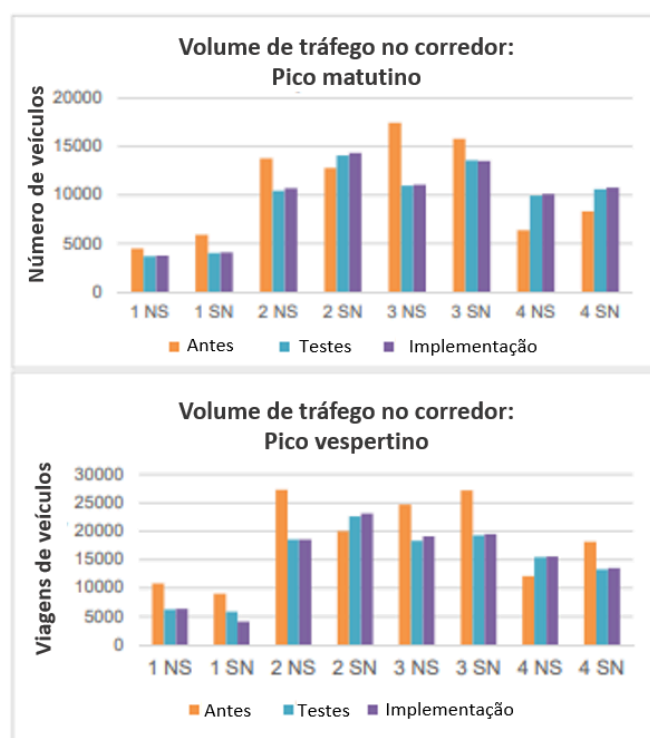
O programa que foi implementado em 2016, já similar ao modelo de São Paulo, teve um período de testes em julho de 2016, no qual as infrações não eram punidas, e depois de uma maneira mais afirmativa em agosto do mesmo ano, com aplicações de multas e taxações, mantendo-se em funcionamento por 7 meses. Os períodos de restrição focaram nos horários de pico, das 7h às 10h (pico matutino) e das 16h às 20h (pico vespertino) e, assim como em Delhi, a separação dos veículos era estabelecida entre placas de finais pares e ímpares.

Os resultados da pesquisa de Oktanza foram divididos em 3 partes: Antes da implantação, Durante a fase de Testes e Durante a implantação. Notou-se que, na maior parte das vias nas quais as restrições eram válidas, comparando a fase de

testes com a fase antes da implantação, houve redução do volume de tráfego e melhora de 2% da velocidade média dos veículos, tanto para o pico matutino quanto para o vespertino, como observado na Figura 06 e Figura 07 respectivamente. Seguindo uma tendência similar, o tempo médio de viagem também sofreu redução durante a fase de testes, demonstrado na Figura 08; contudo, 72% dos entrevistados reclamavam de piora no trânsito.

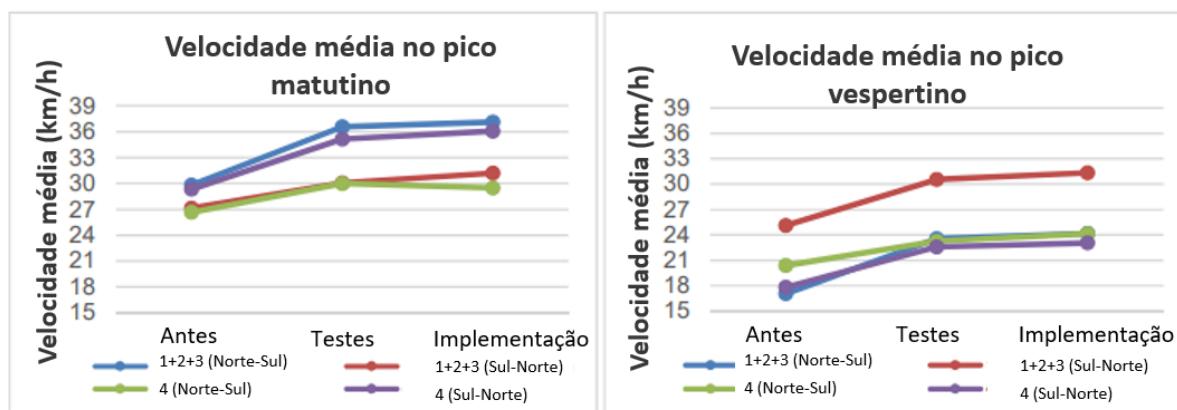
Acrescido a isso, observou-se que, embora houvesse um ganho em relação ao período sem implantação e ao período de teste, não houve quase nenhuma alteração entre o período de teste e o restante dos 7 meses de aplicação. Como demonstrado na Figura 06, Figura 07 e Figura 08.

Figura 06: Comparação do volume de tráfego nos períodos matutino e vespertino na via em análise. NS indica sentido Norte-Sul e SN indica sentido Sul-Norte



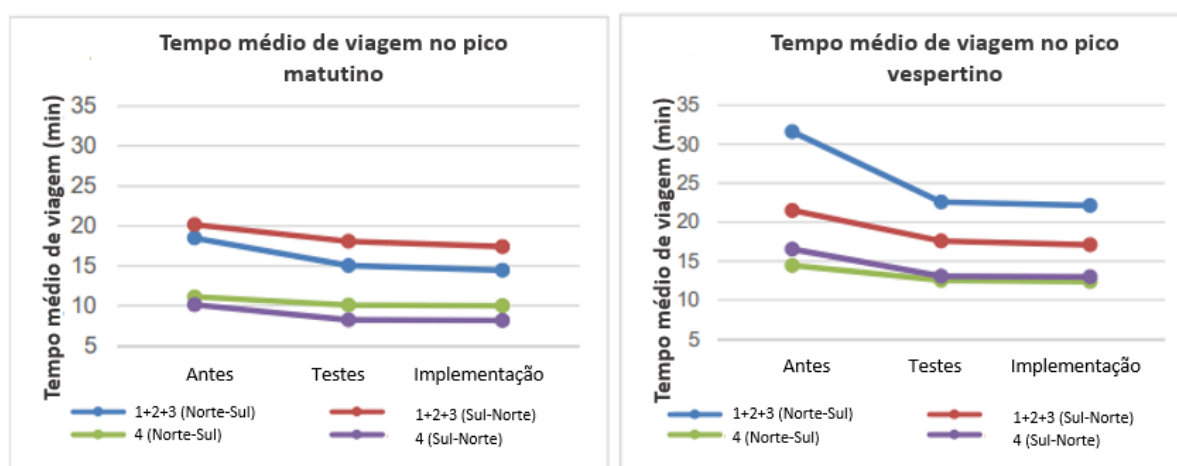
Fonte: Adaptado de NAFILA, 2018

Figura 07: Mudanças na velocidade após a implementação do programa de restrições



Fonte: Adaptado de NAFILA, 2018

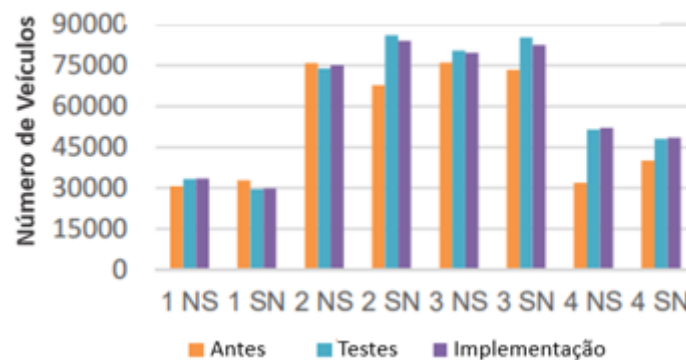
Figura 08: Mudanças do tempo médio de viagem após a implementação do programa de restrições



Fonte: Adaptado de NAFILA, 2018

Além disso, ao analisar o fluxo de veículos nas vias, notou-se que não houve redução significativa de veículos, gerando a hipótese por parte da pesquisadora que os motoristas não estavam mudando de modo de transporte e sim utilizando veículos que não eram considerados no programa (motos por exemplo, ou um segundo carro). Como mostrado na Figura 09:

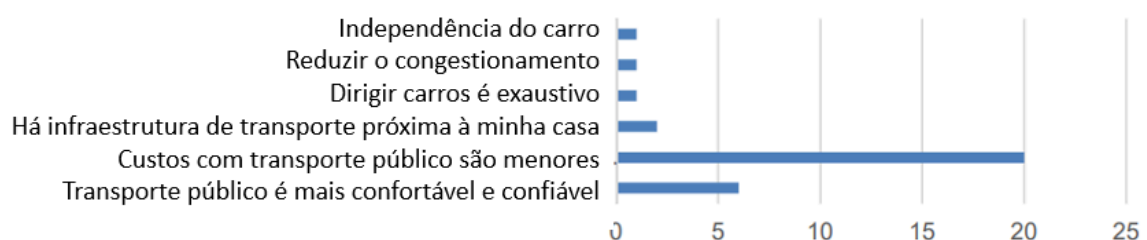
Figura 09: Comparação do volume de tráfego no corredor durante entre 6:00 e 20:00 na via de análise



Fonte: Adaptado de NAFILA, 2018

Tal hipótese foi reforçada pela questionário realizado também por Oktanza que indicou que 60% dos usuários utilizam o carro todos os dias. Notou-se que é necessário incentivar o uso de modos de transporte alternativos, similar à definição de *Pull Measure*. Realizando a pesquisa sobre a motivação do uso de transporte público, majoritariamente as respostas caíam em limitações financeiras conforme Figura 10.

Figura 10: Respostas à pergunta “Por que as pessoas querem mudar para o transporte público?”



Fonte: Adaptado de NAFILA, 2018

Já quando foram questionadas sobre as razões pelas quais as pessoas continuavam a utilizar o carro, a questão do conforto oferecido pelo transporte público não foi bem avaliada. Com isso, observou-se que um dos meios para que a população altere o modo de transporte é intervir na forma como o transporte público é visto pela população - questão não trivial a ser considerada para possíveis medidas de mobilidade urbana.

Agregando ao estudos já apresentados, pode-se citar também o trabalho *Impact of Odd-Even Driving Restrictions on Air Quality in Jakarta* (ZULKARNAIN, GHIFFARY, 2021), que analisou uma série de poluentes e condições climáticas, expostos na Tabela 03, para averiguar os resultados ambientais do sistema de rodízio.

Tabela 03: Definições e valores para as variáveis consideradas pelo estudo

Variável	Definição	Média	Desvio Padrão
PM2,5	Concentração de PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	47,58	8,55
PM10	Concentração de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	65,1	5,92
SO ₂	Concentração de SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18,6	1,53
CO	Concentração de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14,75	3,19
O ₃	Concentração de O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	89,07	21,51
NO ₂	Concentração de NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9,94	1,87
Temperatura	Temperatura Média (°C)	28,8	0,7
Umidade	Umidade Média (%)	69,85	3,6
Vento	Velocidade do Vento (km/h)	1,77	0,34
Chuva	Chuva (mm)	0,39	3,07
Feriado	1 se for feriado; 0 em caso contrário	0,28	0,45

Fonte: Adaptado de ZULKARNAIN, GHIFFARY, 2021

Entretanto, os resultados demonstraram que o sistema não apresentou benefícios para a qualidade do ar da cidade, uma vez que Zulkarnain e Al Ghiffary (ZULKARNAIN, GHIFFARY, 2021) afirmam que as motocicletas são a maior parte da frota (16,9 milhões de unidades) comparadas com os carros particulares (4,2 milhões de unidades). Além disso, segundo a pesquisa, elas representam 45% da poluição emitida por automóveis da cidade, enquanto os carros particulares são 14%.

Analisa-se, dessa forma que, utilizando as pesquisas referentes a cidade de Jakarta (Indonésia), o sistema aplicado possui grandes resultados nos primeiros períodos de implantação, confirmado pela pesquisa *Performance Analysis of Odd-Even Number Vehicle License Plate Restriction System on Road Sisingamangaraja, Kebayoran Baru, South Jakarta, Indonesia* (SUPRIANTO, 2019), porém apresenta estabilidade nos resultados em prazos de até 7 meses. Além disso, para averiguar qualquer possibilidade de melhora nas condições de ar, as motocicletas devem ser levadas em consideração, uma vez que torna-se um veículo de escape do programa de rodízio. Nota-se também que, para efetuar mudanças

mais significativas, é necessário utilizar simultaneamente das metodologias *Push Measures* e *Pull Measures*, para que a população colabore ainda mais com os programas.

4.3. Resultados obtidos

O estudo de ambas as cidades, portanto, mostrou a partir de resultados a curto prazo, com duração de aproximadamente um mês, que obteve-se êxito no aspecto de congestionamentos de veículos e de poluição atmosférica. Entretanto, há ressalvas que devem ser levadas em consideração, uma vez que houve incentivos de transportes públicos para o caso de Delhi e que nenhuma das cidades obteve definições sobre a eficiência dos programas ao analisar longos períodos de implantação.

Além disso, em ambos os estudos, mostrou-se que a população urbana tende a procurar métodos alternativos para escapar dos respectivos rodízios, bem como mostraram a relevância de se analisar os impactos em todo o município, não apenas na área de implantação da operação.

5. Histórico

Para o melhor entendimento do momento de implantação da Operação Horário de Pico (OHP), em 1997, bem como de seus desdobramentos, neste trabalho foi apresentado um histórico abordando as principais temáticas relacionadas à questão. O histórico foi dividido em período pré-implantação, analisando o panorama brasileiro e mundial sobre a questão e suas motivações, e período pós-implantação, correspondente aos 25 anos de vigor da medida. Logo, o compilado buscou elucidar as motivações para a implantação da restrição veicular, bem como identificar alterações dos regramentos e possíveis políticas e programas adicionais de controle de circulação e de poluição que pudessem afetar a análise do desempenho do programa quanto ao trânsito e à emissão de poluentes.

5.1. Pré - Implantação

5.1.1. Questão ambiental em contexto global

A degradação ambiental em todas as suas esferas ganhou destaque, especialmente a partir da década de 1980; as mudanças climáticas, por se tratarem de efeitos sentidos de forma global, e não apenas local, representaram um dos principais temas discutidos, sendo associadas principalmente às atividades antrópicas (GODOY, S. G. M.; PAMPLONA, J. B., 2007). A partir do contexto da poluição atmosférica, pode-se citar como importante marco a conceituação do efeito estufa, realizado em 1827 pelo cientista francês Jean-Baptiste Fourier, atribuído a determinados gases atmosféricos o aprisionamento da energia solar e a consequente elevação da temperatura da superfície terrestre. Já em 1896, o químico sueco Svante Arrhenius associou a emissão de dióxido de carbono à queima de combustíveis fósseis (PRESSE, 2007).

Em 1878 foi estabelecida a Organização Meteorológica Internacional (OMI), uma agência especializada da Organização das Nações Unidas para meteorologia, hidrologia operacional e ciências geofísicas. Em 1947, foi sucedida pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), da qual o Brasil era um estado membro desde a sua fundação (SEITENFUS, 2012).

Após a Conferência de Estocolmo (1972), caracterizada por ser a primeira conferência internacional sobre o meio ambiente, houve a formação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Dentre as pautas abordadas e defendidas pelo programa de abrangência mundial, pode-se citar a poluição atmosférica. Já em 1979, países tornam-se signatários da Convenção sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância (CLRTAP), a qual considera-se um importante marco para o enfrentamento da poluição do ar e das mudanças climáticas, já observadas até o determinado momento. No mesmo ano, foi realizada a primeira Conferência Mundial do Clima (WCC-1) em Genebra, Suíça, dando origem ao Programa Mundial sobre o Clima (UNITED NATIONS, 2022).

Pouco tempo depois, em Toronto, 1988, foi realizada a 1º Conferência Climatológica Mundial em que foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), como consequência do consenso da necessidade de neutralização considerável das emissões de gases do efeito estufa (UNITED NATIONS, 2022).

Em 1990, em Genebra, sede da Organização Meteorológica Mundial, a 2º Conferência Climatológica Mundial foi realizada, e analisou os relatórios do IPCC. Em 1992, na ECO-92 (Rio de Janeiro), apenas 137 países concordaram em assinar a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas; alguns dos países que não aderiram foram Estados Unidos, Rússia, Arábia Saudita e Japão (UNITED NATIONS, 2022).

Outro importante marco de escala global foi a 3ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em 1997, que resultou na assinatura de 84 países ao Protocolo de Kyoto³ (C&T Brasil, 1998).

5.1.2. Demais modos de transporte

Outro ponto relevante para a OHP foi a caracterização das viagens internas de São Paulo. Entre 1967 e 1987, observou-se que os paulistanos passaram a fazer mais uso de veículos automotores, que passaram de 25,9% das viagens realizadas

³ Primeiro tratado internacional cujo objetivo visa o controle de emissões de gases do efeito estufa

em 1967 para 41,9% em 1987, conforme evidenciado na Pesquisa de Origem - Destino⁴ de 1987/97, resumido na Tabela 04. Pode-se associar tal mudança do perfil das viagens realizadas na capital paulista à política de incentivo ao modo rodoviário e a construção de infraestrutura rodoviária, como as duas marginais ao longo dos Rios Tietê e Pinheiros na década de 70.

Tabela 04: Percentual de viagens por modo.

Modo	1967(%)	1977(%)	1987(%)
Ônibus	59.1	54.1	42.8
Metrô*	-	3.4	7.6
Trem	4.4	3.2	4.4
Táxi	8.1	3.5	0.7
Auto	25.9	34.8	41.9
Outros	2.5	0.9	2.6
Total	100.0	100.0	100.0

Fonte: Pesquisa Origem - Destino, 1987/97 - Metrô. in: Engenharia, 1995,p.66.

*Começou a operar a partir de 1974.

Além disso, para compreender melhor a OHP, foi de extrema importância conhecer os demais modos de transporte que pudessem implicar em mudanças severas na dinâmica da mobilidade no município. Um dos principais marcos no histórico dos transportes da cidade foi a construção do Metrô, que seguiu a se expandir; a seguir é apresentado um breve histórico de sua implantação e operação no período anterior ao início da OHP:

- 1974: Operação comercial da Linha 1 Azul no trecho Jabaquara - Vila Mariana;
- 1975: Operação comercial da Linha 1 Azul no trecho Jabaquara - Santana e início das obras da linha 3 vermelha no Vale do Anhangabaú;

⁴ Instrumento para o planejamento de transporte realizado, em São Paulo, pelo Metrô de São Paulo

- 1978: Inauguração da estação da Linha 3 Vermelha e Linha 1 Azul, Sé;
- 1979: Operação comercial da Linha 3 Vermelha no trecho Sé - Brás;
- 1980: Inauguração das estações da Linha 3 Vermelha Pedro II e Bresser e operação comercial da Linha 3 Vermelha no trecho Sé - Bresser;
- 1981: Inauguração das estações da Linha 3 Vermelha Belém e Tatuapé e estação Tatuapé passou a integrar os modos de transporte metrô, trem e ônibus urbano;
- 1982: Inauguração da estação da Linha 3 Vermelha República;
- 1983: Inauguração das estações da Linha 3 Vermelha Anhangabaú e Santa Cecília;
- 1986: Inauguração das estações da Linha 3 Vermelha Carrão e Penha e operação comercial da Linha 3 Vermelha no trecho Santa Cecília - Penha;
- 1987: Início das obras da Linha 2 Verde;
- 1988: Inauguração das estações da Linha 3 Vermelha Vila Matilde, Guilhermina-Esperança, Patriarca, Artur Alvim, Itaquera, Marechal Deodoro e Barra Funda, concluindo a Linha 3 Vermelha;
- 1990: Inauguração das estações da Linha 2 Verde Brigadeiro, Trianon-Masp, Consolação e reinauguração da estação Paraíso;
- 1991: Inauguração das estações da Linha 2 Verde Ana Rosa e Clínicas (INSTITUTO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO CONTINUADA, 2020).

5.1.3. Políticas de controle de qualidade dos combustíveis e de emissão de poluentes

A inspeção veicular em São Paulo não se iniciou exclusivamente para o controle de poluentes emitidos. A exemplo disso, tem-se em São Paulo, desde 1962

a inspeção veicular, efetuada pelo antigo Departamento de Operações do Sistema Viário (DSV) do Detran, que analisava condições de uso dos faróis, freios e documentação do veículo. Em 1966, foi sancionada a Lei Nº 5.108 de 21 de setembro, que no artigo 37 exigia inspeção anual obrigatória. Em 1979, o DSV/Detran optou por dispensar a inspeção de veículos fabricados após 1970 (GRUPO SETA, 2019).

A partir da década de 1970 passou a ser implementada a chamada Operação Caça Fumaça que, executada por técnicos da Cetesb e policiais militares da Polícia Rodoviária, atuava na fiscalização de caminhões que estivessem emitindo fumaça preta além do permitido. Também fazia parte de suas atribuições o acompanhamento das ações do Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve)⁵, que dentre os seus objetivos visava, e até 2022 visou, a redução de emissão de poluentes veiculares; criou programas de inspeção e manutenção dos veículos, além de ter acompanhado e orientado tecnicamente as empresas de transporte de passageiros e de carga objetivando a auto fiscalização. A Operação foi intensificada nos anos de 1995 e 1996 com o aumento da fiscalização e o reajuste do valor da multa (CEDEC, 1997). Apesar de não terem sido encontradas informações que confirmem o encerramento da Operação Caça Fumaça em 2006, também não foram encontradas informações ou relatos sobre tal medida em anos posteriores.

Instituída pela CETESB em 1976, a Operação Inverno visou proteger a saúde da população contra agravos causados por episódios agudos de poluição do ar. Até a década de 1980 enfatizava a poluição industrial; contudo, com o aumento da frota veicular da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), passou a atuar na fiscalização em especial da emissão de fumaça preta em veículos movidos a diesel (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE, 1997).

Outro importante fator considerado ao se pensar na frota veicular e na emissão de poluentes foi o combustível utilizado. Em novembro de 1975, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) (BIODIESELBR, 2006; ALCARDE, 2008)

⁵ Instituído a partir da Resolução Conama Nº18 em 6 de maio de 1986 e reforçado pela Lei 8.723, de 28 de outubro de 1993

foi criado por meio de decreto governamental; tal programa foi implantado em um momento em que se buscava reduzir a dependência brasileira do petróleo, cujo preço havia disparado em 1973 por conta do embargo petrolífero da Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo (OPAEP). O Proálcool (CORTEZ, 2016) consistiu em incentivos fiscais para a produção de cana-de-açúcar e de veículos movidos à etanol; em 1978, o primeiro modelo de carro movido exclusivamente a álcool foi apresentado e testado (SOUZA, 2007). O resultado do Proálcool pode ser observado na evolução da produção total de álcool no Brasil a partir de 1976, demonstrado na Tabela 05.

Tabela 05: Evolução da produção do álcool.

Evolução da produção de álcool no Brasil (milhões de litros)			
Safras	Anidro	Hidratado	Total
1970/71	252,4	384,8	637,2
1971/72	390,0	223,1	613,1
1972/73	388,9	292,1	681,0
1973/74	306,2	259,8	566,0
1974/75	216,5	408,5	625,0
1975/76	232,6	323,0	55,6
1976/77	300,3	363,7	664,0
1977/78	1176,9	293,4	1470,3
1978/79	2095,9	395,0	2490,9
1979/80	2712,4	671,4	3383,8
1980/81	2104,0	1602,1	3706,1
1981/82	1413,2	2750,2	4163,4
1982/83	3549,7	2273,6	5823,3
1983/84	2466,7	5394,0	7860,7
1984/85	2103,0	7149,0	9252,0
1985/86	3200,0	8621,0	11821,0
1986/87	2193,0	8220,0	10413,0

Fonte: KUPERMAN, N.; MACHADO, R. C.; MAGALHÃES, J. P, 1991

Com um segundo choque do petróleo entre 1979 e 1981, o programa Proálcool teve plena implementação. Logo, houve um aumento da proporção de veículos a álcool no total de automóveis de ciclo de Otto (ciclo termodinâmico de veículos a combustão por ignição de faísca), como é possível se identificar na Tabela 6.

Observando a produção de automóveis entre 1979 e 1986, observa-se que os veículos movidos a álcool passaram de 0,4% do total produzido para 66,4% em 1985.

Tabela 06: Produção da Indústria de Veículos.

Produção da Indústria de Autoveículos, por tipo de combustível (%)				
Ano	Gasolina	Álcool	Diesel	Total
1979	1003477 (89,0)	4624 (0,4)	119865 (10,6)	1127966
1980	775335 (66,5)	254016 (21,8)	135823 (11,7)	1165174
1981	495852 (63,5)	128828 (16,5)	156128 (20,0)	780808
1982	452453 (52,7)	237585 (27,6)	169223 (19,7)	859261
1983	204341 (22,8)	592848 (66,1)	99117 (11,1)	896306
1984	195224 (22,6)	560492 (64,8)	108936 (12,6)	864652
1985	204509 (21,2)	642144 (66,4)	120053 (12,4)	966706
1986	220882 (20,9)	699184 (66,2)	136260 (12,9)	1056326

Fonte: KUPERMAN, N.; MACHADO, R. C.; MAGALHÃES, J. P, 1991

No mesmo ano em que ocorreu o Simpósio da Comunidade Européia sobre Dióxido de Carbono em Bruxelas (1986), é instituído a partir da Resolução Conama nº 18, de 6 de maio de 1986, o Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve), cujos objetivos foram (CONAMA, 1986):

- Reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores para atender os Padrões de Qualidade do Ar, especialmente nos centros urbanos;
- Promover o desenvolvimento tecnológico nacional tanto na engenharia automobilística como em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes;
- Criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores em uso;
- Promover a conscientização sobre a poluição do ar por veículos automotores;

- Promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis líquidos disponíveis para a frota nacional de veículos automotores, visando a redução de poluentes emitidos na atmosfera; e,
- Estabelecer condições de avaliação dos resultados alcançados.

Na década de 1990, como medida do Proconve, foi introduzida a injeção eletrônica, aumentando a emissão da queima de combustível, reduzindo, portanto, a emissão de gases (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO ^c, 2022).

Em 1993, por meio da Lei 8.723, de 23 de outubro, foram estabelecidos os limites de emissão de gases segundo o ano de fabricação dos veículos. Os gases poluentes mencionados foram monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, aldeídos, material particulado e monóxido de carbono. Tal medida visou não apenas veículos leves, mas também ônibus e veículos pesados de ciclo Otto (BRASIL, 1993).

5.2. Pós implantação

Após 1997 e a regulamentação das leis municipais nº 11.733/95 e 12.157/96, a empresa Controlar (controlada pela CCR, empresa de concessão de rodovias) vence a licitação e passou a ser a única empresa responsável pela realização dos testes de emissões de gases em todos os veículos automotores. As inspeções foram iniciadas em 2008 e, segundo explicitado pelos relatórios anuais da Concessionária, pode-se observar diminuição da emissão de CO em 49% para veículos com motores de ciclo Otto e em 34% para motocicletas, além da redução de 28% da emissão anual de material particulado para veículos movidos à Diesel (BRANCO, 2015). Após mais de 15 milhões de inspeções realizadas no período de vigência da medida, o programa foi encerrado em 2013.

No período pós-implantação, os demais modos de transporte também devem ser considerados; retoma-se então o histórico de construção e operação do metrô que se encontra dentro da RMSP:

- 1998: Inauguração das estações da Linha 1 Azul, Jardim São Paulo, Parada Inglesa e Tucuruvi e Inauguração das estações da Linha 2 Verde, Sumaré e Vila Madalena;
- 2002: Inauguração das estações da Linha 5 Lilás, Capão Redondo, Largo Treze, Capão Redondo, Campo Limpo, Vila das Belezas, Giovanni Gronchi, Santo Amaro e Largo Treze;
- 2004: Início das obras de prolongamento da Linha 2 Verde em direção ao bairro do Ipiranga;
- 2005: Implantação do Bilhete Único e integração;
- 2006: Inauguração das estações da Linha 2 Verde, Santos Imigrantes e Chácara Klabin;
- 2010: Inauguração das estações da Linha 2 Verde, Sacomã, Vila Prudente e Tamanduateí e Inauguração das estações da Linha 4 Amarela, Paulista, Oscar Freire, Fradique Coutinho e Faria Lima;
- 2011: Inauguração das estações da Linha 4 Amarela, Butantã, Pinheiros, República e Luz;
- 2014: Inauguração da estação da Linha 5 Lilás, Adolfo Pinheiro e Inauguração das estações da Linha 4 Amarela, Fradique Coutinho;
- 2017: Inauguração da estação da Linha 5 Lilás, Alto da Boa Vista, Borba Gato e Brooklin, concluindo a Linha 5 Lilás.

(INSTITUTO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO CONTINUADA, 2020).

Em 1998, a Medida Provisória nº1.662 (BRASIL, 1998) dispôs que o poder executivo elevou o percentual de adição de álcool etílico anidro combustível à gasolina obrigatório entre 22 e 24% em todo território nacional.

Em meados de 2000, foi adotado pelos veículos pesados um sistema de injeção de diesel com controle eletrônico, reduzindo assim sua emissão.

Após 16 anos da criação do Proconve, por meio da Resolução Conama nº 297 de 2002 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2002) foi instituído o

Programa de controle de emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e similares (PROMOT) (PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES, 2022).

Os veículos flex-fuel foram lançados em 2003; já em 2005, representavam 77% dos automóveis vendidos no país (ANFAVEA, 2022), indicando a crescente importância do etanol como combustível automotor.

Segundo a Resolução Conama nº 418 de 2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009), estabeleceu-se a obrigação para elaboração do Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV), de responsabilidade dos órgãos ambientais estaduais, e deveriam passar por revisões periódicas a cada 3 anos. Tais planos formaram um instrumento que viabilizou melhor controle da qualidade do ar e conduz a ações de controle da poluição emitida pelos veículos.

Em 2018, foi estabelecida a Resolução CONAMA nº490 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2018), referente à implantação da fase P8 do Proconve, acerca do controle das emissões de gases poluentes e de ruído por veículos pesados novos de uso rodoviário; as exigências passarão a valer a partir de 2023.

5.3. Zona de Máxima Restrição de Circulação - ZMRC

A Zona Máxima de Restrição de Circulação (ZMRC) foi instituída pelo Decreto nº 49.487 em 12 de maio de 2008. É responsável por limitar a circulação de caminhões de forma geral na área mostrada da Figura 11; os horários de restrição são de 5h às 21h deA restrição de circulação não se aplica a todos os caminhões; há algumas exceções determinadas pela atividade a que o veículo está vinculado. Conforme o decreto inicial de 2008, bem como o Decreto nº 49.675 (BRASIL ^A, 2008) e o Decreto nº 50.164 (BRASIL ^B, 2008) do mesmo ano, os veículos excepcionados da restrição por período integral são:

- De urgência
- Socorro mecânico de emergência;
- Cobertura jornalística;

- Obras e serviços de emergência;
- Acesso a estacionamento próprio;
- Correio;
- Serviço emergencial de sinalização.

Além disso, são excepcionados das restrições no período das 5 às 16 horas os caminhões relacionados a:

- Obras e serviços de infraestrutura urbana;
- Concretagem e concretagem-bomba;
- Feiras livres;
- Mudanças;
- Coleta de lixo;
- Remoção de terra em obras civis.

Já no período das 5 às 12 horas, os caminhões que transportam produtos alimentícios perecíveis não precisam cumprir as restrições.

No período das 10 às 16 horas, são exceção os caminhões cujas atividades estão relacionadas com:

- Remoção de entulho e transporte de caçambas;
- Prestação de serviços públicos essenciais;
- Transporte de produtos perigosos de consumo local.

Por fim, no período das 10 às 20 horas, os caminhões relacionados ao serviço de transporte de valores também são excluídos das restrições.

Já em 2016, por meio do Decreto nº 56.920, de 8 de abril, foram conceituadas também:

- Zona Especial de Restrição de Circulação - ZERC, que representa uma área contida em Zonas Exclusivamente Residenciais em que são

aplicadas restrições para a circulação de caminhões visando a manutenção da segurança e qualidade ambiental;

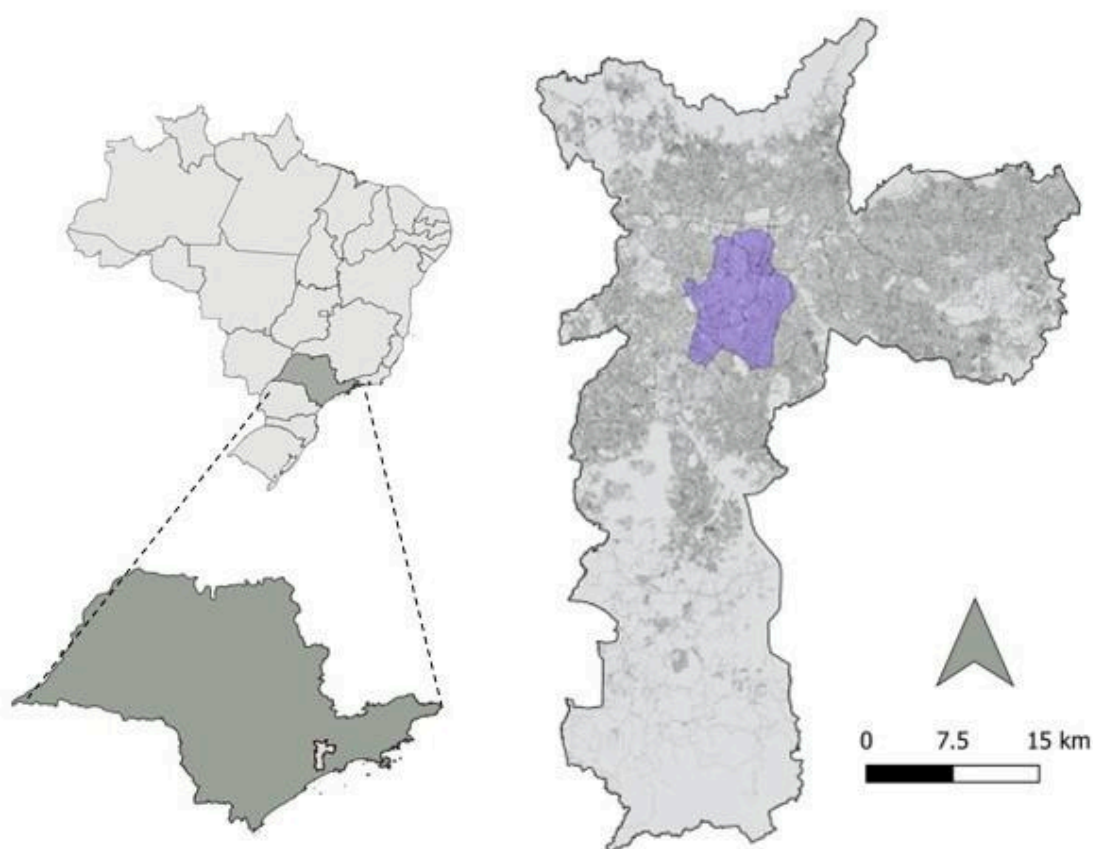
- Vias Estruturais Restritas - VER, representadas por vias e acessos com restrição ao trânsito de caminhões que, por regulamentação local, apresentam horários específicos para tais limitações.
- Veículo Urbano de Carga - VUC, que são caminhões de pequeno porte para transporte de carga que geram menores conflitos com os demais veículos e pedestres no trânsito da cidade.

Por fim, tal decreto determina cadastramento prévio no Departamento de Operação do Sistema Viário - DSV para os caminhões que se eximem das restrições.

5.4. Zona de Máxima Restrição de Fretamento

Segundo a Portaria nº 072/2016- SMT.GAB, que considera a Lei nº 16.311, de 12 de novembro de 2015 e o Decreto nº 56.963 de 29 de abril de 2016, foi determinada a Zona de Máxima Restrição de Fretamento no município de São Paulo, conforme mostrado na Figura 12:

Figura 12: Demarcação da Zona de Máxima Restrição de Fretamento em São Paulo



Fonte: Os autores baseado no site GeoSampa.

Tal portaria restringe a atividade de ônibus fretados na área determinada, bem como em vias adicionais, de 2ª a 6ª feira das 5 às 21 horas, exceto feriados. Conforme indicado no mapa, o embarque e o desembarque de passageiros apenas poderão ser realizados nos pontos já regulamentados e/ou autorizados. A circulação na área e nas vias delimitadas apenas será permitida com a chamada Autorização Especial de Trânsito – AET, a ser obtido através de requisição para a Prefeitura da Cidade de São Paulo.

6. Materiais e métodos

6.1. Intervalo de Estudo

O presente trabalho visou analisar o impacto que a Operação Horário de Pico (OHP ou Rodízio de Veículos) teve na cidade de São Paulo. Para tal, estipulou-se um período no qual a OHP manteve-se mais constante, tanto em área de atuação quanto na tipologia de veículos a serem consideradas nas restrições. Desde a sua implantação de forma definitiva em 1997, o Rodízio funcionou de maneira muito semelhante ao longo dos anos, principalmente quanto ao horário de restrição de circulação dos automóveis (até a pandemia de COVID-19 em 2020), sempre aplicado de segunda-feira a sexta-feira para os mesmos números finais das placas dos veículos. Dentre os principais pontos temporais de interesse, cita-se:

- 2007: Durante julho de 2007, houve a experiência de eliminar o Rodízio de Veículos na cidade de São Paulo, com a justificativa de que as férias escolares já seriam capazes de rearranjar o fluxo de veículos, teoricamente tornando o Rodízio uma redundância desnecessária.
- 2008: notou-se que em junho de 2008, houve a criação de uma zona restrita para caminhões. Tal época mostrou-se interessante como um dos possíveis pontos iniciais da análise deste trabalho, devido à relevante tipologia de veículos afetados, uma vez que se tratam de automóveis com dimensões, velocidades e combustíveis distintos da maioria dos veículos de passeio.
- 2014: Durante a Copa do Mundo de Futebol da FIFA, as datas nas quais as partidas foram jogadas no atual Estádio Neo Química Arena, em Itaquera, houve uma intensificação na OHP, com o intuito de controlar o fluxo nessas datas específicas.
- 2020-2021: Durante a pandemia de COVID-19, a OHP teve seus horários modificados com o intuito de se adaptar às novas realidades de ensino e trabalho a distância. As alterações, de caráter excepcional, se mantiveram até junho de 2021. Devido ao seu caráter diferenciado e condições muito discrepantes em relação aos demais anos de vigência da OHP, o período após 2019 não foi considerado para a análise.

Isto posto, o intervalo temporal que o trabalho analisou, mantendo-se o conceito de estabilidade na zona e tipologia veicular, foi entre 2007 e 2019.

6.2. Congestionamento vs. Poluentes

A Operação Horário de Pico, implementada desde 1997, tem como principal objetivo o controle numérico de veículos circulantes na cidade de São Paulo. Com isso em mente, o estudo analisou como as relações de congestionamento ocorreram durante a janela de estudo, observando os dias com a operação funcionando normalmente e como as suspensões modificaram sua dinâmica.

Além dos resultados diretos do rodízio de veículos nos congestionamentos da cidade, como visado pela OHP, outra abordagem de interesse para esta pesquisa é o impacto quanto à poluição atmosférica. Isso se dá devido a Operação Rodízio 96, principal inspiração da atual OHP, ter sido implementada visando avaliar o potencial de redução das concentrações de monóxido de carbono. Sua implementação de curto período faz com que, até os dias atuais, os cidadãos que vivenciaram ambas operações ainda possuam incertezas sobre o real objetivo do Rodízio atual.

6.3. Congestionamento

Tendo como base os trabalhos realizados nas cidades de Jakarta e Delhi - os quais demonstraram que a análise de impactos de um programa de suspensão através de placas de veículo não deve se limitar apenas à zona de restrição de circulação - esta pesquisa considerou ruas e avenidas fora da área delimitada pela OHP para analisar os impactos no congestionamento.

Dessa forma, utilizou-se do levantamento de congestionamentos realizado pela CET, o qual analisou de 30 em 30 minutos cerca de 200 trechos da cidade de São Paulo. Trechos esses que estão representados no Apêndice A.

Com o intuito de analisar a cidade em sua completude, somou-se os valores medidos de lentidão que ocorreram no mesmo instante, considerando todos os trechos organizados pela CET para, dessa maneira, obter-se o congestionamento municipal daquele instante (o que pode-se denominar DateTime, Época, ou Ponto de Análise de Congestionamento).

Após essa consideração, foram obtidas 13 análises anuais, de 2007 a 2019, cada uma com cerca de 17520 Épocas (48 pontos de análise por dia, 365 dias por ano), com exceção dos anos bissextos que tiveram 17568.

6.4. Poluentes

Segundo Gonçalves (2022), em sua pesquisa de mestrado *Relação entre velocidade de veículos, acidentes de trânsito e concentração de poluentes: estudo de caso das marginais Pinheiros e Tietê em São Paulo*, o controle de qualidade do ar é de grande importância para a saúde humana uma vez que ela é responsável por provocar cerca de 3 milhões de mortes globais anualmente. De acordo com Gonçalves, em 2019 na Região Metropolitana de São Paulo, 40% do material particulado analisado vieram de automóveis, mostrando o quanto o trânsito de um centro urbano deve ser levado em consideração em aspectos de saúde dos cidadãos.

Com isso, e considerando o aspecto de qualidade do ar para a região de São Paulo, é importante que o presente trabalho seja capaz de analisar como o funcionamento do Rodízio age sobre a emissão dos poluentes atmosféricos dos veículos automotores. Dessa forma, é necessário categorizar e observar quais são os principais poluentes sobre os quais este trabalho visa discorrer.

6.4.1. Classificação dos poluentes

Segundo Nascimento (2016) em sua tese de bacharelado pela Universidade de Brasília, *Monóxido de Carbono e Material Particulado na Atmosfera do Distrito Federal: Mapeamento espaço-temporal e processos de geração/atenuação*, é possível categorizar as fontes poluidoras em:

- Fontes Estacionárias, ou seja, aquelas nas quais as fontes possuem um local fixo, como industriais e domésticas;
- Fontes Móveis, ou seja, aquelas cuja fonte é capaz de emitir poluidores por um trajeto, como veículos (rodoviários, aéreos, hidroviários). Esse tipo de fonte, devido a sua dinamicidade, exige um monitoramento mais laborioso.

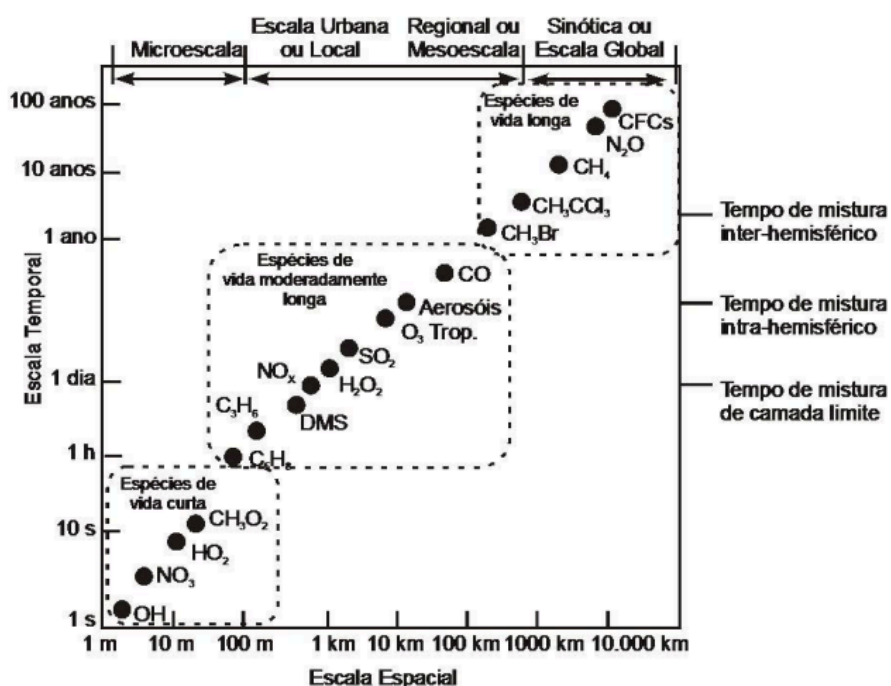
Além disso, também segundo Nascimento, os poluentes podem ser categorizados segundo a sua origem de formação, podendo ser:

- Origem Primária, ou seja, emitidos diretamente para a atmosfera a partir de sua fonte;
- Origem Secundária, ou seja, formados na atmosfera a partir de reações químicas entre os poluentes primários e componentes naturais no local (água e oxigênio, por exemplo).

Outro aspecto relevante para a análise de emissões atmosféricas veiculares é o fato de que o alcance espaço-temporal dos poluentes pode variar de acordo com as condições climatológicas da região, como a umidade do ar, velocidade e fluxo de ventos, bem como o tipo de poluente, entre outros aspectos.

A partir da Figura 13, adaptação feita por Júlio Chiquetto do gráfico de Seinfeld e Pandis - 1998, é possível observar uma simplificação da relação temporal e espacial que os poluentes percorrem em média.

Figura 13: Tempo de residência de alguns compostos encontrados na atmosfera terrestre e suas escalas de transporte temporais (eixo vertical) e espaciais (eixo horizontal).



Fonte: Júlio Chiquetto, 2016

Baseando-se no diagrama citado, é possível teorizar que os efeitos do Rodízio podem ser mais sensivelmente percebidos quanto aos poluentes dentro da parcela de Microescala, como NO_3 , HO_2 , C_3H_6 , CH_3O_2 , OH e NO_x . Ou seja, a alteração da dinâmica veicular de uma cidade pode atingir resultados mensuráveis em poucos dias para tais poluentes, podendo ser observados em feriados ou finais de semana, ainda dentro da zona de restrição do Rodízio.

Entretanto, ao analisar H_2O_2 , SO_2 , O_3 a pesquisa atinge a barreira espacial. Com isso, a análise para esses poluentes, além de aguardar semanas para que seu efeito seja notado, deve percorrer quilômetros para considerar o raio de ação do poluente. Esse percurso pode fazer com que a área afetada pelo poluente esteja fora da região de abrangência do Rodízio (centro expandido), forçando uma análise municipal.

Por fim, existem os poluentes atmosféricos que, devido ao seu grande poder de se propagar e de ter um tempo de vida muito elevado, dificultam o estudo sobre os impactos de ações de controle de poluição. Dessa forma, analisar com precisão tais poluentes exigiria medições em locais distantes do centro expandido de São Paulo, possivelmente até fora da cidade de São Paulo, o que abrangeria diversas secretarias municipais, com diferentes metodologias, um período de tempo demasiado extenso e um maior número de variáveis que poderiam influenciar nos resultados de qualidade do ar. Alguns desses poluentes são: N_2O e CH_4 .

Além dos gases emitidos pelos veículos automotores, outro importante poluente atmosférico que é citado como preocupante pelas agências de saúde (como exemplificado pela citada pesquisa de Gonçalves), são os chamados Materiais Particulados (MP). Eles podem ser subdivididos em 3 categorias, a depender do tamanho da partícula, em micrômetro (μm), sendo:

MP_{10} → Material Particulado Inalável Grosso, dimensões entre $2,5\mu m$ e $10\mu m$

$MP_{2,5}$ → Material Particulado Inalável Fino, dimensões entre $1\mu m$ e $2,5\mu m$

$MP_{0,1}$ → partículas com dimensões até $0,1\mu m$

Devido aos poucos registros de controle de $MP_{0,1}$ durante a revisão bibliográfica e pelo órgão responsável pela qualidade do ar em São Paulo, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), o trabalho não o analisará.

