

Redução do trânsito de São Paulo durante pandemia:

índice de acidentes, veículos e pessoas circulantes

Sivanilza Machado

Docente em Administração IFSP-Guarulhos
Especialização em Data Science e Analytics USP/Esalq
E-mail: sivanilzamachado@ifsp.edu.br

Douglas de Paula

Doutor em Controladoria e Contabilidade FEA/USP
Mestre em Controladoria e Contabilidade FEA/USP
E-mail: douglas.paula@usp.br

Recebido: 03 mai. 2025

Aprovado: 29 set. 2025

Resumo: O objetivo foi analisar os efeitos da pandemia no trânsito da cidade de São Paulo. Foram analisadas 297 observações diárias e 17 variáveis, por meio do modelo de regressão Poisson-Gama. Após o procedimento *Stepwise* evidenciou seis variáveis estatisticamente significantes para explicar o comportamento do índice de congestionamento (IC) na cidade de São Paulo. O aumento observado do IC foi devido ao número de veículos circulantes, de passageiros transportados pela CPTM, de acidentes não fatais de trânsito, pela taxa de chuva, e que a redução ocorreu pelas variáveis médias de multas de trânsito e o índice de isolamento social.

Palavras-chave: Área Urbana. Indicadores de Trânsito. Regressão Poisson-Gama.

Abstract: This paper aims to analyze the impact of the pandemic on traffic in the city of São Paulo. For this purpose, 297 daily observations and 17 variables were analyzed using the Poisson-Gamma regression model. After the Stepwise procedure, six statistically significant variables to explain the behavior of the congestion index (CI) in the city of São Paulo. It was observed increase in the CI is due to the number of vehicles in traffic, the passengers transported by CPTM, the non-fatal traffic accidents, the rain rate, and that the decrease is due to the variables of number of traffic ticket and social distancing index.

Keywords: Urban Area. Traffic Indicators. Poisson-Gamma Regression.

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo analizar los efectos de la pandemia en el tráfico en la ciudad de São Paulo. Se analizaron 297 observaciones diarias y 17 variables utilizando el modelo de regresión de Poisson-Gama. Luego del procedimiento Stepwise, se identificaron seis variables estadísticamente significativas para explicar el comportamiento del índice de congestión (IC) en la ciudad de São Paulo. El aumento observado en el IC se debió al número de vehículos que circulan, de pasajeros transportados por CPTM, de accidentes de tránsito no fatales, la tasa de lluvias, y que la reducción se produjo debido a las variables multas promedio de tránsito y el índice de aislamiento social.

Palabras clave: Área Urbana. Indicadores de Tráfico. Regresión de Poisson-Gama.

Introdução

Quilômetros de carros em filas ocupam as principais vias da cidade de São Paulo podendo variar de 01 até 350 Km (Companhia de Engenharia de Tráfego – CET, 2023). Centros urbanos apresentam diversos estressores que impactam diretamente na qualidade de vida das pessoas, tais como as condições do trânsito e de deslocamento que uma pessoa está submetida, desde congestionamento até a superlotação em veículos de transporte público (Pereira; Schwanen, 2013). De acordo com o Código de Trânsito Brasileira, o trânsito é caracterizado pela circulação de pessoas, veículos e animais nas vias de forma isolada ou em grupos, para fins de deslocamento, parada/estacionamento entre outros (Brasil, 1997). O estudo do desenvolvimento do espaço urbano e sua utilização contribui para a compreensão do trânsito e seus efeitos na qualidade de vida das pessoas (Rolnik; Klintowitz, 2011; Rubim; Leitão, 2013).

O trânsito passa a ser um problema multifacetado, como é mostrado em pesquisas anteriores que o congestionamento na cidade de São Paulo ocorre devido 80% das vias serem ocupadas por automóveis e que entre as dez cidades do mundo com maior tempo gasto no deslocamento (Rubim; Leitão, 2013). A crise da mobilidade urbana vem sendo discutida de longa data, e as políticas de incentivo para a mobilidade ativa, uso do transporte público, redução da poluição do ar seguem paulatinamente.