A partir das premissas levantadas e dos dados mais usuais coletados pela CETESB, os poluentes atmosféricos a serem avaliados serão de fonte móvel e origem primária, principalmente aqueles cujo tempo de vida e alcance encontram-se em uma escala urbana. Dessa forma, pode-se listar as emissões de:

- Monóxido de Carbono (CO)
- Dióxido de Enxofre (SO_2)
- Dióxido de Nitrogênio (NO_2)
- Material Particulado Inalável Grosso (MP_{10})
- Material Particulado Inalável Fino ($MP_{2,5}$)
- Ozônio (O_3) → Única exceção para a Origem Primária, devido às medições serem de fácil acesso ao público

Observa-se que tais emissões podem produzir, além de problemas ao bem estar humano, efeitos no meio ambiente que realimentam questões que prejudicam a saúde dos cidadãos. Podendo ser simplificado pela Quadro 02, organizada por Gonçalves:

Quadro 02: Efeitos poluentes emitidos na atmosfera

Poluente	Lesão	Tecido afetado	Efeitos gerais no ambiente
MP _{0,1}	3	Reações sistêmicas do tecido	Invisíveis a olho nu, são transportadas pela corrente sanguínea.
MP _{2,5}	3	Bronquíolos e alvéolos	Danos à vegetação, deterioração de visibilidade, e contaminação do solo e da água.
MP ₁₀ e fumaça	3	Membranas mucosas e vias aéreas Superiores	Danos à vegetação, deterioração de visibilidade, e contaminação do solo e da água.
PTS	3		Danos à vegetação, deterioração de visibilidade, e contaminação do solo e da água.
SO ₂	1	Via aérea superior e danos à pele	Pode levar a formação de chuva ácida, causar corrosão e danos a vegetação e colheita
NO ₂	2	Penetração pulmonar profunda	Pode levar a formação de chuva ácida, causar corrosão e danos a vegetação e colheita
CO	2	Hipóxia tecidual	...
O ₃	2	Lesão brônquica	Danos às vegetações

Fonte: Adaptado de Schraufnagel et al. (2019a); Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2019).

Notas:

1 - Altamente solúvel

MP₁₀ - Partículas Inaláveis

NO₂ - Dióxido de nitrogênio

SO₂ - Dióxido de enxofre

2 - menos solúvel

MP_{2,5} - Partículas inaláveis finas

CO - Monóxido de carbono

O₃ - Ozônio

3 - tamanho, estrutural e composição

MP_{0,1} - Partículas ultrafinas

PTS - Partículas totais suspensão

... - Não se aplica

Fonte: GONÇALVES, D., 2022

Uma vez que a política de Rodízio de Veículos não foi aplicada isoladamente na cidade de São Paulo desde 1996, é necessário ter em mente que as pesquisas analisadas neste trabalho demonstram o resultado de diversas ações públicas simultâneas. Dessa maneira, observar a participação exclusiva do sistema de Rodízio para as conclusões (positivas ou não) sobre o impacto ambiental torna-se uma tarefa mais complexa.

6.4.2. Fonte de dados

Seguindo o intervalo temporal já estipulado anteriormente, que compreende os anos de 2007 a 2019, foram coletados dados de concentração de poluentes fornecidos pela CETESB.

Os dados são disponibilizados por meio da plataforma QUALAR, de acesso público, exigindo apenas a realização de um cadastro associado a um endereço de e-mail. Dentre outras informações, é possível exportar dados de séries históricas,

dados instantâneos e relatórios gerados pela própria companhia. Os dados de interesse foram exportados por meio da opção *Consultas > Exportar Dados Avançados*.

As informações são disponibilizadas segundo a estação de medição e segundo o intervalo temporal de interesse. Na Figura 14, é mostrada a estrutura da plataforma utilizada.

Figura 14 - Plataforma QUALAR - CETESB para a obtenção de dados de poluição atmosférica

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DA QUALIDADE DO AR V 3.83

EXPORTAR DADOS AVANÇADO

Tipo de Rede: Automática

Data Inicial*: Data Final*:

Estação*:

PARÂMETROS (escolha no máximo 3)	
<input type="checkbox"/>	CO (Monóxido de Carbono)
<input type="checkbox"/>	DV (Direção do Vento)
<input type="checkbox"/>	DVG (Direção do Vento Global)
<input type="checkbox"/>	MP10 (Partículas Inaláveis)
<input type="checkbox"/>	MP2.5 (Partículas Inaláveis Finas)
<input type="checkbox"/>	NO (Monóxido de Nitrogênio)
<input type="checkbox"/>	NO2 (Dióxido de Nitrogênio)
<input type="checkbox"/>	NOx (Óxidos de Nitrogênio)
<input type="checkbox"/>	O3 (Ozônio)
<input type="checkbox"/>	PRESS (Pressão Atmosférica)
<input type="checkbox"/>	RADG (Radiação Solar Global)
<input type="checkbox"/>	RADUV (Radiação Ultra-violeta)
<input type="checkbox"/>	SO2 (Dióxido de Enxofre)
<input type="checkbox"/>	TEMP (Temperatura do Ar)
<input type="checkbox"/>	UR (Umidade Relativa do Ar)
<input type="checkbox"/>	VV (Velocidade do Vento)

Fonte: QUALAR - CETESB

Na figura 14, utilizou-se a Estação Ibirapuera como exemplo; associada a ela, têm-se os parâmetros listados, que incluem poluentes, dados sobre vento, temperatura, umidade, pressão atmosférica e radiação. Tal estação integra a Rede de Monitoramento Automático, que engloba estações medidoras na Região Metropolitana de São Paulo, no interior e no litoral do Estado, registrando as concentrações dos poluentes na atmosfera de forma ininterrupta.

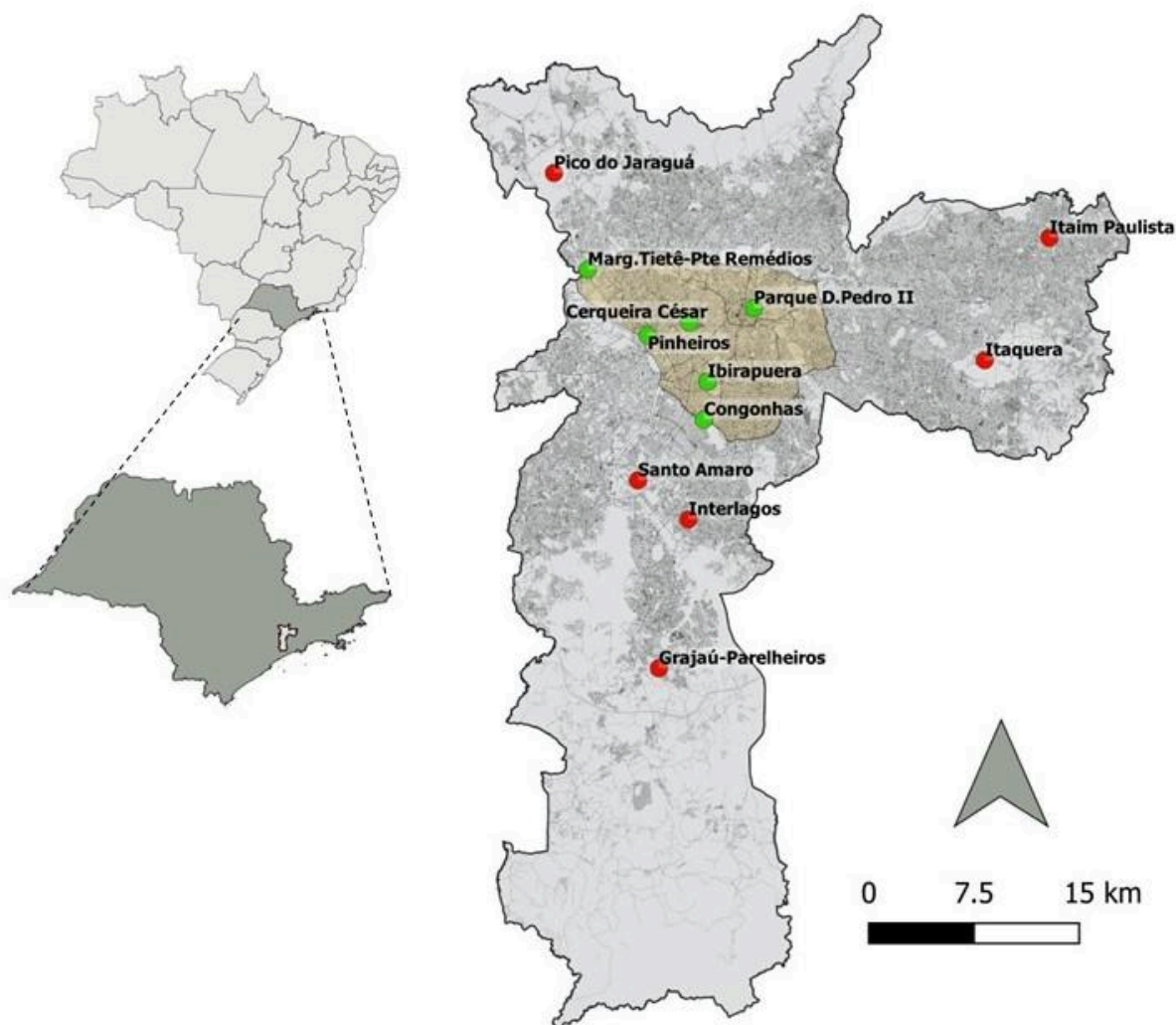
6.4.3. Estações de monitoramento

Para o presente estudo, as estações de monitoramento de interesse deveriam estar localizadas no município de São Paulo, o que totalizava inicialmente 18 estações. Contudo, observou-se que algumas das estações não apresentavam quantidade de dados significativa no intervalo de tempo de análise (de 2007 a 2019); ademais, em algumas delas poucos poluentes eram medidos. Com essas restrições, foram selecionadas 12 estações de interesse; são elas:

- Cerqueira César;
- Congonhas;
- Grajaú;
- Ibirapuera;
- Interlagos;
- Itaim Paulista;
- Itaquera;
- Marginal Pinheiros - Ponte dos Remédios;
- Parque Dom Pedro;
- Pico do Jaraguá;
- Pinheiros;
- Santo Amaro.

Na Figura 15, são mostradas as localizações de tais estações em relação ao município de São Paulo.

Figura 15- Estações de amostragem da CETESB consideradas para o estudo



Fonte: Os autores baseado no GeoSampa.

Em verde, tem-se as estações localizadas na zona de restrição de circulação de automóveis, que são: Cerqueira César, Congonhas, Ibirapuera, Marginal Pinheiros - Ponte dos Remédios, Parque Dom Pedro e Pinheiro. As demais estações, em vermelho, não são englobadas pela área de restrição, mas estão no município de São Paulo.

6.4.4. Dados de poluição

A partir da plataforma QUALAR, os dados podem ser exportados para cada uma das estações de monitoramento de interesse. Para os poluentes atmosféricos,

são fornecidas as concentrações e a respectiva unidade a cada hora ao longo dos dias compreendidos no intervalo selecionado.

Deve-se ressaltar que em alguns períodos foram identificados vazios de dados, ou seja, as concentrações não foram aferidas; tais vazios foram mantidos como ausência de informação, de forma a não alterar os tratamentos dos dados realizados adiante.

Considerando o intervalo de tempo definido e a quantidade de informações, os poluentes considerados foram o monóxido de carbono (CO), material particulado 10 (MP_{10}), material particulado 2,5 ($MP_{2,5}$), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), Ozônio (O_3) e Dióxido de Enxofre (SO_2).

Para cada um dos poluentes citados, os estudos mostrados a seguir consideraram as médias aritméticas das concentrações utilizando os dados disponíveis para os respectivos intervalos de tempo de análise, ou seja, calculou-se a média das concentrações de todas as estações de amostragem com dados disponíveis para o intervalo considerado. Dessa maneira, elaborou-se os Pontos de Análise de Poluentes, para cada poluente.

6.5. Questionário

Foi aplicado um questionário anônimo através da ferramenta “Google Forms”. Seu objetivo foi avaliar o funcionamento do rodízio. Para isso foram realizadas perguntas que questionam os critérios que dão legitimidade à política pública da Operação Horário de Pico, que mensuram comportamentos dos motoristas com impactos na sua efetividade e que avaliam a opinião pública quanto ao seu funcionamento, complementando as análises realizadas a partir dos dados da CET e da CETESB. Pode ser visto por completo dentro do Apêndice B.

Grande parte das respostas foi obtida a partir do link do questionário disponibilizado ao longo da Cidade Universitária de São Paulo por meio de código QR impresso e colado em mais de 42 pontos de ônibus e próximos aos 4 restaurantes universitários. Outra fonte importante foi o envio de links para grupos universitários, familiares e conhecidos.

A maioria das perguntas foi de múltipla escolha. O questionário foi dividido em duas partes.

6.5.1. Parte um

Na primeira parte, todas as pessoas que acessaram o questionário tiveram liberdade de responder, independentemente de dirigirem ou não, permitindo uma comparação entre os resultados de cada grupo. Perguntou-se ao respondente:

- Sua idade, para observar as tendências de respostas de outras questões dependendo da faixa etária. As alternativas foram discretizadas de maneira que pessoas com 43 anos ou mais pudessem ser facilmente identificadas, uma vez que essa é a idade de uma pessoa que já havia completado 18 anos quando foi implementado pela primeira vez o rodízio de veículos em São Paulo;
- Onde reside, para determinar a distribuição pela cidade dos respondentes do questionário. Foi possibilitado responder o bairro ou município de origem de maneira dissertativa, tendo sido os resultados analisados e agrupados posteriormente;
- Se dirige em São Paulo, para realizar um filtro em que apenas aqueles que dirigem acessassem as questões relacionadas ao rodízio presentes na segunda parte do questionário;
- Qual a função do rodízio em sua opinião, com formato dissertativo de pergunta. Foi acompanhada de uma breve explicação sobre como funciona o rodízio veicular em São Paulo. Com isso, uniformizou-se a compreensão do público quanto ao rodízio veicular, induziu-se uma reflexão sobre o porquê ele existe e foi possível verificar quais razões são mais comumente citadas.

Além disso, foram realizadas outras perguntas que se mostraram inconclusivas. Elas são: o questionamento quanto ao número de carros que o respondente e seus familiares em sua casa possuem, o número de motocicletas que ele e seus familiares em sua casa possuem, e com quantos familiares ele mora. O objetivo inicial era determinar se havia uma discordância entre número de veículos e número de motoristas por residência. Porém, como nem todos os familiares necessariamente dirigem, não foram traçadas conclusões sobre os resultados.

6.5.2. Parte dois

A segunda parte do questionário era apenas disponibilizada a quem respondeu que dirige na cidade de São Paulo. Perguntou-se ao respondente:

- Se achava que o rodízio deveria existir caso ele melhorasse o trânsito ou a qualidade do ar, justificativas comuns para sua existência, de maneira a avaliar a importância que o público deu a essas métricas;
- Se o horário para sair ou chegar em casa se altera devido ao rodízio, que é um indício de um benefício na distribuição do número de veículos na cidade ao longo do dia;
- Quais modos de transporte mais utiliza no dia do seu rodízio, para obter um indicativo de quanto o rodízio diminui ou não o número de veículos nas ruas e quanto distribui a circulação para horários menos solicitados;
- Se em algum dia da semana o trânsito flui melhor, para obter um indicativo da distribuição do trânsito ao longo da semana;
- Qual o final da placa do seu carro principal, para determinar se há dias com maior concentração de carros circulantes;
- Qual o final da placa de carros secundários, para determinar se a distribuição da concentração dos dias de rodízio altera-se ao considerá-los;
- Se as placas dos carros principal e secundários são diferentes e por qual razão, para determinar quanto a efetividade do rodízio é reduzida pelo uso de carros secundários;
- Se lembra de algum programa público que acredita ter melhorado o trânsito ou tenha reduzido a emissão de poluentes nas ruas, para complementar nossa pesquisa quanto a outros fatores com grandes impactos nas nossas análises. Esta questão tinha sua resposta não obrigatória e de maneira dissertativa;
- Se o rodízio veicular funciona bem, para determinar a opinião do público e sobre seu bom funcionamento;
- Se é a favor de um rodízio mais intenso, por exemplo com mais dias de rodízio, maior duração ao longo do dia ou ampliação de sua área de aplicação, abrangendo toda a cidade. Assim determinou-se a opinião do público quanto a uma possível ampliação do rodízio;

- Se acha necessária a existência do rodízio veicular, para determinar se seu encerramento seria visto de maneira positiva ou negativa.

Além disso, perguntas não aprofundadas foram: o questionamento sobre se possuir um carro e se possuir uma motocicleta são algo que valoriza, qual o final da placa da motocicleta principal, qual o final da placa de motocicletas secundárias e se utiliza um aplicativo para transitar com carro. Esta decisão se deu por dificuldade de estabelecer uma relação direta com a análise de estudo e pelo baixo número de respostas de motociclistas.

6.5.3. Confiabilidade

A confiabilidade dos resultados está associada à obtenção de um número adequado de respostas, sendo elas bem distribuídas na cidade de São Paulo, sem vícios locais e não direcionadas a especialistas da área. Atingidas essas condições, foi estimado o nível de confiança por meio da relação algébrica (1), adaptada de Sanches (2017):

$$Tamanho\ da\ amostra = \frac{(z * p)^2}{e^2} \quad (1)$$

Onde [e] representa a margem de erro, [p] o desvio padrão, [z] o *score z*.

Para este cálculo, foi adotada uma margem de erro de 5%, um desvio padrão de 0,5, valor que maximiza o resultado do cálculo e favorece a segurança, *score z* de 1,28 para teste de 80% de confiança, 1,44 para teste de 85% de confiança, 1,65 para teste de 90% de confiança, 1,96 para teste de 95% de confiança e 2,58 para 99% de confiança. Os resultados foram apresentados na Tabela 07:

Tabela 07 - Relação de tamanho da amostra com nível de confiança

Nível de confiança	Número de dados necessários à amostra
80%	164
85%	208
90%	273
95%	385
99%	666

Fonte: Os autores

Para verificar se os resultados foram adequadamente representativos do território, sem notáveis vícios locais, foi realizada uma comparação dos resultados originais com os dados ponderados pela população de cada zona de São Paulo.

Para determinar a população de cada zona de São Paulo, foi retirada do site da prefeitura de São Paulo a população das 32 subprefeituras do município, assim como sua delimitação das zonas, conforme demonstrado no Quadro 03 e agrupados conforme Tabela 08.

Quadro 03: Divisão das zonas de São Paulo e suas respectivas populações

Subprefeitura	Região	População (2010)	
Casa Verde	Zona Norte	309376	2214654
Freguesia do Ó	Zona Norte	407245	
Jaçanã	Zona Norte	291867	
Perus	Zona Norte	146046	
Pirituba	Zona Norte	437592	
Santana	Zona Norte	324815	
Vila Maria/Vila Guilherme	Zona Norte	297713	3998237
Aricanduva	Zona Leste	267702	
Cidade Tiradentes	Zona Leste	211501	
Ermelino Matarazzo	Zona Leste	207509	
Guaianases	Zona Leste	268508	
Itaim Paulista	Zona Leste	373127	
Itaquera	Zona Leste	523848	
Mooca	Zona Leste	343980	
Penha	Zona Leste	474659	
São Mateus	Zona Leste	426794	
São Miguel	Zona Leste	369496	
Sapopemba	Zona Leste	284524	
Vila Prudente	Zona Leste	246589	
Butantã	Zona Oeste	428217	1023486
Lapa	Zona Oeste	305526	
Pinheiros	Zona Oeste	289743	
Campo Limpo	Zona Sul	607105	3586020
Capela do Socorro	Zona Sul	594930	
Cidade Ademar	Zona Sul	410998	
Ipiranga	Zona Sul	463804	
Jabaquara	Zona Sul	223780	
M'Boi Mirim	Zona Sul	563305	
Parelheiros	Zona Sul	139441	
Santo Amaro	Zona Sul	238025	
Vila Mariana	Zona Sul	344632	
Sé	Centro	431106	431106
Total		11253503	

Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO ^D (adaptado)

Tabela 08- distribuição da população no município de São Paulo

Região	População	Parcela
Zona Norte	2214654	19,70%
Zona Leste	3998237	35,50%
Zona Oeste	1023486	9,10%
Zona Sul	3586020	31,90%
Centro	431106	3,80%
Total	11253503	100%

Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO ^E (adaptado)

A ponderação para cada alternativa foi realizada conforme a equação (2):

$$Total = \left(\frac{R_{ZN} * P_{ZN}}{T_{ZN}} + \frac{R_{ZL} * P_{ZL}}{T_{ZL}} + \frac{R_{ZO} * P_{ZO}}{T_{ZO}} + \frac{R_{ZS} * P_{ZS}}{T_{ZS}} + \frac{R_C * P_C}{T_C} \right) * T_{SP} + T_{Fora} \quad (2)$$

Onde [Total] é o número de respostas para a alternativa após ponderação, $[R_{ZN}]$ é o número de respostas para a alternativa providas da Zona Norte, $[T_{ZN}]$ é o número de respostas totais da Zona Norte, $[P_{ZN}]$ é a parcela da população que corresponde à Zona Norte. Analogamente, as letras subscritas ZL, ZO, ZS e C representam que a variável em questão faz referência a Zona Leste, Zona Oeste, Zona Sul e Centro respectivamente. Por fim, $[T_{SP}]$ é o total de respondentes dentro do município de São Paulo, e $[T_{Fora}]$ é o número de respostas dadas à alternativa por pessoas que dirigem em São Paulo, mas moram em outros municípios.

Posteriormente, foi feita uma comparação entre os resultados originais e os ponderados para cada questão calculando a diferença entre eles e o desvio padrão amostral dessa diferença. Para avaliação da magnitude do desvio padrão, foi realizada a razão entre ele e o número total de respostas. Valores abaixo de 5% foram considerados como diferenças insignificantes para uma análise macroscópica de tendência das opiniões públicas.

6.5.4. Tratamento dos dados

Nas análises, foi utilizado o termo “motorista” para aqueles que responderam que dirigem na cidade de São Paulo.

Descartaram-se respostas que apresentaram resultados exatamente iguais, incluindo nas questões dissertativas. Também foram verificadas e eliminadas inconsistências quanto a possuir mais de um carro, e também inconsistências quanto à posse de motocicletas.

Para organização, gráficos circulares foram utilizados para representar resultados em que o respondente podia selecionar apenas uma alternativa ou para respostas escritas, enquanto o uso de gráficos de barras associaram-se a perguntas com possibilidade de assinalar mais alternativas simultaneamente.

7. Hipóteses e verificação

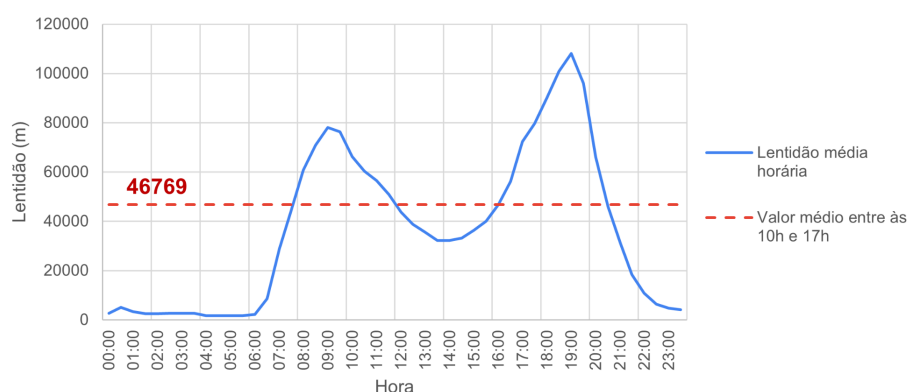
Tratando-se de análises com diversas variáveis, o presente trabalho deparou-se com aspectos tidos como senso comunitário em nossa sociedade, o qual poderiam tender a pressupostos errôneos e desvalorizar a análise como um todo. Dessa forma, existiu a preocupação de verificar e testar as seguintes conjecturas populares:

- O comportamento usual em dias úteis mostra pico de congestionamento durante o horário de OHP, e queda durante o intervalo entre 10h e 17h;
- Dias Úteis da semana possuem variedade em relação à quilometragem de congestionamento medidas. Usualmente sendo sexta-feira o pior dia da semana;
- De 2007 a 2019 houve um aumento consideravelmente constante no número de veículos, registrados e circulantes, na cidade de São Paulo;
- Os anos que possuem maior valor de veículos circulantes possuem uma relação direta com o aumento de quilometragem congestionada registrada;
- A poluição registrada possui diretamente uma relação com o número de veículos anuais, registrados e circulantes;

7.1. O comportamento usual em dias úteis mostra pico de congestionamento durante o horário de OHP, e queda durante o intervalo entre 10h e 17h;

Para a análise comportamental em dias úteis no trânsito de São Paulo, a pesquisa elaborou o diagrama contendo a média de congestionamento registrada entre 2007 e 2019, a cada 30 minutos. Sendo possível, dessa maneira, observar a presença de dois picos evidentes, das 7h às 10h e das 17h às 20h. Além disso, durante o intervalo posicionado entre os picos há uma queda brusca no congestionamento registrado, embora ainda cerca de 30km a mais do que o período entre às 22h e 6h. A Figura 16 representa o comportamento médio analisado.

Figura 16 - Comportamento médio da lentidão em dia útil entre 2007-2019



Fonte: Os autores

O valor calculado médio entre 10h e 17h de aproximadamente 46,8 km de congestionamento foi utilizado para analisar outros aspectos a seguir. Todavia, para melhor compreensão e simplificação, seu valor foi arredondado para 50km.

7.2. Dias Úteis da semana possuem variedade em relação à quilometragem de congestionamento medidas.

Analisando os impactos do Rodízio em uma escala temporal mais reduzida, o trabalho verificou se há correlações entre os dias úteis e o nível medido de congestionamento na cidade de São Paulo. Para isso, a partir da metragem de lentidão levantada pela CET ao longo de 2007 a 2019, o presente estudo categorizou os congestionamentos baseado no dia útil no qual foi registrado. Dessa forma, obteve-se os comportamentos médios de segunda-feira, terça-feira, quarta-feira, quinta-feira e sexta-feira para todos os anos da nossa janela de análise.

Em seguida, baseado no congestionamento médio medido durante o horário entre 10h e 17h analisado (cerca de 50 km de congestionamento), esta pesquisa determinou Faixas de Congestionamento, intervaladas de 50km em 50km. Contabilizou-se, com isso, quantos Pontos de Análise de Congestionamento estiveram acima de tais faixas. Ou seja, quantos estiveram acima dos 50km de

lentidão, quantos estiveram acima dos 100km, acima dos 150km e acima dos 200km, representados pelos Quadros 4 à 7, respectivamente.

Tendo como número total de pontos em nossa janela temporal 7488 $\left(1 \frac{\text{média do dia útil}}{\text{mês}} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{média do dia útil}} * 2 \frac{\text{pontos}}{\text{hora}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{ano}} * 13 \text{ ano}\right)$, pode-se chegar aos valores expostos nos quadros 04 a 07:

Quadro 04: Número de Pontos de Análise de Congestionamento que ultrapassaram 50 km por dia da semana por ano

	Pontos de Análise de Congestionamento acima de 50km				
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2007	158	203	231	227	258
2008	142	213	200	252	285
2009	139	169	164	200	254
2010	125	145	143	164	213
2011	110	111	104	120	181
2012	144	185	172	200	223
2013	183	198	201	232	235
2014	188	225	232	243	270
2015	157	184	181	212	256
2016	132	153	156	186	209
2017	113	155	152	183	192
2018	110	138	106	132	150
2019	134	178	193	244	232
SOMA	1835	2257	2235	2595	2958
Parcela dos horários	24,51%	30,14%	29,85%	34,66%	39,50%

Fonte: Os autores

Quadro 05: Número de Pontos de Análise de Congestionamento que ultrapassaram 100 km por dia da semana por ano

Pontos de Análise de Congestionamento acima de 100km					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2007	25	34	49	47	69
2008	33	53	49	68	93
2009	18	20	25	44	51
2010	14	5	16	29	58
2011	17	13	8	15	58
2012	28	20	35	48	78
2013	33	52	47	60	85
2014	44	64	58	62	101
2015	15	19	26	49	92
2016	23	20	27	22	60
2017	0	2	7	8	27
2018	18	21	7	24	33
2019	5	14	8	12	17
SOMA	273	337	362	488	822
Parcela dos horários	3,65%	4,50%	4,83%	6,52%	10,98%

Fonte: Os autores

Quadro 06: Número de Pontos de Análise de Congestionamento que ultrapassaram 150 km por dia da semana por ano

Pontos de Análise de Congestionamento acima de 150km					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2007	0	0	6	7	10
2008	0	2	5	13	30
2009	0	1	0	4	9
2010	0	0	0	0	14
2011	0	0	0	0	10
2012	0	0	0	8	22
2013	3	0	5	11	33
2014	0	4	9	11	42
2015	0	0	0	0	10
2016	1	2	9	9	9
2017	0	0	0	0	0
2018	1	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0
SOMA	5	9	34	63	189
Parcela dos horários	0,07%	0,12%	0,45%	0,84%	2,52%

Fonte: Os autores

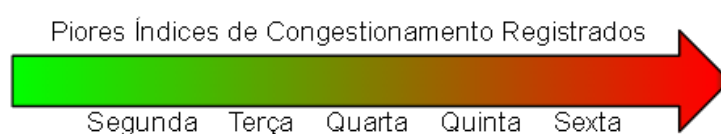
Quadro 07: Número de Pontos de Análise de Congestionamento que ultrapassaram 200 km por dia da semana por ano

Pontos de Análise de Congestionamento acima de 200km					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2007	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	4
2014	0	0	0	1	5
2015	0	0	0	0	0
2016	0	0	2	2	0
2017	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0
SOMA	0	0	2	3	9
Parcela dos horários	0,00%	0,00%	0,03%	0,04%	0,12%

Fonte: Os autores

Nota-se, com tais tabelas, que segunda-feira sempre mostrou-se com a menor quantidade de pontos acima das Faixas de Congestionamento, independentemente de qual faixa. Da mesma maneira, sexta-feira sempre se mostrou acima da Faixa. Quinta-feira, em todas as faixas, mostrou-se como o segundo pior dia útil de quilometragem registrada de congestionamento. Para terça-feira e quarta-feira, a diferença ficou geralmente 0,3%, com quarta-feira tendo majoritariamente índices piores. Dessa maneira, é possível fazer a seguinte simplificação, considerando todas as Faixas de Congestionamento, conforme Figura 17:

Figura 17- Escala gradual de piora nos índices de congestionamento na semana



Fonte: Os autores

Além disso, houve a preocupação de analisar como ao longo dos anos esse comportamento ocorreu. Com isso buscou-se verificar se, do início até o final de nossa janela temporal, houve épocas mais intensas ou mais brandas. Fazendo-se uma escala de cinza para verificar a evolução temporal, na qual tons mais escuros representam valores maiores, resultando nos Quadros 08 à 11 avaliando respectivamente os pontos acima de 50km, de 100km, de 150km e de 200km

Quadro 08: Número de Pontos de Análise de Congestionamento que ultrapassaram 50km por dia da semana análise janela temporal

Pontos de Análise de Congestionamento acima de 50km					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2007	158	203	231	227	258
2008	142	213	200	252	285
2009	139	169	164	200	254
2010	125	145	143	164	213
2011	110	111	104	120	181
2012	144	185	172	200	223
2013	183	198	201	232	235
2014	188	225	232	243	270
2015	157	184	181	212	256
2016	132	153	156	186	209
2017	113	155	152	183	192
2018	110	138	106	132	150
2019	134	178	193	244	232
SOMA	1835	2257	2235	2595	2958
Parcela dos horários	24,51%	30,14%	29,85%	34,66%	39,50%

Fonte: Os autores

Quadro 09: Número de Pontos de Análise de Congestionamento que ultrapassaram 100km por dia da semana análise janela temporal

Pontos de Análise de Congestionamento acima de 100km					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2007	25	34	49	47	69
2008	33	53	49	68	93
2009	18	20	25	44	51
2010	14	5	16	29	58
2011	17	13	8	15	58
2012	28	20	35	48	78
2013	33	52	47	60	85
2014	44	64	58	62	101
2015	15	19	26	49	92
2016	23	20	27	22	60
2017	0	2	7	8	27
2018	18	21	7	24	33
2019	5	14	8	12	17
SOMA	273	337	362	488	822
Parcela dos horários	3,65%	4,50%	4,83%	6,52%	10,98%

Fonte: Os autores

Quadro 10: Número de Pontos de Análise de Congestionamento que ultrapassaram 150km por dia da semana análise janela temporal

Pontos de Análise de Congestionamento acima de 150km					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2007	0	0	6	7	10
2008	0	2	5	13	30
2009	0	1	0	4	9
2010	0	0	0	0	14
2011	0	0	0	0	10
2012	0	0	0	8	22
2013	3	0	5	11	33
2014	0	4	9	11	42
2015	0	0	0	0	10
2016	1	2	9	9	9
2017	0	0	0	0	0
2018	1	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0
SOMA	5	9	34	63	189
Parcela dos horários	0,07%	0,12%	0,45%	0,84%	2,52%

Fonte: Os autores

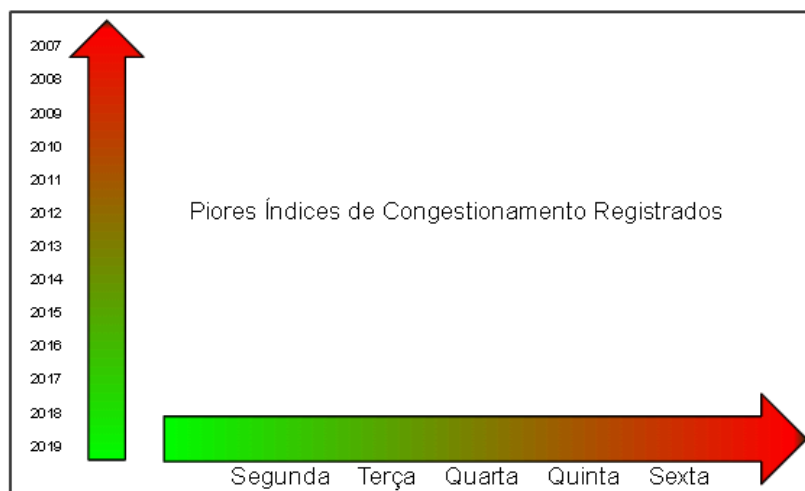
Quadro 11: Número de Pontos de Análise de Congestionamento que ultrapassaram 200 km por dia da semana análise janela temporal

Pontos de Análise de Congestionamento acima de 200km					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
2007	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	4
2014	0	0	0	1	5
2015	0	0	0	0	0
2016	0	0	2	2	0
2017	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0
SOMA	0	0	2	3	9
Parcela dos horários	0,00%	0,00%	0,03%	0,04%	0,12%

Fonte: Os autores

Com os quadros 08 a 11, é possível notar que os anos iniciais de nossa janela temporal possuíam índices mais intensos do que os anos finais da janela. Entretanto, em relação à análise semanal demonstram que, de segunda à sexta, o comportamento se manteve muito similar. Pode-se simplificar os resultados a partir da Figura 18:

Figura 18- Tendência congestionamentos no município de São Paulo conforme o dia da semana e o ano



Fonte: Os autores

7.3. De 2007 a 2019 houve um aumento consideravelmente constante no número de veículos, registrados e circulantes, na cidade de São Paulo;

Tendo em mente que a população da cidade de São Paulo cresceu de 10,86 milhões em 2005 para uma previsão de 12 milhões em 2025, segundo Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE, 2020), Figura 19, é possível teorizar que o número de veículos tenha havido um comportamento similar no mesmo período.

Figura 19- Evolução e estimativa da população do município de São Paulo entre os anos de 2000 e 2025.

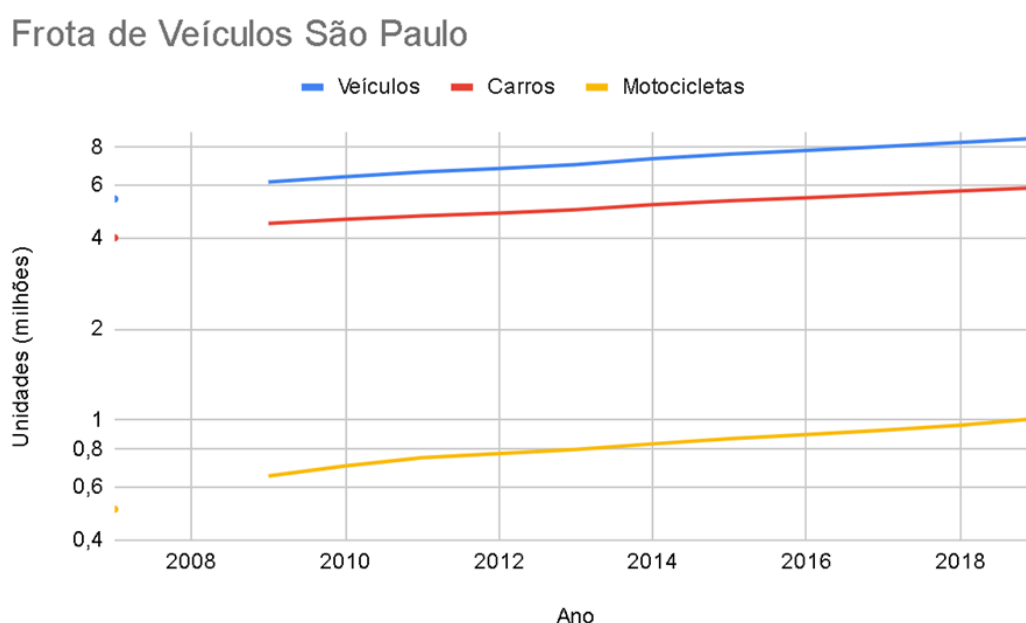
Evolução da população



Fonte: SEADE, 2020

Reforçando essa ideia, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) e adaptado na Figura 20, o número de veículos registrados na cidade de São Paulo cresceu de cerca de 5,4 milhões de unidades para 8,6 milhões de unidades entre 2007 e 2019. Boa parte alavancada por automóveis (de 4 milhões para quase 5,9 milhões de unidades, no mesmo intervalo de tempo) e por motocicletas (de 500 mil para 1 milhão de unidades, no mesmo intervalo de tempo). O registro para o ano de 2008 não foi registrado pelo IBGE, porém é possível pressupor que o valor está interpolado entre os valores registrados em 2007 e 2009

Figura 20- Frota de Veículos credenciados para São Paulo



Fonte: Os autores, adaptado de IBGE

Todavia, esses valores representam os registros de veículos e as previsões que o IBGE efetuou, podendo levar em consideração os veículos que circulam na cidade diariamente, os veículos que circulam pouco (como carros secundários), veículos que circulam em outros municípios e outras características. Para este estudo, se viu a necessidade de determinar um valor que representa a circulação de veículos na cidade.

Esse valor pode ser estimado graças ao trabalho de Sergio Ibarra-Espinosa, pós-doutor pelo Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (DCA/IAG) da Universidade de São Paulo, em

sua pesquisa para a elaboração do Vehicular Emissions Inventory (VEIN). Utilizando o levantamento e considerações disponibilizados por Ibarra (2022), autor nomeou a estimativa de veículos como *fleet_age*, que indica a frota sem considerar os veículos sucateados. Para a definição desse componente utilizou-se, além da composição veicular disponibilizada pela CETESB, a Análise de Sobrevivência que, segundo Borges (2014), em sua tese de mestrado pela Universidade da Madeira, pode ser definida como “[...] analisar os tempos de vida dos indivíduos desde o seu momento de entrada no estudo, até o momento em que ocorre o acontecimento de interesse, acontecimento esse que é definido à partida.”

Com isso, obtendo-se os valores estipulados por Ibarra entre 2007 e 2018, é possível elaborar a Tabela 09, que representa a frota de circulante de veículos na cidade de São Paulo, com o passar dos anos:

Tabela 09:Evolução frota circulante por Ibarra

Ano	Frota Circulante de veículos estimada por Ibarra (unidades)
2007	749238
2008	881306
2009	934001
2010	1038230
2011	1171367
2012	1186732
2013	1150404
2014	1056370
2015	840139
2016	652881
2017	723977
2018	857455

Fonte: Os autores. Inspirado em VEIN - Ibarra

Nota-se que, mesmo com as flutuações ao longo dos anos, a frota circulante é estimada em aproximadamente 1 milhão de veículos, considerando carros, motocicletas, ônibus e outros automóveis (média calculada 936842 veículos). Para conferência desse resultado, este trabalho entrou em contato com Vicente Pedro Petrocelli do Departamento de Pesquisas e Simulações de Tráfego - DPT, que nos informou:

“No pico manhã (7h30 /8h30) temos em torno de um milhão de viagens, muitas dessas viagens são realizadas pelo mesmo veículo em diferentes horários ou até mesmo dentro da faixa horária entre 7h30 e 8h30, por exemplo: “Paulo” sai de casa às 7h00 com seus dois filhos, cada um estuda em uma escola diferente, “Paulo” realiza a primeira viagem para levar um de seus filhos na escola, de lá ele inicia uma segunda viagem para levar seu outro filho em outra escola, em seguida realiza a terceira viagem para ir dessa escola para seu trabalho, nesse caso o mesmo veículo realizou três viagens no período da manhã. Portanto, o número que utilizamos em nossos estudos é o número de viagens totais.”

Observa-se, portanto, que o número de aproximadamente 1 milhão de veículos circulantes na cidade de São Paulo, estimado por Ibarra, possui uma verificação empírica que aproxima-se da realidade paulistana. Com isso, a hipótese de que o número de veículos circulantes vem aumentando constantemente, não se confirmou na janela temporal do estudo.

- 7.4. Os anos que possuem maior valor de veículos circulantes possuem uma relação direta com o aumento de quilometragem congestionada registrada;

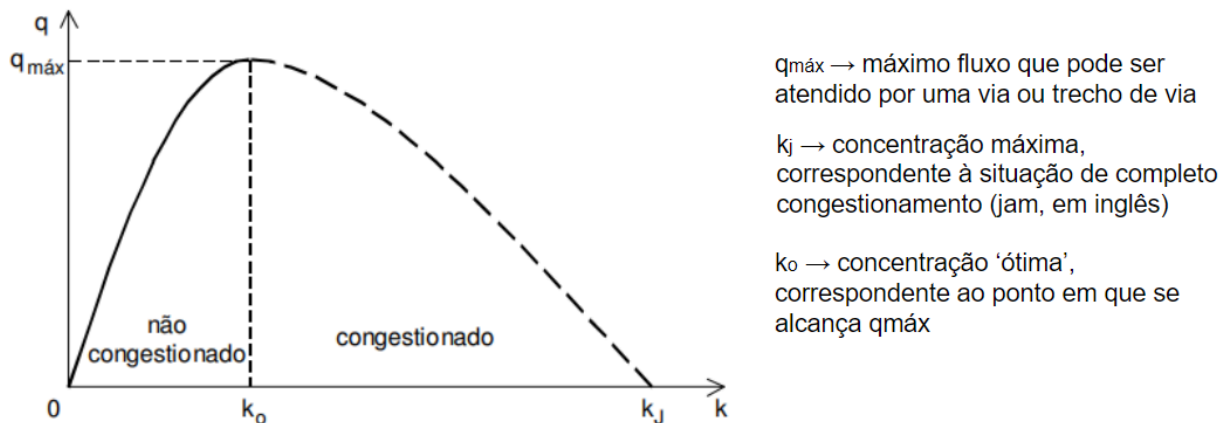
De acordo com o Prof. Paulo Cesar Marques da Silva, da Universidade de Brasília (SILVA, P. C. M, 1994), seguindo os estudos de análises macroscópicas da Teoria de Fluxo de Tráfego, é possível estipular três grandezas básicas sendo, de maneira simplificada:

- Fluxo ou Volume (q): Número de Veículos que cruzam determinada seção da via, considerando um intervalo de tempo. Grandeza temporal [veículo/hora];
- Concentração ou Densidade (k): Número de veículos presentes em uma determinada extensão da via. Grandeza espacial [veículo/km];
- Velocidade (v): Relação entre Fluxo e Concentração. [km/hora];

A partir disso, é possível observar que a quantidade de veículos afeta diretamente duas das três grandezas, fazendo com que surja a hipótese de que a variação da quantidade de veículos circulantes afete diretamente a quilometragem de congestionamento registrada.

Entretanto, seguindo a própria Teoria de Fluxo de Tráfego, é possível observar que o Diagrama Fundamental do Tráfego na Figura 21 demonstra uma relação que, dadas apenas essas grandezas, existe uma região congestionada mesmo variando o número de veículos (afetando, portanto, Fluxo e Concentração).

Figura 21- Diagrama Fundamental do Tráfego



Fonte: Adaptado de (SILVA, P. C. M, 1994) - Teoria de Fluxo de Tráfego

Acrescido a isso, dada a janela temporal extensa deste trabalho, é válido ressaltar que houve políticas públicas que alteraram a dinâmica veicular da cidade de São Paulo, seja positivamente ou não.

Isto posto, a análise com os registros de congestionamento mostrou-se válida para a verificação se houve uma relação direta e imediata entre o número de veículos circulantes e o congestionamento registrado.

Para isso, baseando-se no registro feito por Ibarra, já citado anteriormente, foi possível elaborar o diagrama na Figura 22. Nele considerou-se a média dos dias úteis, como comportamento padrão, para cada ano de nossa análise e inseriu-se o valor determinado por Ibarra de veículos circulantes daquele ano, com as escalas à direita e à esquerda, respectivamente. O presente trabalho desconsiderou as variações de quantidade de automóveis que ocorreram no período de um ano. Considerou, portanto, que para cada ano, o número de veículos foi constante nele, embora varie de ano para ano.

Figura 22- Comparação entre o congestionamento a cada meia hora de um dia útil médio a cada ano, e a frota circulante de veículos média a cada ano.



Fonte: Os autores

Observa-se, pelo diagrama, que houveram períodos com aumento de congestionamentos registrados porém o número de veículos circulantes não seguiu de maneira similar. O mesmo ocorre para regiões na janela temporal em que houve queda de congestionamentos. Tal fato mostra que a relação entre os congestionamentos registrados e o número de veículos circulantes não seguiram uma relação causa-consequência direta e imediata. Fazendo com que seja possível teorizar que houveram políticas que tiveram impactos no trânsito da cidade de São Paulo que, apenas o Rodízio, não consegue suscitar. Tais teorias e teses, embora não entrem no escopo deste presente trabalho, merecem a sua devida atenção para pesquisas futuras.

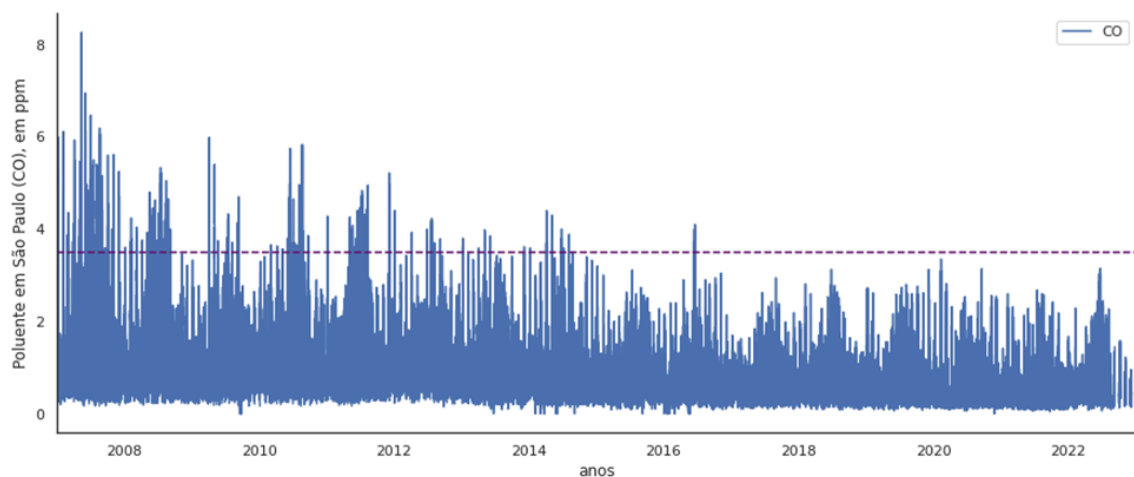
7.5. A poluição registrada possui diretamente uma relação com o número de veículos anuais, registrados e circulantes;

Tendo em mente o número de veículos estimado por Ibarra, e considerando que os automóveis possuem grande relevância na emissão de poluentes em centros urbanos, é possível teorizar que nos anos em que houveram queda na frota circulante, os poluentes também se reduzissem. Da mesma maneira, caso o número de veículos circulantes fosse maior naquele ano, os poluentes deveriam representar um acréscimo em suas medições.

Para verificar essa hipótese, utilizando a evolução dos Pontos de Análise do Poluente, para cada poluente, diagrama-se como foi o comportamento

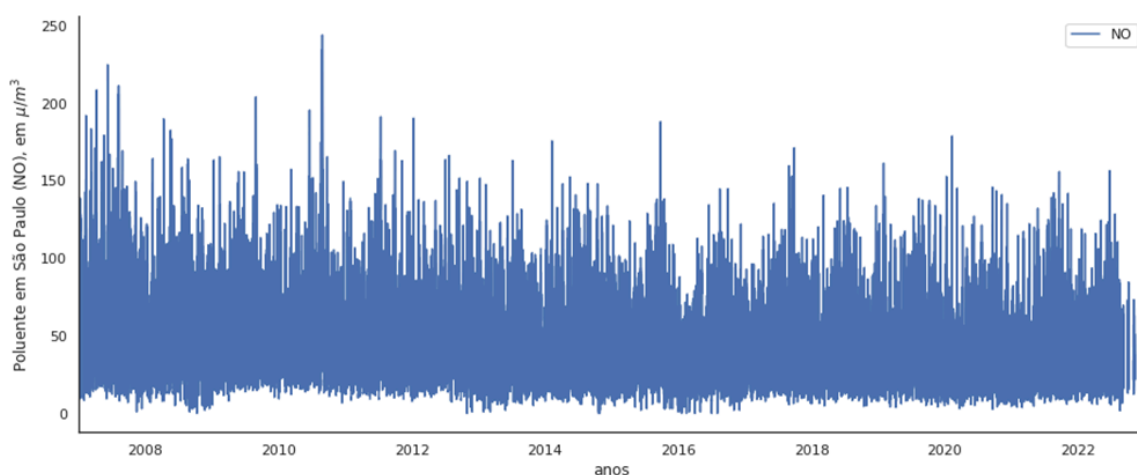
de cada poluente na cidade de São Paulo nos gráficos 01 a 07. As linhas horizontais representam o limite estipulado pela OMS - Organização Mundial da Saúde (WHO, 2021 e EURO WHO, 2000) para que não haja prejuízos à saúde humana, essas informações não foram obtidas para todos os poluentes devido à suas grandes variações de tempo de exposição.

Gráfico 01- Evolução da concentração de *CO* nas estações de medição consideradas para São Paulo entre 2007 e 2022



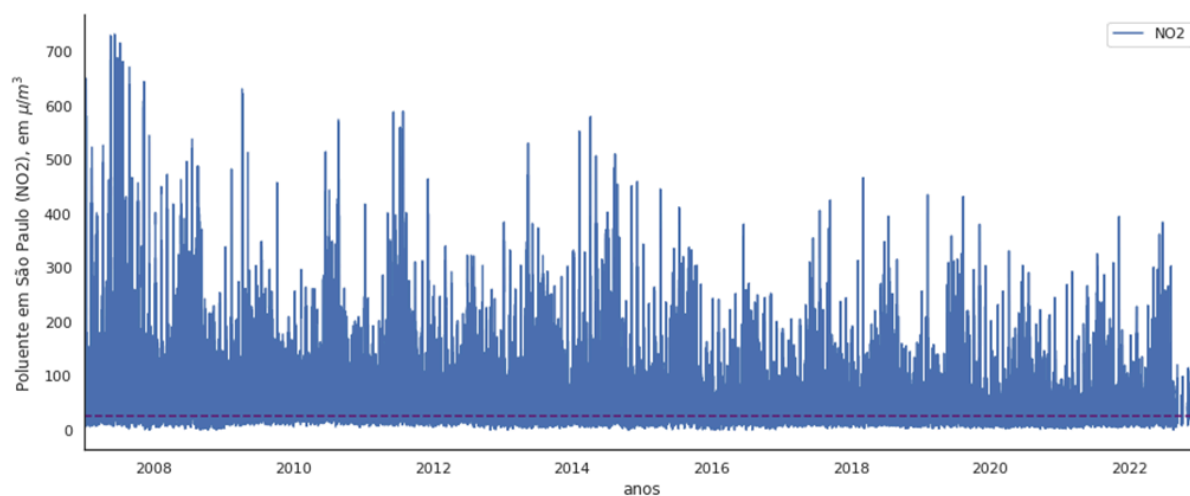
Fonte: Os autores

Gráfico 02- Evolução da concentração de *NO* nas estações de medição consideradas para São Paulo entre 2007 e 2022



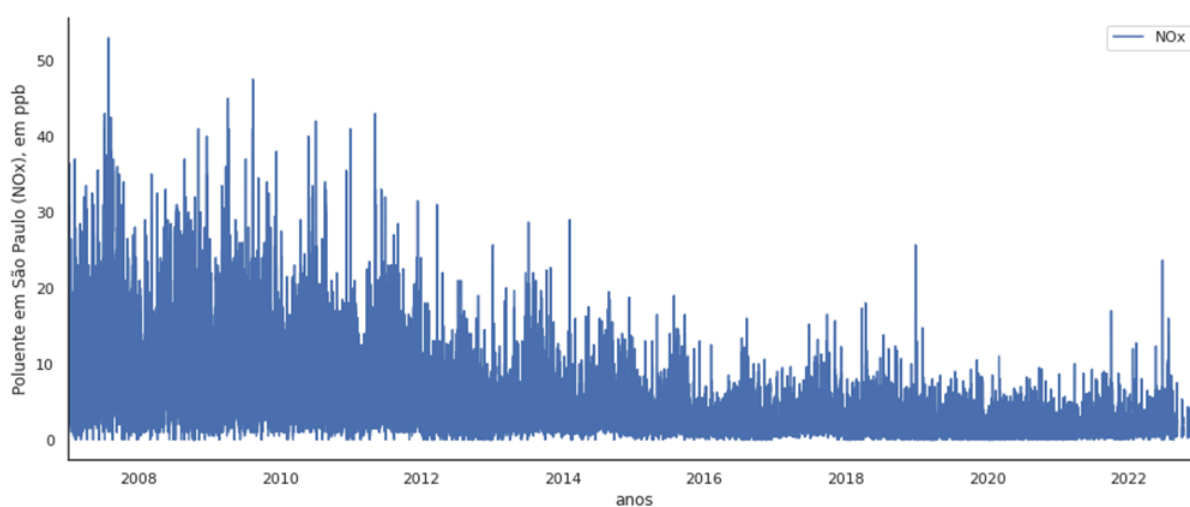
Fonte: Os autores

Gráfico 03- Evolução da concentração de NO_2 nas estações de medição consideradas para São Paulo entre 2007 e 2022



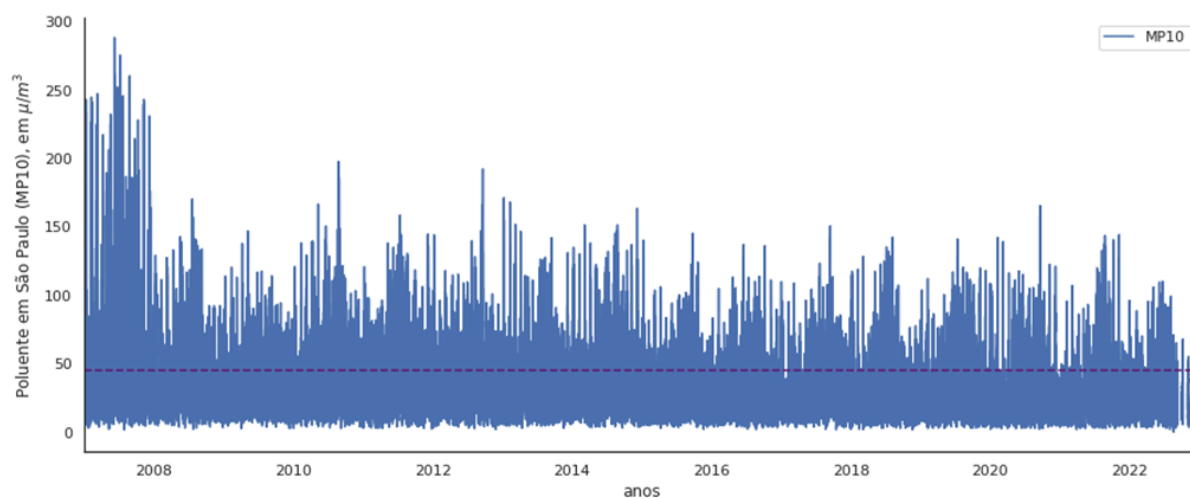
Fonte: Os autores

Gráfico 04- Evolução da concentração de NO_x nas estações de medição consideradas para São Paulo entre 2007 e 2022



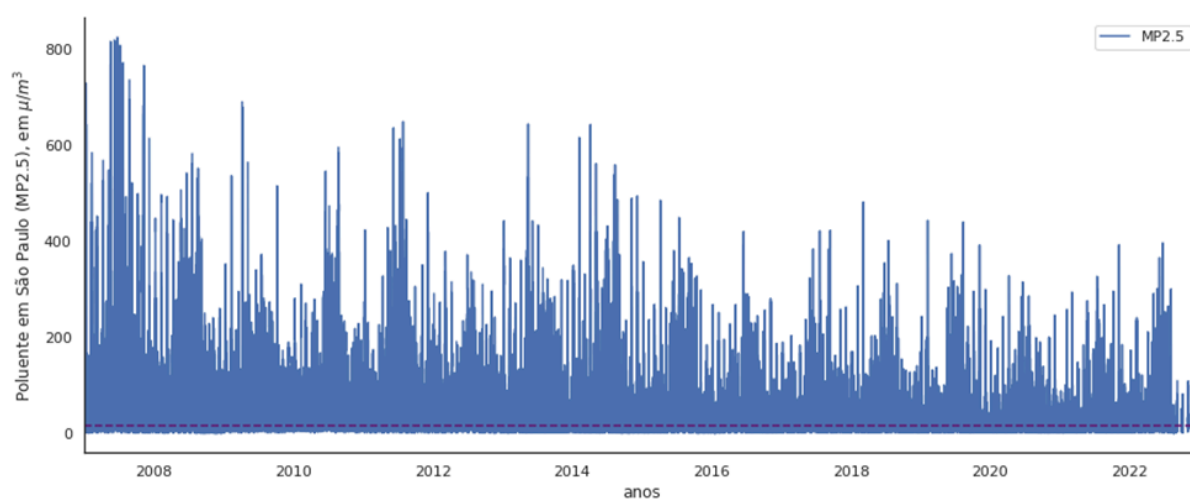
Fonte: Os autores

Gráfico 05- Evolução da concentração de MP_{10} nas estações de medição consideradas para São Paulo entre 2007 e 2022



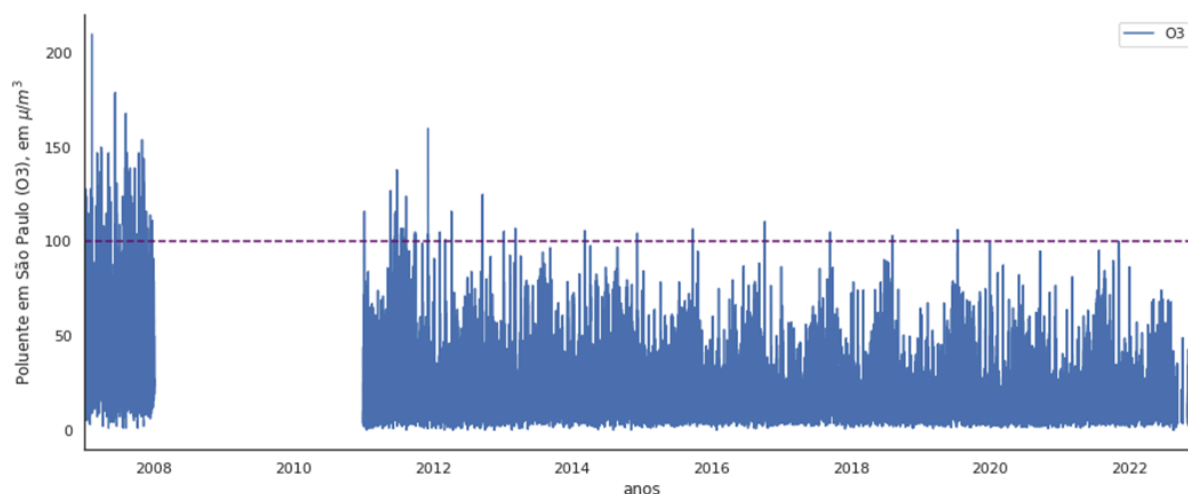
Fonte: Os autores

Gráfico 06- Evolução da concentração de $MP_{2.5}$ nas estações de medição consideradas para São Paulo entre 2007 e 2022



Fonte: Os autores

Gráfico 07- Evolução da concentração de O_3 nas estações de medição consideradas para São Paulo entre 2007 e 2022



Fonte: Os autores

Nota-se que para ambos os cenários, ou seja, considerando a pouca variação no número de veículos circulantes estipulados por Ibarra e considerando a constante crescente no número de veículos registrados pelo IBGE (2022), a queda de registro de poluentes não demonstra uma relação clara entre a quantidade de veículos e as emissões em longos períodos de análises. Com isso, é possível teorizar que outras políticas, principalmente aquelas de controle de combustíveis e emissões dos veículos e alteração da dinâmica de circulação, possam ter influenciado mais do que o número absoluto de veículos em si.

Embora não tenha entrado no escopo do trabalho, pode-se citar:

- Extensão da linha verde e lilás do Metrô (2006-2015);
- Implementação da Zona de Máxima Restrição de Circulação (2008);
- Plano de Controle de Poluição Veicular (2009);
- Implementação e extensão da linha amarela do Metrô (2010-2014);
- Adoção em grande escala do catalisador de tecnologia SCR (Selective Catalyst Reduction), associada à redução de emissão do NOx (2012) (CETESB);

- Chegada do aplicativo Waze de navegação por GPS ao Brasil (2012) (EISNOR, 2017);
- Ampliação dos corredores de ônibus e ciclovias na gestão municipal entre os anos de 2013 e 2016 (Prefeitura de São Paulo, 2016);
- Chegada do aplicativo Uber de transporte privado urbano ao Brasil (2014) (G1, 2014);
- Implementação da Zona de Máxima Restrição de Fretamento (2015);
- Inauguração do trecho leste do Rodoanel (2015) (SOUZA, 2015).

Entretanto, vale a análise de uma possível relação a curto prazo como, por exemplo, o comportamento semanal da emissão de poluentes e como isso se relaciona com a sazonalidade semanal já vista para os congestionamentos. Esse tema será detalhado no capítulo 9, tópico 9.2.

8. Congestionamento

A caracterização e o estudo dos impactos da aplicação das restrições de circulação de veículos na cidade de São Paulo foi iniciada pela abordagem dos congestionamentos presentes ao longo dos 13 anos de análise.

Conforme explicitado no Capítulo 06, foram utilizados dados disponibilizados pela CET acerca da quantidade de quilômetros de lentidão observados na cidade de São Paulo a cada 30 minutos; foi recortado o período entre 2007 e 2019 para o estudo.

8.1. Caracterização

8.1.1. Sazonalidade

Tendo em vista que o uso de veículos na cidade de São Paulo depende dos comportamentos dos cidadãos, que sofrem variações ao longo do ano, em datas específicas e ao longo da semana, o trabalho analisou separadamente tais condutas, as quais denominou-se Sazonalidade.

8.1.1.1. Diário - pico manhã x vale do almoço x pico tarde

A Sazonalidade Diária é o comportamento que possui uma caracterização nos níveis de congestionamento a depender do horário do dia. Como observado no tópico 7.1, é possível observar a Sazonalidade Diária, na qual pode ser simplificada em:

Dois picos, sendo um das 7h às 10h e outro das 17h às 20h.

Congestionamento médio durante o horário do almoço de aproximadamente 50km, bem abaixo dos picos diários.

Congestionamento abaixo dos 10 km para os demais horários do dia.

8.1.1.2. Semanal - mostrar que os dias úteis são piores

A Sazonalidade Semanal é o comportamento que possui uma caracterização nos níveis de congestionamento a depender do dia da semana. Como observado no tópico 7.2, é possível observar a Sazonalidade Semanal, que em média se inicia

com congestionamentos mais brandos nas segundas-feiras e pioram até o pico nas sextas-feiras.

- 8.1.1.3. Anual - mostrar que diferentes épocas do ano apresentam comportamentos distintos (exemplo: dezembro-janeiro; julho)

A Sazonalidade Anual é o comportamento que possui uma caracterização nos níveis de congestionamento a depender dos meses do ano. Dessa forma, testou-se se houve algum tipo de relação entre o mês e o valor registrado de congestionamento.

Para a análise de verificação de Sazonalidade Anual, o trabalho elaborou um **Ano Teórico**. Para isso, utilizou como referência as mesmas Épocas (ou DateTimes, registros específicos de data e hora) da janela de análise da OHP para, a partir de uma média aritmética entre os tamanhos de congestionamentos, elaborar os congestionamentos do Ano Teórico.

O Quadro 12 esquematiza simbolicamente o processo com valores meramente representativos:

Quadro 12: Esquematização de elaboração do Ano Teórico

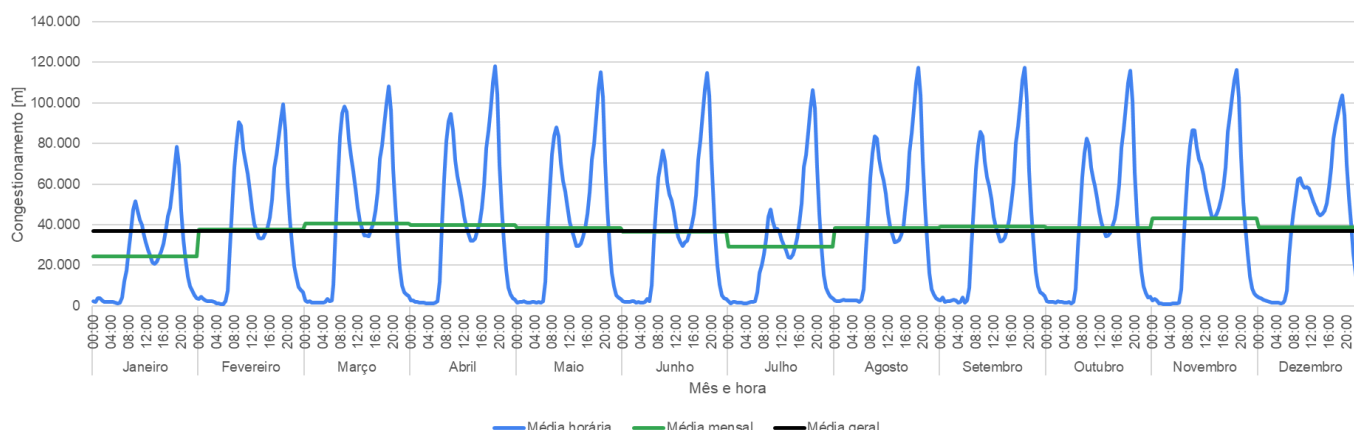
Época	Lentidão 2007 (metros)	Lentidão 2008 (metros)		Lentidão 2019 (metros)	Tamanho Ano Teórico (metros)
01/01 00:00	2700	2850	...	1220	$\frac{\sum_{2007}^{2019} Cong_i}{2019-2007} = 2550$
01/01 00:30	2500	3200	...	3000	$\frac{\sum_{2007}^{2019} Cong_i}{2019-2007} = 2600$

01/01 1:00	1200	1500	...	2700	$\frac{\sum_{2007}^{2019} Cong_i}{2019-2007} = 2850$
....
31/12 23:00	5000	2155	...	1950	$\frac{\sum_{2007}^{2019} Cong_i}{2019-2007} = 3000$
31/12 23:30	3500	3600	...	1888	$\frac{\sum_{2007}^{2019} Cong_i}{2019-2007} = 2800$

Fonte: Os autores

Embora esse tipo de construção não seja capaz de observar a Sazonalidade Semanal, é possível condensar a Sazonalidade Anual e criar cenários no qual o comportamento médio dos usuários, ao longo dos anos, foi registrado. O resultado ao longo dos meses pode ser analisado pela Figura 23, a qual demonstra que os meses de dezembro, janeiro e julho possuem picos vespertinos inferiores aos demais meses. Por outro lado, os demais meses possuem comportamento similar entre eles, usualmente tendo os piores picos noturnos nos meses abril, agosto e setembro.

Figura 23: Sazonalidade Anual para o Ano Teórico - Congestionamento médio de um dia útil para cada mês entre os anos 2007 e 2019



Fonte: Os autores

8.2. Comparação entre os resultados das suspensões e do rodízio normal

Para a elaboração do Ano Teórico, se mostrou necessário as considerações de quais datas serão levadas em consideração, e quais serão descartadas.

Com o intuito de compreender como as diversas motivações de suspensões afetam o congestionamento na cidade de São Paulo, realizou-se a pesquisa comparando as motivações mais comuns de suspensão de Rodízio registradas oficialmente pelo site da CET. São elas:

Chuvas (C), Greves e Manifestações (G), Feriados (F), Emendas de Feriados (E), Férias de Verão (Fv), Férias de Inverno (Fi).

Para a identificação de cada cenário, os sufixos representam quais dias foram considerados. Dessa forma, caso haja o sufixo, o dia de suspensão foi considerado na média do Ano Teórico. Caso não haja o sufixo correspondente, implica que as medidas de congestionamento para aquela suspensão foram desconsideradas no cálculo de média para a elaboração do Ano Teórico. Caso haja o sufixo para **Normalidade (N)**, implica que os dias tiveram o funcionamento do Rodízio de maneira normal, ou esperada, sem nenhuma suspensão.

Para a devida comparação, foram criados dois cenários extremos:

- **Ano_Teórico_C_G_F_E_Fv_Fi** → Para esse cenário, os dias considerados foram aqueles em que houve suspensão da OHP por

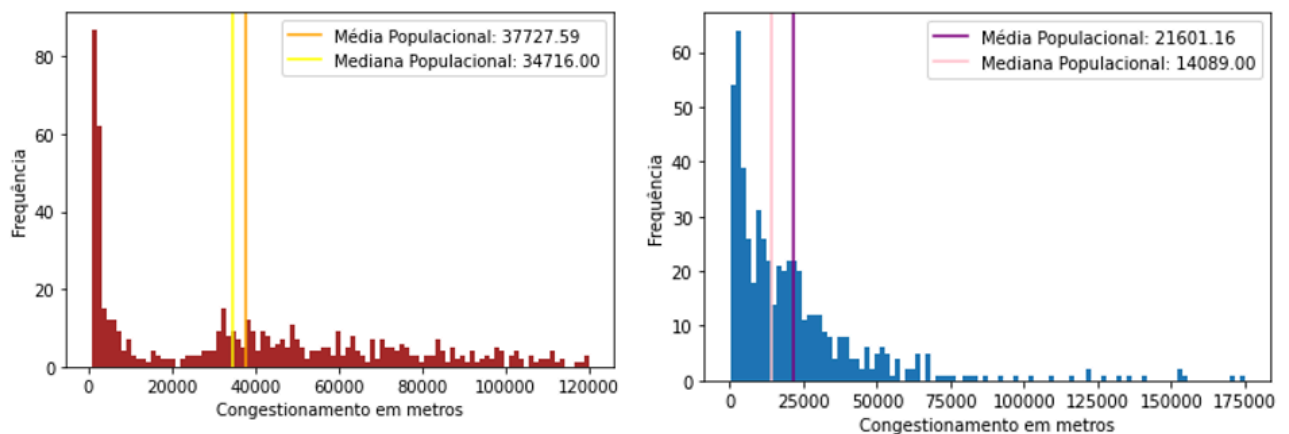
quaisquer motivos registrados. Não foram considerados os dias em que o Rodízio funcionou da maneira esperada. Para a elaboração desse cenário, foram considerados 7628 registros de congestionamento. Nos diagramas, foi destacado com a cor azul.

- **Ano_Teórico_N** → Para esse cenário, apenas foram considerados os dias em que não houveram suspensão. Dessa maneira, foram utilizados como base para o cálculo os dias nos quais o Rodízio funcionou da maneira como planejado. Para a elaboração desse cenário, foram considerados 127186 registros de congestionamento. Nos diagramas foi destacado com a cor marrom.

Nota-se que o número de registros entre ambos os cenários é muito discrepante, sendo que o primeiro possui cerca de 6% dos registros do segundo. Tal resultado já era esperado, uma vez que sabidamente a OHP teve mais horas com o seu funcionamento de maneira planejada do que com suspensões.

Os diagramas resultantes dessa análise estão na Figura 24:

Figura 24: Comparação entre histogramas de congestionamentos para os cenários **Ano_Teórico_N** e **Ano_Teórico_C_G_F_E_Fv_Fi**.



Fonte: Os autores

Além da problemática de amostras com tamanhos tão diferentes, há a questão da distribuição não seguir de maneira Gaussiana, ou distribuição normal. Dessa maneira, o ideal é a realização de Testes de Hipóteses Não Paramétricos, como o Wilcoxon ou o Mann-Whitney, para a verificação se os grupos podem ser

considerados distintos ou estatisticamente equivalentes. Para contornar tal situação, entrou-se em contato com os docentes do departamento de estatística do Instituto de Matemática e Estatística da USP (IME-USP):

- Professora Doutora Aline Duarte de Oliveira
- Professor Associado Anatoli Iambartsev
- Professora Associada Chang Chiann
- Professora Associada Silvia Nagib Elian

Com as sugestões de tais profissionais, além do Teste de Hipótese Não Paramétrico, o trabalho utilizou-se de técnicas de reamostragem para conseguirmos estipular de maneira mais clara um Intervalo de Confiança, margens de erros e uma distribuição que se aproximasse da distribuição Gaussiana ou distribuição normal. Após a técnica de reamostragem, Teste de Hipótese Paramétricos como o T-Student, podem ser realizados para confirmar ou confrontar se os cenários podem ser considerados equivalentes. A técnica de reamostragem escolhida foi a de Bootstrap, devido a sua fácil aplicação em Python e considerável tranquilidade na compreensão. Dessa maneira, o trabalho visou verificar se as causas das suspensões do Rodízio afetaram os congestionamentos na cidade de São Paulo, por exemplo alterando sua média, para que seja possível levantar as análises de como tais motivos afetam a cidade.

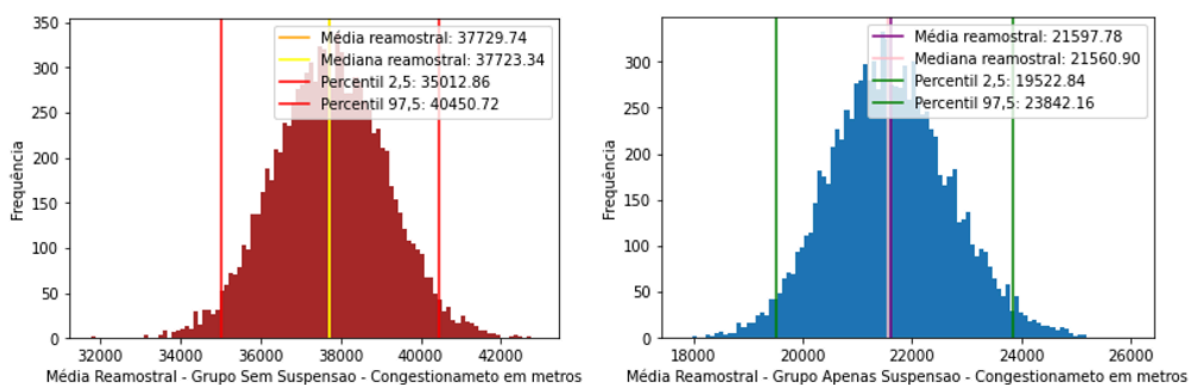
8.2.1. Reamostragem por Bootstrapping

As técnicas de reamostragem são métodos estatísticos que, segundo Fernanda da Serra Costa (COSTA, 1988) em sua dissertação para pós-graduação pela UFRJ em 1988, utilizam-se dos dados para descrever uma distribuição de probabilidade dos parâmetros de um modelo, sem admitir conhecimentos da função densidade de probabilidade. Geralmente, segundo Costa, são técnicas que baseiam na produção de novas amostras nas quais são obtidos os parâmetros estatísticos desejados que, após a obtenção de diversos desses parâmetros, define-se a distribuição de probabilidade empírica do mesmo.

O método de Bootstrap, desenvolvido por Efron em 1979, trata-se de uma técnica de reamostragem que obtém o conjunto de parâmetros a partir de uma série de reamostragem com reposição das observações da amostra original.(COSTA, 1988)

Os resultados após a técnica de reamostragem por bootstrapping segue nas Figuras 25:

Figura 25: Comparação entre histogramas de congestionamentos para os cenários **Ano_Teórico_N** e **Ano_Teórico_C_G_F_E_Fv_Fi** , após reamostragem



Fonte: Os autores

8.2.2. Comparação de cenários

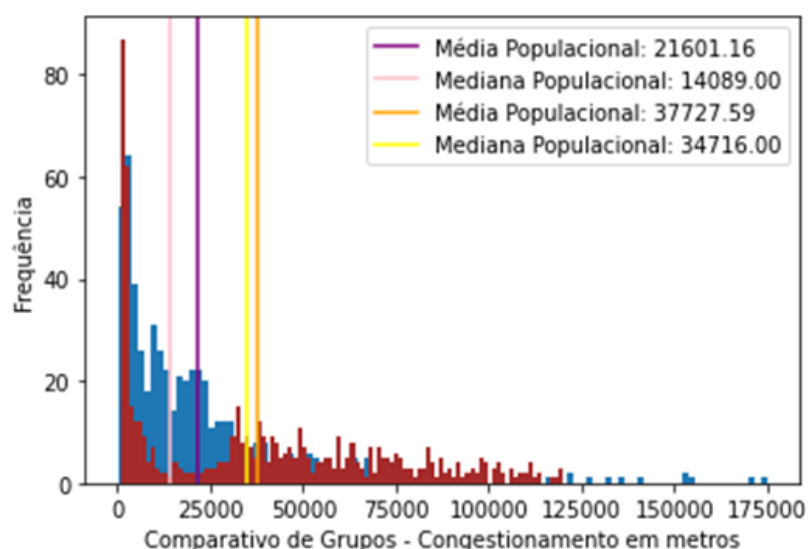
A comparação de cenários se fez de duas maneiras:

- A maneira visual, na qual verificou-se se há a sobreposição de muitos dados contabilizados.
- A maneira estatística, na qual através de testes de hipóteses (paramétricos e não paramétricos) observou-se se , com um grau de 5% de margem, é possível afirmar que os cenários são estatisticamente diferentes.

Através da sobreposição dos dois cenários, sem a técnica de reamostragem, tem-se a Figura 26:

Figura 26: Sobreposição entre histogramas de congestionamentos para os cenários

Ano_Teórico_C_G_F_E_Fv_Fi e Ano_Teórico_N



Fonte: Os autores

Sendo **Ano_Teórico_C_G_F_E_Fv_Fi** com a cor Azul e **Ano_Teórico_N** com a cor Marrom.

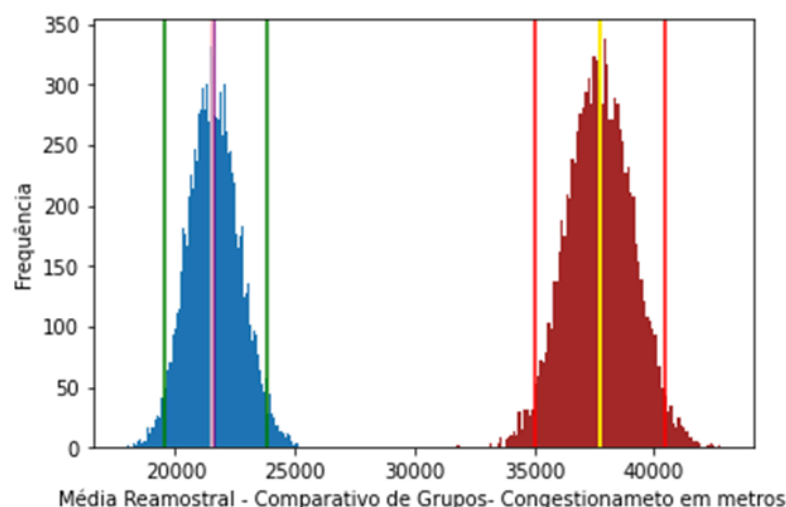
Observa-se que no cenário elaborado considerando apenas os dias em que houveram suspensão, de cor azul, há a predominância de valores abaixo dos 25000 metros, e alguns pontos espaçados acima dos 125000 metros. Por outro lado, no cenário que considerou os dias em que não houve nenhuma suspensão do Rodízio, de cor marrom, os valores tiveram uma concentração maior entre os valores de 35000 e 50000, e não houveram picos acima de 125000 metros.

Para essa comparação, devido a sua distribuição não paramétrica, realizou-se o Teste de Hipótese de Mann-Whitney, que resultou em um p-valor de $4.93377733283416e-14$, ou seja, menor do 0.05 (nível de significância). Com isso, pode-se recusar a Hipótese Nula, logo pertencem a grupos distintos.

Dessa maneira, mostra-se que é possível afirmar que ambos os cenários possuem parâmetros estatísticos diferentes. E, com esses testes, as causas de suspensão do Rodízio afetaram o sistema de trânsito da cidade de São Paulo

Após o tratamento por reamostragem de bootstrapping, os diagramas sobrepostos estão apresentados na figura 27:

Figura 27: Sobreposição entre histogramas de congestionamentos para os cenários **Ano_Teórico_C_G_F_E_Fv_Fi** e **Ano_Teórico_N** , após reamostragem



Fonte: Os autores

Sendo **Ano_Teórico_C_G_F_E_Fv_Fi** com a cor Azul e **Ano_Teórico_N** com a cor Marrom.

Observa-se que, embora eles possuam amplitudes similares no pico, não há sobreposição de nenhum dos cenários. O cenário elaborado com os dias de suspensão obteve valores consideravelmente menores de congestionamento, enquanto o cenário elaborado com os dias convencionais possui médias maiores.

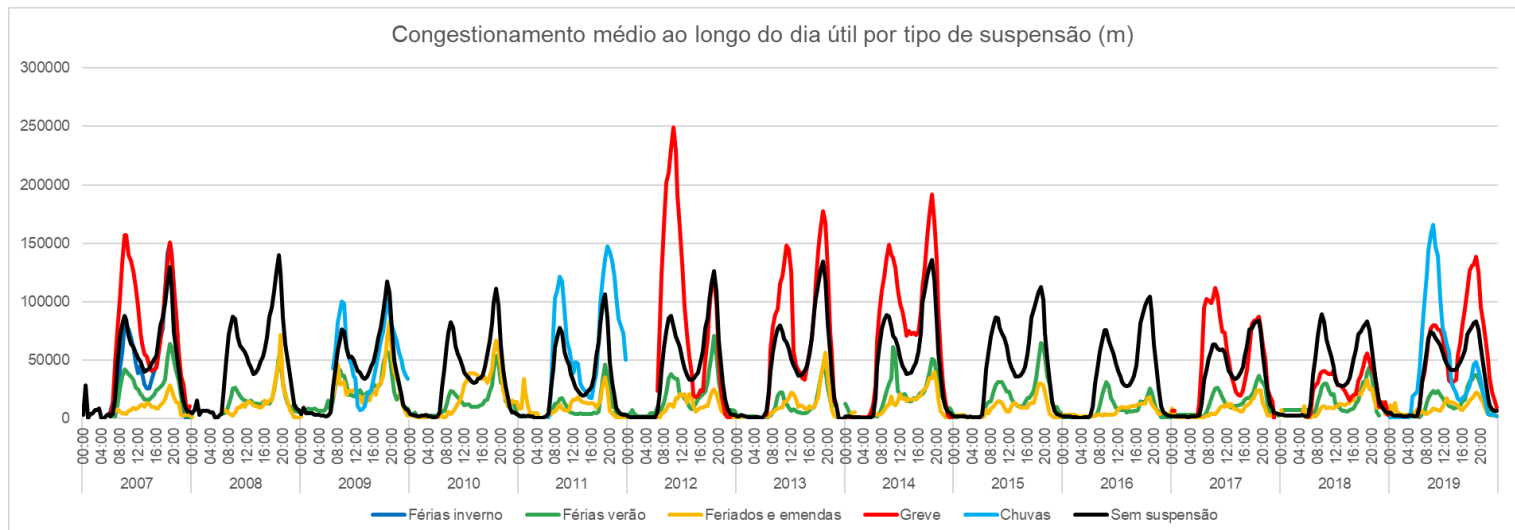
Por se tratar de distribuições que se assemelham às distribuições Gaussianas, foi possível realizar o Teste de Hipótese Paramétrico, T de Student. De maneira análoga, o resultado do p-valor foi 0.0, ou seja, abaixo de 0.05 (nível de significância). Com isso, pode-se recusar a Hipótese Nula, logo pertencem a grupos distintos.

Dessa maneira, mostra-se que é possível afirmar que ambos os cenários possuem parâmetros estatísticos diferentes. E, com esses testes, as causas de suspensão do Rodízio afetaram o sistema de trânsito da cidade de São Paulo, em congruência com os testes realizados anteriormente.

Para melhor compreensão de como as causas de suspensão afetam os índices de congestionamento, o trabalho esmiuçou as principais causas e verificou

se o comportamento é similar independentemente do motivo da suspensão. Segue o resultado na Figura 28:

Figura 28- Congestionamento médio ao longo de um dia útil na cidade de São Paulo por tipo de suspensão



Fonte: Os autores

Para a elaboração desse diagrama, montou-se um Dia Útil do respectivo ano, considerando as premissas destacadas, dessa forma tem-se:

- Em preto → O dia útil do respectivo ano, sem as suspensões do Rodízio
- Em vermelho → O dia útil com as ações das greves daquele ano
- Em azul claro → O dia útil com as ações das chuva daquele ano
- Em verde → O dia útil com as ações das Férias de Verão daquele ano
- Em amarelo → O dia útil com as ações dos Feriados e Emendas daquele ano
- Em azul marinho → O dia útil com as ações das Férias de Inverno daquele ano

Nota-se pelo Figura 28 que é possível categorizar as causas das suspensões em dois grandes grupos:

- O grupo que "Amplificam o Congestionamento" → Causados por Chuvas e Greves;

- O grupo que “Reduzem o Congestionamento” → Causados por Férias de Verão, Feriados e Emendas de Feriados.

As “Férias de Inverno” foram consideradas nos itens 8.3.1. e 9.3.1, que serão detalhados mais a frente devido a sua exclusividade, uma vez que ocorreu apenas no ano de 2007.

Nota-se, visualmente, que o grupo “Reduzem o Congestionamento” possui um comportamento muito claro de ficar abaixo das médias dos dias sem nenhuma suspensão. Além disso, é difícil determinar com exatidão qual dos motivos (Feriados e Emendas ou Férias de Verão) é o que predomina na redução do congestionamento, uma vez que o horário do dia afeta o resultado para essa comparação. Dessa maneira, o trabalho considerou que ambos, na média, são muito similares nos resultados de congestionamento médio.

Por outro lado, ao analisar o grupo “Amplificam o Congestionamento”, embora ambos os motivos (Greves e Chuvas) amplifique os valores de congestionamento, é possível observar que os valores de Greve, em vermelho, em geral são maiores do que os causados pela Chuva. Como possível análise exploratória do que pode causar esses resultados, o trabalho cita duas hipóteses.

Primeira, o Artigo 13 da Lei Nº 7.783/89 afirma que, para a legalidade de uma greve, é necessário um aviso prévio por parte das entidades sindicais. Dessa forma, é possível teorizar que a partir do aviso prévio e midiático sobre as possíveis paralisações, resultou-se na preferência primária dos cidadãos de saírem com seus veículos particulares, intensificando os congestionamentos. Comportamentos prévios esses que não ocorrem com frequência em dias de chuvas e alagamentos

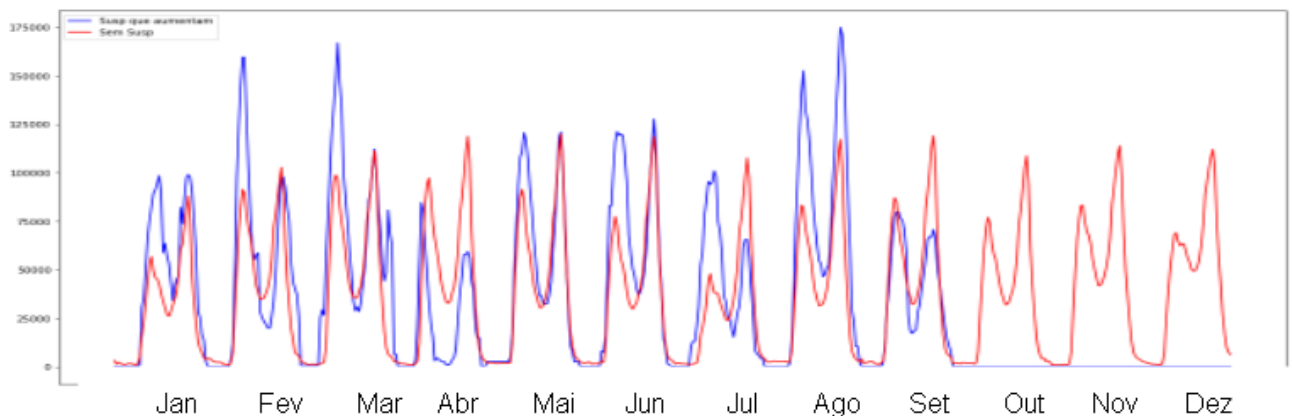
Ademais, a forma como os alagamentos, caso atinjam vias com grande fluxo de veículos, consegue criar trechos com grande engarrafamento (antes de chegar ao ponto alagado), e trechos com grandes vazios (depois do ponto alagado). Dessa maneira, é possível que as medidas de congestionamento sejam afetadas pela discrepância de ambos os trechos, minimizando os números registrados de lentidão.

Isto posto, retorna-se à análise realizada sobre os cenários dos Anos Teóricos, todavia com a caracterização segundo qual grupo ele se enquadra, resultando em:

- **Ano_Teórico_C_G** → Para esse cenário, os dias considerados foram aqueles em que houve suspensão da OHP por motivos que pertencem ao grupo Amplificam o Congestionamento, ou seja, Chuvas e Greves. Não foram considerados os dias em que o Rodízio funcionou da maneira esperada.
- **Ano_Teórico_F_E_Fv** → Para esse cenário, os dias considerados foram aqueles em que houve suspensão da OHP por motivos que pertencem ao grupo Reduzem o Congestionamento, ou seja, Férias de Verão, Feriados e Emendas. Não foram considerados os dias em que o Rodízio funcionou da maneira esperada.

A Figura 29 demonstra o **Dia Útil médio de Cada Mês do Ano_Teórico_C_G** (em azul), em comparação com o **Dia Útil médio de Cada Mês do Ano_Teórico_N**, sem nenhuma suspensão, em vermelho.

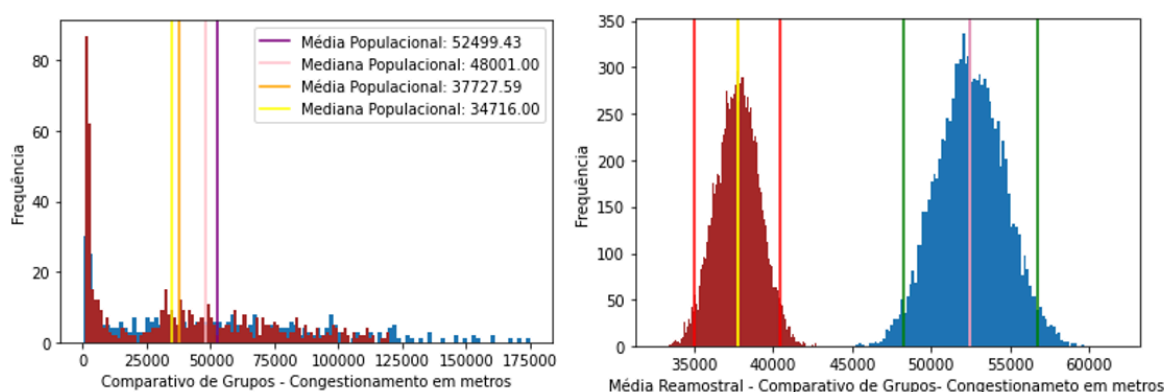
Figura 29: Comparação comportamental **Ano_Teórico_C_G** e **Ano_Teórico_N**



Fonte: Os autores

A seguir, conforme Figura 30, segue a diagramação das medidas de congestionamento para os Cenários **Ano_Teórico_C_G** e **Ano_Teórico_N**.