A população urbana da cidade de São Paulo tem crescido nos últimos anos, apresentando uma taxa de 1,1% (Prefeitura de São Paulo, 2020). Desde 2011, a cidade de São Paulo vem adotando medidas para um trânsito mais seguro, promovendo o compartilhamento entre seus usuários, pedestres, ciclistas, motociclistas, veículos automotores, caminhões e demais modos de locomoção (Prefeitura de São Paulo, 2015). Dentre as ações, destacam-se a criação de ciclovias, redução da velocidade em diversas avenidas e ruas, faixas exclusivas e preferencial para o transporte coletivo sob rodas, faixa exclusiva para motociclistas em algumas avenidas. Essas ações têm contribuído para a redução de acidentes e mortes no trânsito (Sarno, 2016).

Com a crise sanitária declarada no início de 2020, a sociedade brasileira vivenciou o distanciamento e isolamento social, condicionando e limitando à experiência humana na relação trabalho, educação e lazer para a realidade em *home office*. No período de mar. 2020 a out. 2021, diversos estudos foram realizados buscando compreender o impacto da pandemia em diversos campos de estudo e setores da economia (Nicola *et al.*, 2020; Sohrabi *et al.*, 2020).

Entretanto, poucos estudos exploraram o impacto da pandemia no trânsito de grandes centros urbanos. Dessa forma, o questionamento da pesquisa se encontra sobre quais os fatores que impactaram o índice de congestionamento (IC) no trânsito em São Paulo no período da pandemia? Este trabalho tem como objetivo analisar os efeitos da pandemia no trânsito da cidade de São Paulo.

Procedimento metodológico

Este estudo tem como objetivo analisar os efeitos da pandemia no trânsito da cidade de São Paulo. Trata-se de uma pesquisa quantitativa aplicada para análise de banco de dados no período de 05 jun. 2020 a 30 set. 2021, construído a partir de várias fontes: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (Detran-SP), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Governo do Estado de São Paulo (SPGOV), Governo do Estado de São Paulo (Infosiga), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Companhia do Metropolitano de São Paulo (Metro), Prefeitura de São Paulo (PSP) e São Paulo Transporte S/A (SPTrans). Foi considerado o corte temporal dos dados até 2021 devido a disponibilização de dados completos nas bases para construção do modelo. Para aplicação de estatística descritiva apenas na compreensão da taxa de congestionamento e número de veículos circulantes na cidade de São Paulo, considerou os dados até dez. 2023.

Dessa forma, para responder à questão de pesquisa sobre os principais fatores que influenciaram no IC do trânsito em São Paulo no período da pandemia, considerou-se:

1. trânsito – lentidão (LT, em Km), volume de veículos circulantes (VC, em milhões), quantidade de ônibus (QO, em milhares), passageiros transportados SPTrans (PT₁, em milhões), média de passageiros transportados CPTM (PT₂, em milhões), média de passageiros transportados Metrô (PT₃, em milhões), rodízio de veículos em zonas centrais (RZ, *dummy*);
2. condições climáticas – precipitação (PP, em mm);
3. comportamento de condução do motorista – média de multas (MT, em milhares), quantidade de acidentes não fatais no trânsito (AT, em milhares), quantidade de óbitos no trânsito (OT, em número de pessoas);
4. saúde pública – ocorrência de contaminação Covid (CVI, em milhares), óbitos por Covid (OVI, em milhares);
5. econômicas – preço médio da gasolina (PG, em R\$/litro), preço médio do etanol (PE, em R\$/litro); e
6. biossegurança – índice de isolamento social (IIS, em %), restrições estabelecidas (RT, *dummy*).

Desenho do modelo de pesquisa aplicado

Os modelos de regressão Poisson e Poisson-Gama (Binomial negativo) fazem parte dos modelos de dados de contagem aplicado para estimação de valores das variáveis dependentes que apresentaram características particulares, sendo a principal diferença entre eles a presença de superdispersão nos dados (Fávero; Belfiore, 2021). Assim, aplicou-se o teste de superdispersão utilizando a função *overdisp* do pacote *overdisp_01.1.1.tar.gz* (R), desenvolvida por Souza et al. (2020).