Figura 30: Comparação estatística entre **Ano_Teórico_C_G** e **Ano_Teórico_N**

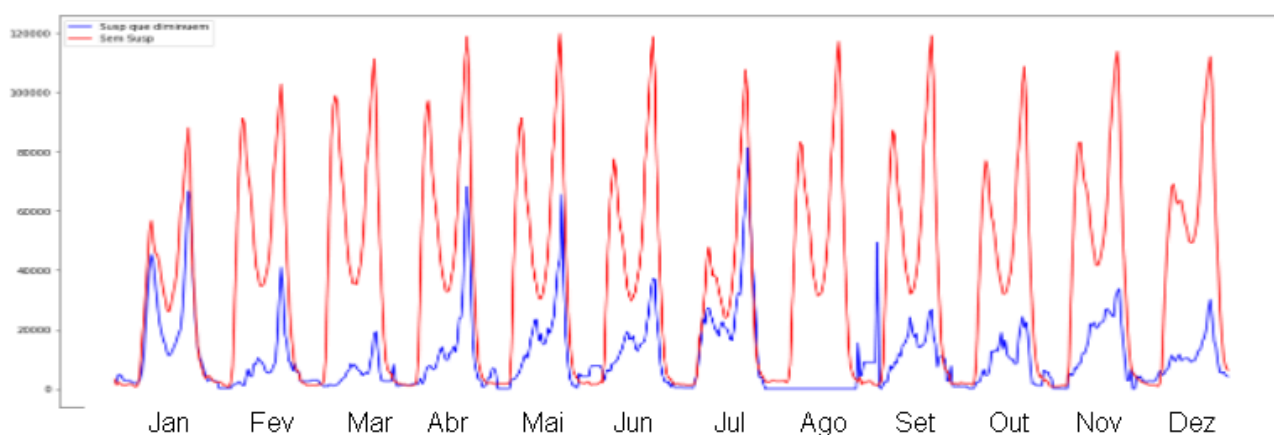


Fonte: Os autores

Nota-se que, tanto antes quanto depois do processo de reamostragem por bootstrapping, os valores em azul, representando o **Ano_Teórico_C_G**, possuem valores médios maiores e picos maiores do que o cenário padrão **Ano_Teórico_N**.

Em contrapartida, o diagrama da Figura 31 demonstra o **Dia Útil médio de Cada Mês do Ano_Teórico_F_E_Fv** (em azul), em comparação com o **Dia Útil médio de Cada Mês do Ano_Teórico_N**, sem nenhuma suspensão, em vermelho

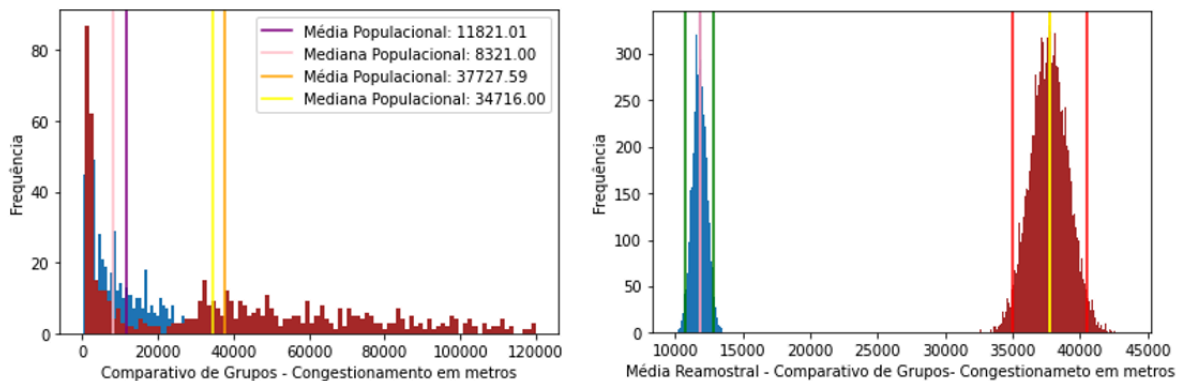
Figura 31: Comparação comportamental entre **Ano_Teórico_F_E_Fv** e **Ano_Teórico_N**



Fonte: Os autores

A seguir, conforme Figura 32, segue a diagramação das medidas de congestionamento para os Cenários **Ano_Teórico_F_E_Fv** e **Ano_Teórico_N**.

Figura 32: Comparação estatística entre **Ano_Teórico_F_E_Fv** e **Ano_Teórico_N**



Fonte: Os autores

Nota-se que, tanto antes quanto depois do processo de reamostragem por bootstrapping, os valores em azul, representando o **Ano_Teórico_C_G**, possuem valores médios menores e picos menores do que o cenário padrão **Ano_Teórico_N**.

Resultados Parciais:

Com os resultados dessa análise levantados, observa-se que a causa da suspensão do Rodízio possui grande influência sobre como os valores de congestionamento da cidade de São Paulo são afetados. Dessa forma, apenas considerando essa análise, o valor possui forte viés a depender se no período analisado houve mais suspensões do grupo “Reduzem o Congestionamento” ou “Aumentam o Congestionamento”. Para o presente estudo, considerando o intervalo temporal entre 2007 e 2019, houveram mais suspensões causadas pelo primeiro grupo fazendo com que, em situações nas quais o rodízio não estava sendo aplicado em sua normalidade, os valores de congestionamento foram menores. Todavia, isso não representa em sua completude um cenário com ausência de OHP.

Quanto à análise sobre os grupos, observou-se que mesmo pertencendo ao grupo de “Aumentam o Congestionamento”, as suspensões causadas pelas greves mostraram-se significativamente maiores. O que fez com que as hipóteses do Artigo 13 da Lei Nº 7.783/89, e dos trechos parados e vazios por alagamento, motivasse o trabalho a refinar a busca sobre cenários comparativos mais diretos.

8.3. Análises pontuais

Sabendo da fragilidade da metodologia citada sobre a criação do Ano Teórico, o presente trabalho elaborou comparações diretas para verificar quais seriam os impactos imediatos sobre qualquer alteração na Operação Horário de Pico. Dessa forma, foram comparados períodos de pleno funcionamento do rodízio e períodos de comportamento adverso, seja pela sua suspensão ou por meio da extensão do horário de restrição de circulação.

No primeiro caso, que se refere à suspensão das restrições de circulação, **já foi mostrado anteriormente que**, na maioria dos cenários, as suspensões ocorrem em situações que geram grande impacto para a mobilidade da população, afetando sobremaneira os congestionamentos observados na cidade. Enquanto em momentos de chuvas fortes e greves de transportes públicos são observadas grandes extensões de lentidão ao longo de São Paulo, os feriados e emendas reduzem os congestionamentos na cidade. Dessa maneira, tais suspensões não seriam o objeto controle conforme desejado.

Buscou-se então algum período a partir de 2007 que pudesse ser tomado como base comparativa e que então permitisse uma melhor comparação e um melhor entendimento dos impactos da ausência do rodízio para a circulação de automóveis. Tais eventos não poderiam causar impactos drásticos nos congestionamentos uma vez que, caso o fizessem, perderiam a representatividade para a comparação.

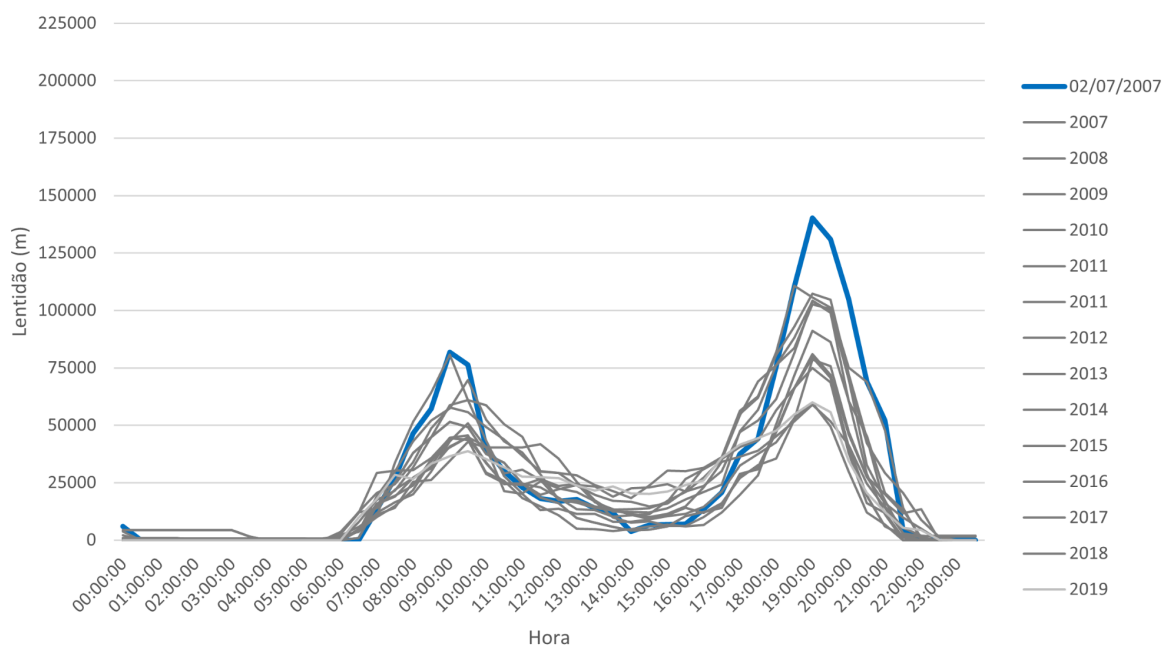
8.3.1. Suspensão de julho de 2007

Observou-se então que em 2007, a prefeitura de São Paulo suspendeu o rodízio veicular entre os dias 02 de julho e 11 de julho de 2007 em caráter experimental, com a premissa de que não haveria aulas (FOLHA DE SÃO PAULO, 2007) - nas análises anteriores, tal período foi classificado como *Férias de Inverno*. Iniciado na segunda-feira (02/07/2007), tal período encerrou-se em uma quarta-feira (11/07/2007), compreendendo o feriado de 09 de julho, ocorrido em uma segunda-feira. Por esse fato, o dia do feriado não foi considerado para a análise em decorrência do pequeno congestionamento total observado.

Tal experimento apresentou resultados inesperados na época, fazendo com que o Rodízio voltasse a ser aplicado em julho desde então, conforme proposto inicialmente. Dessa maneira, obtém-se um intervalo de tempo na qual a comparação é direta, uma vez que a Sazonalidade Anual se mantém muito próxima ao longo dos anos, e há a presença de dados registrados em um cenário com Rodízio (de 2008 a 2019) e um cenário sem Rodízio (em 2007) para o mês de julho.

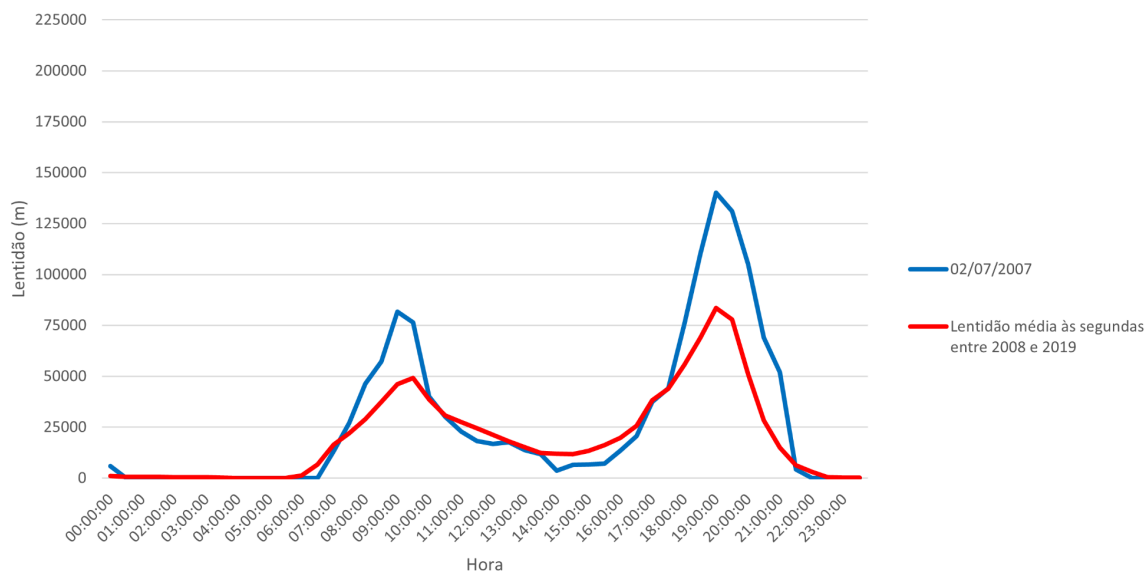
Buscou-se comparar o comportamento observado ao longo da semana considerada em que não houve rodízio com o comportamento médio observado nos respectivos dias das semanas para os demais anos considerados no estudo – de 2008 a 2019 –, ou seja, comparou-se a lentidão observada nos dias de suspensão em 2007 com a média de congestionamento observado nas segundas, terças, quartas, quintas e sextas de julho dos demais anos. Os resultados podem ser vistos nas Figuras 33 a 42.

Figura 33: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal entre 2008 e 2019 para segunda-feira



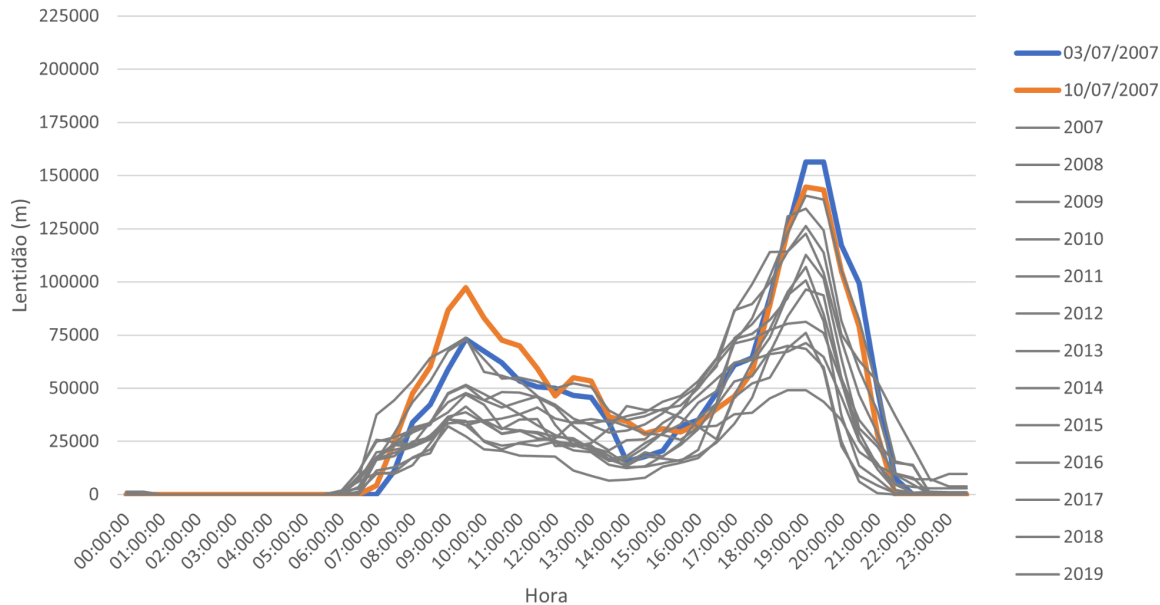
Fonte: Os autores

Figura 34: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal média entre 2008 e 2019 para segunda-feira



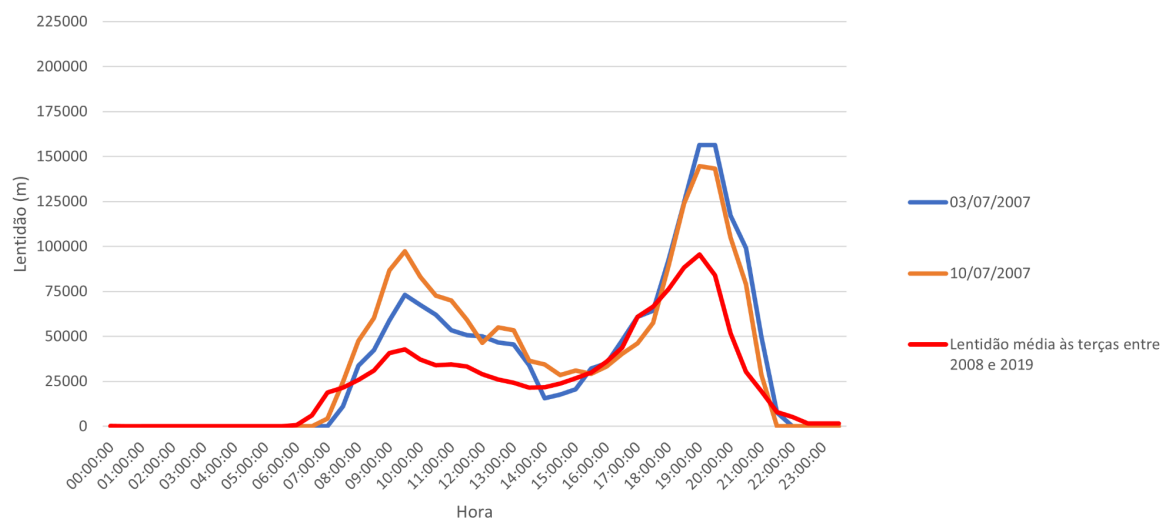
Fonte: Os autores

Figura 35: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal entre 2008 e 2019 para terça-feira



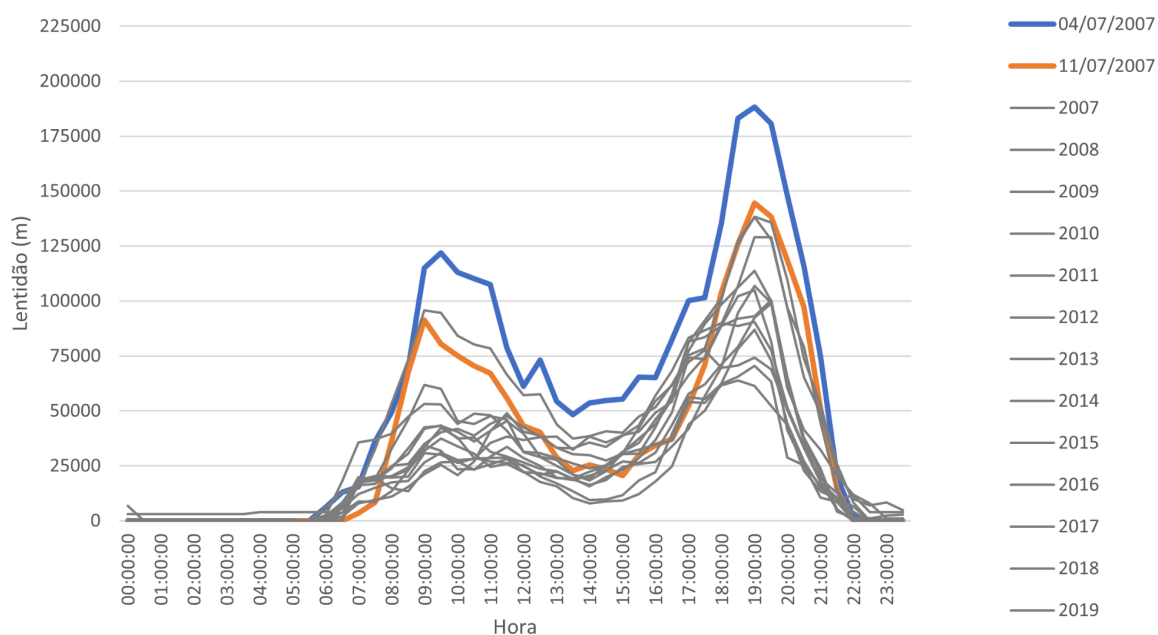
Fonte: Os autores

Figura 36: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal média entre 2008 e 2019 para terça-feira



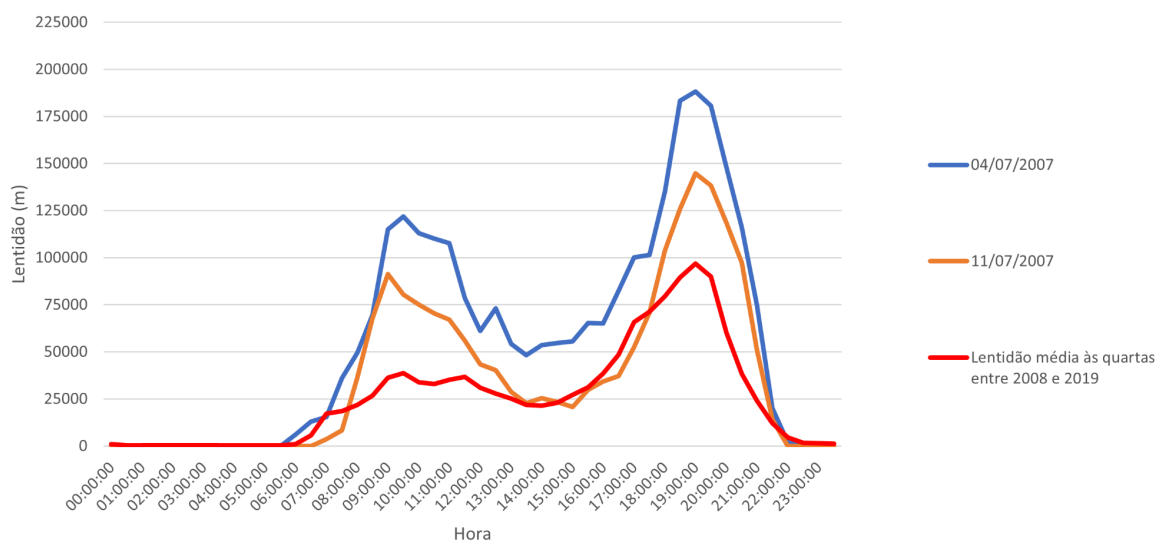
Fonte: Os autores

Figura 37: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal entre 2008 e 2019 para quarta-feira



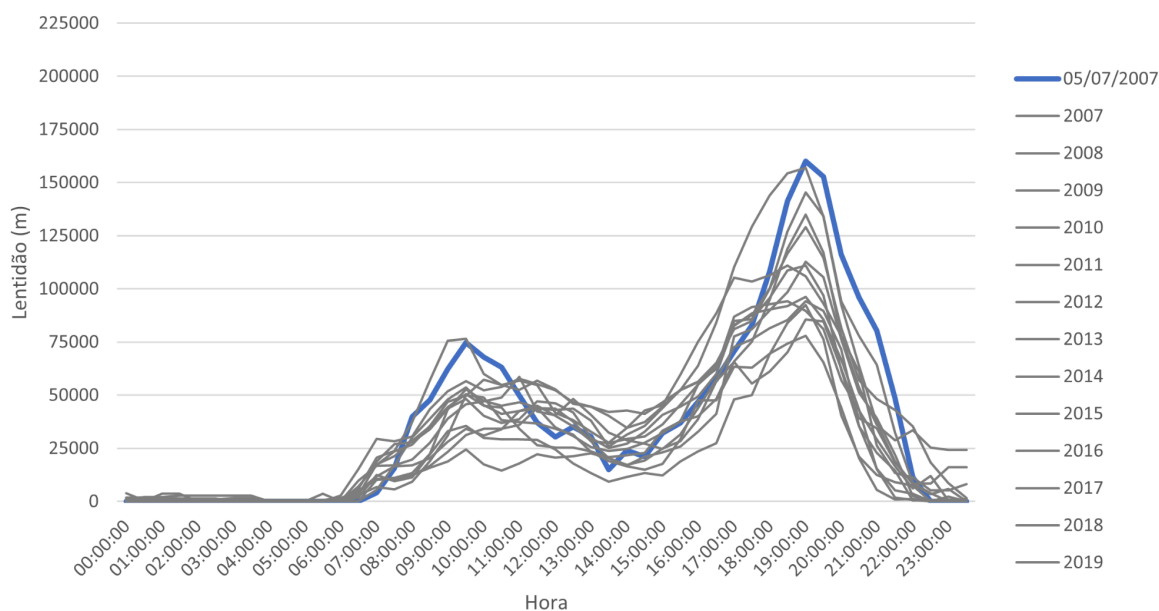
Fonte: Os autores

Figura 38: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal média entre 2008 e 2019 para quarta-feira



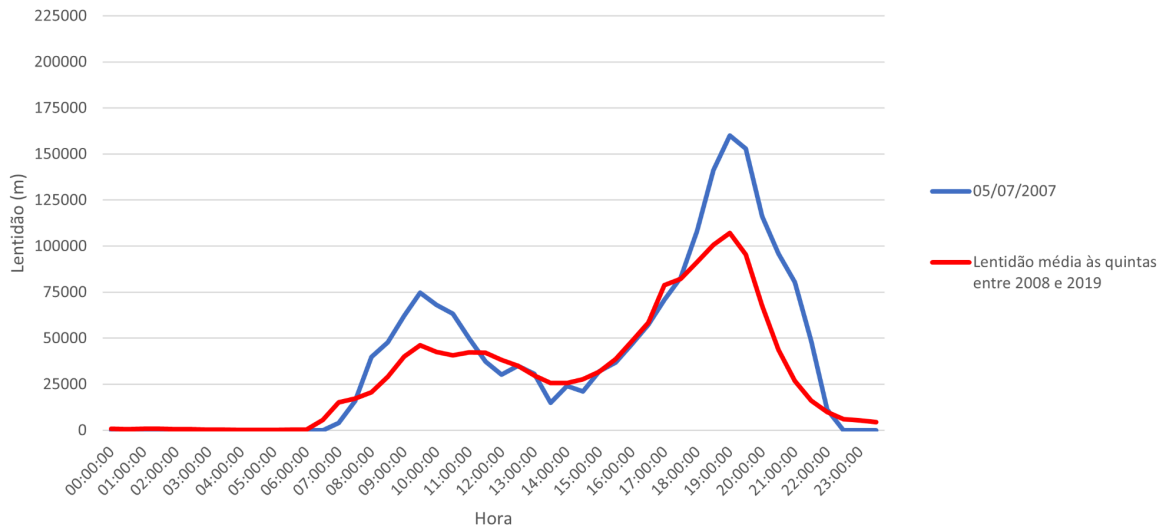
Fonte: Os autores

Figura 39: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal entre 2008 e 2019 para quinta-feira



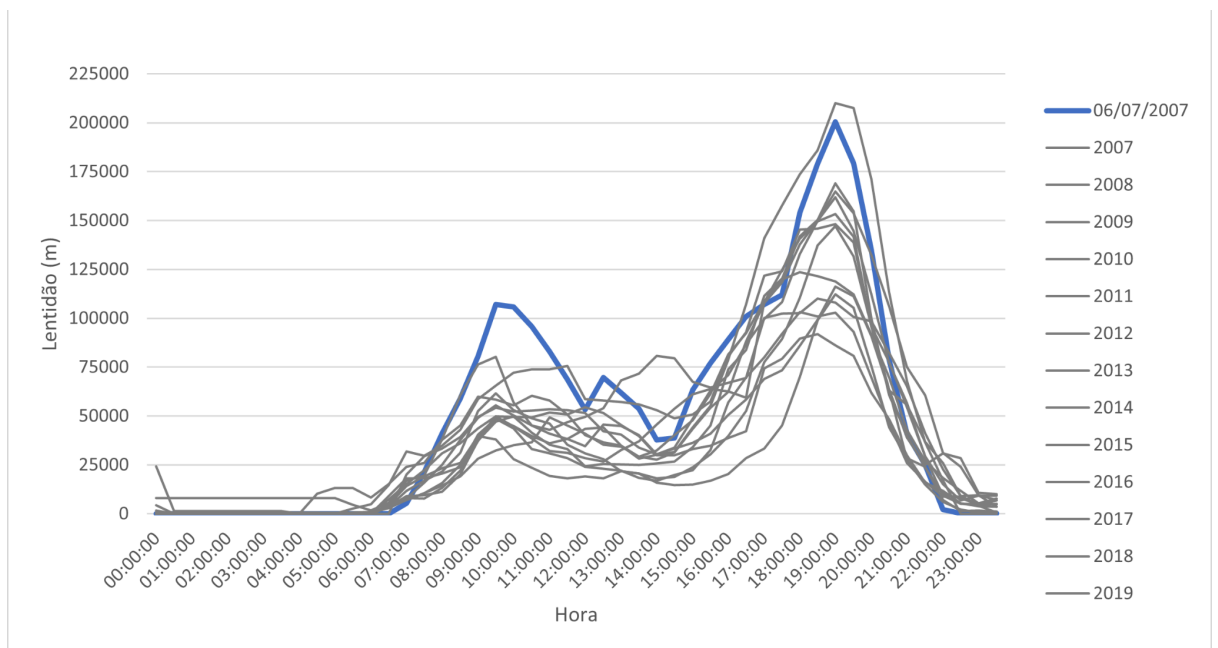
Fonte: Os autores

Figura 40: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal média entre 2008 e 2019 para quinta-feira



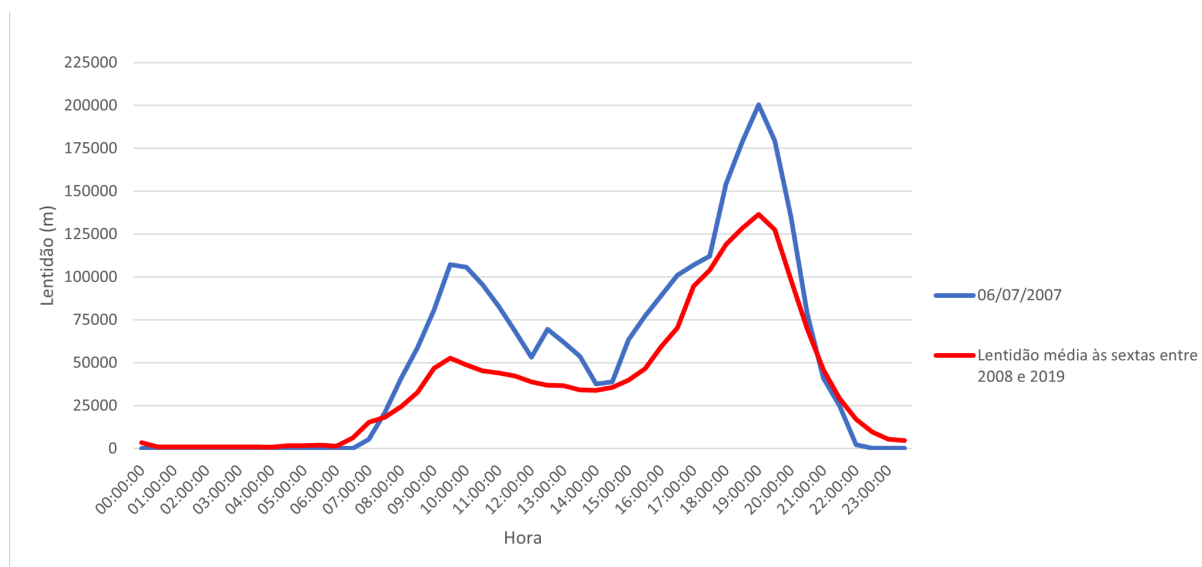
Fonte: Os autores

Figura 41: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal entre 2008 e 2019 para sexta-feira



Fonte: Os autores

Figura 42: Comparação entre suspensões 2007 e operação normal média entre 2008 e 2019 para sexta-feira



Fonte: Os autores

Foi possível observar que para todos os dias da semana, a semana de suspensão em julho de 2007 apresentou valores muito elevados. Considerando os picos de lentidão da manhã, o período de suspensão apresentou os maiores congestionamentos para as segundas, quartas e sextas-feiras; já para as terças e quintas-feiras, tal período era o segundo maior. Já para os picos de lentidão do período da tarde, as suspensões apresentaram maior lentidão de segunda a quinta-feira, além de ser o segundo maior para as sextas-feiras. Outro comportamento pode ser notado ao se considerar o intervalo entre os dois períodos de restrição de circulação, que ocorre entre às 10h da manhã e às 17h da tarde, em que, durante o período de suspensão, os valores de lentidão ficaram muito próximos à média dos demais anos de análise. Por fim, observa-se também que o aumento da lentidão no período da manhã durante a vigência do rodízio se inicia cerca de 30 minutos antes ao se comparar com o período de suspensão.

A combinação de tais comportamentos – pode indicar que houve uma concentração de viagens nos picos, que se encaixa no período de restrição de circulação, e uma redução das viagens realizadas por automóveis nos demais horários. Ou seja, tais dados podem indicar que, durante a vigência do rodízio, há uma tendência de distribuição das viagens ao longo do dia, evitando que um número mais elevado de carros circule simultaneamente na cidade.

8.3.2. Extensão do Rodízio na Copa do Mundo de Futebol de 2014

Outro período de interesse para comparação refere-se à **Copa do Mundo de Futebol Masculino FIFA de 2014**. O evento foi sediado no Brasil, com jogos ocorridos entre 12 de junho e 13 de julho de 2014; 12 cidades brasileiras, dentre elas, São Paulo. A Arena Corinthians, também chamada de Itaquerão, foi o estádio que recebeu os jogos ocorridos em São Paulo; com a construção de arquibancadas provisórias, chegou a ter capacidade máxima de 63.601 espectadores durante o evento. Está localizada na Avenida Miguel Ignácio Curi, 111, Artur Alvim, na zona leste de São Paulo.

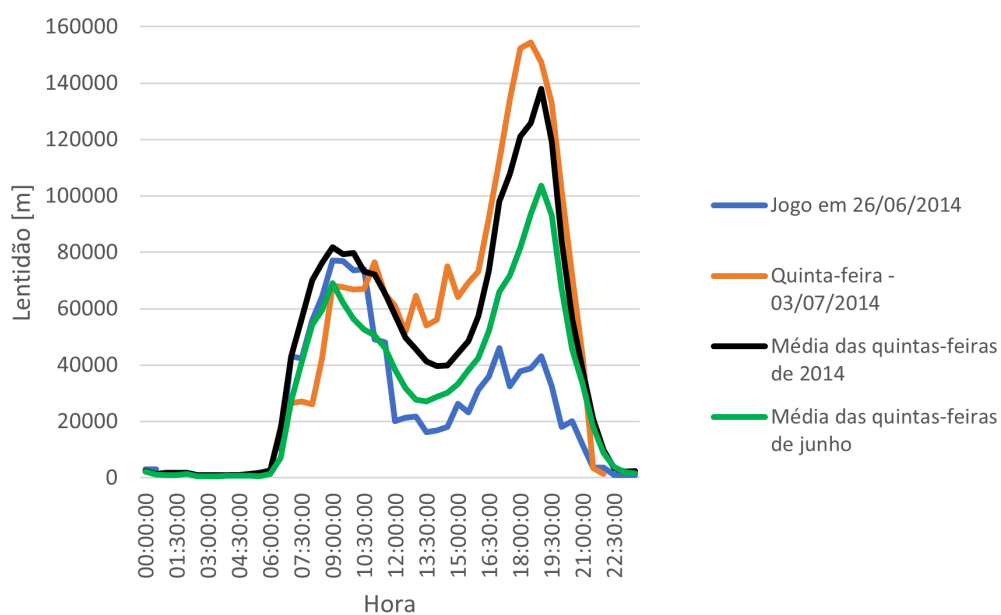
É de se considerar o impacto que os jogos ocorridos no estádio podem apresentar na dinâmica da cidade, especialmente quando envolviam a Seleção Brasileira. Contudo, os autores tomaram como hipótese que jogos que não incluíam o time nacional teriam menores implicações nos congestionamentos. Dessa maneira, identificou-se dois jogos que se encaixam nesse cenário, ou seja, aconteceram na Arena Corinthians, mas sem envolver a Seleção Brasileira:

- 26/06/2014 (quinta-feira), 17h00: Coreia do Sul x Bélgica;
- 01/07/2014 (terça-feira), 13h00: Argentina x Suíça.

Com o objetivo declarado de evitar maiores transtornos quanto à mobilidade do público do estádio, o Rodízio Veicular Municipal foi intensificado, estendendo-se das 7h da manhã às 20h da noite, sem interrupção da restrição de circulação. Tal experimento mostrou-se justificável apenas durante os jogos, fazendo com que voltasse à normalidade após o ano de 2014. Dessa maneira, tem-se um intervalo de tempo na qual a comparação é direta, uma vez que a Sazonalidade Anual se mantém muito próxima ao longo dos anos, e há a presença de dados registrados em um cenário com Rodízio usual (de 2007 a 2013 e de 2015 a 2019) e um cenário com Rodízio intensificado (em 2014)

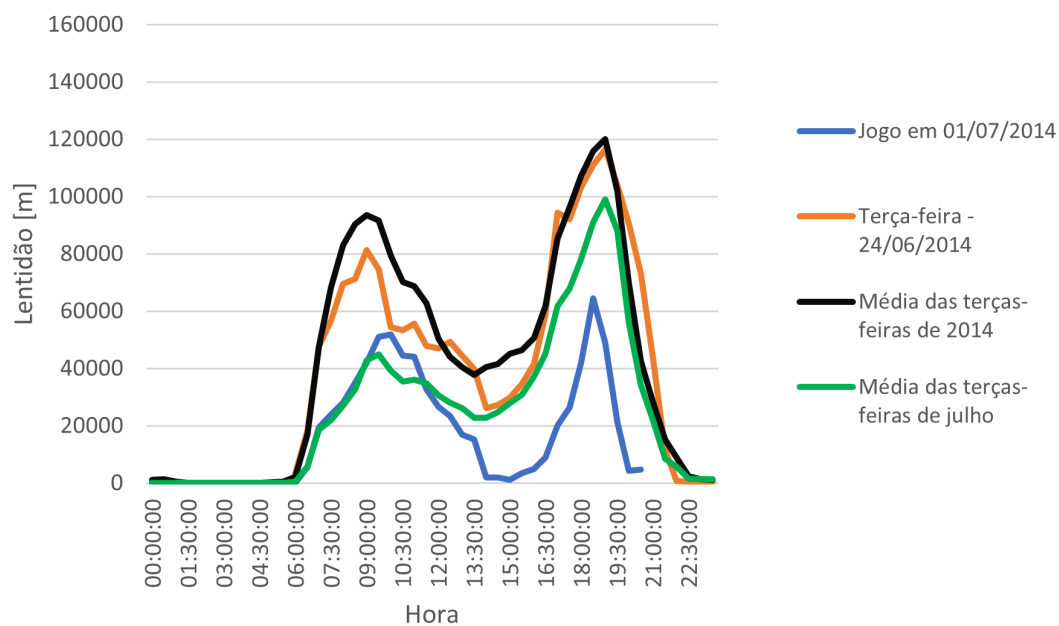
Nas figuras 43 e 44 são apresentados os dados de congestionamentos observados nos dias citados acima, bem como as médias de lentidão observadas nos respectivos dias da semana ao longo de 2014 e as médias para os mesmos dias da semana ao longo dos 13 anos de análise.

Figura 43: Análise para o jogo 26/06/2014



Fonte: Os autores

Figura 44: Análise para o jogo 01/07/2014



Fonte: Os autores

Diferentemente das demais curvas de análise, para o dia 26 de junho de 2014, o pico da manhã foi mais elevado do que o pico da tarde. Enquanto as primeiras horas do dia a lentidão observada se assemelhou às demais curvas, com valores próximos a 70 km de lentidão, o pico da tarde neste dia teve em torno de 40 km de lentidão, muito inferior à média das quintas-feiras de junho, com valor próximo a 100 km de lentidão. Ademais, no horário de almoço, a lentidão já foi a menor dentre as quatro curvas.

Também foi possível observar considerável redução de congestionamentos para o dia 01 de julho de 2014. Durante o período da manhã, os valores de lentidão no dia 01 de julho e a média das terças-feiras de julho foram próximos, em torno de 45 km de lentidão, mas inferiores às médias das terças-feiras de 2014, com valores próximos a 90 km. Contudo, as diferenças já passam a ser mais marcantes a partir do horário de almoço, que praticamente não apresentou lentidão na cidade; e também no pico da tarde, com lentidão menor do que as demais curvas.

Tais constatações podem indicar que o enrijecimento da restrição de circulação de automóveis, proibindo a circulação de veículos das 7h às 20h segundo o último dígito da placa, pode ter gerado uma redução de congestionamentos ao longo da cidade. Novamente, vale ressaltar que foi considerada a hipótese de que os jogos na Arena Corinthians não geraram impactos tão significativos para os congestionamentos na cidade como chuvas, greves e feriados podem causar.

9. Poluição

Outra perspectiva adotada para a análise dos possíveis impactos do rodízio para o município de São Paulo é a avaliação das concentrações dos poluentes atmosféricos. Espera-se que as alterações da quantidade de veículos circulantes diariamente bem como as possíveis variações nos tempos de deslocamento poderiam influenciar a concentração de determinados poluentes atmosféricos, em especial aqueles associados à queima de combustíveis.

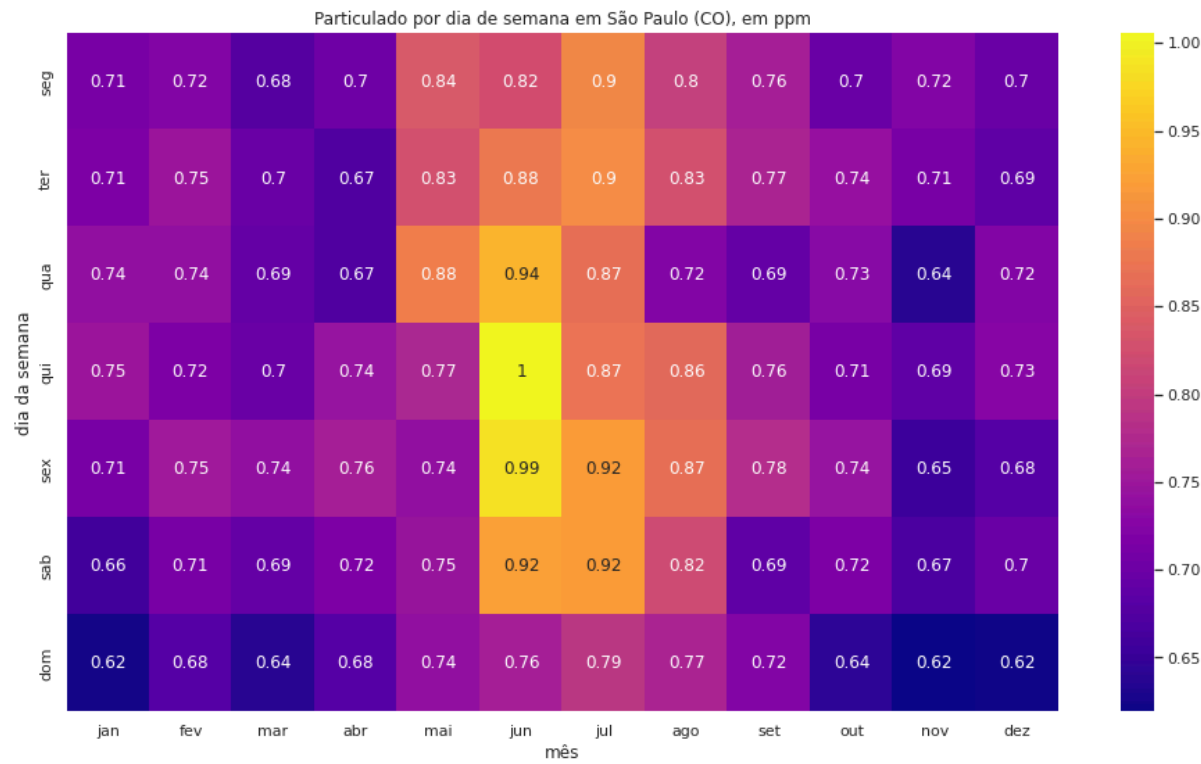
9.1. Análise anual dos poluentes

Conforme já abordado no tópico 7.5, foi possível notar que para os poluentes CO , NO , NO_2 , NO_x , MP_{10} , $MP_{2,5}$ e O_3 , há uma redução da concentração ao longo dos anos. Contudo, não é possível observar relação evidente entre as concentrações e a quantidade de veículos no intervalo de tempo considerado.

9.2. Análise mensal e semanal de poluentes

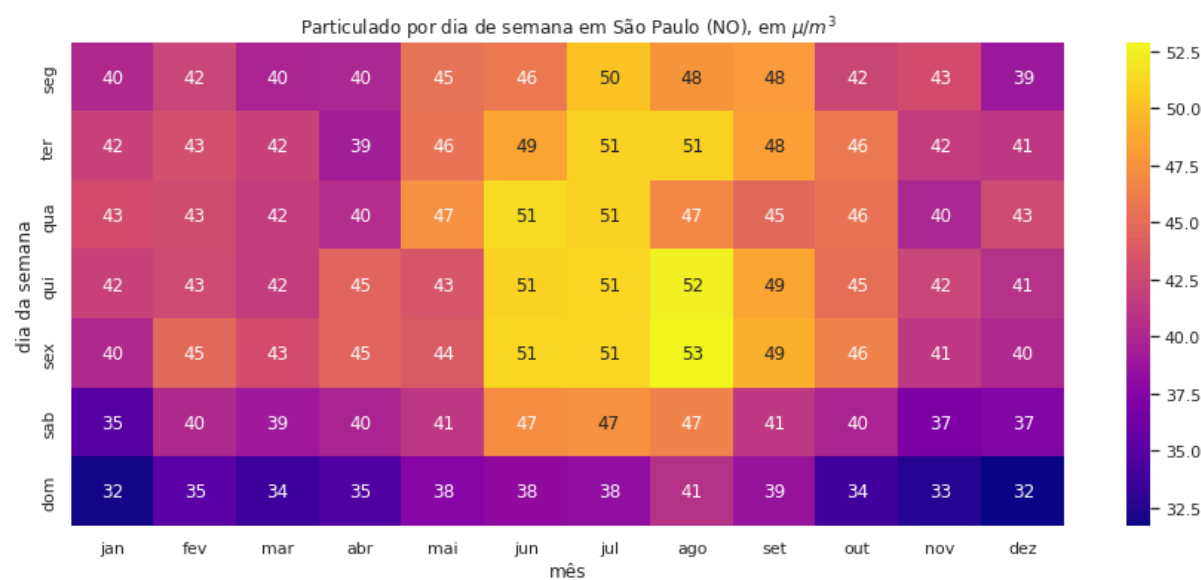
Além da análise geral da poluição ao longo dos anos, realizou-se uma análise dos poluentes ao longo dos meses e dos dias da semana. Nas figuras 45 a 52 são mostrados os gráficos de calor para os poluentes CO , NO , NO_2 , NO_x , MP_{10} , $MP_{2,5}$, O_3 e SO_2 , indicando as concentrações dos poluentes em função do dia da semana e do mês do ano. Os valores foram obtidos por meio das médias das concentrações de todas as estações consideradas.