Dessa forma, a variável dependente em estudo (LT) foi analisada quanto sua normalidade, características e presença de superdispersão, se adequando ao modelo de regressão Poisson-Gama (Binomial negativo), portanto, é recomendado a estimação do modelo de regressão Binomial Negativo por máxima verossimilhança (Fávero; Belfiore, 2021). A eq. (1) apresenta a modelagem do estudo para estimar os efeitos das variáveis explicativas no IC:

$$LT_i = e^{(\alpha + \beta_1*VC_i + \beta_2*QO_i + \beta_3*PT1_i + \beta_4*PT2_i + \beta_5*PT3_i + \beta_6*RZ_i + \beta_7*PP_i + \beta_8*MT_i + \beta_9*AT_i + \beta_{10}*OT_i + \beta_{11}*CVI_i + \beta_{12}*OVI_i + \beta_{13}*PG_i + \beta_{14}*PE_i + \beta_{15}*IIS_i + \beta_{16}*RT_i)} \quad (1)$$

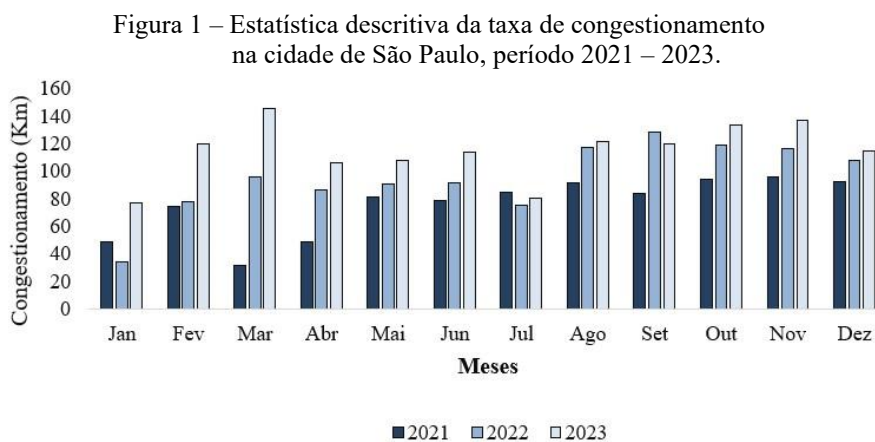
onde LT_i = valor esperado para variável dependente (lentidão); α = constante; β_{1-16} = coeficientes de cada variável explicativa; X_{1-16} = variáveis explicativas métricas e *dummies* (VC, QO, PT₁, PT₂, PT₃, RZ, PP, MT, AT, OT, CVI, OVI, PG, PE, IIS e RT, respectivamente).

Para análise da significância do modelo e dos parâmetros do modelo foi adotado o cálculo das estatísticas *Z de Wald*, e aplicado um Intervalo de Confiança de 95% (Fávero; Belfiore, 2021). Para análise dos dados se utilizou o *MS Excel* e o *software* livre de estatística R v. 4.0.5 (R Core Team, 2021).

Análise descritiva dos resultados e correlação das variáveis

Foram analisados 644 boletins da CET no período de 2021 a 2023, para verificar a taxa de congestionamento na cidade de São Paulo, Figura 1. Com exceção do mês de julho, observa-se uma tendência de crescimento da taxa de congestionamento, por exemplo, o mês de março apresentou média de congestionamento de 31,87 Km em 2021 e de 145,50 Km em 2023, uma variação de cerca de 357%; o mês de abriu para o mesmo período apresentou variação de cerca de 120%. Esse aumento da taxa de

congestionamento pode ser explicado pelo retorno ao trabalho e estudo de forma presencial, aumento de vendas *online* e aumento das entregas no *last-mile*.



Fonte: Adaptado de CET (2023)

No mesmo período o fluxo de veículos circulantes na cidade de São Paulo apresentou um aumento médio de 6,68%, com o mês de março se destacando com aumento de cerca de 42% e abril com 11%, contribuindo para a taxa de congestionamento. Entretanto, para a modelagem da problemática abordada neste artigo foram analisadas 297 observações diárias relacionadas a cidade de São Paulo. As variáveis QO ($11,20 \pm 0,55$) e IIS ($40,11 \pm 3,15$) apresentaram baixa variação dos dados ($< 10\%$), em contrapartida as variáveis VC ($6,01 \pm 0,98$), PT₁ ($1,80 \pm 0,30$), PT₂ ($1,12 \pm 0,15$), PT₃ ($1,58 \pm 0,23$), AT ($0,10 \pm 0,02$), PG ($4,99 \pm 0,69$) e PE ($3,76 \pm 0,68$) apresentaram variação entre 13,87 e 22,87% e as variáveis LT ($67,28 \pm 32,65$), PP ($3,30 \pm 8,29$), MT ($1,11 \pm 0,45$), OT ($1,67 \pm 1,39$), CVI ($2,16 \pm 1,51$) e OVI ($0,08 \pm 0,06$) alta variação ($> 30\%$).

A variável LT apresentou média $67,29 \pm 32,65$ e amplitude quilométrica de 157. O estudo da lentidão na cidade de São Paulo de 2001 a 2012, no período da manhã apresentaram mínima de 25,4 km e máxima de 129,7, já no período noite os valores variaram de 63,20 a 158 km (Dourado; Montini, 2014).

Com relação a análise de correlação das variáveis, a variável LT apresentou forte correlação proporcional e significativa ($< 0,001$) com as variáveis volume de veículos circulante (0,79), quantidade de passageiros transportados pela SPTrans (0,67) e CPTM (0,63), do mesmo modo correlação moderada e significativa ($< 0,001$) com quantidade de passageiros transportados pelo Metrô (0,35), número de acidentes no trânsito (0,47) e preço do combustível etanol (0,38) e correlação fraca e significativa ($< 0,001$) com

quantidade de ônibus (0,29), média de multa (0,21), preço do combustível gasolina (0,30), ainda fraca e significativa ($< 0,05$) com precipitação (0,14).

A LT apresentou também correlação forte, porém inversamente proporcional e significativa ($< 0,001$) com o índice de isolamento social (-0,69), isso pode ser compreendido que quanto mais pessoas estiverem isoladas menor será a quantidade de veículos/pessoas nas ruas contribuindo para reduzir a lentidão no trânsito da cidade de São Paulo. As variáveis contaminação (-0,21) e obtido por Covid-19 (-0,21), as restrições adotadas (-0,20), que apesar de apresentarem uma correlação fraca e inversamente proporcional foram significativas ($< 0,001$). As variáveis óbito no trânsito e rodízio apresentaram correlações nulas (-0,09) e (-0,03), respectivamente.

O estudo da multicolinearidade identificou algumas variáveis explicativas que apresentaram valores elevados de *Variance Inflation Factor (VIF)*, tais como VC (3,74), PT₁ (9,81), PT₂ (8,33), PT₃ (5,28), PG (34,72), PE (30,78) e IIS (15,87).

Construção do modelo matemático proposto

A variável LT apresentou superdispersão nos dados ($p < 0,05$), indicando que o modelo de regressão Poisson não é o mais adequado para estudo, sendo recomendado o modelo de regressão Poisson-Gama (Binomial Negativo) (Fávero; Belfiore, 2021). A Tabela 1 apresenta o *output* do modelo após o procedimento *Stepwise* para alcance do melhor modelo analítico, conforme recomendado por Fávero e Belfiore (2021).

Tabela 1 – Resultado do Modelo de Poisson-Gama com aplicação de *Stepwise*

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Z valor	Intervalo de Confiança (95%)		p-valor
α (constante)	-0,5181	0,3595	-1,441	-1,223	0,187	0,1495
β_1 VC	0,7688	0,0220	34,947	0,726	0,812	0,0000***
β_4 PT ₂	0,3182	0,0944	3,368	0,133	0,503	0,0007***
β_7 PP	0,0021	0,0008	2,522	0,000	0,004	0,0116*
β_8 MT	-0,0716	0,0173	-4,136	-0,105	-0,038	0,0000***
β_9 AT	1,3080	0,3141	4,163	0,692	1,923	0,0000***
β_{15} IIS	-0,0129	0,0055	-2,327	-0,024	-0,002	0,0199*
AIC=2034,9 $\chi^2 = 926,2$ $p = 2,2e-16$						
LL = -1.009,42 g.l = 6 Pseudo $R^2 = 0,3144$						

Nota: p-valor: “***” = 0,001; “**” = 0,01; “*” = 0,05; “.” = 0,10

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Na análise de qualidade geral do modelo, considerando a estatística χ^2 , tem-se que pelo menos uma variável explicativa é estatisticamente significativa para explicar o comportamento do IC na cidade de São Paulo (Fávero; Belfiore, 2021). Considerando o modelo Poisson-Gama e após a aplicação do procedimento *Stepwise*, das dezesseis variáveis explicativas foram destacadas seis variáveis significantes para a análise do IC na cidade de São Paulo, sendo o volume de veículos circulantes (VC), a média de passageiros transportados pela CPTM (PT₂), a precipitação (PP), a média de multas de trânsito (MT), a quantidade de acidentes não-fatais no trânsito (AT) e o índice de isolamento social (IIS).