Figura 45: Sazonalidade Semanal para o poluente CO



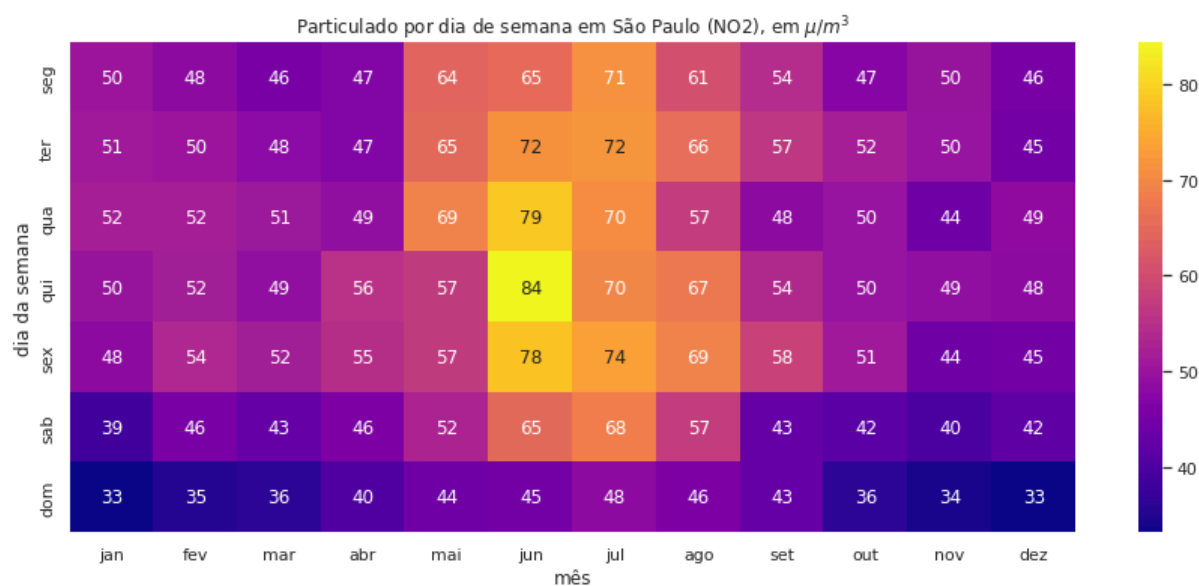
Fonte: Os autores

Figura 46: Sazonalidade semanal para o poluente NO



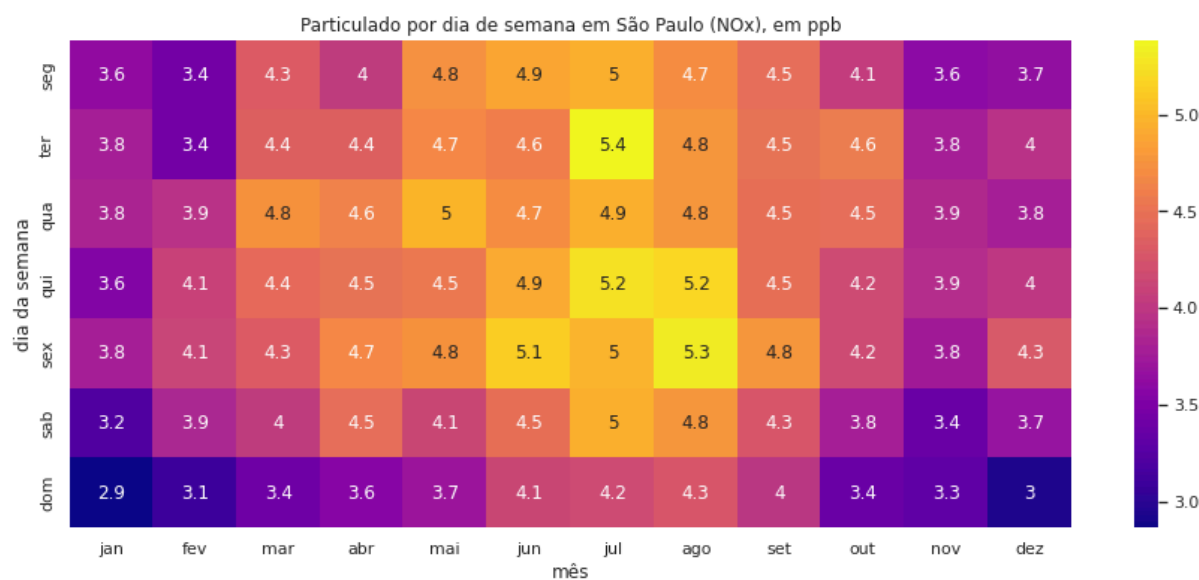
Fonte: Os autores

Figura 47: Sazonalidade Semanal para o poluente NO_2



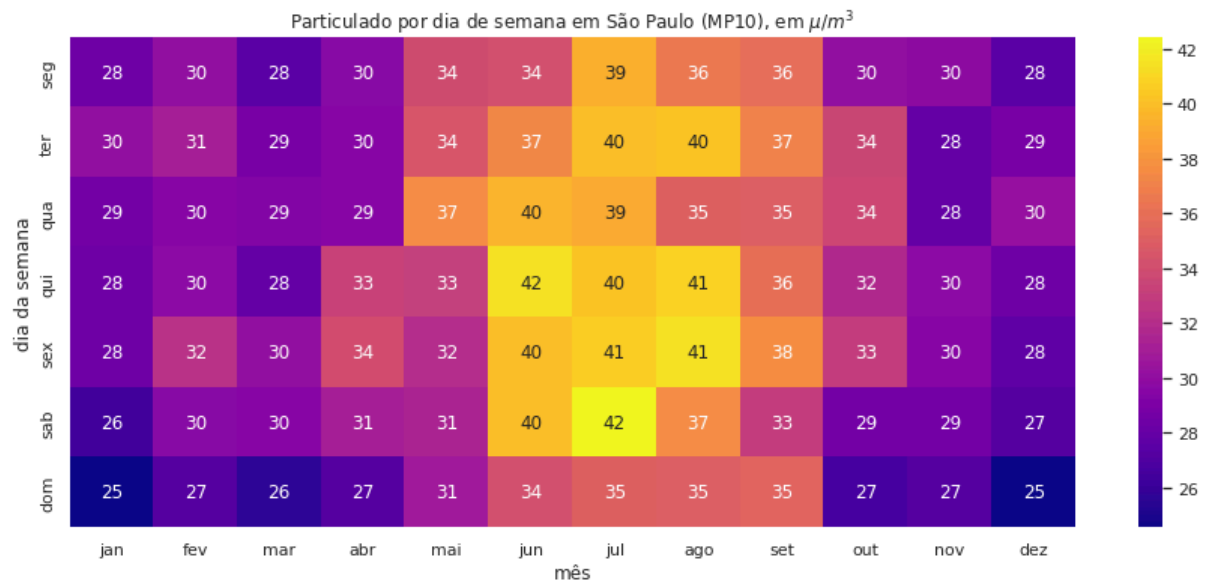
Fonte: Os autores

Figura 48: Sazonalidade semanal para o poluente NO_x



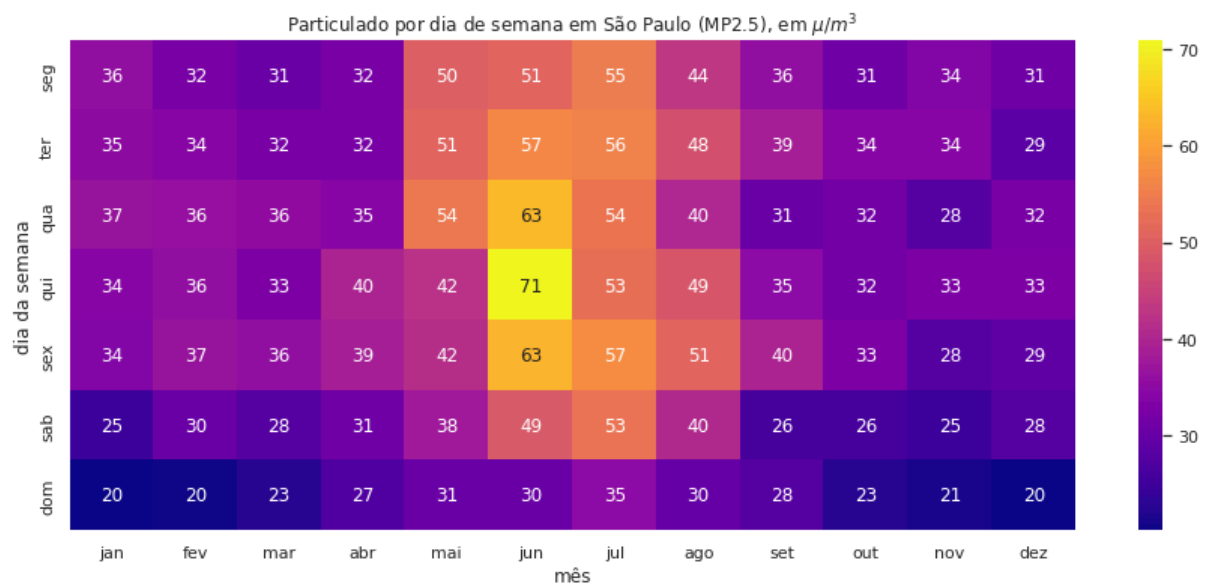
Fonte: Os autores

Figura 49: Sazonalidade Semanal para o poluente MP_{10}



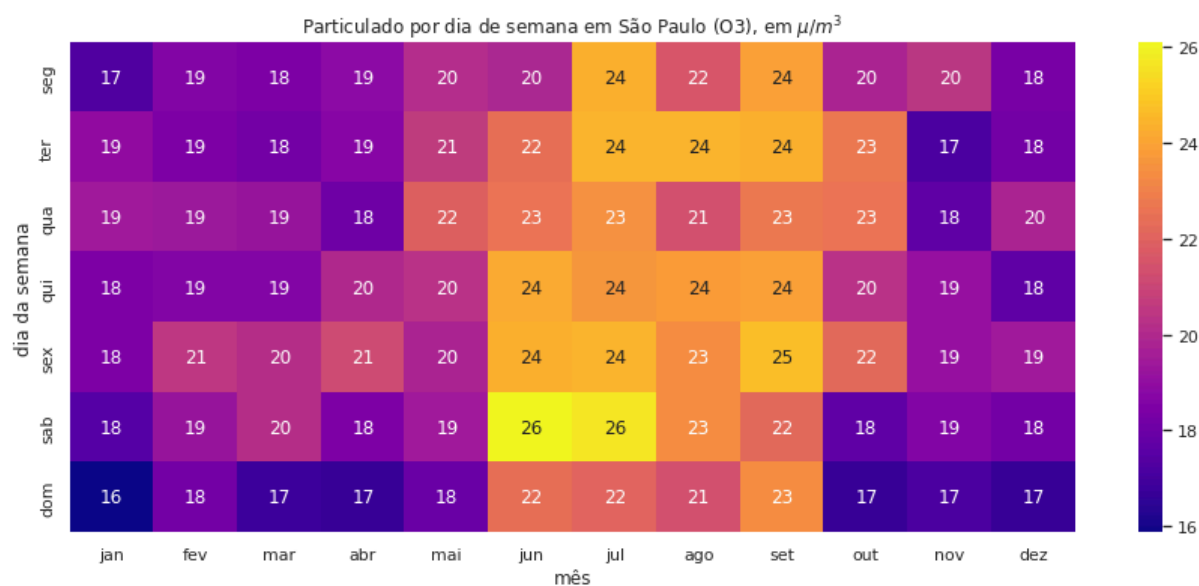
Fonte: Os autores

Figura 50: Sazonalidade semanal para o poluente $MP_{2.5}$



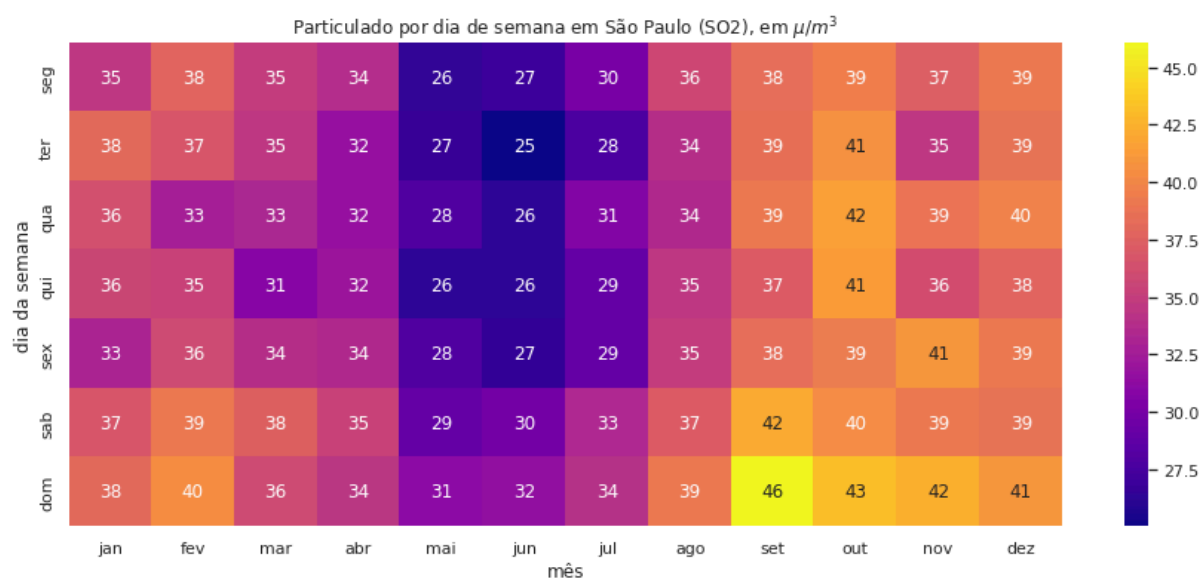
Fonte: Os autores

Figura 51: Sazonalidade Semanal para o poluente O_3



Fonte: Os autores

Figura 52: Sazonalidade Semanal para o poluente SO_2



Fonte: Os autores

A partir dos mapas de calor gerados, foi possível observar uma considerável relação entre os poluentes registrados e a Sazonalidade Semanal de congestionamentos. Observa-se que, para a maior parte dos poluentes, há um

aumento na concentração no sentido de segunda-feira para sexta-feira. Esse comportamento se mostra muito correlacionado com a Sazonalidade Semanal de congestionamentos, mostrando que os dias nos quais houve em média menos lentidão, foram aqueles com os menores índices de poluentes também.

Além disso, é evidente a diferença de concentração entre os meses do ano. Durante o inverno, em especial entre os meses de maio e agosto, as concentrações dos poluentes se mostram muito superiores aos demais meses. Tal efeito pode ser explicado pelo fenômeno conhecido como inversão térmica, que é caracterizada pelo comportamento anômalo em que há elevação da temperatura do ar em altitudes maiores (Trinh *et al.*, 2019); tal fenômeno, contrário ao usual, impede a circulação de ar por convecção e, desta maneira, limita a circulação vertical e a consequente dispersão de poluentes gerados próximo à superfície (SCHÄFER *et al.*, 2006). Como a camada de inversão térmica geralmente se apresenta em altitudes menores no inverno, o que dificulta a dispersão dos poluentes, as respectivas concentrações são mais elevadas durante tal período do ano.

Destaca-se que o Dióxido de Enxofre (SO_2) apresenta comportamento distinto dos demais poluentes, uma vez que possui os piores índices durante a época mais quente do ano. Dentre as possíveis justificativas, cita-se que a emissão de enxofre está mais associada a veículos com motores do ciclo diesel (IEMA, 2011), comuns em caminhões e veículos pesados. Ademais, segundo uma publicação da *Industrial Scientific*, empresa referência no fornecimento de produtos, serviços e soluções de detecção de gás, alguns sensores de SO_2 podem apresentar redução de sensibilidade em locais em que o frio e a baixa umidade se mantêm por algumas semanas seguidas. Isto ocorre em decorrência do eletrólito à base de água de alguns sensores; a redução de temperatura e de umidade reduz a sua mobilidade, dificultando a ocorrência das reações químicas envolvidas no processo de monitoramento do sensor eletroquímico. Após a retomada da umidade e da temperatura, os sensores se recuperam (INDUSTRIAL SCIENTIFIC, 2017).

9.3. Análises pontuais

Assim como realizado sob o ponto de vista de congestionamento, realizou-se análises de eventos pontuais e significativos sob o contexto da poluição atmosférica.

Objetivou-se buscar alterações nas medições de concentração de poluentes atmosféricos da cidade, possivelmente causadas pelas suspensões ou pela intensificação das restrições para automóveis.

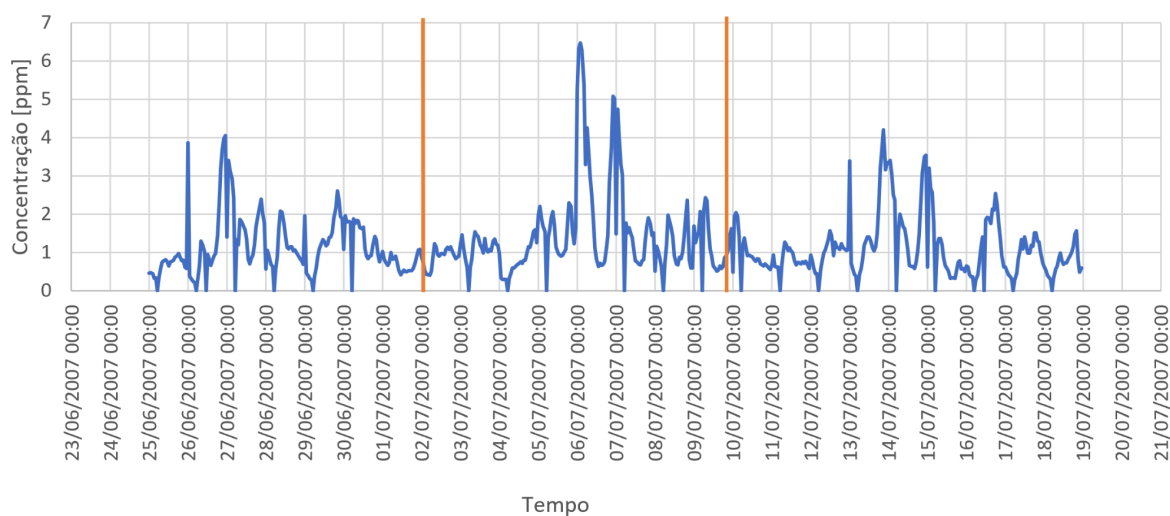
Contudo, diferentemente da análise realizada para os congestionamentos, para o estudo de tais eventos pontuais, não foram realizadas comparações com médias mensais e anuais. Conforme mostrado anteriormente, nota-se que a poluição atmosférica não responde direta e unicamente às variações de tráfego, uma vez que apresenta diversos outros fatores que influem e alteram fortemente as concentrações medidas.

9.3.1. Suspensão de julho de 2007

Considerando novamente o período compreendido entre os dias 02 de julho e 11 de julho de 2007, em que o rodízio veicular municipal foi suspenso em caráter experimental, buscou-se comparar a concentração dos poluentes na semana imediatamente anterior e na semana imediatamente posterior. Os poluentes atmosféricos considerados para esta análise foram o monóxido de carbono (CO), material particulado 10 (MP_{10}), material particulado 2,5 ($MP_{2.5}$), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e Ozônio (O_3). Da Figura 53 à Figura 59, são apresentados os gráficos da concentração de tais poluentes em função do tempo, considerando o período compreendido entre os dias 25/06/2007 e 19/07/2007; o período destacado entre as linhas verticais representa os dias em que houve a suspensão do rodízio veicular.

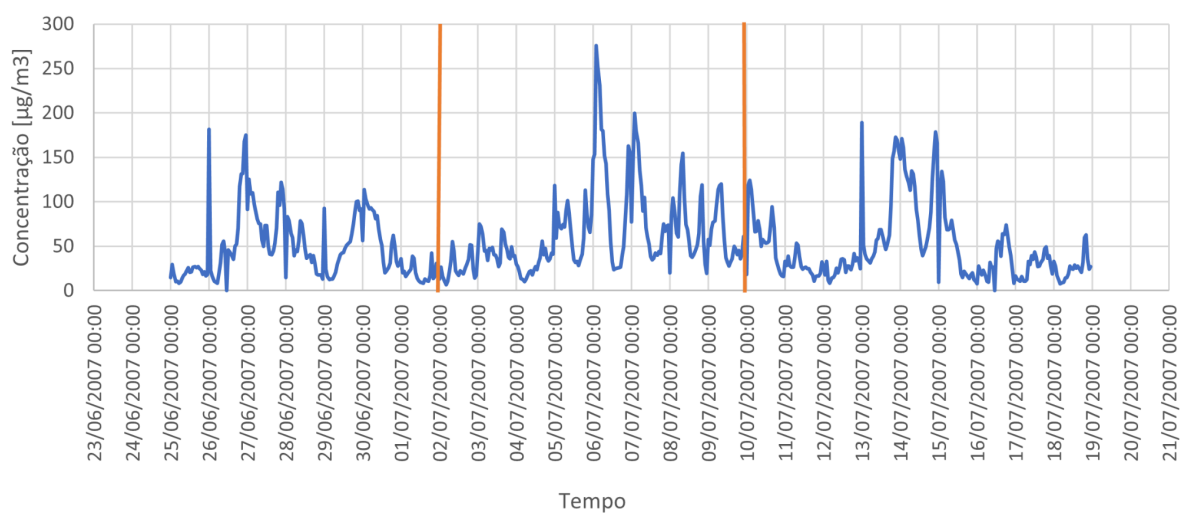
Para o CO , MP_{10} , $MP_{2.5}$, NO e NO_2 , observou-se um pico muito evidente de concentração dos poluentes atmosféricos entre os dias 06 e 07 de julho de 2007, que representam respectivamente sexta-feira e sábado. Ademais, ressalta-se novamente que a segunda-feira seguinte foi feriado, o que pode ter motivado um maior número de viagens. Conforme observado para os dados de congestionamento, houve também um pico elevado de lentidão durante o período da tarde e noite do dia 07, corroborando para a hipótese de ter ocorrido muitas viagens adicionais na sexta-feira que antecedeu o feriado.

Figura 53: Análise de concentração de CO para a suspensão em julho de 2007



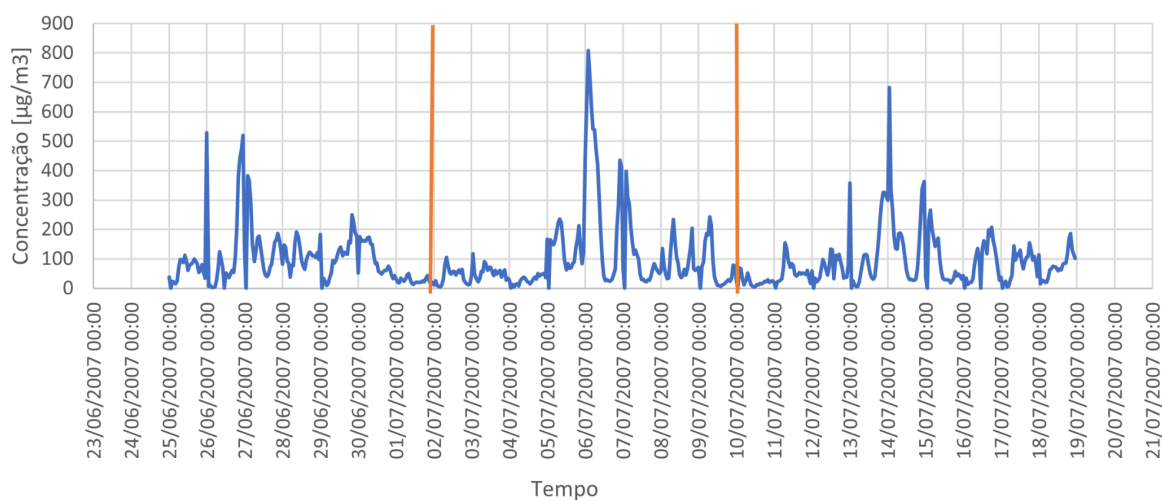
Fonte: Os autores

Figura 54: Análise de concentração de MP_{10} para a suspensão em julho de 2007



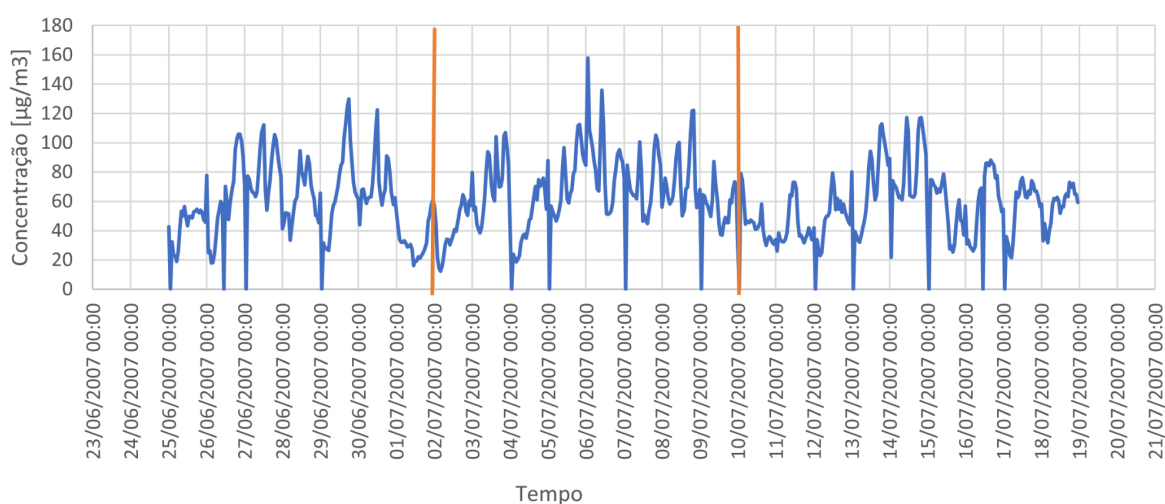
Fonte: Os autores

Figura 55: Análise de concentração de $MP_{2.5}$ para a suspensão em julho de 2007



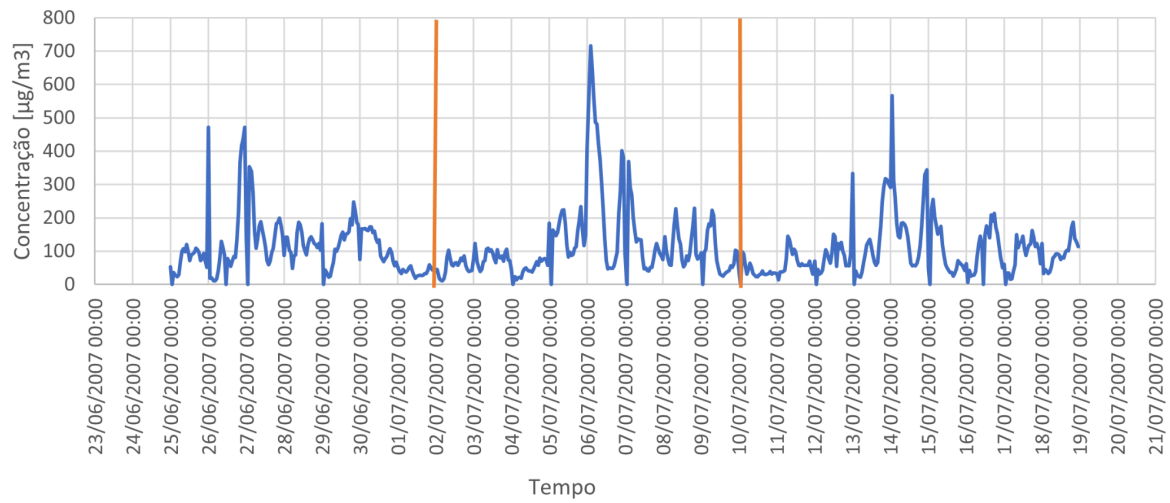
Fonte: Os autores

Figura 56: Análise de concentração de NO para a suspensão em julho de 2007



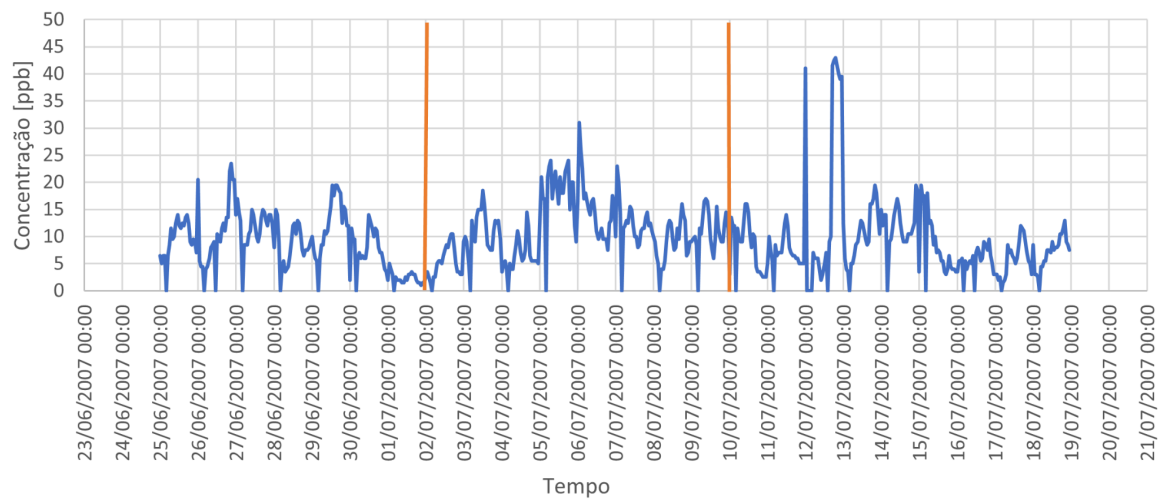
Fonte: Os autores

Figura 57: Análise de concentração de NO_2 para a suspensão em julho de 2007



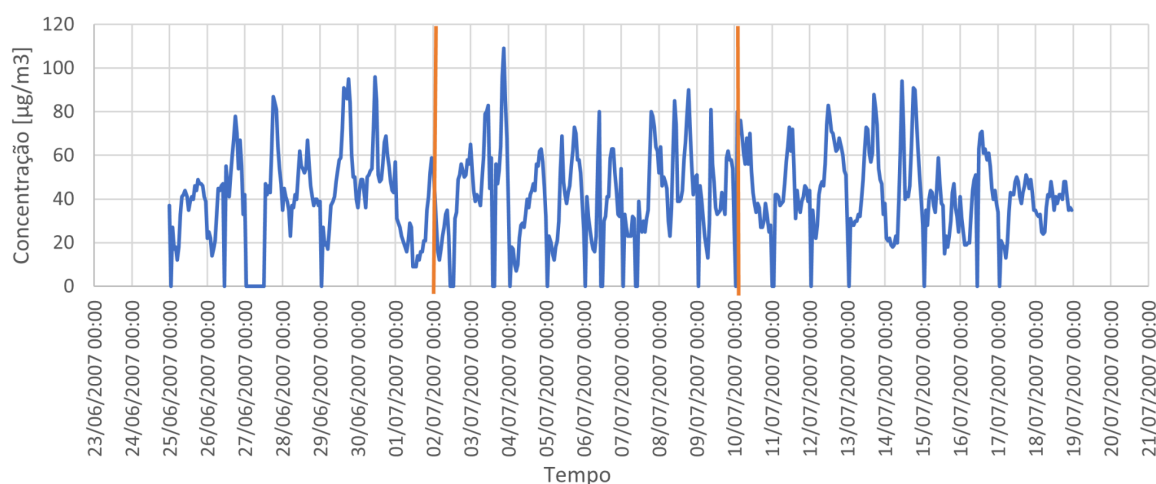
Fonte: Os autores

Figura 58: Análise de concentração de NO_x para a suspensão em julho de 2007



Fonte: Os autores

Figura 59: Análise de concentração de O_3 para a suspensão em julho de 2007



Fonte: Os autores

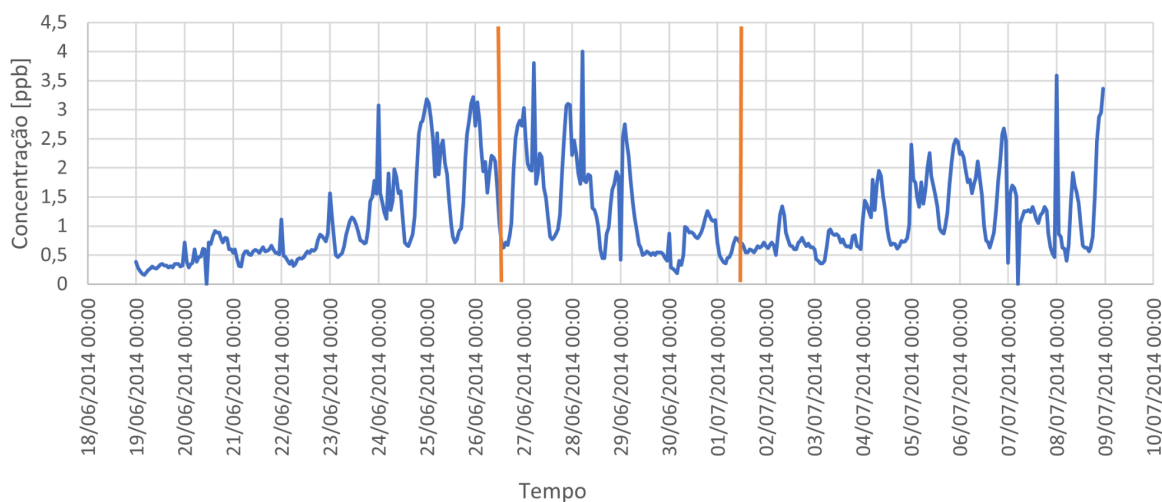
Apesar dos picos evidentes nas figuras 53 a 59, no intervalo apresentado não foi possível observar relações muito evidentes das concentrações dos poluentes com os dias da semana e com os horários de medição. Tal fato pode ocorrer em decorrência das diversas variáveis atuantes na consolidação da presença dos poluentes na atmosfera, desde condições climáticas – que podem ter variado consideravelmente ao longo de um mês – a variações de emissões das demais fontes poluidoras.

9.3.2. Extensão do Rodízio na Copa do Mundo de Futebol de 2014

Sob a perspectiva de análise da poluição atmosférica, fez-se também um recorte temporal do período de 2014 que englobou os jogos ocorridos na Arena Corinthians. Conforme apresentado anteriormente, os jogos de interesse foram realizados no dia 26/06/2014, às 17h em uma quinta-feira, e no dia 01/07/2014, às 13h em uma terça-feira. Dessa maneira, considerou-se também uma semana anterior ao jogo do dia 26 de junho e uma semana posterior ao jogo do dia 01 de julho, resultando no período de estudo compreendido entre os dias 19 de junho e 8 de julho de 2014. Os poluentes considerados para situação foram os mesmos do item 10.3.1.

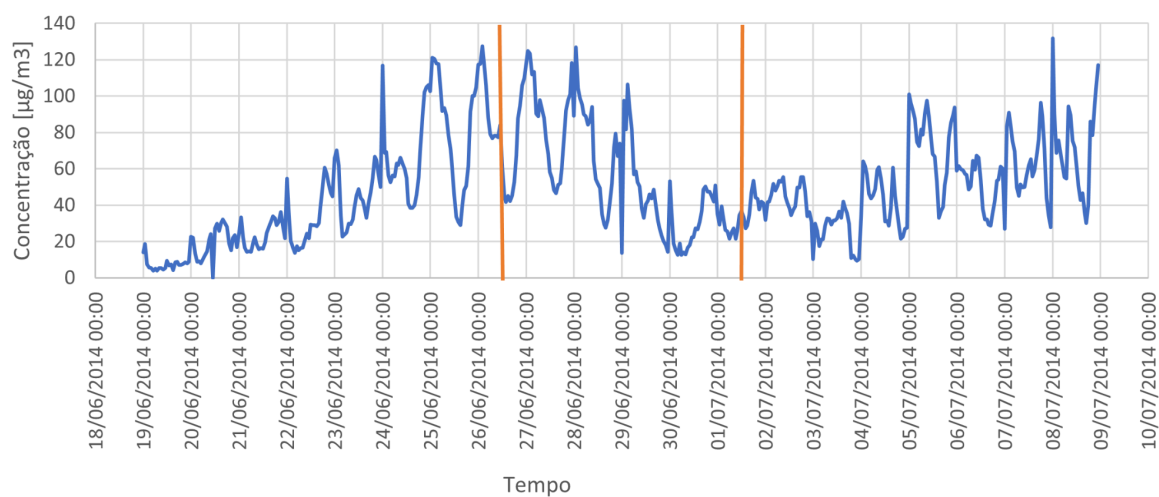
Da Figura 60 à Figura 67, são apresentados os gráficos com as concentrações de tais poluentes no tempo especificado; as duas linhas laranjas verticais indicam as 12h, metade do dia, dos dias dos jogos considerados.

Figura 60: Análise de concentração de CO para a Copa FIFA 2014



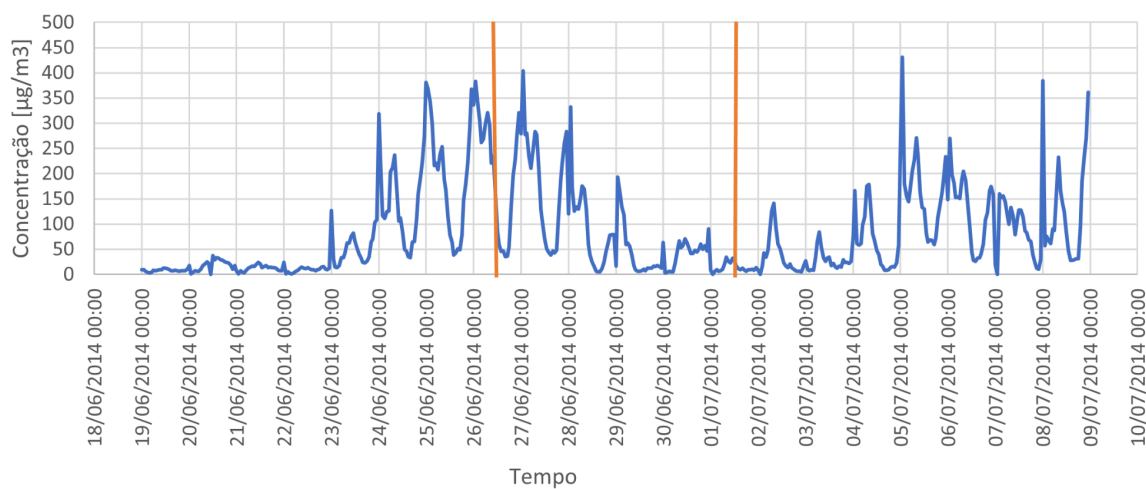
Fonte: Os autores

Figura 61: Análise de concentração de MP_{10} para a Copa FIFA 2014



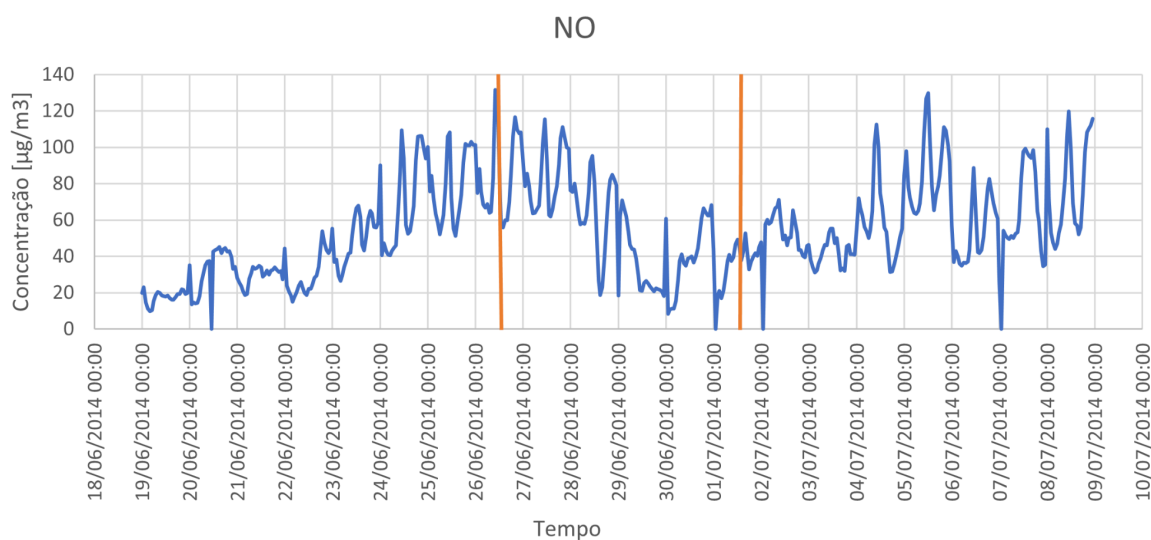
Fonte: Os autores

Figura 62: Análise de concentração de $MP_{2.5}$ para a Copa FIFA 2014



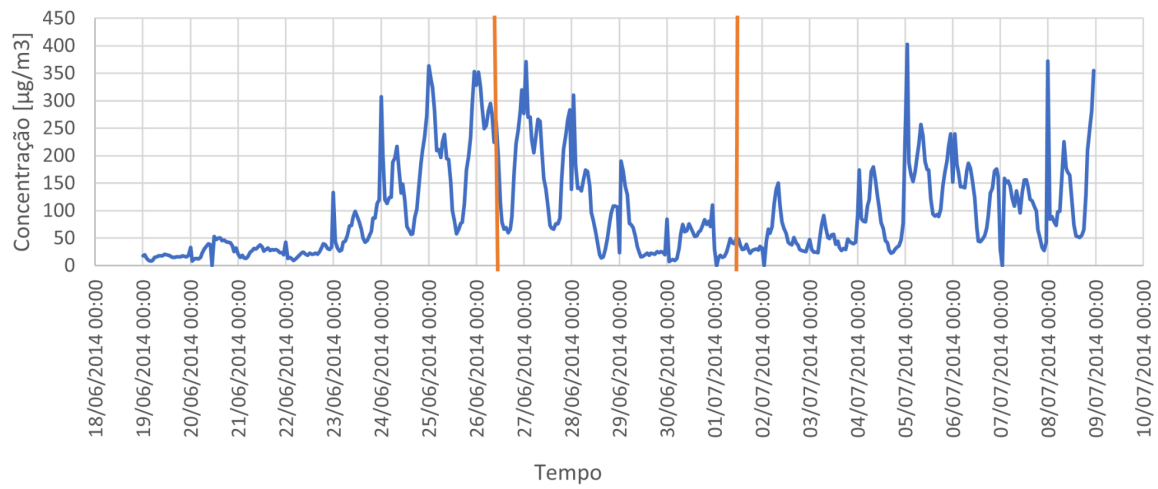
Fonte: Os autores

Figura 63: Análise de concentração de NO para a Copa FIFA 2014



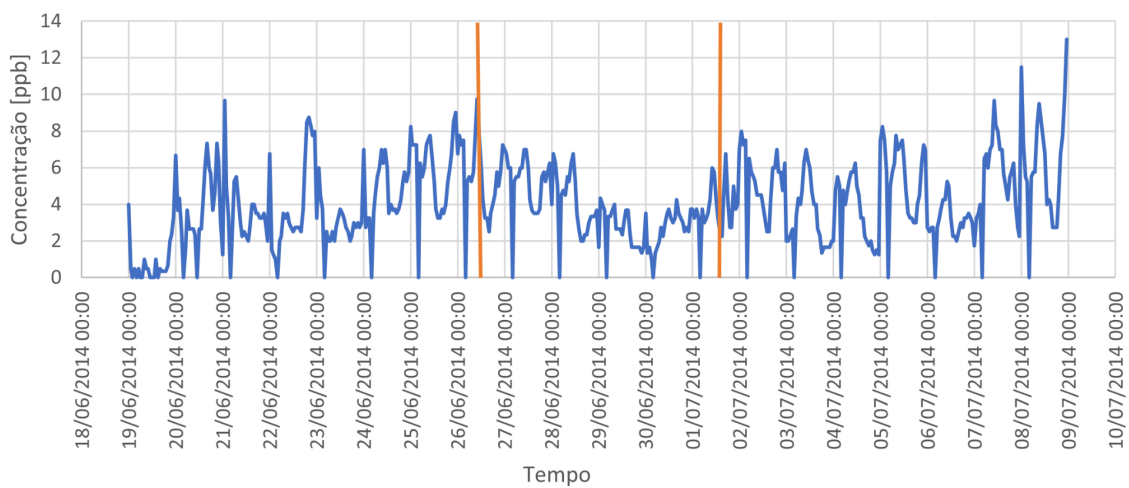
Fonte: Os autores

Figura 64: Análise de concentração de NO_2 para a Copa FIFA 2014



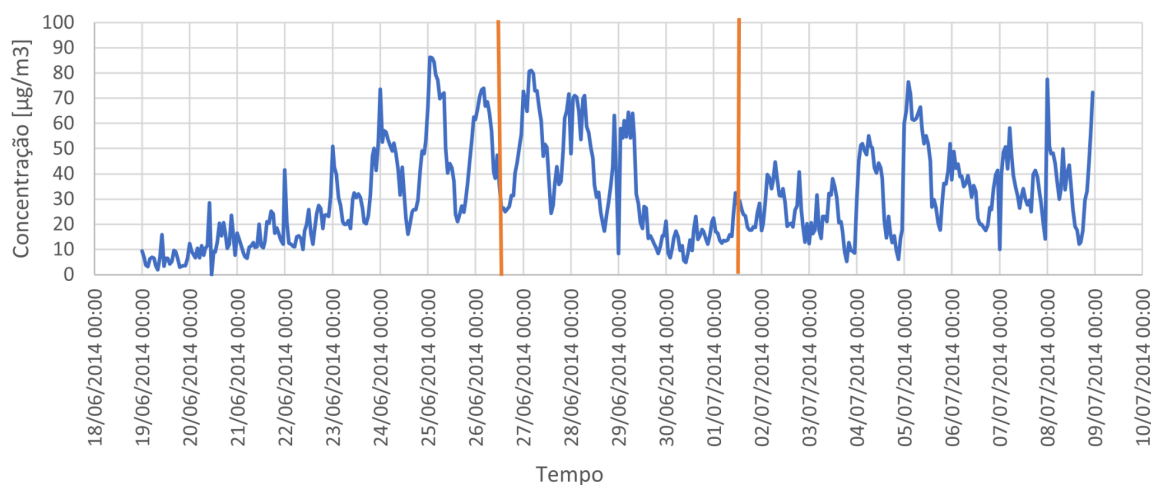
Fonte: Os autores

Figura 65: Análise de concentração de NO_x para a Copa FIFA 2014



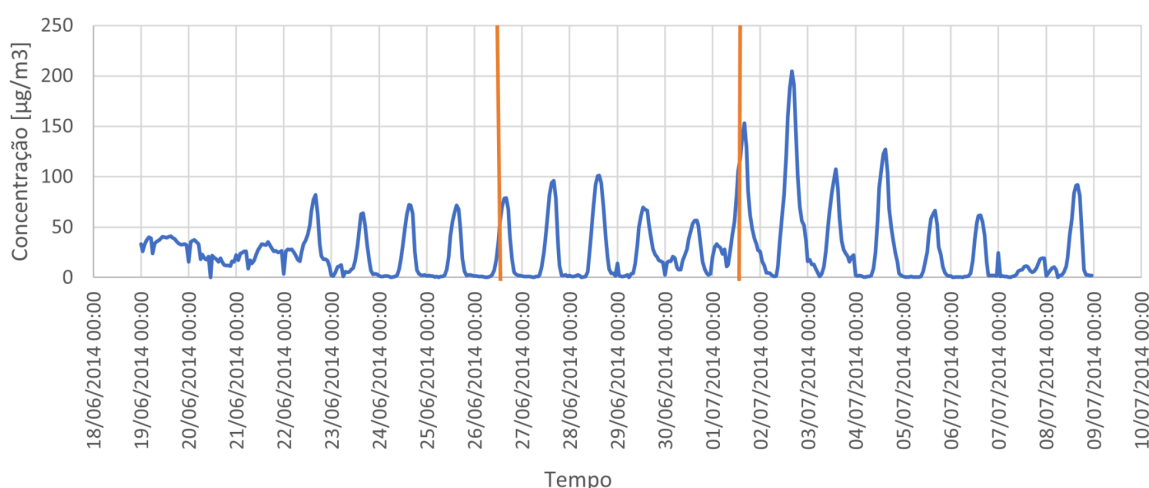
Fonte: Os autores

Figura 66: Análise de concentração de O_3 para a Copa FIFA 2014



Fonte: Os autores

Figura 67: Análise de concentração de SO_2 para a Copa FIFA 2014



Fonte: Os autores

Com exceção do dióxido de enxofre, os demais poluentes atmosféricos apresentaram comportamento que parece indicar relação com o dia da semana, apresentando vales que podem indicar menor circulação de veículos aos finais de semana e maiores concentrações durante os dias úteis. Contudo, tais concentrações apresentam um deslocamento de aproximadamente um dia em relação ao início da semana, ou seja, as concentrações passaram a ser mais elevadas a partir do fim das segundas-feiras e início das terças-feiras e passaram a se reduzir a partir do fim de sábado e início de domingo.