Discussão dos resultados

As variáveis relacionadas aos fatores de trânsito (VC e PT₂) confirmam os resultados previamente esperados, pois refletem respectivamente o volume de veículos circulantes e quantidade média de pessoas transportadas pela CPTM ($p < 0,001$). O congestionamento é reflexo do crescimento da população e demanda diária por deslocamento urbano (Sumalee e Ho, 2018), associado ao mal planejamento das vias.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), o nível de serviço de tráfego ofertado por uma via está relacionado a sua capacidade e a tolerância do grau de congestionamento (DNIT, 2010). O conceito de congestionamento, portanto, é complexo pois envolve diversos fatores; entretanto neste estudo se adotou o conceito mais técnico que trata da interferência (interrupção) do fluxo normal da via, em que o crescimento do fluxo de tráfego aumenta o congestionamento, podendo atingir a capacidade da via, provocando paradas sucessivas e redução do fluxo (DNIT, 2010).

A frota de veículos na cidade de São Paulo é de 9,15 milhões (IBGE, 2022), e o sistema viário não está planejado para atender toda essa demanda. De acordo com Rolnik e Klintowitz (2011), os paulistanos gastam em deslocamento cerca de 3h00min por dia, ou seja, isto representa por mês 2 dias e 6h00min dentro do carro ou transporte coletivo. O congestionamento leva a ‘imobilidade’ da cidade e causa diversos transtornos. De acordo com Relatório 2019 da CET, a velocidade média no sentido centro no período da manhã foi de 17,93 km/h, já no sentido bairro a tarde foi de 15,08 km/h (CET, 2019).

Ainda de acordo com a CET, dentre as vias mais carregadas se destacam Vinte e Três de Maio, Marginal Pinheiros, Radial Leste, Marginal Tietê Central e Expressa (CET, 2019).

As demais variáveis das condições de trânsito como passageiros transportados pela SPtrans (PT₁) e pelo Metrô (PT₃), quantidade de ônibus circulante (QO) e o rodízio (RZ) não foram significativas na presença das demais variáveis para o modelo final. PT₁ apresentou forte correlação positiva e significativa com PT₂ (0,73; $p < 0,001$) e inversamente proporcional com IIS (-0,88; $p < 0,001$), podendo estar explicada no modelo pela presença das variáveis PT₂ e IIS; da mesma forma, observou-se padrões semelhantes nas correlações entre PT₃ e PT₂ (0,55; $p < 0,001$) e IIS (-0,46; $p < 0,001$), contudo em grau moderado. Já a variável QO manteve correlação positiva e moderada com PT₁ (0,54; $p < 0,001$), que se refere a quantidade de pessoas transportados por ônibus pela SPTrans, e negativa e moderada com IIS (-0,43; $p < 0,001$). Este resultado corrobora com as estratégias adotadas pelas empresas operadoras de transporte na cidade de São Paulo que devido o isolamento social, reduziu a quantidade de ônibus disponível (CET, 2023).

O rodízio apresentou correlações moderadas e inversamente proporcional com as variáveis óbitos por Covid-19, preço médio dos combustíveis, entretanto, notou-se correlações fracas entre essas variáveis e a LT, podendo ser o motivo de sua exclusão do modelo. Observando a variável ocorrência de chuvas (PP, $p < 0,05$), relacionada as condições climáticas, também foi um fator significativo para o modelo. Os resultados corroboram com os estudos de Aron *et al.*, sobre a relação entre ocorrência de acidentes e as condições de tráfego e chuva (Aron *et al.*, 2015). Dourado e Montini (2014), em seus estudos destacam a problemática do trânsito de forma didática e elencam diversos recortes noticiários sobre o congestionamento causado por chuvas na cidade de São Paulo e o recorde de índice de congestionamento ocorrido em julho de 2013 (300 km), sendo o maior desde o início dos registros realizados pela CET na década de 80.

Perez e Martins (2014), expõem a problemática do congestionamento na cidade de São Paulo que aumenta nos períodos chuvosos formando pontos de alagamentos. Ainda de acordo com os autores, deve-se realizar uma análise da distância entre o leito do rio e das principais avenidas da cidade, tais como a Marginal Tietê que está a 100 metros do leito do rio, e as Avenidas do Estado, Aricanduva e Águas Espraiadas variando entre 30 e 50 metros do leito do rio. Em complemento, os dias chuvosos não só impactam as condições de infraestrutura das vias da cidade de São Paulo, como contribui para o aumento de risco de acidentes de trânsito devido a visibilidade prejudicada das vias. Segundo Cardoso *et al.* (2019), o comportamento do motorista é afetado pelas condições

meteorológicas, contribuindo para redução da velocidade e aumento da distância de segurança entre veículos.

Para monitorar as condições meteorológicas, intensidade, duração entre outros fatores é mantido o radar meteorológico, estações meteorológicas automáticas, rede telemétrica e pluviômetros convencionais para gerar informações instantâneas e o registro de dados, para servir de base para alertas e tomada de decisão da capital paulista e das cidades vizinhas (Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo – CGE, 2022). O estudo de Perez e Martins (2014), apontou que as áreas mais afetadas por alagamentos são as principais vias e o entorno de no máximo 500 metros e os bairros centrais, perímetro do rodízio da cidade de São Paulo.

O trânsito é afetado por diversos fatores, entre eles pelo comportamento dos condutores que disputam o espaço urbano. Observou-se que a MT e AT são fatores que contribuem com o índice de lentidão no trânsito. A MT apresentou um β negativo (-0,0716; $p < 0,001$) e se refere a média de multas registradas. Desconsiderando as multas por regulamentação de documentos de trânsito em 2020, tem-se listado a condução de veículos em mau estado de conservação e/ou reprovado na avaliação de inspeção de segurança, comprometendo a segurança dos demais (20.992), seguido de condutor sem o cinto de segurança (18.126) e dirigir veículo manuseando/segurando telefone celular (17.448) (Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo – DETRAN, 2020).

O AT apresentou β positivo (1,3080; $p < 0,001$) refere-se à ocorrência de acidentes não fatais no trânsito. A ocorrência de acidentes, dependendo da gravidade pode causar uma pequena lentidão no local ou até o bloqueio da via. Os estudos de Aron et al. concluiu que os acidentes envolvendo um único veículo está relacionado a velocidade da via e acidentes envolvendo múltiplos veículos com a ocupação (Aron *et al.*, 2015). Ainda segundo o autor, os acidentes podem ocorrer por fatores como velocidade inadequada, velocidade relativa ou a mudança de faixa na pista.

O Brasil, desde 2008 com a “Lei Seca” e alteração do Código de Trânsito Brasileiro, se tornando mais rígida em 2012, tem atuado para a redução das vítimas de trânsito (World Health Organization - WHO, 2018). As ações da Prefeitura de São Paulo, buscando atender as demandas da Organização Mundial de Saúde, para reduzir o número de acidentes e mortes no trânsito e, ainda, tornar o trânsito mais seguro, com o plano de mobilidade urbana, tem contribuído para a queda do número de vítimas fatais nos últimos sete anos (Prefeitura de São Paulo, 2015; Infosiga, 2021).

A quantidade de óbitos no trânsito (OT) não foi significativa para explicar o índice de lentidão e compor o modelo na presença de outras variáveis e apresentou fracas correlações com as demais. A cidade de São Paulo lidera os casos de acidentes em todo estado, com 4.965 mortes no período analisado (Infosiga, 2021). Os acidentes de trânsito ocorrem por diversos fatores, tais como falhas mecânicas, humanas, clima e/ou condições de vias. A cidade de São Paulo, adotou políticas para redução da velocidade nas principais vias, pois o risco de morte de pedestres por atropelamentos é aumentado em 4,5 vezes em relação a velocidade do carro quando se altera de 50 para 65 km/h (WHO, 2018).