Ademais, é de se notar que a semana anterior a tais jogos apresentaram concentrações consideravelmente inferiores ao restante do período; tal fato pode estar atrelado às demais variáveis influentes, como as condições climáticas.

Não foi possível observar alterações relevantes nas concentrações dos poluentes do dia 26 de junho e nos dois dias seguintes, apesar da redução de congestionamentos indicada anteriormente. Para o dia 1 de julho e para os dois dias seguintes, observam-se baixas concentrações dos poluentes atmosféricos, mas que podem ser associadas ao possível efeito resultante da redução do tráfego aos finais de semana.

Portanto, por meio da análise de tais eventos ocorridos ao longo dos 13 anos de análise, não foi possível indicar uma redução significativa da concentração dos poluentes decorrente da extensão do período de restrição de circulação de automóveis durante a Copa do Mundo de 2014 ou um aumento das concentrações no período de suspensão de rodízio em 2007.

9.3.3. Greves

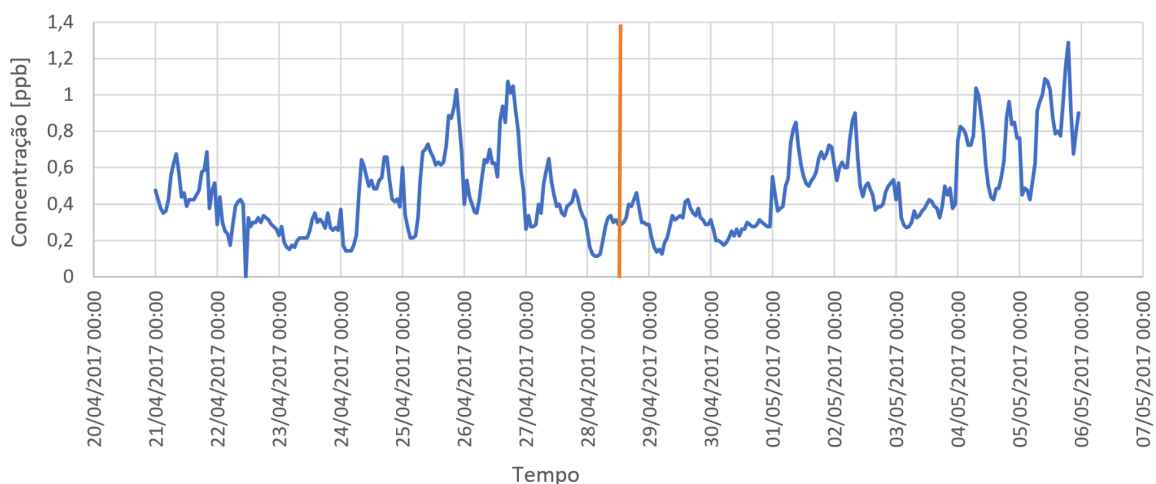
Seguindo a mesma metodologia, realizou-se a análise de períodos e dias em que ocorreram greves na cidade de São Paulo dentre os anos englobados no presente estudo. Os eventos considerados foram:

- 14 de junho de 2007: Greve dos Metroviários;
- 02 e 03 de agosto de 2007: Greve dos Metroviários;
- 23 de maio de 2012: Greve dos Metroviários;
- 13 de junho de 2013: Paralisação dos funcionários da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM);
- 20 e 21 de maio de 2014: Manifestações;
- 05 a 09 de junho de 2014: Greve dos Metroviários;
- 15 de março de 2017: Paralisação do Transporte Público;
- 28 de abril de 2017: Paralisação do Transporte Público;

- 18 de janeiro de 2018: Greve dos Metroviários;
- 24 de maio a 01 de junho de 2018: Greve Nacional dos Caminhoneiros;
- 05 e 06 de setembro de 2019: Greve da categoria de motoristas e cobradores de Ônibus.

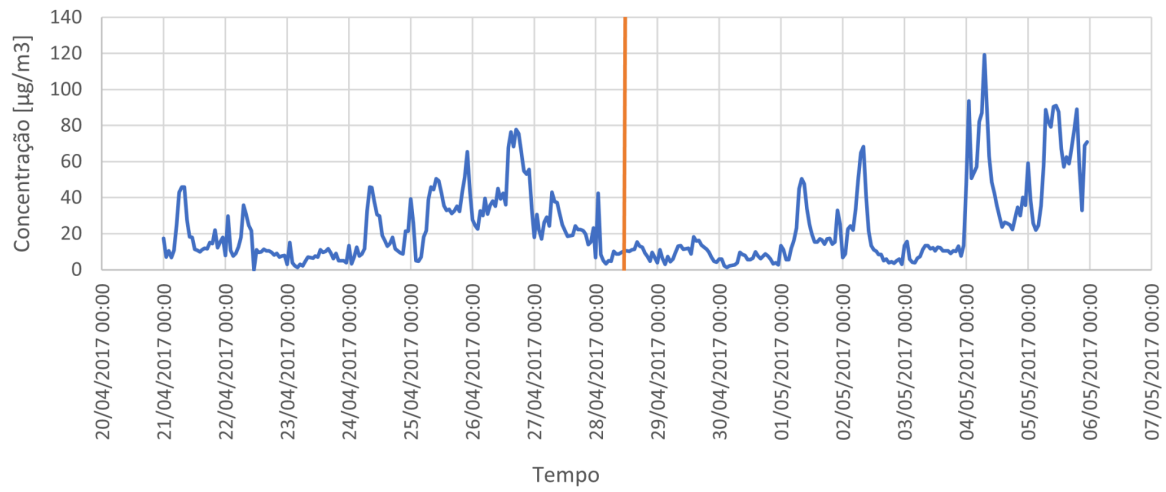
Conforme mostrado anteriormente, são diversas as variáveis que influenciam a concentração dos poluentes atmosféricos. Tal fato é observado não apenas em intervalos temporais grandes, como no item 10.2 em que é possível observar o comportamento da poluição atmosférica ao longo dos anos, mas tal fenômeno também é visto também ao se considerar séries temporais curtas, com até 20 dias de duração. Com o aumento dos congestionamentos esperado nos dias em que houve alguma greve ou manifestação, esperava-se um aumento da concentração de determinados poluentes logo após a ocorrência de tais eventos adversos. Contudo, não foi possível observar picos de concentrações evidentes. Nas figuras 68 a 75, são mostrados, para exemplificação, gráficos da Greve Geral de 28 de abril de 2017, em que, apesar da relevância e do impacto do evento para a cidade, não houve variação expressiva da concentração dos poluentes atmosféricos considerados.

Figura 68: Análise de concentração de CO para Greve 28/04/2017



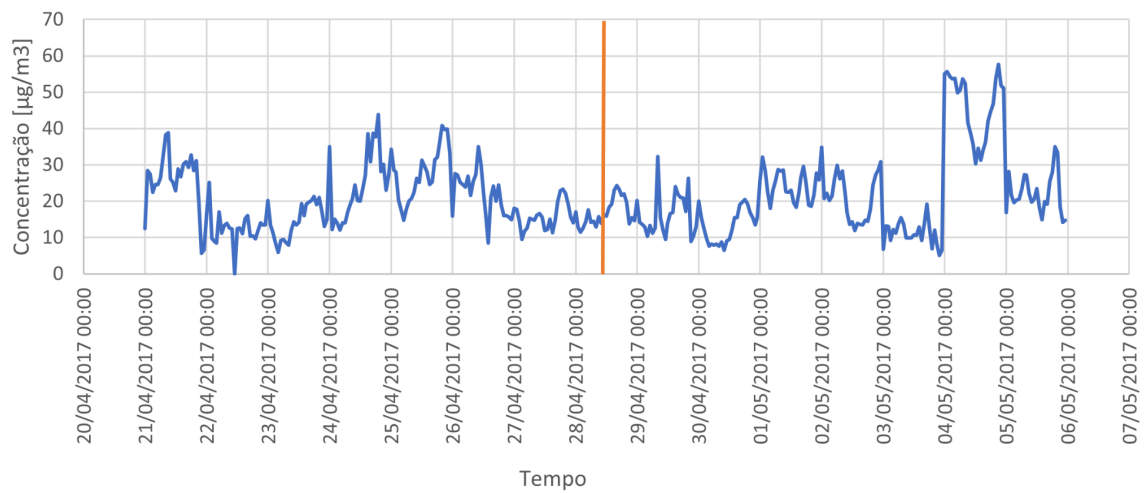
Fonte: Os autores

Figura 69: Análise de concentração de $MP_{2.5}$ para Greve 28/04/2017



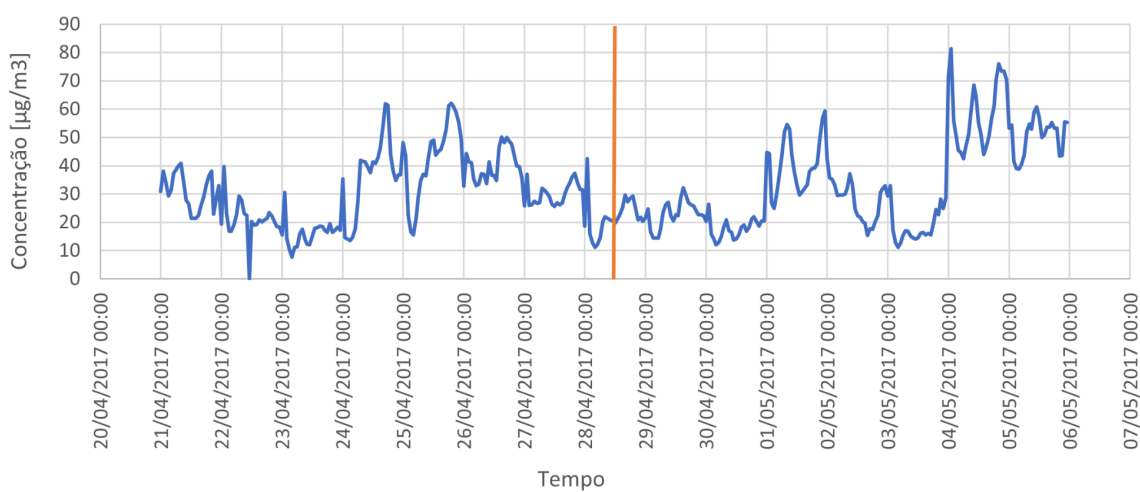
Fonte: Os autores

Figura 70: Análise de concentração de MP_{10} para Greve 28/04/2017



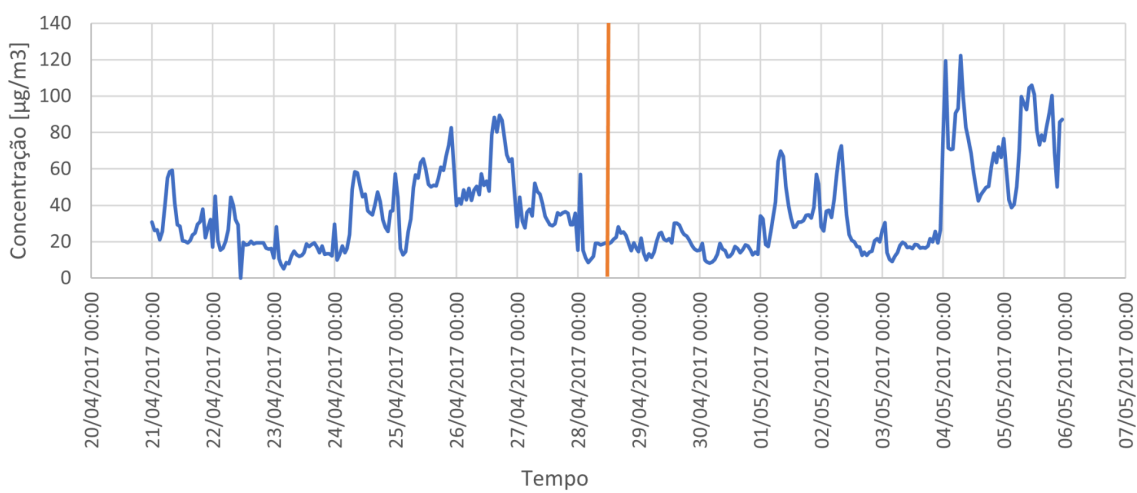
Fonte: Os autores

Figura 71: Análise de concentração de NO para Greve 28/04/2017



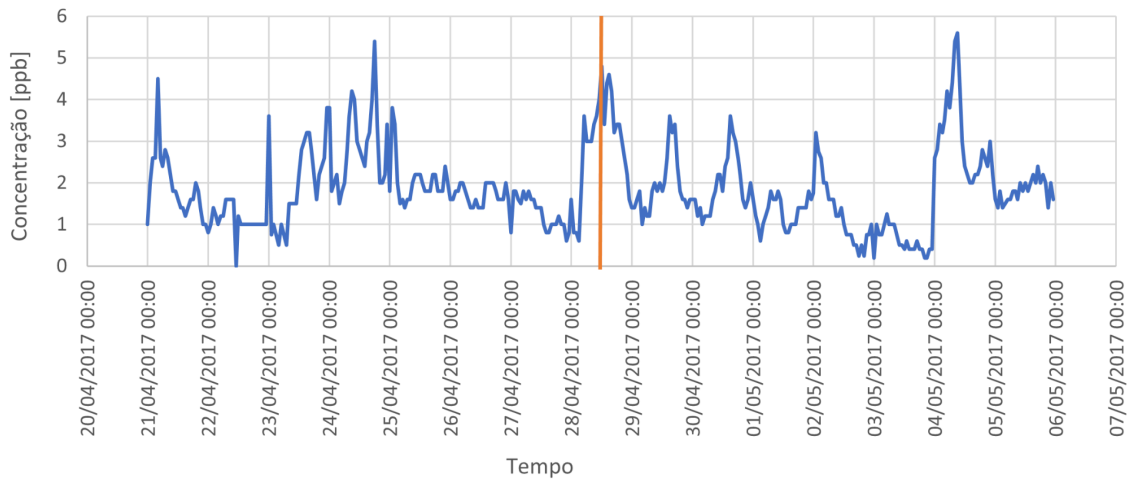
Fonte: Os autores

Figura 72: Análise de concentração de NO_2 para Greve 28/04/2017



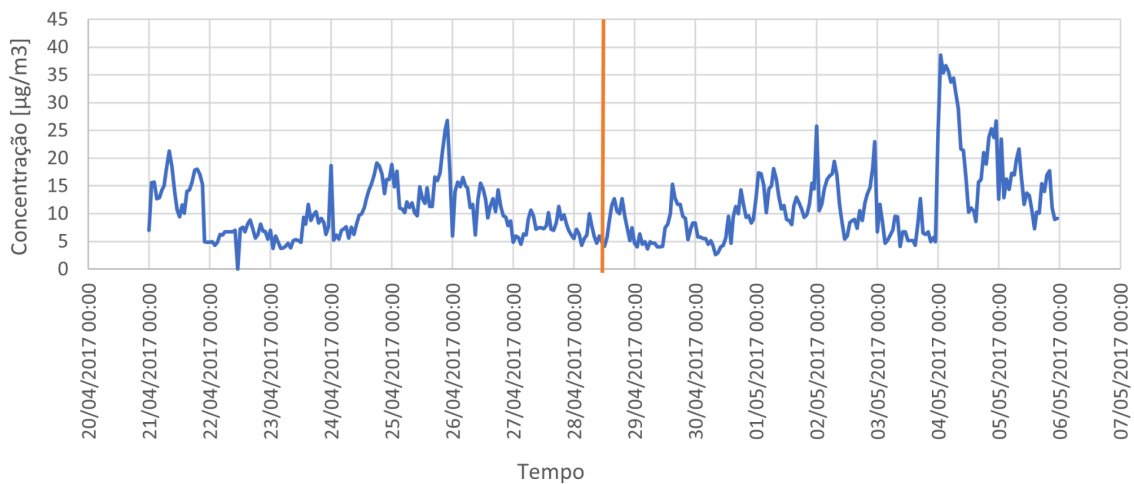
Fonte: Os autores

Figura 73: Análise de concentração de NO_x para Greve 28/04/2017



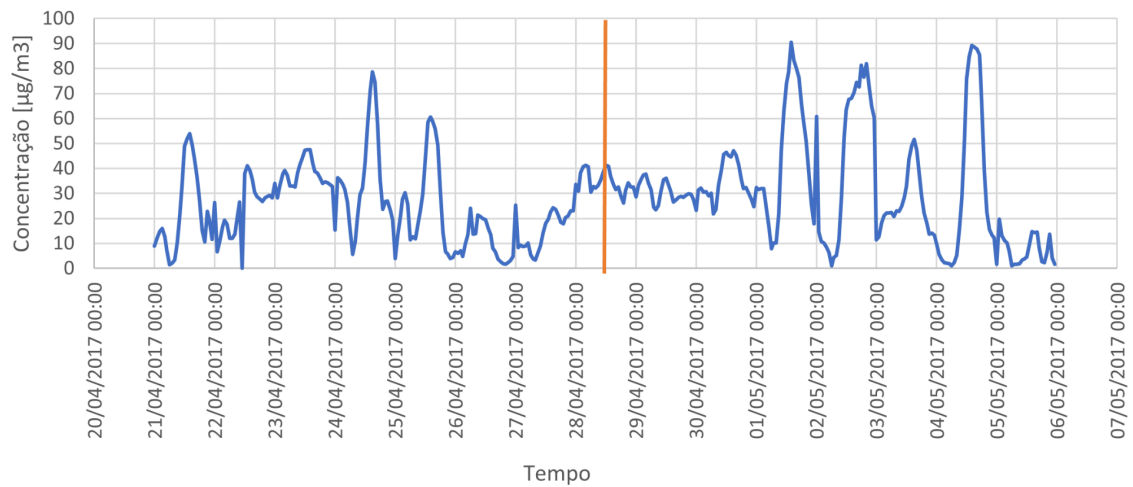
Fonte: Os autores

Figura 74: Análise de concentração de O_3 para Greve 28/04/2017



Fonte: Os autores

Figura 75: Análise de concentração de SO_2 para Greve 28/04/2017



Fonte: Os autores

Observa-se que, apesar do evento ocorrido em 28 de abril de 2017, as concentrações dos poluentes estudados não apresentaram variação significativa associada a tal dia. As alterações parecem estar mais associadas às demais variáveis que podem afetar a presença e a concentração dos poluentes na atmosfera.

10. Questionário

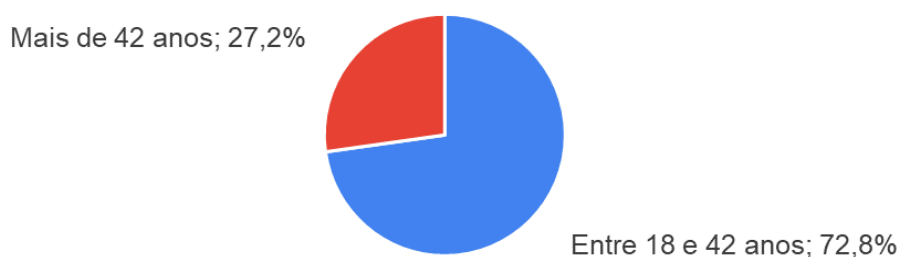
Foram obtidas, entre 01/09/2022 e 11/11/2022, 326 respostas, das quais 225 possuíam a marcação de dirigir na cidade de São Paulo e atenderam à parte restrita do questionário. Uma dessas respostas foi eliminada por suspeita de ter sido duplicada, já que todas as respostas, incluindo as dissertativas, eram iguais. As perguntas e respostas obtidas podem ser verificadas com mais detalhe no Apêndice B.

10.1. Caracterização dos respondentes

10.1.1. Idade

Dos 224 motoristas respondentes de São Paulo observa-se, conforme gráfico 08, que a parcela majoritária de 72,8% possuem idade inferior a 42 anos.

Gráfico 08 - Respostas da questão “Qual sua idade?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Comparativamente, os 101 respondentes que não dirigem na cidade são mais jovens, vide Gráfico 09, com 95,0% na faixa de até 42 anos.

Gráfico 09- Respostas da questão “Qual sua idade?” realizada a 101 pessoas que não dirigem em São Paulo

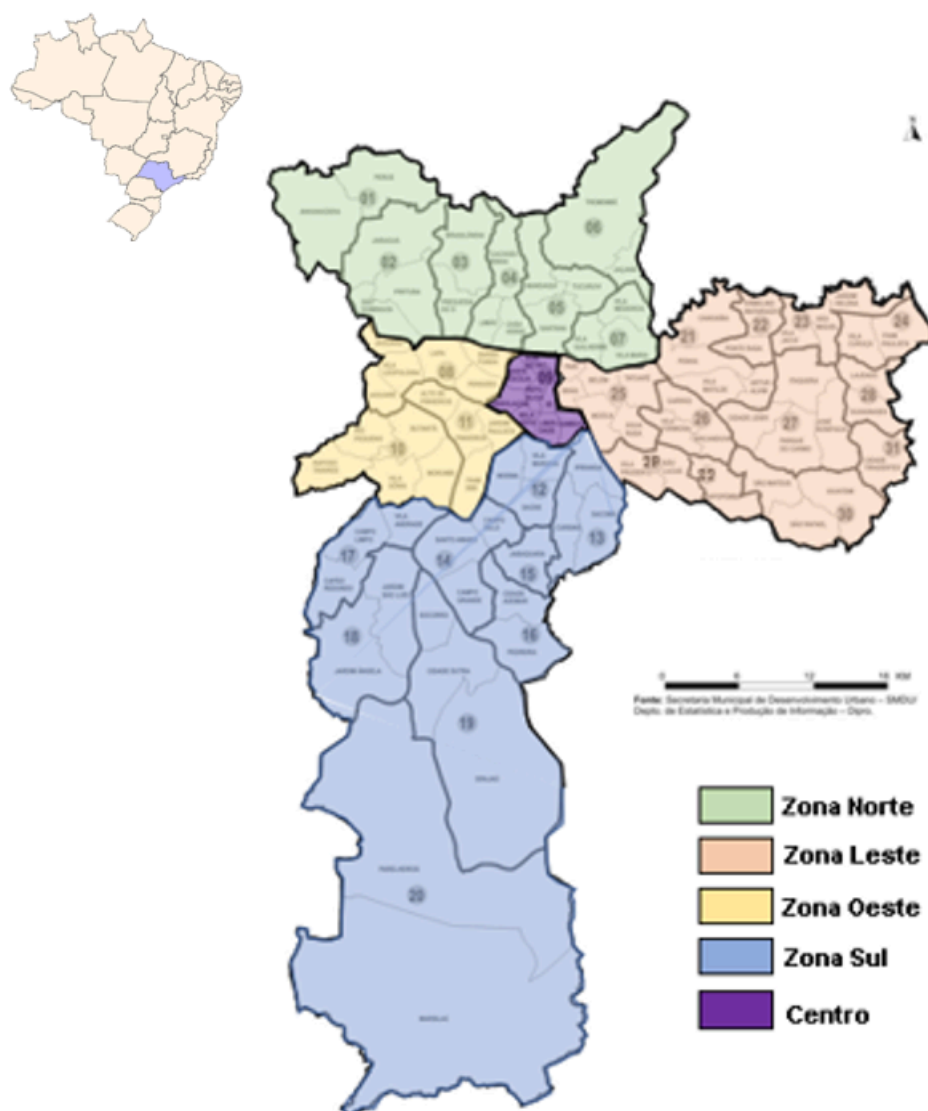


Fonte: Os autores

10.1.2. Localização

Seguindo a divisão administrativa municipal, o trabalho setorizou a cidade de São Paulo seguindo o seguinte zoneamento conforme Figura 76, que possui melhor detalhamento no Apêndice C:

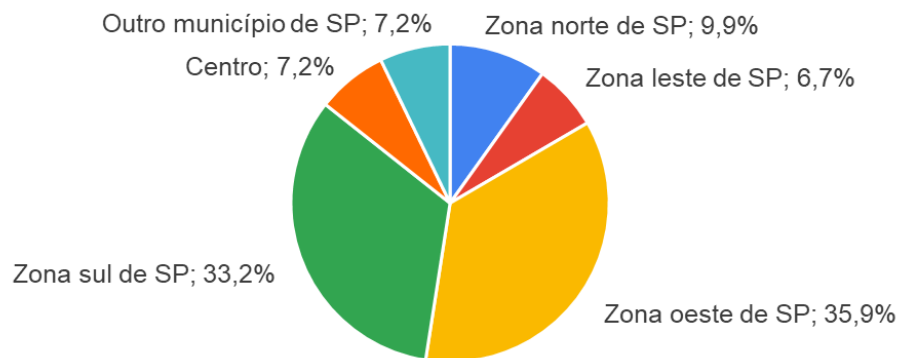
Figura 76 - Subprefeituras e divisão de regiões da cidade de São Paulo



Fonte: Os autores, baseado no site da prefeitura de São Paulo (2010).

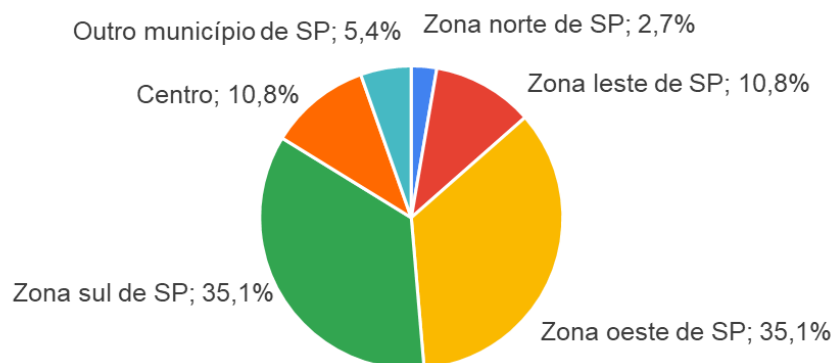
A localização de ambos motoristas e não motoristas respondentes foi similar, com maioria habitando Zona Oeste e Zona Sul, como visto nos Gráficos 10 e 11.

Gráfico 10- Respostas da questão “Onde você reside?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

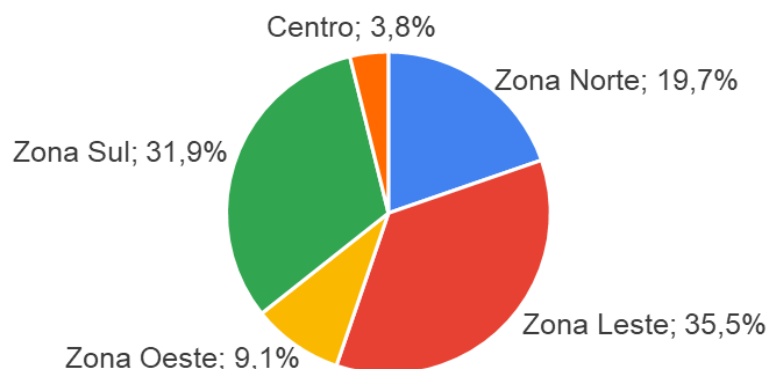
Gráfico 11 - Respostas da questão “Onde você reside?” realizada a 101 pessoas que não dirigem em São Paulo



Fonte: Os autores

Contudo, a forma como a população de São Paulo se distribui difere-se consideravelmente, com um número consideravelmente maior de pessoas ocupando Zona Leste e Zona Norte, conforme demonstrado no gráfico 12.

Gráfico 12- distribuição da população no município de São Paulo



Fonte: site da prefeitura de São Paulo (2010), adaptado

Assim, de maneira a levar em consideração efeitos regionais nos demais resultados, foram também ponderadas as respostas não dissertativas com pesos proporcionais à população de cada região, conforme equação 3.

Observou-se, porém, que a ponderação gerou dados muito semelhantes aos originais, conforme pode ser verificado no Apêndice B. A diferença entre eles foi calculada, e sobre ela foi obtido o desvio padrão amostral. Os resultados estão expostos no Quadro 13 e revelam um valor máximo para a pergunta número 2, sobre a zona em que reside, conforme esperado por ter sido alvo da ponderação.

Quadro 13 - Desvio padrão da diferença entre os resultados observados e ponderados por população em cada zona para cada pergunta não dissertativa do questionário realizada a 224 motoristas

Numeração	Desvio padrão	Pergunta
1	3,71	Qual sua idade?
2	41,39	Onde você reside?
3	0,00	Você dirige na cidade de São Paulo?
4	5,89	Quantos carros no total você e familiares da sua casa possuem?
5	2,33	Quantas motocicletas no total você e familiares da sua casa possuem?
6	4,63	Você mora com quantos familiares? (Sem contar você mesmo)
7	-	Na sua opinião, qual a função do rodízio?
8	4,45	Você acha que o rodízio deveria existir caso ele melhore o trânsito? E se ele melhorar apenas a qualidade do ar?
9	5,12	O horário que você costuma sair ou chegar em casa se altera devido ao rodízio?
10	5,94	Quais modos de transporte você mais utiliza no dia do seu rodízio?
11	3,47	Possuir um carro é algo que você valoriza? Por quê?
12	1,81	Possuir uma motocicleta é algo que você valoriza? Por quê?
13	2,90	Na sua opinião, em algum dia da semana o trânsito flui melhor?
14	5,83	Qual o final da placa do seu carro principal?
15	4,68	Caso possua mais de um carro, qual o final da placa dos carros secundários?
16	2,51	Qual o final da placa da sua motocicleta principal?
17	1,90	Caso possua mais de uma motocicleta, qual o final da placa das motocicletas secundárias?
18	2,79	Você utiliza regularmente aplicativos para transitar com carro?
19	6,25	Caso possua mais de um carro, as placas deles são diferentes? Por quê?
20	-	Você lembra de algum programa público que acredita ter melhorado o trânsito ou tenha reduzido a emissão de poluentes nas ruas? Comente.
21	7,73	Em uma escala de 1 a 5, na sua opinião o rodízio funciona bem?
22	7,53	Em uma escala de 1 a 5, você é a favor de um rodízio mais intenso?
23	2,13	Em uma escala de 1 a 5, você acha necessária a existência do rodízio?

Fonte: Os autores

Em contrapartida, o segundo maior resultado foi o da pergunta 21, sobre a opinião quanto ao bom funcionamento do Rodízio, com valor de 7,73, ou 3,45% do total de motoristas respondentes. Logo, a diferença regional é insignificante para uma análise macroscópica de tendência das opiniões públicas em questão. Dessa maneira, foram validados os resultados originais do questionário quanto a sua distribuição no território.

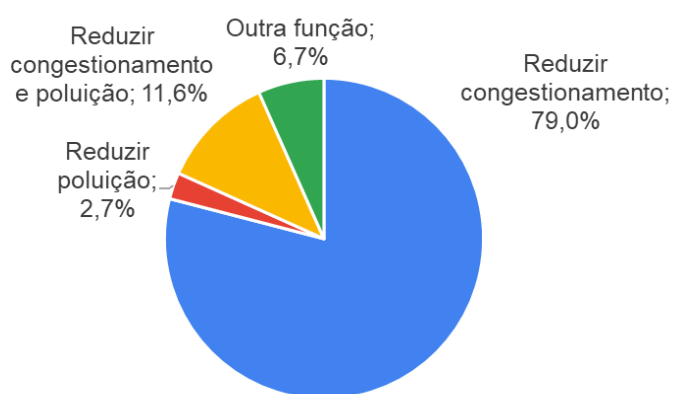
10.2. Confiabilidade

Para as perguntas respondidas pelos 224 motoristas, foi atingido um nível de 85% de confiança, com 5% de margem de erro, conforme explicitado anteriormente pela tabela 07. Perguntas com um menor número de respondentes possuem um menor nível de confiança, porém seus dados ainda agregam valor à análise.

10.3. Resultados

O fim da primeira parte do questionário foi marcado por uma explicação sobre como funciona o rodízio de veículos de São Paulo e uma questão dissertativa sobre a função da OHP. Enquanto nesta página, não era possível ver a questão seguinte, que mencionava trânsito e qualidade do ar. Ainda assim, ao categorizar as respostas com base nos termos mais comuns, conforme gráfico 13, ambos os tópicos estiveram presentes.

Gráfico 13 - Respostas da questão “Qual a função do Rodízio?” realizada a 224 motoristas de São Paulo

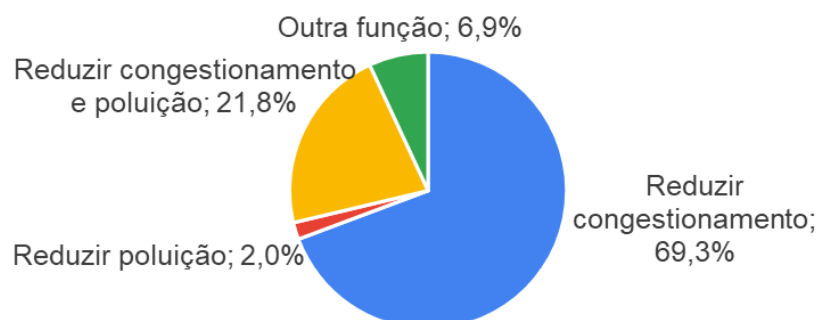


Fonte: os autores

A função mais comum citada foi uma preocupação com a redução de congestionamentos na cidade (79,0%), seguido da redução de congestionamento junto de redução da poluição (11,6%). Nota-se que o agrupamento “Outra função” (6,7%) estava atrelado comumente a insatisfações da população com o rodízio. Logo, conclui-se que são estes dois os fatores mais relevantes para se analisar a legitimidade da existência dele para os motoristas de São Paulo.

De maneira complementar, pessoas que não dirigem também são afetadas indiretamente pelo rodízio. O gráfico 14 apresenta respostas de pessoas que não dirigem em São Paulo. Seus resultados foram semelhantes, apresentando maior proporção de comentários englobando preocupação com o meio ambiente, subindo para 21,8% das respostas mencionando trânsito e meio ambiente.

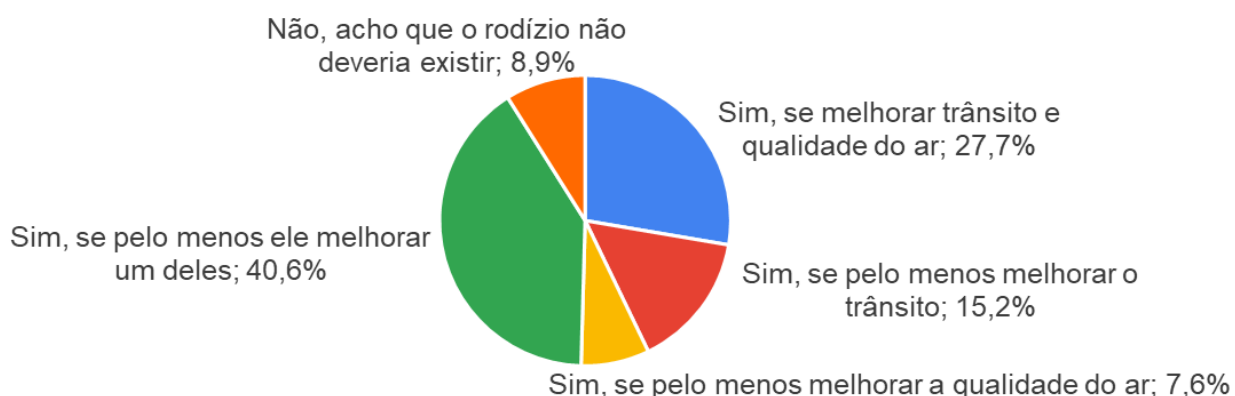
Gráfico 14 - Respostas da questão “Qual a função do Rodízio?” realizada a 101 pessoas que não dirigem em São Paulo



Fonte: Os autores

A segunda parte tem início com um aprofundamento sobre a legitimidade do Rodízio, conforme gráfico 15, onde pergunta-se diretamente sobre estas duas justificativas. Observa-se que ele é considerado legítimo por 91,1% da população caso melhore ambos o trânsito e a qualidade do ar. Dado que 40,6% consideram legítimo a OHP caso melhore apenas um deles, independentemente de qual seja, pode-se inferir que 55,8% considerariam legítimo caso melhore apenas o trânsito, enquanto 48,2% considerariam caso melhore apenas a qualidade do ar.

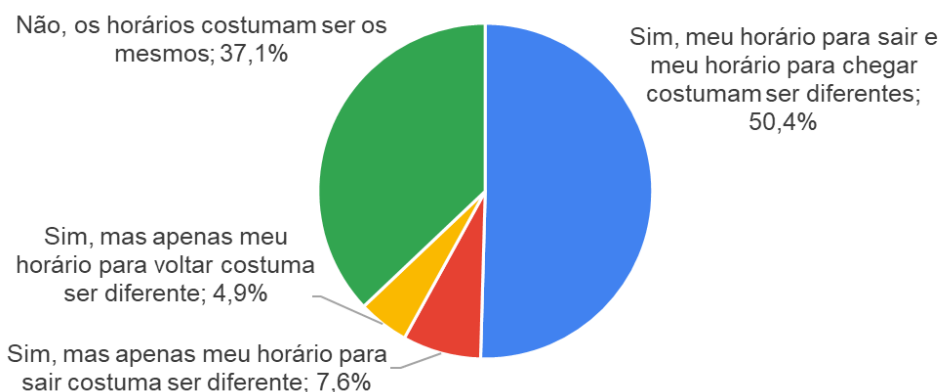
Gráfico 15 - Respostas da questão “Você acha que o Rodízio deveria existir caso ele melhore o trânsito ou a qualidade do ar?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: os autores

O questionamento quanto ao horário para sair ou chegar em casa, presente no gráfico 16 demonstra que o Rodízio possui uma forte tendência de distribuição do trânsito ao longo do dia, afetando 62,9% dos respondentes.

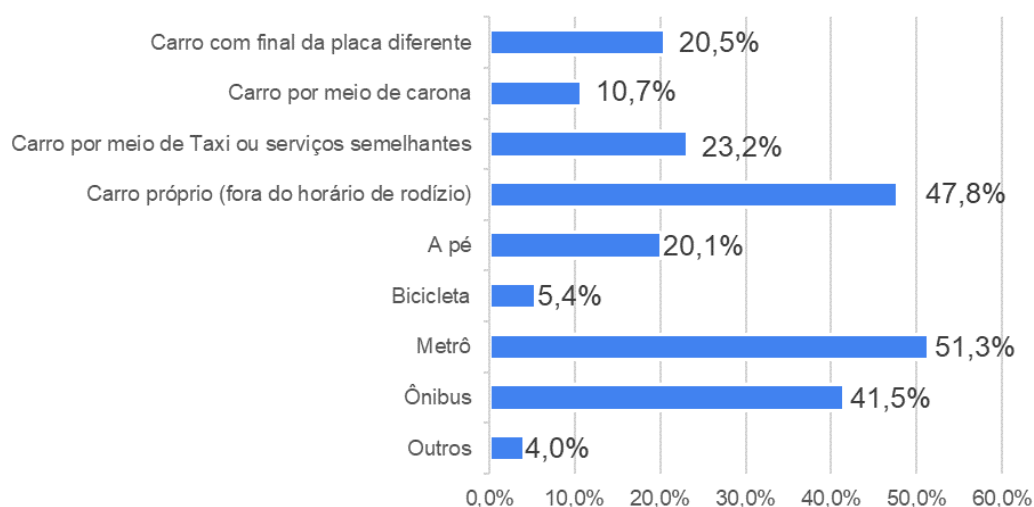
Gráfico 16 - Respostas da questão “O horário que você costuma sair ou chegar em casa se altera devido ao Rodízio?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Quanto aos modos de transporte mais utilizados, verifica-se pelo gráfico 17 que, para transporte privado, o uso do carro próprio fora do horário do rodízio é comum (47,8%), colaborando para a distribuição do trânsito de veículos ao longo do dia. Contudo, o uso de táxi ou serviço semelhante (23,2%), e o uso de carro com final da placa diferente (20,5%) são indicadores negativos para a efetividade do rodízio, uma vez que rotaciona-se os veículos restritos por outros, sem alteração na ocupação das ruas.

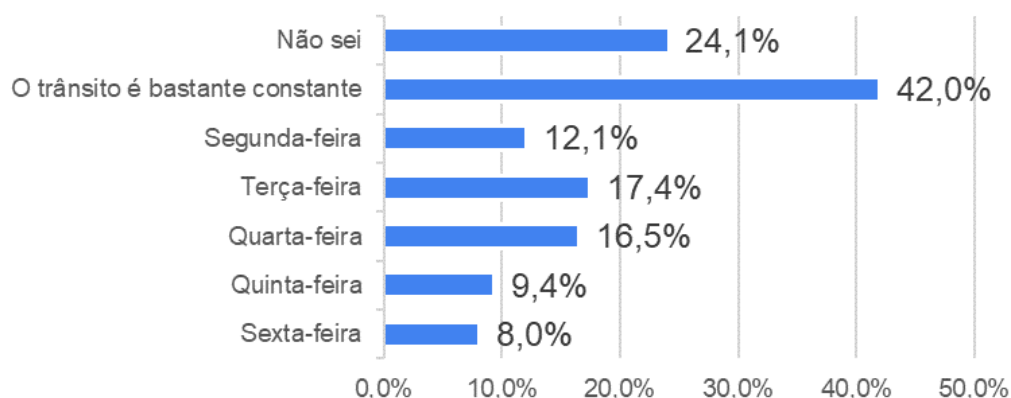
Gráfico 17 - Respostas da questão “Quais modos de transporte você mais utiliza no dia do seu rodízio?” realizada a 224 motoristas de São Paulo. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de resposta



Fonte: os autores

Observando o gráfico 18, verifica-se a percepção de que o trânsito ao longo da semana é bastante constante. Contudo, respostas pontuais sobre quando ele flui melhor estão mais concentradas no início da semana, principalmente terça-feira e quarta-feira.

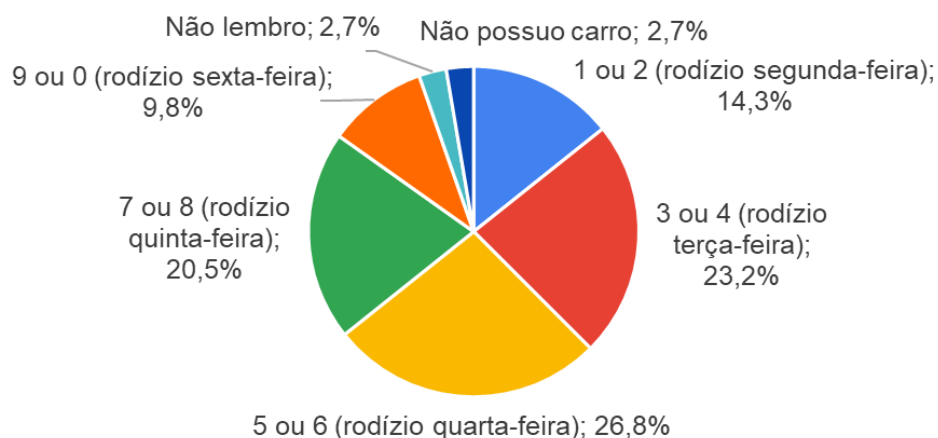
Gráfico 18 - Respostas da questão “Na sua opinião, em algum dia da semana o trânsito flui melhor?” realizada a 224 motoristas de São Paulo. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de resposta



Fonte: Os autores

Observando-se o gráfico 19 sobre o final da placa do carro principal do respondente, nota-se que os dias menos comuns para o rodízio são segunda-feira (14,3%) e sexta-feira (9,8%), com pico no número de restrições de quarta-feira (26,8%).

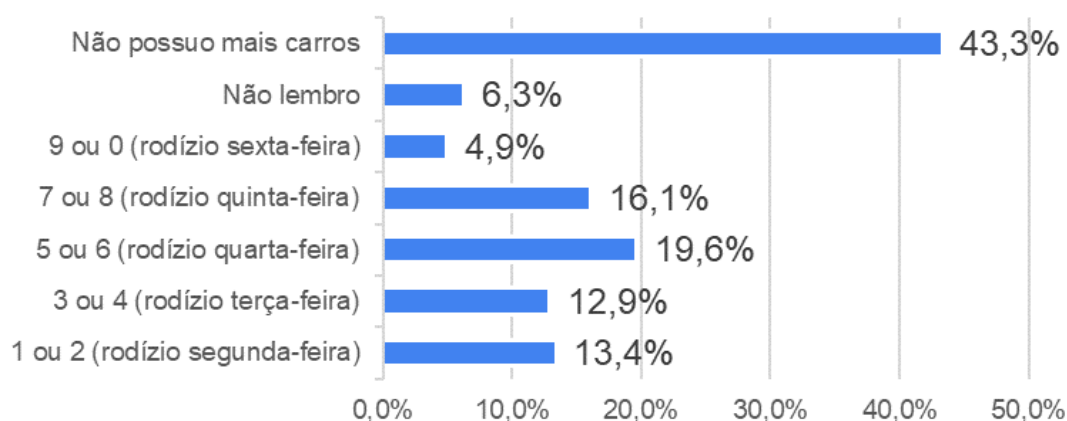
Gráfico 19 - Respostas da questão “Qual o final da placa do seu carro principal?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Em comparação, o gráfico 20 demonstra uma menor frequência em carros secundários com final 9 ou 0, restrição de sexta-feira.

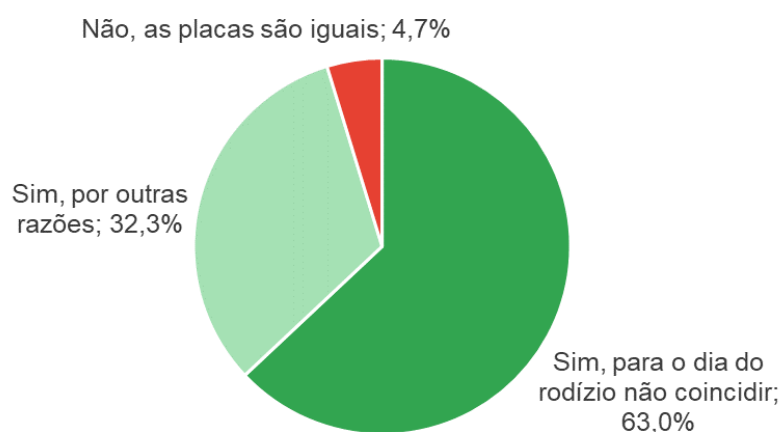
Gráfico 20 - Respostas da questão “Caso possua mais de um carro, qual o final da placa dos carros secundários?” realizada a 224 motoristas de São Paulo. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de respostas



Fonte: Os autores

O gráfico 21 demonstra que raramente os carros primário e secundário possuem placas coincidentes (4,7%). Além disso, demonstram também que a motivação principal para isso é uma escolha própria dos motoristas (63,0%).