Sarno (2016) ressaltou que as medidas da redução de velocidade na cidade de São Paulo contribuíram para uma redução de 44,5% dos acidentes fatais de trânsito no período de 2014 a 2016, e que no período de abril/2015 até agosto/2016, na Marginal Tietê não foi registrado atropelamento fatal. Ainda de acordo com o autor, a comparação dos picos de lentidão sazonais e do aumento gradual da lentidão antes da redução da velocidade, observou que no período de 2014 a 2016 ocorreram reduções desses picos, concluindo que houve um certo grau de harmonização no tráfego (Sarno, 2016).

Os estudos de Souza e Oliveira Neto (2018), revelam que o tempo de duração dos acidentes de trânsito tem forte correlação com o congestionamento gerado. Dessa forma, o fluxo da vida fica comprometido até a sua liberação e normalização. O impacto do acidente de trânsito está além do índice de congestionamento, é um problema social e econômico. Rubim e Leitão (2013), apresentou estimativas que o gasto médio do sistema de saúde brasileiro com tratamentos de pessoas envolvidas em acidentes de trânsito é de R\$ 50 bilhões. Apesar da notória redução, os números de acidentes de trânsito ainda são altos. A comparação entre os números de acidentes fatais por tipo de acidente realizada pela CET entre os anos 2011 e 2020, apresenta queda de cerca de 48% dos atropelamentos, seguido de aproximadamente 43% das colisões, cerca de 32% choques e 13% de outros tipos de acidentes (CET, 2020).

Em relação aos principais fatores de risco de acidentes de trânsito elencados pela World Health Organization e pelos dados do Estado de São Paulo, destacam-se: jovens do sexo masculino, período noturno, finais de semana e motociclistas (WHO, 2018; Infosiga, 2021). Enquanto a WHO apresentou em seus estudos que 73% dos acidentes de trânsito estão relacionados aos jovens de sexo masculino até 25 anos, os dados estatísticos do Estado de São Paulo foram de 81,5% para o sexo masculino, contudo 51,5% na fase adulta (25 ~ 60 anos) e 13% de jovens adultos (19 ~24 anos).

Neste contexto, a percepção negativa do trânsito associado a congestionamento, estresse, poluição socioambiental, falta de infraestrutura e imprudência de condutores levam ao caos urbano. A educação no trânsito deve ser elemento preventivo e não corretivo, tornando o trânsito operacionalmente mais seguro e eficiente. No contexto da pandemia mundial, muitas cidades declararam *lockdown* e estado de restrição ao convívio social. As medidas de biossegurança recomendadas pela Organização Mundial da Saúde teve como objetivo combater a contaminação viral por Covid-19, por meio de precauções como o distanciamento social, uso de máscaras, entre outros (WHO, 2022). A cidade de São Paulo adotou algumas restrições, tais como fechamento de estabelecimentos considerados não essenciais, determinação de horário de funcionamento, etc. (Cidade-Brasil, 2021).

O IIS apresentou um β negativo (-0,0129; $p < 0,05$) que trata da porcentagem da população isolada no período e reflete a proporção de atendimento às medidas de biossegurança e de isolamento social, entretanto, esse índice também está relacionado a proporção de adoção do trabalho *home office* determinado pelas empresas. As restrições (RT) adotadas pela Prefeitura de São Paulo não foram significativas para o modelo na presença das demais. Como já apresentado anteriormente, a RT apresentou correlação fraca e inversamente proporcional com a variável dependente, contudo, correlações moderadas e negativas com PT₁, PT₂, MT, PG e PE ($p < 0,001$), e moderada e positiva com IIS (0,43; $p < 0,001$).

As variáveis de saúde pública (CVI, ocorrência de contaminação Covid) e (OVI, óbito por Covid) não contribuíram para a explicação do índice de lentidão no trânsito no período da pandemia na presença das demais variáveis. As variáveis relacionadas ao fator econômico (PG e PE, preço médio da gasolina e etanol) também não foram significativas para construção do modelo final. PG manteve forte e significativa correlação inversamente proporcional com a variável IIS (-0,67; $p < 0,0001$), e o PE manteve forte e significativa correlação com PG (0,96; $p < 0,0001$), podendo as variáveis econômicas serem explicadas pela presença da IIS no modelo.

A pandemia trouxe consigo uma nova perspectiva de mobilidade social, com impactos diretos em famílias de baixa renda, e setores que sofreram perdas econômicas diretas ou indiretamente (Nicola *et al.*, 2020). Os autores analisam e fazem uma reflexão sobre os impactos do Covid-19 nos setores da agricultura, petróleo e óleo, indústria de manufatura, educação, setor de finanças, saúde e indústria farmacêutica, entre outros.