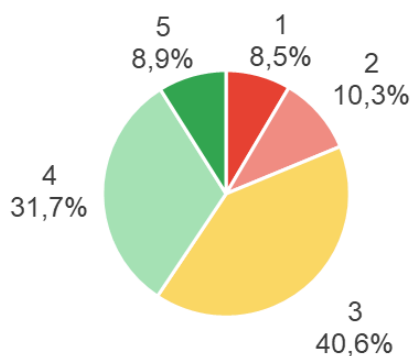
Gráfico 21 - Respostas da questão “Caso possua mais de um carro, as placas deles são diferentes? Por quê?” realizada a 127 motoristas de São Paulo que possuem mais de um carro



Fonte: Os autores

O gráfico 22 refere-se à opinião da população quanto ao funcionamento do rodízio, que é fortemente visto positivamente, com 40,6% ao somar notas 4 e 5, ou de maneira neutra, com 40,6% marcando a nota 3.

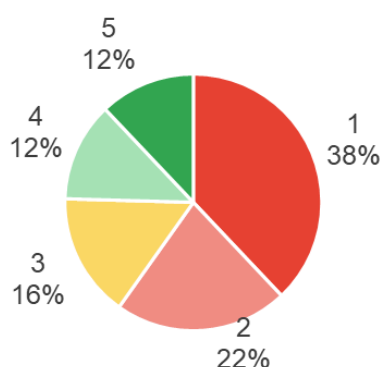
Gráfico 22 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, na sua opinião o rodízio funciona bem? (legenda da pergunta: 1 - Não funciona nada bem; 5 - funciona muito bem)” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

O gráfico 23 demonstra que a população é majoritariamente contra uma intensificação do rodízio (59,8%), com uma parcela não insignificante a favor (24,6%).

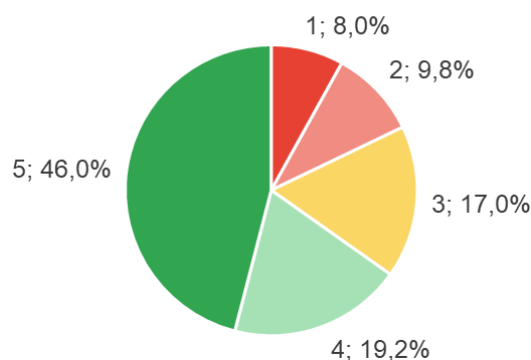
Gráfico 23 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, você é a favor de um rodízio mais intenso? (legenda da pergunta: 1 - Não, deve se manter igual; 5 - Sim, deve se intensificar)” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Por fim, o gráfico 24 mostra que a opinião pública considera majoritariamente o rodízio algo necessário (65,2%), com uma parcela não insignificante contrária (17,9%).

Gráfico 24 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, você acha necessária a existência do rodízio? (legenda da pergunta: 1 - Não, o rodízio deve acabar; 5 - Sim, o rodízio deve continuar)” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Além destes resultados, houve também uma questão dissertativa opcional em que se perguntava sobre outros programas públicos que acreditam ter melhorado o trânsito ou a emissão de poluentes nas ruas. Alguns itens citados relevantes foram:

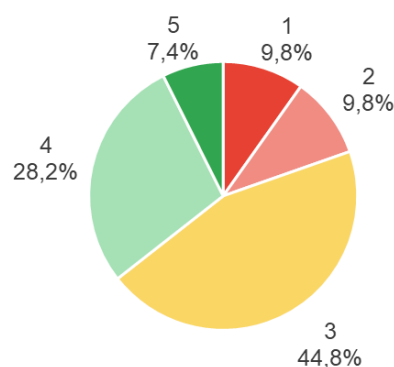
- Criação ou ampliação de faixas exclusivas para ônibus
- Criação ou ampliação de faixas exclusivas para bicicleta
- Criação ou ampliação de linhas de metrô
- Criação de faixa exclusiva para motociclistas e proibição do trânsito de motocicletas na marginal
- Redução do limite de velocidade das marginais
- Programa de inspeção veicular anual
- Fiscalização de caminhões
- Atualização dos ônibus das frotas por modelos menos poluentes
- Ampliação de vias
- Diminuição de impostos sobre veículos híbridos

10.4. Impacto da idade na percepção pública

Complementando a análise, foi avaliada a percepção do público com 43 anos ou mais, ou seja, todos que possuíam ao menos 18 anos no ano em que a Operação Horário de Pico teve início em São Paulo, em comparação com aqueles com 42 anos ou menos.

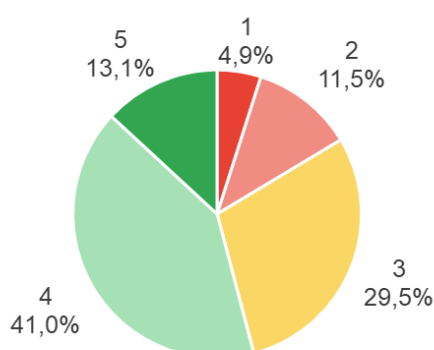
Avaliando os gráficos 25 e 26, percebeu-se que os mais jovens possuem opiniões majoritariamente neutras (44,8%) quanto ao bom funcionamento do rodízio, sendo apenas 35,6% positivas, com notas 4 e 5. Em comparação, o grupo com 43 anos ou mais é majoritariamente positivo (54,1%).

Gráfico 25- Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, na sua opinião o rodízio funciona bem? (legenda da pergunta: 1 - Não funciona nada bem; 5 - funciona muito bem)” realizada a 163 motoristas de São Paulo com 42 anos ou menos



Fonte: Os autores

Gráfico 26 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, na sua opinião o rodízio funciona bem? (legenda da pergunta: 1 - Não funciona nada bem; 5 - funciona muito bem)” realizada a 61 motoristas de São Paulo com 43 anos ou mais

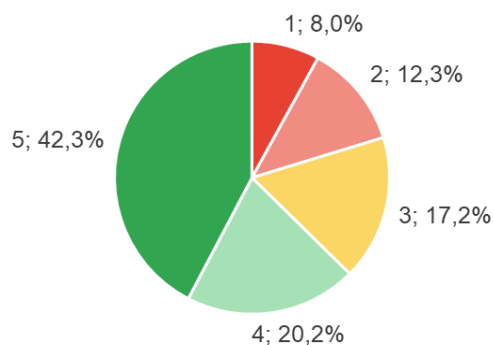


Fonte: Os autores

Observa-se também nos gráficos 27 e 28 que motoristas com 42 anos ou menos são majoritariamente positivos quanto à necessidade do rodízio para a cidade (62,6%). Simultaneamente, motoristas com 43 anos ou mais o rodízio consideram-no necessário com uma frequência ainda maior (72,1%), sendo esta

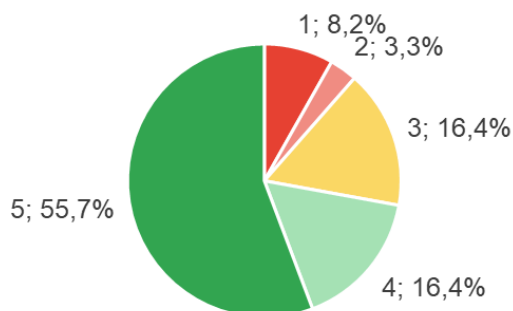
uma opinião particularmente forte dado que a maior parte das respostas foi nota 5, atingindo 55,7% do total.

Gráfico 27 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, você acha necessária a existência do rodízio? (legenda da pergunta: 1 - Não, o rodízio deve acabar; 5 - Sim, o rodízio deve continuar)” realizada a 163 motoristas de São Paulo com 42 anos ou menos



Fonte: Os autores

Gráfico 28 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, você acha necessária a existência do rodízio? (legenda da pergunta: 1 - Não, o rodízio deve acabar; 5 - Sim, o rodízio deve continuar)” realizada a 61 motoristas de São Paulo com 43 anos ou mais



Fonte: Os autores

10.5. Relação da percepção pública com os impactos avaliados do rodízio e considerações

A aplicação do questionário trouxe que os fatores que dão legitimidade ao rodízio são, para a população, a melhora no trânsito predominantemente, com 55,8% de aprovação caso seja o único benefício, e de maneira secundária a melhora na qualidade do ar, com 48,2% caso seja o único benefício. Estes valores

também foram os mais apontados por respondentes que não dirigem. O resultado condiz com o foco de análise apresentado nos capítulos anteriores.

Trouxe também razões que reduzem a eficácia do rodízio no controle de congestionamentos, não atingindo 20% de redução teórica da frota circulante em cada dia útil, dado que entre os transportes mais utilizados no dia do rodízio, encontram-se carro por meio de Táxi ou serviço semelhante (23,2%) e carro com final da placa diferente (20,5%), sendo que apenas 4,7% das pessoas entrevistadas que possuem mais de um carro possuem placas iguais, e 63,0% alegam que essa diferença é uma escolha proposital para não coincidir o dia do rodízio. A redução também não é constante ao longo da semana, dado que há menor frequência de carros principais com restrição segunda-feira (14,3%) e sexta-feira (9,8%), e também menor frequência de restrições de sexta-feira para carros secundários (4,9%). Em contrapartida, a opinião pública sobre o bom funcionamento do rodízio está majoritariamente dividida entre positiva (40,6%) e neutra (40,6%), sendo que pessoas com 43 anos ou mais são particularmente mais positivas (54,1%).

Além disso, foi possível observar que parte das viagens são distribuídas ao longo do dia, alterando os horários da rotina de 62,9% motoristas respondentes e com o registro de 47,8% do carro próprio fora do horário do rodízio entre os principais meios de transporte utilizados.

A percepção pública foi de que o trânsito é bastante constante, porém flui melhor principalmente no começo da semana, com destaque para terça-feira (17,4%) e quarta-feira (16,5%). Comparando com as análises do capítulo 7.2, uma distribuição semelhante é observada com piora no trânsito próximo ao fim da semana, contudo o melhor trânsito apontado pelos dados coletados foi de segunda-feira. Para esta análise, um fator que não foi possível controlar é a diferença temporal entre a aplicação do questionário em 2022 e o período de estudo, com fim em 2019, logo há a possibilidade de haver mudanças no comportamento do trânsito neste intervalo de tempo, em que ocorreu uma pandemia referente à doença Covid-19 e o trabalho remoto ganhou relevância.

Dado a eficácia reduzida apontada anteriormente e a importância da OHP como política pública que afeta São Paulo, o município mais populoso do Brasil

(IBGE 2022), a percepção da população é relevante para tomadas de decisão que envolvam alterá-la. Avaliando a possibilidade de uma intensificação, observou-se que 59,8% dos respondentes é contrário à medida. De maneira oposta, o encerramento dessa política pública também é contrário à opinião pública, que apresentou 65,2% de aprovação, atingindo 72,1% entre pessoas com 43 anos ou mais.

11. Conclusão e Considerações Futuras

A pesquisa aqui relatada teve por objetivo analisar como a Operação Horário de Pico (OHP) afetou a dinâmica veicular na cidade de São Paulo. Para isso, mostrou-se necessário observar como o comportamento médio dos cidadãos em três espectros (Diário, Semanal e Anual) pode ser simplificado, o que denominou-se Sazonalidade. Para o primeiro, observa-se a presença de dois picos, sendo cada um no mesmo horário estipulado pela OHP, e um vale com congestionamento médio de aproximadamente 50km. Para a análise semanal, obteve-se um comportamento de piora gradual ao longo da semana, ou seja, com níveis de congestionamentos médios menos intensos às segundas, tendo os piores índices às sextas e valores intermediários para terças, quartas e quintas. Esse comportamento também se mostrou presente ao analisarmos os principais poluentes atmosféricos presentes, com a distinção de que aos sábados os índices ainda demonstram altos valores devido, principalmente, ao tempo de dispersão das moléculas analisadas.

Conforme questionário elaborado para essa pesquisa, com 326 respostas registradas, dentre elas 224 motoristas, tais resultados se mostraram coerentes com a preferência popular sobre dia útil com melhor fluidez de trânsito, e as principais escolhas de finais de emplacamento de carro, geralmente fugindo das sextas-feiras. Entretanto, como mostrado no questionário, a distribuição desigual do emplacamento pode também ser uma das causas de maior número de veículos circulantes e, conseqüentemente, uma piora pontual nos índices de lentidão. Além disso, foram também observadas relações comportamentais que acabam por moldar as dinâmicas veiculares na cidade, bem como apontado por RAO *et al* (2017), pesquisador em Delhi. Concluiu-se no questionário que o principal fator que dá legitimidade para a OHP é a melhora na fluidez do trânsito, e em segundo lugar a melhora na qualidade do ar. Diversos fatores diminuem a eficácia atual do rodízio, com destaque observado para o uso de Táxi ou serviços semelhantes e o uso de carros secundários com placas diferentes. Ao todo, os carros dos motoristas respondentes raramente possuem placas iguais. Foi observado também um impacto na dispersão do trânsito ao longo do dia. Por fim, o público foi majoritariamente contrário tanto a uma intensificação da OHP quanto a seu encerramento.

Buscando a compreensão e possível aquisição de um cenário da cidade sem a presença do Rodízio, a análise anual também foi efetuada. Observando um comportamento de índices com valores próximos para a maior parte dos meses (com exceção de janeiro, julho e dezembro), e analisando os meses com maiores presenças de feriados em contrapartida aos meses com poucos, como novembro e agosto respectivamente, é possível observar que os períodos de férias e feriados possuem grande impacto na diminuição dos níveis de congestionamento. Entretanto, ao considerar outras tipologias comuns de motivos de suspensão de Rodízio, como greves e chuvas intensas, nota-se uma grande piora nos índices registrados. Com isso, a elaboração de um período anual que simula como é o comportamento da cidade de São Paulo sem a presença da OHP apresentou grandes fragilidades principalmente devido ao número de suspensões que pioram ou melhoram os congestionamentos, variando consideravelmente a depender da janela temporal analisada. Dessa forma, o trabalho foi complementado com análises pontuais, capazes de enaltecer em períodos curtos de tempo, como a cidade se comporta ao se retirar o Rodízio (minimizando-o) e ao se ampliar o horário (maximizando-o).

O evento da suspensão do Rodízio ocorrido entre os dias 02 e 11 de julho de 2007 mostrou uma piora visível dos congestionamentos na cidade ao se comparar com as médias dos respectivos dias da semana do mês de julho dos demais anos. Essa piora foi expressiva nos picos da manhã e da tarde, momentos em que a provável concentração de viagens por automóvel resultou em maiores congestionamentos pela cidade.

Já o segundo período de análise envolveu os jogos ocorridos na Arena Corinthians nos dias 26 de junho e 01 de julho de 2014 pela Copa do Mundo no Brasil, jogos estes que não incluíam a Seleção Brasileira e, desta maneira, considerou-se que não geram impactos preponderantes na dinâmica da cidade. Durante tais eventos, o Rodízio foi estendido ao longo do dia, ocorrendo de forma ininterrupta das 7h às 20h. Para esses eventos, foi possível notar reduções significativas dos congestionamentos no município de São Paulo, especialmente a partir do horário de almoço e se estendendo para o restante do dia. Há indícios,

portanto, de que o enrijecimento da restrição de circulação de automóveis pode ter gerado menores congestionamentos.

A caracterização do rodízio e de seus impactos para a cidade também foi realizada considerando-se a poluição atmosférica - tema este abordado de forma central durante a implementação da Operação Rodízio 96, anterior à OHP. Os dados do nosso intervalo de estudo indicaram que a maior parte dos compostos considerados apresenta concentrações crescentes ao longo da semana, ou seja, as concentrações são inferiores às segundas-feiras e superiores às sextas-feiras. Tal comportamento conversa diretamente com os resultados observados para os congestionamentos, que seguem este mesmo padrão de aumento com o decorrer da semana.

Somado a isto, com exceção do dióxido de enxofre, os demais poluentes apresentaram concentrações mais elevadas durante o inverno, fato provavelmente associado à inversão térmica, mais frequente no inverno, que impede a dispersão dos poluentes. Ao se considerar a evolução dos poluentes ao longo dos 13 anos, apesar do crescimento de veículos licenciados e valor quase constante da frota circulante no município, tem-se uma queda das concentrações dos poluentes com o passar dos anos. Acredita-se que outras políticas possam ter impactos mais significantes na concentração de poluentes, como o controle de combustíveis e de emissões dos veículos e alteração da dinâmica de circulação.

Assim como foi feito para os dados de congestionamento, realizou-se também o estudo de eventos pontuais quanto à concentração dos poluentes atmosféricos.

Para a suspensão do rodízio em 2007, apesar dos maiores congestionamentos medidos, a comparação das concentrações dos poluentes atmosféricos considerados na semana imediatamente anterior e na semana imediatamente posterior não evidenciou alterações expressivas que pudessem ser associadas fortemente à suspensão do rodízio. As demais variáveis que influem na concentração dos poluentes atmosféricos podem ter sido preponderantes para explicar o comportamento dos poluentes, especialmente as condições climáticas do período.

Para os jogos da Copa do Mundo de 2014, em que o rodízio foi estendido entre às 7h e às 20h, também não foi possível observar alterações significativas nas concentrações dos poluentes, apesar da redução de congestionamentos indicada anteriormente.

Por fim, foram analisadas os eventos de greve e manifestações ocorridos entre 2007 e 2019 e que resultaram na suspensão do rodízio de veículos. Conforme mostrado anteriormente, são medidos maiores congestionamentos nessas situações; apesar disso, não foi possível observar concentrações crescentes dos poluentes.

Conclui-se, dessa forma, que o presente trabalho analisou como o comportamento dos cidadãos, principalmente daqueles que utilizam veículo particular, foram moldados seguindo o estipulado pela Operação Horário de Pico. Além disso, a opinião pública da cidade também sofreu influências sobre a relevância sobre o Rodízio, justificado pelo longo período de atuação, atingindo gerações de paulistanos.

Como indicações relevantes para dar prosseguimento à pesquisa e, dessa forma, refinar o embasamento necessário nas tomadas de decisões de políticas públicas, pode-se citar:

- Análise de Séries de Tempo do congestionamento paulistano;
- Obtenção de dados abertos sobre congestionamento nas demais cidades da Região Metropolitana de São Paulo, auxiliando na elaboração de Modelos Sintéticos Comparáveis;
- Parceria com empresas de aplicativos para uso veicular, como Waze, Uber, Google, 99, entre outros, para levantamento de dados mais amplo e com grande precisão;
- Obtenção de dados sobre os efeitos de outras políticas públicas que ocorreram na janela de estudo e que possam ter afetado a dinâmica veicular na cidade de São Paulo (como mudança na velocidade, abertura ou fechamento de vias);
- Obtenção de dados abertos sobre a quantificação de cada final de placa nos automóveis das cidades da Grande São Paulo.

O presente trabalho, portanto, elaborou uma base capaz de concentrar alguns dos principais resultados esperados em uma operação de controle de tráfego em uma cidade do porte de São Paulo e espera-se que seja capaz de incentivar pesquisas, métodos de avaliação e de medição para atingir um detalhamento mais refinado em trabalhos futuros.

12. Referências

ALCARDE, A. R. Do Proálcool ao flex fuel, etanol migrou do Estado para o mercado. **Visão Agrícola**, São Paulo, nº8, janeiro/junho 2008. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-pesquisa02.pdf>>.

Acesso em: 2 Jul. 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - ANFAVEA. **2 milhões de Veículos Flex Fuel**. Disponível em: <<https://anfavea.com.br/noticias/flexfuel>>. Acesso em: Set. 2022.

BIANEK, J. **Controle de Emissão de Fumaça Preta: O que é e quais são os limites legais a serem atendidos?** Sinergia - Engenharia de Meio Ambiente. 22 de out. de 2021. Disponível em:

<<https://sinergiaengenharia.com.br/noticias/controle-de-emissao-de-fumaca-preta-o-que-e-e-quais-sao-os-limites-legais-a-serem-atendidos/>>. Acesso em: Set. 2022.

BIODIESELBR. **PróAlcool - Programa Brasileiro de Álcool.** , 2006. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol>>. Acesso em: Jul. 2022.

BORGES, A. I. M. **Análise de Sobrevivência com o R.** Universidade da Madeira. Dissertação (Mestrado) em Matemática pela Universidade de Madeira, 78 p, 2014.

BRANCO, M. C. **A inspeção veicular como instrumento de controle da poluição atmosférica nas grandes cidades.** Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

BRASIL ^A. Decreto Nº 49.675 de 27 de junho de 2008. **Acredita dispositivos aos artigos 2º e 3º do Decreto nº 49.487, de 12 de maio de 2008, que regulamenta o trânsito de caminhões na Zona de Máxima Restrição de Circulação - ZMRC.** Secretaria do Governo Municipal, 27 jun. 2008.

BRASIL ^B. Decreto Nº 50.164 de 29 de outubro de 2008. **Acredita o inciso V ao "caput" do artigo 3º do Decreto nº 49.487, de 12 de maio de 2008, que**

regulamenta o trânsito de caminhões na Zona de Máxima Restrição de Circulação - ZMRC. Secretaria do Governo Municipal, 29 out. 2008.

BRASIL. Lei Nº 10203 de 22 de fevereiro de 2001. **Dá nova redação aos arts. 9º e 12 da Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores, e dá outras providências.** Brasília, DF. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10203.htm>. Acesso em: Jul. 2022

BRASIL. Lei Nº 5108 de 21 de setembro de 1966. **Institui o Código Nacional de Trânsito.** Brasília, DF. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/15108.htm>. Acesso em: Jul. 2022.

BRASIL. Lei Nº 8723 de 28 de outubro de 1993. **Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências.** Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm>. Acesso em: Jul. 2022.

BRASIL. Lei Nº 7.783 de 28 de junho de 1989. **Dispõe sobre o exercício do direito de greve, define as atividades essenciais, regula o atendimento das necessidades inadiáveis da comunidade, e dá outras providências.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7783.HTM>. Acesso em: Nov. 2022.

BRASIL. Medida Provisória Nº 1.662 de 28 de maio de 1998. **Dá nova redação ao art. 9º da Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores, e dá outras providências.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 11, 29 mai. 1998.

CENTRO DE ESTUDOS DE CULTURA CONTEMPORÂNEA. **Poluição do Ar em São Paulo e Resposta da Ação Pública.** Cadernos Cedec nº 60. 1997.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Boletim Técnico nº37.** Publicação da Companhia de Engenharia de Tráfego - CET, 2005.

CIÊNCIA & TECNOLOGIA - INOVAÇÃO & DESENVOLVIMENTO BRASIL. **Protocolo de Quioto**. Editado e traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores da República Federativa do Brasil. 1998.

COELHO, P. **Escala Ringelmann: Medidor de Fumaça Preta usado pela CETESB**. 17 de agosto de 2013. Disponível: <<https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/08/escala-ringelmann.html>>. Acesso em: Jul. 2022

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO ^c. **Proconve**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/proconve/>>. Acesso em: Nov. 2022.

CHIQUELLO, J. **A distribuição espacial do ozônio troposférico associada ao uso do solo na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências (Geografia Física), 2016..

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 18, 6 de maio de 1986**. Ministério do Meio Ambiente, 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 297, 26 de fevereiro de 2002**. Ministério do Meio Ambiente, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 418, de 25 de novembro de 2009**. Ministério do Meio Ambiente, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 490, de 16 de novembro de 2018**. Ministério do Meio Ambiente, 2018.

CORTEZ, L. A. B. **PROÁLCOOL 40 anos. Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. Blucher, 224 p. São Paulo, 2016.

COSTA, F. S. **Aplicação de técnicas estatísticas de reamostragem em hidrologia**. 1988. Disponível em:

<<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/3819/1/168712.pdf>>. Acesso em: Nov. 2022.

EISNOR, D.. **Waze: nossa missão é acabar com o trânsito**. Think with Google, 2017. Disponível em:

<

EURO WHO - Air Quality Guidelines Carbon Monoxide, 2000- **World Health Organization**. Disponível em
<https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/123059/AQG2ndEd_5_5carbonmonoxide.PDF> . Acesso em: Set. 2022

FOLHA DE SÃO PAULO. **Rodízio de veículos será suspenso em julho**. 2007. Disponível em:
<<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff2606200721.htm>>. Acesso em: Ago. 2022.

G1. **App de caronas sensação nos EUA, Uber chega a São Paulo**, 2014. Disponível em:
<<http://g1.globo.com/tecnologia/tem-um-aplicativo/noticia/2014/06/app-de-caronas-sensacao-nos-eua-uber-chega-sao-paulo.html>>. Acesso em: Nov. 2022.

GODOY, S. G. M.; PAMPLONA, J. B. O Protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento. **Pesquisa & Debate**, São Paulo, volume 18, número 2 (32) pp. 329-353, 2007.

GONÇALVES, D. **Relação entre velocidade de veículos, acidentes de trânsito e concentração de poluentes: estudo de caso das marginais Pinheiros e Tietê em São Paulo**. Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências; São Paulo, 2022. Disponível em:
<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/100/100136/tde-27012022-203120/publico/douglasgoncalves.pdf>>. Acesso em: 29 Jul. 2022.

GRUPO SETA. **Histórico Inspeção Veicular no Brasil**, 2019. Disponível em:

<<https://www.gruposetainspecao.com.br/duvidas-frequentes-detalhes.php?id=5&Hist%C3%B3rico+de+inspe%C3%A7%C3%A3o+veicular+no+Brasil>>. Acesso em julho de 2022.

IBARRA, S. A. E. **Curso sobre Vehicular Emissions Inventory (VEIN)**. Disponível em: <<https://ibarraespinosa.github.io/cursovein/>>. Acesso em: Nov de 2022.

INDUSTRIAL SCIENTIFIC. **Por que meus sensores de SO2 estão apresentando falha prematura?** 30 de novembro de 2017. Disponível em: <<https://www.indsci.com/pt/blog/por-que-meus-sensores-de-so2-est%C3%A3o-apresentando-falha-prematura>>. Acesso em: 5 Nov. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO CONTINUADA. **Conheça a história da construção do Metrô de São Paulo**, 4 Fev. 2020. Disponível em:

<<https://inbec.com.br/blog/conheca-historia-construcao-metro-sao-paulo>>

Acesso: 2 Jul. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados Cidades**. Frota de veículos, São Paulo. São Paulo. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/pesquisa/22/28120>>. Acesso em: Jul. 2022.

ISMAIL, M. **Jakarta's anti-macet policy**. The Asean Post. 08 de agosto de 2018 Disponível em: <<https://theaseanpost.com/article/jakartas-anti-macet-policy>>. Acesso em maio de 2022.

KURIAKOSE, P. N., BEDI, T. K., YASSEN, S, M.. **Number Plate Based Road Space Rationing - A Case Of New Delhi**. Indian Journal of Transport Management, Oct. - Dec., 2017.

KUPERMAN, N.; MACHADO, R. C.; MAGALHÃES, J. P. **Proálcool: Uma Avaliação Global**. ASTEL – Assessore Técnicos Ltda., 1970. Rio de Janeiro, 1991

MAPS OF INDIA. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.mapsofindia.com/maps/delhi/>. Acesso em: Nov. 2022.

MAPS OF WORLD. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://www.mapsofworld.com/indonesia/jakarta.html>. Acesso em: Dez. 2022.

NAFILA, O. **Road space rationing to reduce traffic congestion: an evaluation of the odd-even scheme in Jakarta, Indonesia**. Tese submetida à Faculdade de Ciência de Geoinformação e Observação da Terra da Universidade de Twente para a obtenção do título de Mestrado. Enschede, Holanda, 2018. Disponível em: <<http://essay.utwente.nl/83771/1/nafila.pdf>>. Acesso em: 29 Jul. 2022.

NASCIMENTO, A. R. **Monóxido de Carbono e Material Particulado na Atmosfera do Distrito Federal: Mapeamento espaço-temporal e processos de geração/atenuação**. Trabalho apresentado ao curso de graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais. Brasília, Brasil; 2016.

ON THE WORLD MAP. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://ontheworldmap.com/indonesia/>. Acesso em: Dez. 2022

PREFEITURA DE SÃO PAULO ^D. **Regiões, Subprefeituras e Distritos Municipais - Mapa**. Disponível em: <[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Mapa_Sub\(1\).jpg](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Mapa_Sub(1).jpg)>. Acesso em: Nov. 2022.

PREFEITURA DE SÃO PAULO ^E. **Regiões, Subprefeituras e Distritos Municipais - Município de São Paulo - 2008**. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/upload/pinheiros/11_regioes.pdf>. Acesso em: Nov. 2022.

PREFEITURA DE SÃO PAULO ^F. **Rodízio Municipal de Veículos**. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/mobilidade/autorizacoes_especiais/isencao_de_rodizio/index.php?p=3921>. Acesso em: Mai. 2022.

PRESSE, F. **Aquecimento global: da ciência ao juízo final**. G1 Ciência e Saúde. 2 Fev. 2007. Disponível em:

<<https://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0..MUL3738-5603.00.html>>. Acesso em: 13 Jun. 2022.

PROGRAMA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Emissão Veicular**. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/proconve/>>. Acesso: 2 Jul. 2022.

RAO, A.M., MADHU, E. & GUPTA, K. **Impact of Odd Even Scheme on Transportation Systems in Delhi**. Transp. in Dev. Econ. 3, 4, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40890-017-0035-z>.

RODRÍGUEZ, A. R.; VIRGUEZ, A. E.; RODRÍGUEZ, P. A.; BEHRENTZ, E. **Influence of driving patterns on vehicle emissions: A case study for Latin American cities**, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 43, pp. 192-206. 2016.

SANCHES, A. E. **Interferência Estatística Amostragem**. 2017, 54 p. Disponível em: <https://www.profsanches.com.br/pluginAppObj/pluginAppObj_180_02/Apostila_2_Interferencia_Amostragem.pdf>. Acesso em: Nov. 2022.

SÃO PAULO. Decreto N°40700 de 1996. **Cria o Programa Operativo de Controle de Poluição do sistema de transportes do estado de São Paulo e dá providências correlatas**. São Paulo, SP. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/sp/decreto-n-40700-1996-sao-paulo-cria-o-programa-operativo-de-controle-da-poluicao-do-sistema-de-transportes-do-estado-de-sao-paulo-e-da-providencias-correlatas>>. Acesso em: Jul. 2022.

SCHÄFER, K., EMEIS, S., HOFFMANN, H., JAHN, C. **Influence of mixing layer height upon air pollution in urban and sub-urban areas**. Institute for Meteorology and Climate Research, Atmospheric Environmental Research, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (IMK-IFU), Garmisch-Partenkirchen, Germany. 2006.

SCHLEGEL, R. 05/08/1996 - Começa hoje o 1º Rodízio da História. **Notícias Uol, 1996**. Disponível em:

<[https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/redacao/1996/08/05/05081996-comeca-
hoje-1-rodizio-da-historia.htm](https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/redacao/1996/08/05/05081996-comeca-
hoje-1-rodizio-da-historia.htm)>. Acesso em: Jul. 2022.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **Operação Rodízio: no caminho certo**. 122p. São Paulo, Brasil, 1997.

SEITENFUS, R. A. S. **Manual das organizações internacionais**. 5. ed. Livraria do Advogado Editora, Porto Alegre, 2012.

SHARMA, S.K., AGARWAL, P., MANDAL, T.K. et al. **Study on Ambient Air Quality of Megacity Delhi, India During Odd–Even Strategy**. MAPAN 32, 155–165. 2017.

SILVA, P. C. M. **Engenharia de Tráfego. Apostila: Teoria do Fluxo de Tráfego Universidade de Brasília**; Brasília, DF. 1994.. Disponível em: <<http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/teoria-do-fluxo-de-trafego.pdf>>. Acesso em: Nov. 2022.

SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **População 2020**. Disponível em: <<https://populacao.seade.gov.br/evolucao-populacional-msp/>>. Acesso em: Nov. 2022

SOUZA, F. Inaugurado, Rodoanel Leste agora faz ligação com via Dutra e Anchieta. Cotidiano, **Folha de São Paulo**, 2015. Disponível em: <<https://docs.google.com/document/d/1t-Rar-Vb8X8uAc0wGI3n1WaEM-KdqHhGQPVLf0ZPEGs/edit>>. Acesso em: Nov. 2022.

SOUZA, J. M. M. S. **Grupos de Interesse, Regulação e Indústria Nascente o Caso do Próalcool**. 2007. 59 páginas. Departamento de Economia. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2007.

SUPRIANTO, D., WIDYANINGSIH, N. **Performance analysis of odd-even number vehicle license plate restriction system on road Sisingamangaraja, Kebayoran Baru, South Jakarta, Indonesia**. International Journal of Research and Review; 6(7):523-527. 2019.

TERRA. Lentidão Histórica. Ranking de congestionamentos de São Paulo. **Terra**. Disponível em:

<<https://www.terra.com.br/noticias/infograficos/congestionamentos-sao-paulo/>>.

Acesso em: Jul. 2022.

THE PRINT. **Number of vehicles on Delhi roads increased by 3.03 pc in 2020-21 over previous year: Report**. 25 de março de 2022. Disponível em: <<https://theprint.in/india/number-of-vehicles-on-delhi-roads-increased-by-3-03-pc-in-2020-21-over-previous-year-report/888495/>>. Acesso em: Jun. 2022.

TOMTOM. TomTom Traffic Index Ranking 2021. Disponível em: <https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/>. Acesso em: Jul. 2022.

WHO - Global air quality guidelines, 2021. **World Health Organization**. Disponível em <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>> . Acesso em: Set. 2022

WORLD POPULATION REVIEW ^A. **Delhi Population 2022**. Disponível em: <<https://worldpopulationreview.com/world-cities/delhi-population>>. Acesso em: Mai. 2022.

WORLD POPULATION REVIEW ^B. **Jakarta Population 2022**. Disponível em: <<https://worldpopulationreview.com/world-cities/sao-paulo-population>>. Acesso em: Mai. 2022.

WORLD POPULATION REVIEW ^C. **São Paulo Population 2022**. Disponível em: <<https://worldpopulationreview.com/world-cities/jakarta-population>>. Acesso em: Mai. 2022.

ZULKARNAIN, GHIFFARY, A. **Impact of odd-even driving restrictions on air quality in Jakarta**. International Journal of Technology. Volume 12(5), pp. 925-934. 2021

APÊNDICE A - Quadro com os trechos congestionados considerados no levantamento pela CET

Abraão de Morais, Av Prof/Imig	Bandeirantes, Av dos	Copa-Campanella	F1 - João Paulo da Silva, Av	Groenlândia, R
Adolfo Pinheiro e Lgo 13/05	Bento, Lgo São	Copa-Itaquera/Lider	F1 - Miguel Yunes/Pte Vitorino Goulart	Guadalajara, Vd
Aliomar Baleeiro, Vd Min	Bernardino/Verg/Noe /Domingos/Jabaquara	Copa-Jacu Pessêgo-N. Trabalhadores	F1 - Papini, Av Prof	Guaicurus, R
Alvarenga, R	Bernardo Goldfarb, Pte	Copa-Luiz Ayres	F1 - Rio Bonito, Av	Guarapiranga, Av
Amaro, Al Sto	Brás Leme, Av / Pte Casa Verde	Copa-Pires do Rio	F1 - Rubens Montanaro de Borba, Av	Guido Caloi, Av
Anchieta, Via	Brasil, Av	Corifeu de A Marques, Av	F1 - Teotonio Vilela, Av Sen	Guilherme Dumont Vileas, Av Dr
Angélica, Av	Butantã, R	Cruzeiro do Sul, Pt e Av	Faria Lima, Av Brig	Heitor Penteado, R
Antártica, Vd	Caetano Alvares, Av. Eng.	Dianópolis, Av	Fernando Vieira de Mello Túnel(Reboucas)	Ibirapuera, Av
Antônio Joaquim de Moura Andrade, Av	Camargo, R	Diário Popular, Vd	Ferradura	Ibitirama, R
Antonio Nakashima, Vd	Carlos Caldeira Filho, Av	Dom Pedro (Av Exterior) Pq	Figueira, R da	Iguatemi, R
Arcoverde, R Card	Carrão, Av Cons	Edgar Facó, Av.	Francisco Matarazzo, Av	Inajar de Souza, Av
Aricanduva, Av/Elev/Pt	Catiguá, R / Melo Peixoto, R (F)	Eliseu de Almeida, Av	Francisco Mesquita, Av Dr	Interlagos, Av I
Arnaldo, Av Dr	Celso Garcia, Av	Ermanno Marchetti, Av	Francisco Morato, Av Prof	Ipiranga, Av

Arthur da Costa e Silva, Elev Pres	Chucri Zaidan, Av Dr	Escola Politécnica, Av	Frederico Eduardo Mayr, Vd	Itapecerica, Est de
Ary Torres, Eng. Pte	Cidade Jardim / Europa / Colômbia	Estado, Av do	Freguesia, Pte	Itápolis, R
Asc.Reis/R.Berta(Local)	Cidade Universitária, Pt	Estela, R	Gabriel, Av São	Jaguare, Av
Ataliba Leonel, Av. Gal.	Clélia, R	Eusébio M/Francisco Morato, Av Prof	Gasômetro, R e Vd	Jangadeiro, Av
Atilio Fontana, Pte	Consolação, R da	Eusébio Stevaux, Vd	Gastão Vidigal, Av Dr	Jânio Quadros, Pres. Pte (Vila Maria)
Atlantica, AV	Copa-Afonso de S. Souza/Harry Dannenberg	F1 - Jacinto Júlio, Av	Gazeta do Ipiranga, Vd	João De Luca, Ver
Ayrton Senna , Túnel	Copa-Aguia de Haia	F1 - Jangadeiro, Av	Grande Sao Paulo, Vd	João Dias, Av

João Goulart, Elev Pres	M.M.D.C, R	Pacaembu / Mj Natanael / Abraao Ribeiro	Ribeiro Lacerda, R	Tancredo Neves, Av
João Jorge Saad,Vd (Cebolinha)	M'Boi Mirim, Est	Pacheco e Chaves, Cap. Vd	Ricardo Jafet, Av	Teodoro Sampaio, R
João Mendes, Pça	Manuel de Teffé, R	Papini, Av Prof	Rio Bonito, Av	Teotônio Vilela, Av Sen
João, Av São	Marginal Pinheiros	Paulina, Vd Dona	Rio Branco, Br do	Transamérica, Pte
Jose Colassuono, Vd	Marginal Tietê	Paulista, Av	Robert Kennedy, Av	Trib de Justiça, Túnel
José Diniz, Av Ver	Maria Coelho Aguiar, Av	Paulo VI, Av	Roberto Abreu Sodré, Vd	Trinta e Um de Março, Vd
Jose Felix, R	Maria Maluf, CV	Pedro Alvares Cabral, Av	Roque Petroni Júnior, Av	Vale/P.Maia/Tirad/S. Dumont
José Maria, Av Pe	Maria Paula/Vd Jacareí/Vd 9 de Julho	Pedro I, Av. Dom	Rudge, Av/Orlando Murgel, Vd	Valerio, Av São

Julio de Mesquita, Pte	Matriz, R da	Piqueri, Pt	S.Vicente, Av Marques de	Vicente Rao, Av Prof
Juntas Provisórias, R das	Max Feffer Túnel (Cidade Jardim)	Pompeia, Vd	Sabarará, Av NSra do	Vila Guilherme, Pte
Juscelino Kubitschek, Av Pres	Melo Peixoto, R	Queiroz Filho /Jaguaré, Pte	Salim Farah Maluf, Av/Tatuapé, Pte	Vila Matilde, Vd
Lapa, Vd	Mercúrio, Av	Radial Leste	São Vicente, Av Marq de	Vinte e Cinco de Março, Vd
Liberdade/ Vergueiro, Av	Miguel Estefano,VD	Raimundo Pereira Magalhaes, Av	Sapetuba, R	Vinte Três/R Berta/M Guimarães
Ligação Leste-Oeste	Miguel Yunes/Pte Vitorino Goulart	Rangel Pestana, Av	Sé, Pça da	Vital Brasil, Av
Limão / Av. Ordem e Progresso, Pte	Morumbi, Av	Raposo Tavares, Via	Sebastião Camargo, Túnel	Vitor Manzini, Av
Lineu de Paula Machado, Av	Natanael, R Mj	Reação, R	Socorro, Pte	Washington Luis, Av
Luis Antonio, Av Brig	Nova Morumbi, Pte	Rebouças/ Eusébio Matoso, Av	Sumaré, Av	Xangai, Vd
Luis Carlos Berrini, Av Eng	Nove de Julho, Av	Remédios, Pte	Susana Rodrigues, R	
Luis, Av. São	Olivia Guedes Penteado, R	Republica da Armenia, Vd	Tabapuã, R	
Luiz Ignácio de Anhaia Mello, Av Prof	Oscar Americano, R Eng	República do Líbano, Av	Tajurás, Av dos	

APÊNDICE B: Questionário com perguntas originais, respostas obtidas e respostas ponderadas pela população de cada região de São Paulo

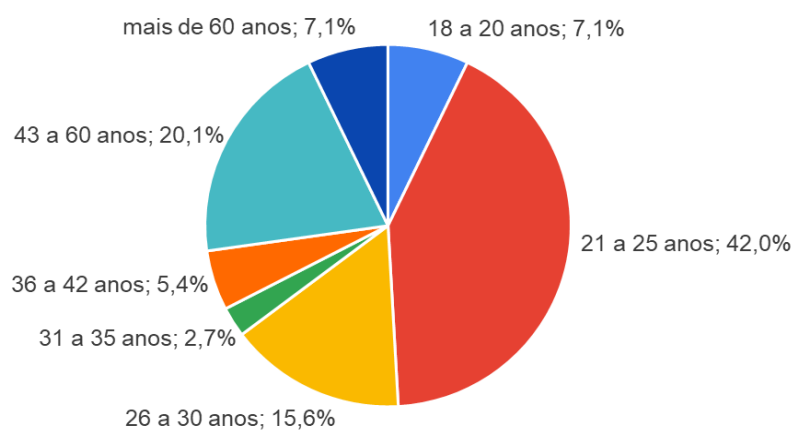
Figura 77 - Pergunta 1 do questionário

Qual sua idade? *

- ☐ Até 17 anos
- ☐ 18 a 20 anos
- ☐ 21 a 25 anos
- ☐ 26 a 30 anos
- ☐ 31 a 35 anos
- ☐ 36 a 42 anos
- ☐ 43 a 60 anos
- ☐ mais de 60 anos

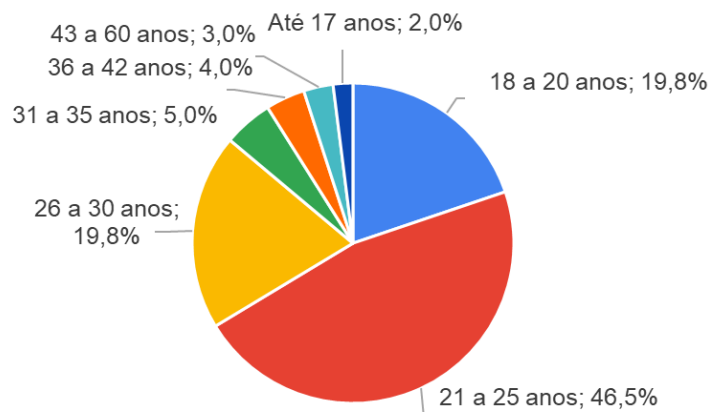
Fonte: Os autores

Gráfico 29 - Resposta detalhada da questão “Qual sua idade?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 30 - Resposta detalhada da questão “Qual sua idade?” realizada a 101 pessoas que não dirigem em São Paulo



Fonte: Os autores

Figura 78 - Pergunta 2 do questionário

Onde você reside? Caso não esteja nas opções ou não souber sua zona, insira *
em "Outro:" o bairro de São Paulo ou o município.

☐ Zona norte de São Paulo

☐ Zona leste de São Paulo

☐ Zona oeste de São Paulo

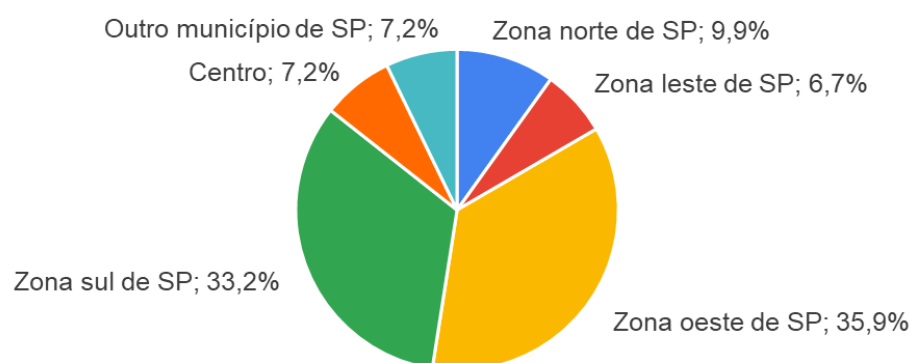
☐ Zona sul de São Paulo

☐ Centro

☐ Outro: _____

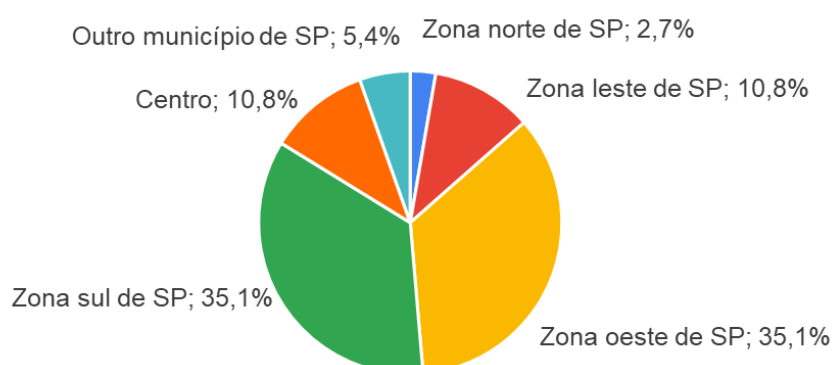
Fonte: Os autores

Gráfico 31 - Respostas da questão “Onde você reside?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 32 - Respostas da questão “Onde você reside?” realizada a 101 pessoas que não dirigem em São Paulo



Fonte: Os autores

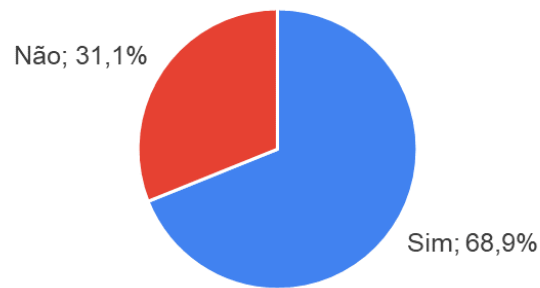
Figura 79 - Pergunta 3 do questionário

Você dirige na cidade de São Paulo? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Fonte: Os autores

Gráfico 33 - Respostas da questão “Você dirige na cidade de São Paulo?” realizada a 325 pessoas



Fonte: Os autores

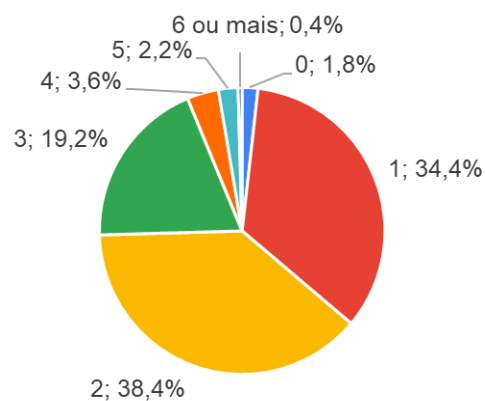
Figura 80 - Pergunta 4 do questionário

Quantos carros no total você e familiares da sua casa possuem? *

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6 ou mais

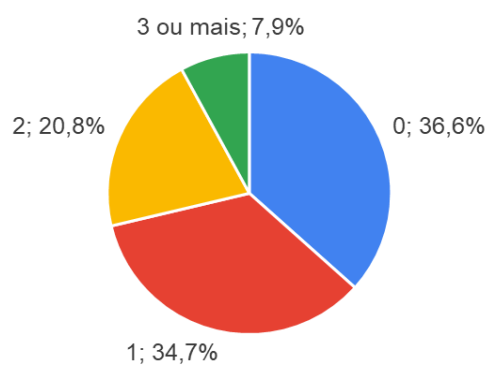
Fonte: Os autores

Gráfico 34 - Respostas da questão “Quantos carros no total você e familiares da sua casa possuem?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 35 - Respostas da questão “Quantos carros no total você e familiares da sua casa possuem?” realizada a 101 pessoas que não dirigem em São Paulo



Fonte: Os autores

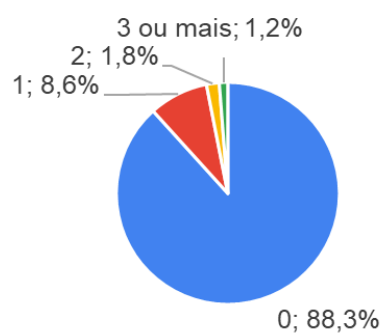
Figura 81 - Pergunta 5 do questionário

Quantas motocicletas no total você e familiares da sua casa possuem? *

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6 ou mais

Fonte: Os autores

Gráfico 36 - Respostas da questão “Quantas motocicletas no total você e familiares da sua casa possuem?” realizada a 325 pessoas



Fonte: Os autores

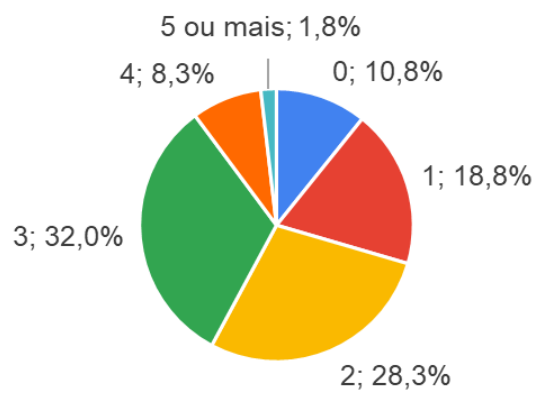
Figura 82 - Pergunta 6 do questionário

Você mora com quantos familiares? (Sem contar você mesmo) *

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4
- ☐ 5
- ☐ 6
- ☐ 7
- ☐ 8
- ☐ 9
- ☐ 10 ou mais

Fonte: Os autores

Gráfico 37 - Respostas da questão “Você mora com quantos familiares? (Sem contar você mesmo)” realizada a 325 pessoas



Fonte: Os autores

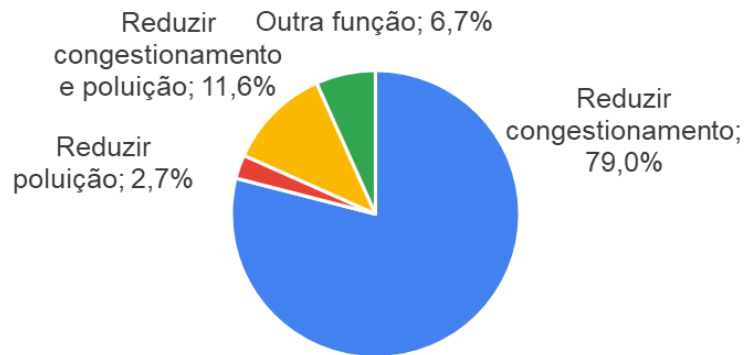
Figura 83 - Pergunta 7 do questionário

O rodízio de São Paulo consiste na restrição de circulação de carros e caminhões * durante horários de pico em dias da semana definidos com base no último dígito da sua placa. Na sua opinião, qual a função do rodízio?

Sua resposta

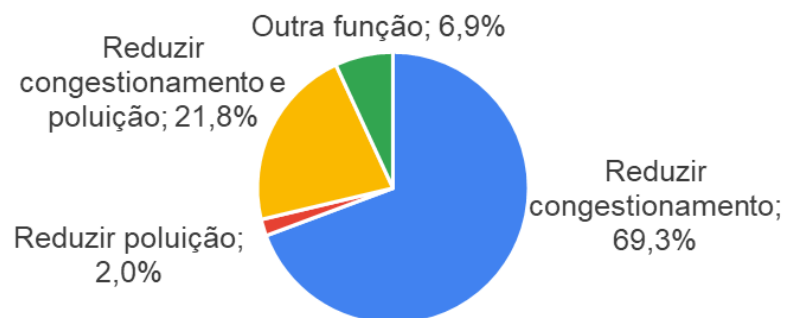
Fonte: Os autores

Gráfico 38 - Respostas da questão “Na sua opinião, qual a função do rodízio?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 39 - Respostas da questão “Na sua opinião, qual a função do rodízio?” realizada a 101 pessoas que não dirigem em São Paulo



Fonte: Os autores

Figura 84 - Pergunta 8 do questionário

Você acha que o rodízio deveria existir caso ele melhore o trânsito? E se ele melhorar apenas a qualidade do ar? *

- ☐ Sim, o rodízio deveria existir, mas apenas se ele melhorar ambos (trânsito e qualidade do ar)
- ☐ Sim, se pelo menos ele melhorar o trânsito
- ☐ Sim, se pelo menos ele melhorar a qualidade do ar
- ☐ Sim, se pelo menos ele melhorar um, independente de qual for (trânsito ou qualidade do ar)
- ☐ Não, acho que o rodízio não deveria existir

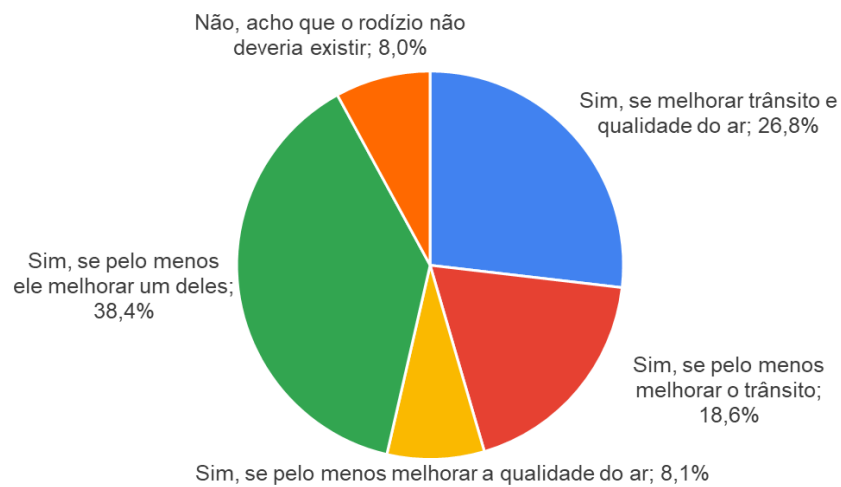
Fonte: Os autores

Gráfico 40 - Respostas da questão “Você acha que o rodízio deveria existir caso ele melhore o trânsito ou a qualidade do ar?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: os autores

Gráfico 41 - Respostas da questão “Você acha que o rodízio deveria existir caso ele melhore o trânsito ou a qualidade do ar?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: Os autores

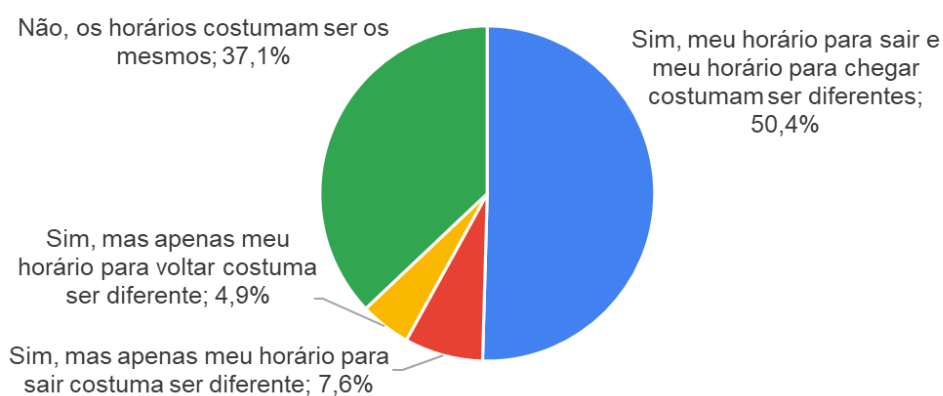
Figura 85 - Pergunta 9 do questionário

O horário que você costuma sair ou chegar em casa se altera devido ao rodízio? *

- ☐ Sim, meu horário para sair e meu horário para chegar costumam ser diferentes
- ☐ Sim, mas apenas meu horário para sair costuma ser diferente
- ☐ Sim, mas apenas meu horário para voltar costuma ser diferente
- ☐ Não, os horários costumam ser os mesmos

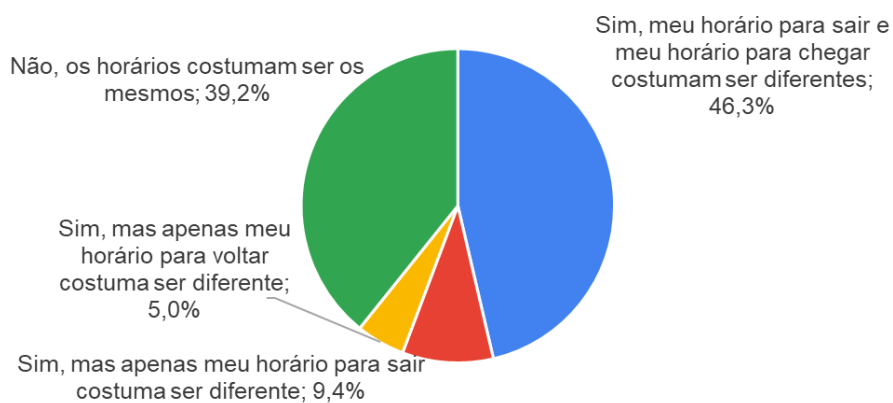
Fonte: Os autores

Gráfico 42 - Respostas da questão “O horário que você costuma sair ou chegar em casa se altera devido ao rodízio?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 43 - Respostas da questão “O horário que você costuma sair ou chegar em casa se altera devido ao rodízio?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: Os autores

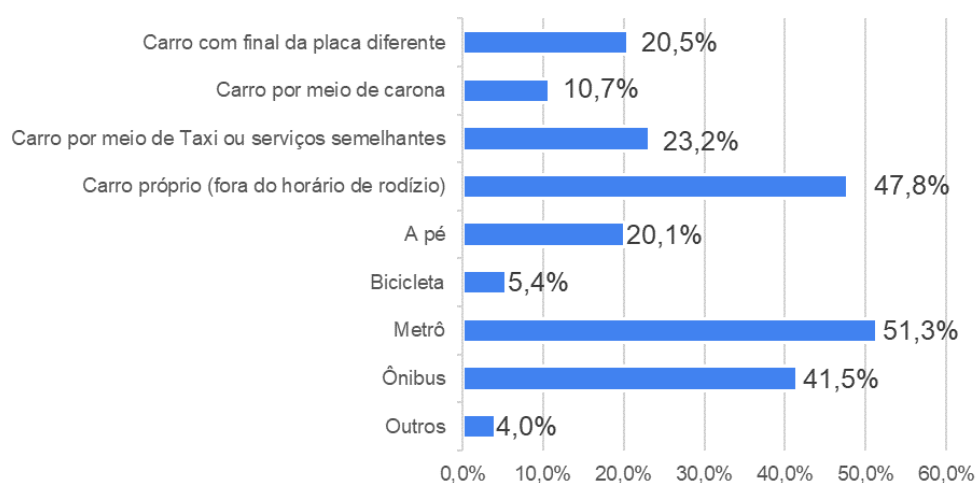
Figura 86 - Pergunta 10 do questionário

Quais modos de transporte você mais utiliza no dia do seu rodízio? (Pode selecionar mais de uma opção) *

- ☐ Ônibus
- ☐ Metrô
- ☐ Motocicleta
- ☐ Bicicleta
- ☐ Patinete
- ☐ A pé
- ☐ Carro próprio (fora do horário de rodízio)
- ☐ Carro por meio de Taxi ou serviços semelhantes
- ☐ Carro por meio de carona
- ☐ Carro com final da placa diferente
- ☐ Carro alugado
- ☐ Não possuo carro e não tenho um dia de rodízio
- ☐ Outro: _____

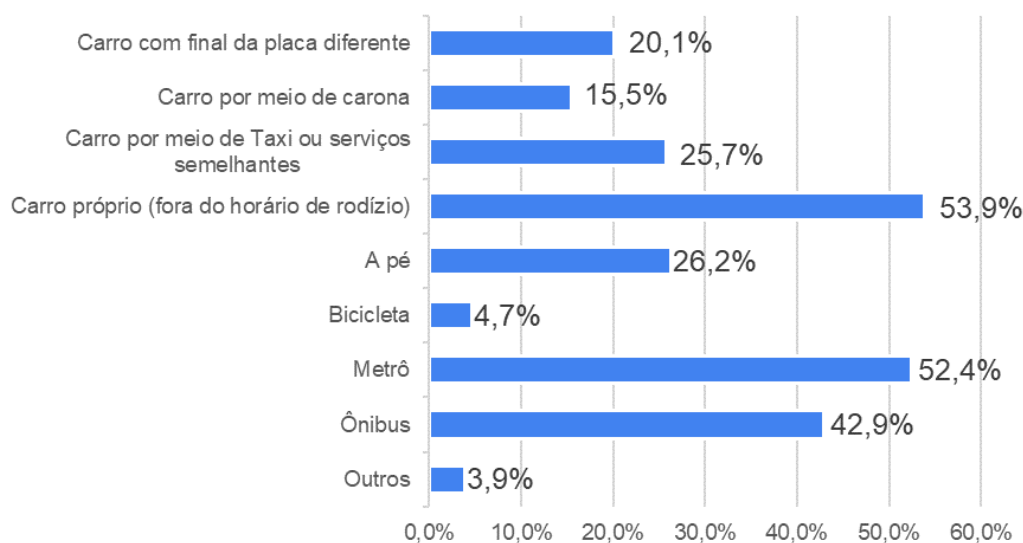
Fonte: Os autores

Gráfico 44 - Respostas da questão “Quais modos de transporte você mais utiliza no dia do seu rodízio?” realizada a 224 motoristas de São Paulo. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de resposta



Fonte: os autores

Gráfico 45 - Respostas da questão “Quais modos de transporte você mais utiliza no dia do seu rodízio?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de resposta



Fonte: Os autores

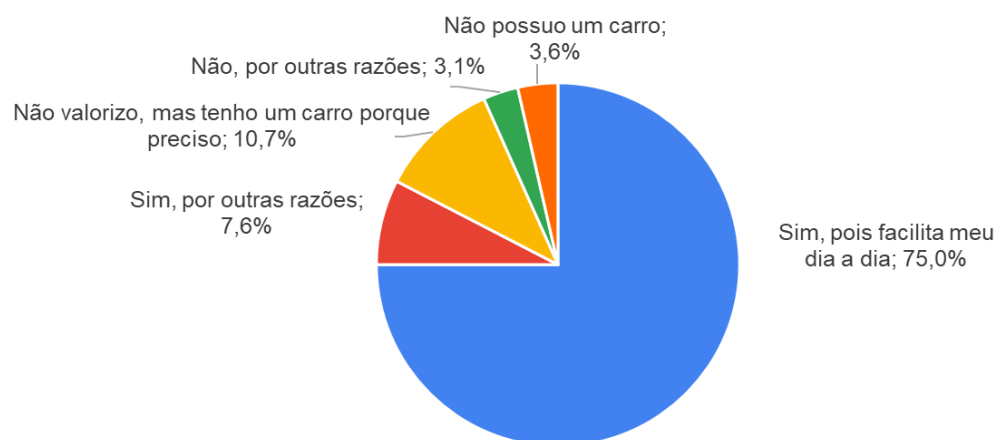
Figura 87 - Pergunta 11 do questionário

Possuir um carro é algo que você valoriza? Por quê? *

- ☐ Sim, pois mostra que tenho uma boa qualidade de vida e condições financeiras
- ☐ Sim, pois facilita meu dia a dia
- ☐ Sim, por outras razões
- ☐ Não possuo um carro
- ☐ Não valorizo, mas tenho um carro porque preciso
- ☐ Não, por outras razões

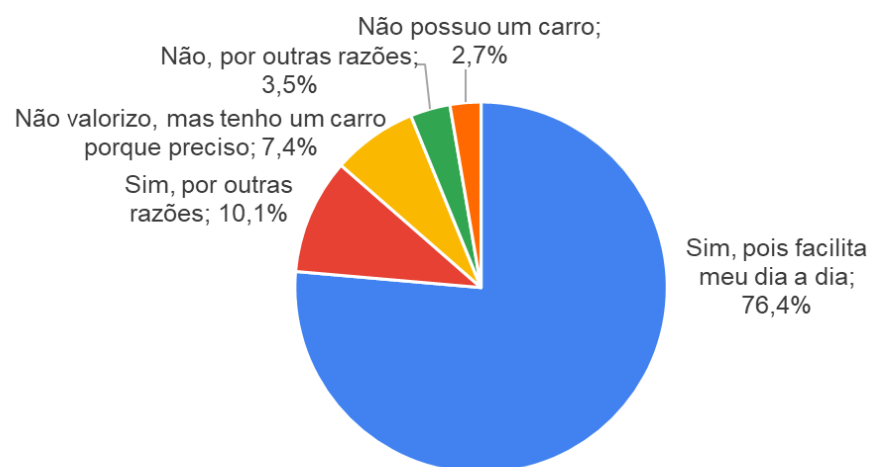
Fonte: Os autores

Gráfico 46 - Respostas da questão “Possuir um carro é algo que você valoriza? Por que?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 47 - Respostas da questão “Possuir um carro é algo que você valoriza? Por que?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: Os autores

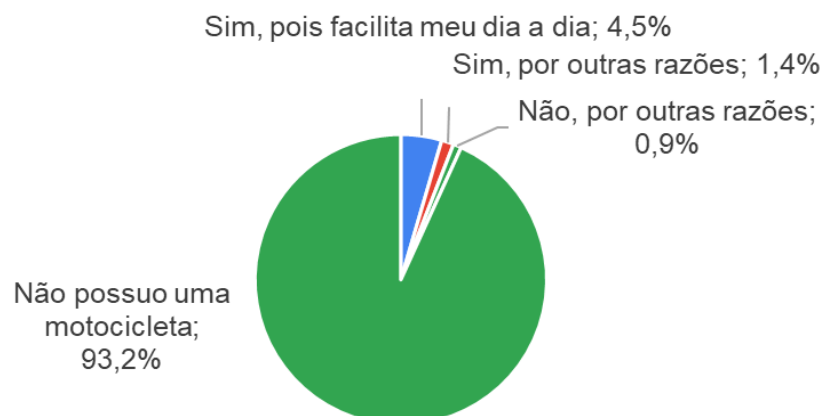
Figura 88 - Pergunta 12 do questionário

Possuir uma motocicleta é algo que você valoriza? Por quê? *

- ☐ Sim, pois mostra que tenho uma boa qualidade de vida e condições financeiras
- ☐ Sim, pois facilita meu dia a dia
- ☐ Sim, por outras razões
- ☐ Não possuo uma motocicleta
- ☐ Não valorizo, mas tenho uma motocicleta porque preciso
- ☐ Não, por outras razões

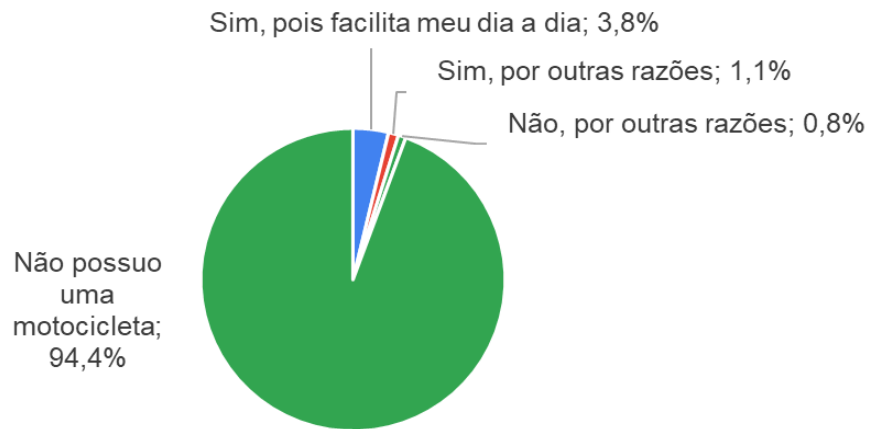
Fonte: Os autores

Gráfico 48 - Respostas da questão “Possuir uma motocicleta é algo que você valoriza? Por quê?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 49 - Respostas da questão “Possuir uma motocicleta é algo que você valoriza? Por quê?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: Os autores

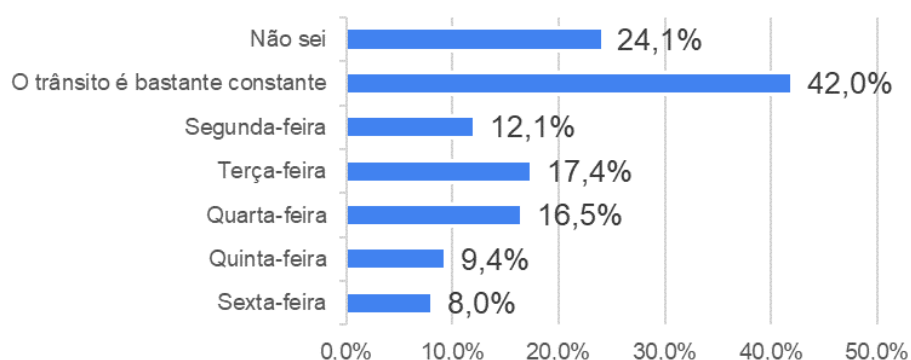
Figura 89 - Pergunta 13 do questionário

Na sua opinião, em algum dia da semana o trânsito flui melhor? (Pode selecionar * mais de uma opção)

- ☐ Segunda-feira
- ☐ Terça-feira
- ☐ Quarta-feira
- ☐ Quinta-feira
- ☐ Sexta-feira
- ☐ O trânsito é bastante constante
- ☐ Não sei

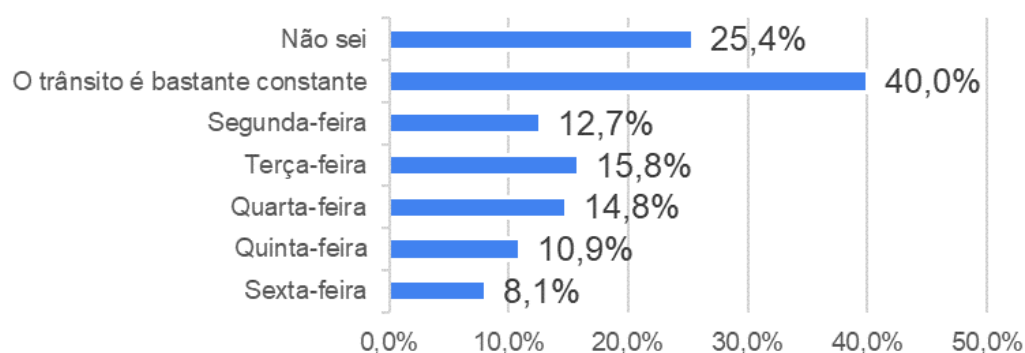
Fonte: Os autores

Gráfico 50 - Respostas da questão “Na sua opinião, em algum dia da semana o trânsito flui melhor?” realizada a 224 motoristas de São Paulo. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de resposta



Fonte: Os autores

Gráfico 51 - Respostas da questão “Na sua opinião, em algum dia da semana o trânsito flui melhor?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de resposta



Fonte: os autores

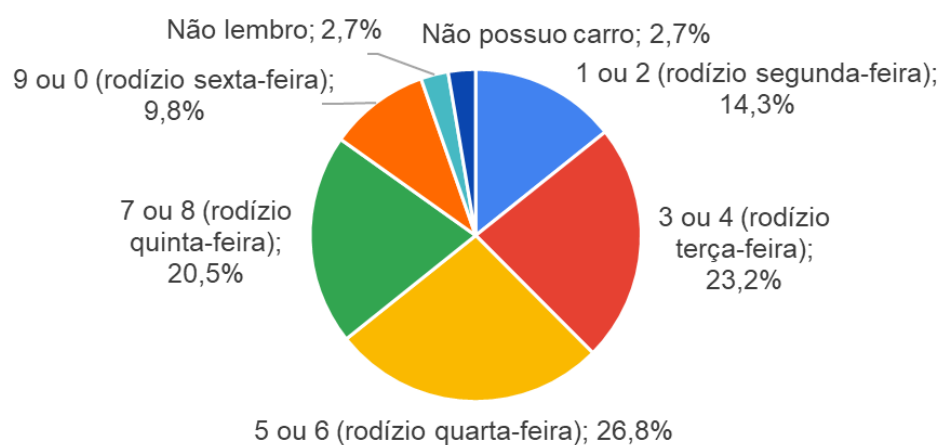
Figura 90 - Pergunta 14 do questionário

Qual o final da placa do seu carro principal? *

- ☐ Não possuo carro
- ☐ 1 ou 2 (rodízio segunda-feira)
- ☐ 3 ou 4 (rodízio terça-feira)
- ☐ 5 ou 6 (rodízio quarta-feira)
- ☐ 7 ou 8 (rodízio quinta-feira)
- ☐ 9 ou 0 (rodízio sexta-feira)
- ☐ Não lembro

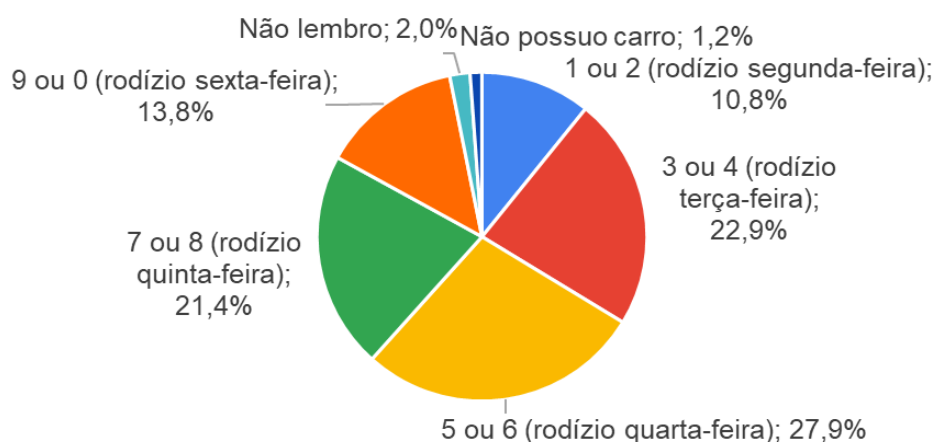
Fonte: Os autores

Gráfico 52 - Respostas da questão “Qual o final da placa do seu carro principal?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 53 - Respostas da questão “Qual o final da placa do seu carro principal?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: os autores

Figura 91 - Pergunta 15 do questionário

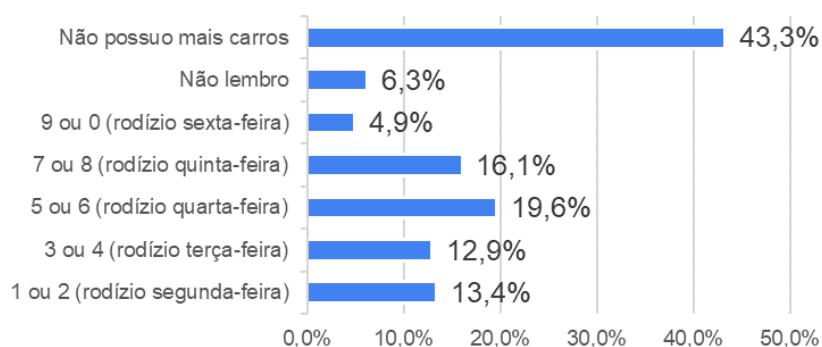
Caso possua mais de um carro, qual o final da placa dos carros secundários? *

Marque todas as opções que corresponderem à placa de pelo menos um carro secundário.

- ☐ Não possuo mais carros
- ☐ 1 ou 2 (rodízio segunda-feira)
- ☐ 3 ou 4 (rodízio terça-feira)
- ☐ 5 ou 6 (rodízio quarta-feira)
- ☐ 7 ou 8 (rodízio quinta-feira)
- ☐ 9 ou 0 (rodízio sexta-feira)
- ☐ Não lembro

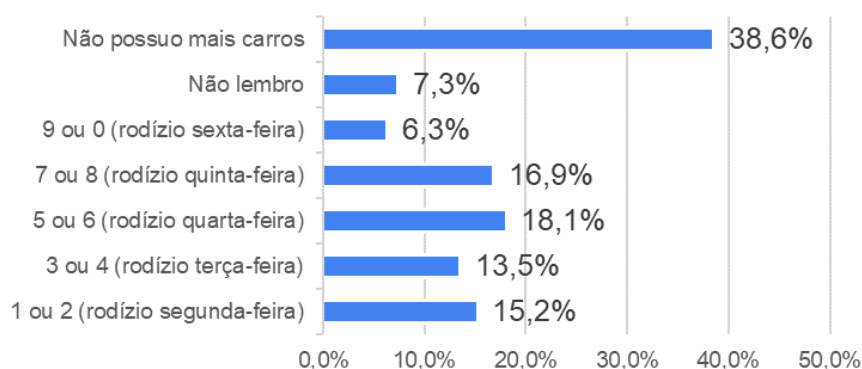
Fonte: Os autores

Gráfico 54 - Respostas da questão “Caso possua mais de um carro, qual o final da placa dos carros secundários?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 55 - Respostas da questão “Caso possua mais de um carro, qual o final da placa dos carros secundários?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: Os autores

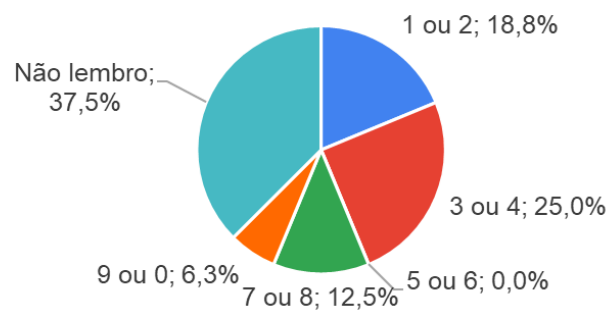
Figura 92 - Pergunta 16 do questionário

Qual o final da placa da sua motocicleta principal? *

- ☐ Não possui motocicleta
- ☐ 1 ou 2
- ☐ 3 ou 4
- ☐ 5 ou 6
- ☐ 7 ou 8
- ☐ 9 ou 0
- ☐ Não lembro

Fonte: Os autores

Gráfico 56 - Respostas da questão “Qual o final da placa da sua motocicleta principal?”, resultado filtrado de 16 motoristas de São Paulo que foram consistentes e marcaram possuir motocicleta



Fonte: Os autores

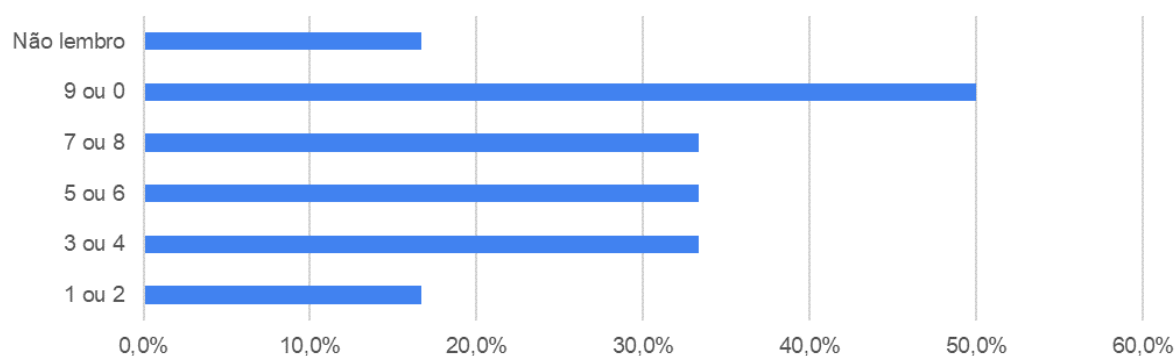
Figura 93 - Pergunta 17 do questionário

Caso possua mais de uma motocicleta, qual o final da placa das motocicletas secundárias? Marque todas as opções que corresponderem à placa de pelo menos uma motocicleta secundária. *

- ☐ Não possuo motocicleta
- ☐ 1 ou 2
- ☐ 3 ou 4
- ☐ 5 ou 6
- ☐ 7 ou 8
- ☐ 9 ou 0
- ☐ Não lembro

Fonte: Os autores

Gráfico 57 - Respostas da questão “Caso possua mais de uma motocicleta, qual o final da placa das motocicletas secundárias?” resultado filtrado de resultado filtrado de 6 motoristas de São Paulo que foram consistentes, marcaram possuir motocicleta e possuir mais de uma motocicleta



Fonte: Os autores

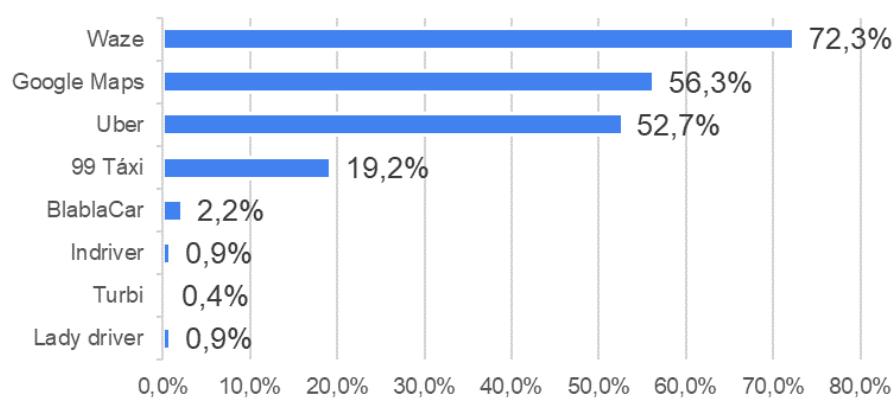
Figura 94 - Pergunta 18 do questionário

Você utiliza regularmente aplicativos para transitar com carro? (Pode selecionar *
mais de uma opção)

- ☐ Waze
- ☐ Google Maps
- ☐ BlaBlaCar
- ☐ Uber
- ☐ 99 Táxi
- ☐ Lady driver
- ☐ Outro: _____

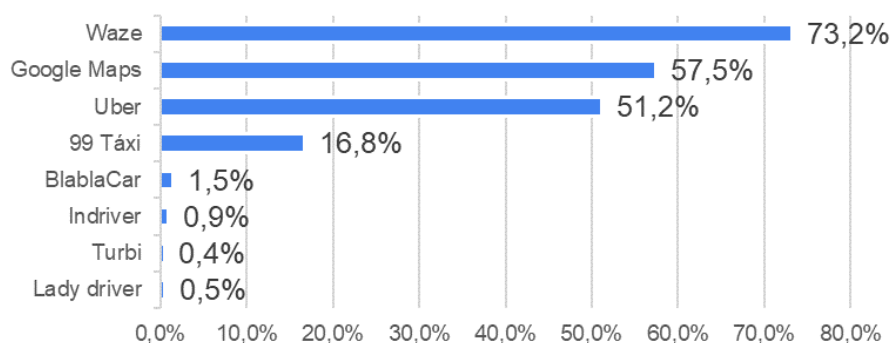
Fonte: Os autores

Gráfico 58 - Respostas da questão “Você utiliza regularmente aplicativos para transitar com carro?” realizada a 224 motoristas de São Paulo. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de respostas



Fonte: Os autores

Gráfico 59 - Respostas da questão “Você utiliza regularmente aplicativos para transitar com carro?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município. Foi liberada a seleção de mais de uma opção de respostas



Fonte: os autores

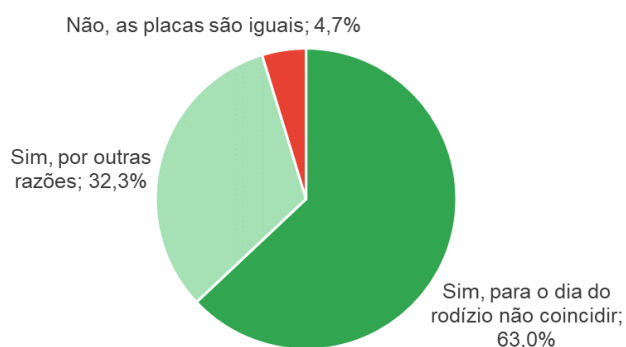
Figura 95 - Pergunta 19 do questionário

Caso possua mais de um carro, as placas deles são diferentes? Por quê? *

- ☐ Sim, para o dia do rodízio não coincidir
- ☐ Sim, por facilidade no financiamento
- ☐ Sim, por outras razões
- ☐ Não, as placas são iguais
- ☐ Não tenho mais de um carro

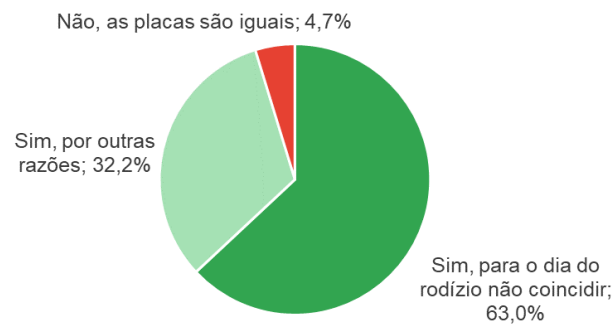
Fonte: Os autores

Gráfico 60 - Respostas da questão “Caso possua mais de um carro, as placas deles são diferentes? Por quê?” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 61- Respostas da questão “Caso possua mais de um carro, as placas deles são diferentes? Por quê?” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: os autores

Figura 96 - Pergunta 20 do questionário

Você lembra de algum programa público que acredita ter melhorado o trânsito ou tenha reduzido a emissão de poluentes nas ruas? Comente. (Resposta não obrigatória)

Sua resposta

Fonte: os autores

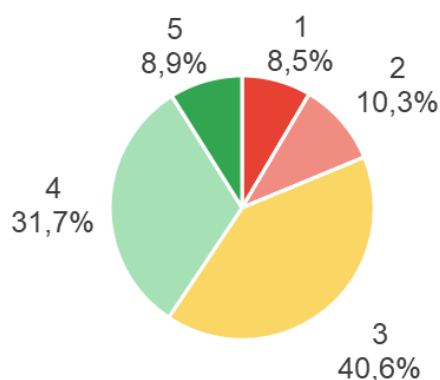
Figura 97 - Pergunta 21 do questionário

Em uma escala de 1 a 5, na sua opinião o rodízio funciona bem? *

	1	2	3	4	5	
Não funciona nada bem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Funciona muito bem

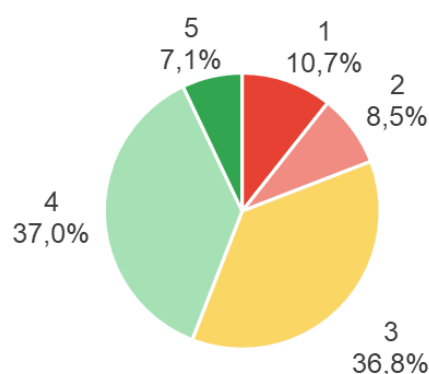
Fonte: Os autores

Gráfico 62 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, na sua opinião o rodízio funciona bem? (legenda da pergunta: 1 - Não funciona nada bem; 5 - funciona muito bem)” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 63 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, na sua opinião o rodízio funciona bem? (legenda da pergunta: 1 - Não funciona nada bem; 5 - funciona muito bem)” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: Os autores

Figura 98 - Pergunta 22 do questionário

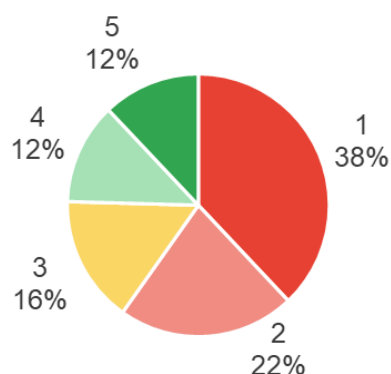
Em uma escala de 1 a 5, você é a favor de um rodízio mais intenso? (Por exemplo, ter mais dias de rodízio, aumentar sua duração ao longo do dia ou ampliar sua área de aplicação para abranger toda a cidade.) *

1 2 3 4 5

Não, deve se manter igual ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Sim, deve se intensificar

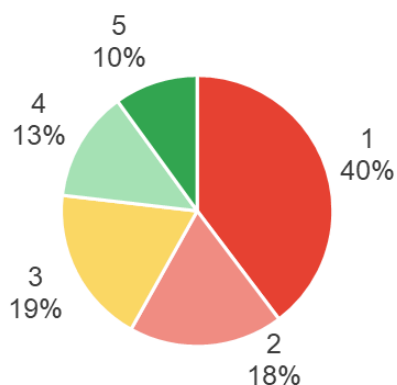
Fonte: Os autores

Gráfico 64 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, você é a favor de um rodízio mais intenso? (legenda da pergunta: 1 - Não, deve se manter igual; 5 - Sim, deve se intensificar)” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 65 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, você é a favor de um rodízio mais intenso? (legenda da pergunta: 1 - Não, deve se manter igual; 5 - Sim, deve se intensificar)” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: Os autores

Figura 99 - Pergunta 23 do questionário

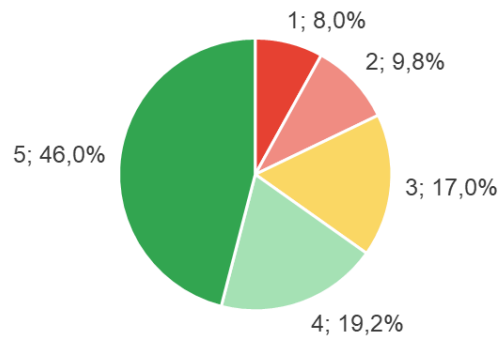
Em uma escala de 1 a 5, você acha necessária a existência do rodízio? *

1 2 3 4 5

Não, o rodízio deve acabar ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Sim, o rodízio deve continuar

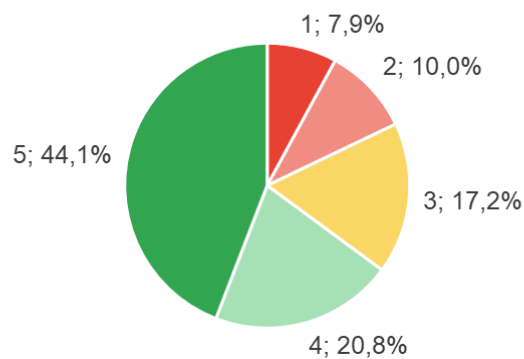
Fonte: Os autores

Gráfico 66 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, você acha necessária a existência do rodízio? (legenda da pergunta: 1 - Não, o rodízio deve acabar; 5 - Sim, o rodízio deve continuar)” realizada a 224 motoristas de São Paulo



Fonte: Os autores

Gráfico 67 - Respostas da questão “Em uma escala de 1 a 5, você acha necessária a existência do rodízio? (legenda da pergunta: 1 - Não, o rodízio deve acabar; 5 - Sim, o rodízio deve continuar)” realizada a 224 motoristas de São Paulo e com os resultados ponderados com base na população de cada zona do município



Fonte: Os autores

APÊNDICE C: Quadro de divisão administrativa da cidade de São Paulo

Distritos	Subprefeituras - Numeração no Mapa	Zona
Bela Vista	Sé - 09	Centro
Bom Retiro		
Cambuci		
Consolação		
Liberdade		
República		
Santa Cecília		
Sé		
Aricanduva	Aricanduva/Formosa/Carrão - 26	Zona Leste
Carrão		
Vila Formosa		
Cidade Tiradentes	Cidade Tiradentes - 31	
Ermelino Matarazzo	Ermelino Matarazzo - 22	
Ponte Rasa		

Guaianases	Guaianases - 28	
Lajeado		
Itaim Paulista	Itaim Paulista - 24	
Vila Curuçá		
Cidade Líder	Itaquera - 27	
Itaquera		
José Bonifácio		
Parque do Carmo		
Água Rasa	Mooca - 25	
Belém		
Brás		
Móoca		
Pari		
Tatuapé		
Artur Alvim	Penha - 21	
Cangaíba		

Penha		
Vila Matilde		
Iguatemi		
São Mateus	São Mateus - 30	
São Rafael		
Jardim Helena		
São Miguel	São Miguel - 23	
Vila Jacuí		
São Lucas		
Sapopemba	Vila Prudente/Sapopemba - 29	
Vila Prudente		
Cachoeirinha		Casa Verde/Cachoeirinha - 04
Casa Verde		
Limão		
Brasilândia	Brasilândia - 03	
Freguesia do Ó		

Jaçanã	Jaçanã/Tremembé - 06	
Tremembé		
Anhanguera	Perus - 01	
Perus		
Jaraguá	Pirituba - 02	
Pirituba		
São Domingos		
Mandaqui	Santana/Tucuruvi - 05	
Santana		
Tucuruvi		
Vila Guilherme	Vila Maria/Vila Guilherme - 07	
Vila Maria		
Vila Medeiros		
Butantã	Butantã - 10	Zona Oeste
Morumbi		
Raposo Tavares		

Rio Pequeno		
Vila Sônia		
Barra Funda	Lapa - 08	
Jaguara		
Jaguaré		
Lapa		
Perdizes		
Vila Leopoldina		
Alto de Pinheiros	Pinheiros - 11	
Itaim Bibi		
Jardim Paulista		
Pinheiros		
Campo Limpo	Campo Limpo - 17	Zona Sul
Capão Redondo		
Vila Andrade		
Cidade Dutra	Capela do Socorro - 19	

Grajaú		
Socorro		
Cidade Ademar	Cidade Ademar - 16	
Pedreira		
Cursino	Ipiranga - 13	
Ipiranga		
Sacomã		
Jabaquara	Jabaquara - 15	
Jardim Ângela	M'Boi Mirim - 18	
Jardim São Luís		
Marsilac	Parelheiros - 20	
Parelheiros		
Campo Bela	Santo Amaro - 14	
Campo Grande		
Santo Amaro		
Moema	Vila Mariana - 12	

Saúde		
Vila Mariana		