Conduto, não exploraram as questões de mobilidade urbana e o impacto no transporte público urbano a partir dos indicadores de isolamento social.

Pesquisa do *Inter-American Development Bank* – IDB (2022), sobre o impacto do Coronavírus no setor de transporte urbano apresentou os índices de redução nas viagens realizadas por transporte público em diversas regiões metropolitanas, bem como volume e congestionamento do trânsito. Apesar da contribuição do IIS para a redução da intensidade do congestionamento em áreas metropolitanas (IDB, 2022), o setor de transporte, em específico, as operadoras de transporte público urbano, o serviço de transporte por aplicativo teve seus rendimentos afetados.

Neste contexto, o cenário pós-pandemia reflete outras preocupações à sociedade, tais como medidas para combater as “sequelas sociais e econômicas” do período pandêmico vivenciado pela população. Como já apresentado anteriormente, a mobilidade urbana na cidade de São Paulo vem modificando as características da cidade ao longo dos anos, com o Plano de Mobilidade em busca tornar o espaço urbano mais acessível e seguro à população e, considerando, as ações adotadas durante a pandemia, avançar nos conceitos de mobilidade urbana ativa, integrada e sustentável.

Conclusão

A partir do modelo Poisson-Gama e aplicação do procedimento *Stepwise*, das dezesseis variáveis explicativas originais, seis foram significativas para explicar o comportamento do congestionamento de trânsito na cidade de São Paulo no período analisado. Em termos gerais, observa-se que os índices de congestionamento de trânsito, foram afetados negativamente pelo número de veículos circulante, quantidade de passageiros transportados pela CPTM, taxa de chuva e número de acidentes não fatais de trânsito ocorridos, enquanto as variáveis índice de isolamento social e o comportamento do condutor contribuíram de forma positiva para a sua redução. Ainda, analisando os dados descritivos dos anos 2021-2023, observou-se aumento da taxa de congestionamento alinhado ao fluxo de veículos na cidade de São Paulo. Assim, estratégias para reduzir o trânsito nas vias de São Paulo e melhorar as condições de mobilidade poderia ser a continuidade do trabalho *home office* para atividades que não necessitam do colaborador presente no local de trabalho.

Além disso, as demais variáveis de trânsito analisadas conjuntamente, como a quantidade de passageiros transportados pela SPtrans ou Metrô, quantidade de ônibus e rodízio não foram significativas para o presente estudo, contudo uma análise em outro contexto pode gerar resultados diferentes, principalmente, em períodos de pós-pandemia, dado a sua importância para a mobilidade urbana da cidade de São Paulo.

Referências

ARON, M.; BILLOT, R.; FAOUZI, N.-E. E.; SEIDOWSKY, R. Traffic indicators, accidents and rain: some relationships calibrated on a French urban motorway network. **Euro Working Group on Transportation**, v. 10, p. 31–40, 2015.

BRASIL. **Lei No 9.503, de 23 de setembro de 1997**, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503compilado.htm>. Acesso em: 14 out. 2021.

CARDOSO, J.M.; ASSIRATI, L.; SETTI, J.R. Influência das condições meteorológicas na operação de rodovias de pista dupla paulistas. *In*: 33 Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, Balneário Camboriú, SC, Brasil. **Anais...** p. 3722-37-34, 2019.

CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIAS CLIMÁTICAS DA PREFEITURA DE SÃO PAULO. 2022. **Quem somos?** Disponível em: <<https://www.cgesp.org/v3/quem-somos.jsp>>. Acesso em: 03 mai. 2022

CIDADE-BRASIL. **São Paulo - Informações sobre o município e a prefeitura**. 2021. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-sao-paulo.html>>. Acesso em: 23 out. 2021.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Mobilidade no Sistema Viário Principal: Volumes e Velocidades – São Paulo**. CET, 2019. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/1113490/msvp2019.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2022.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Sinistro de trânsito: Relatório anual São Paulo**. CET, 2020. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/1143350/RelatorioAnual2020.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2022.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Boletim diário de mobilidade e transportes - COVID-19 São Paulo**. CET, 2021-2023. 2023. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/especial-covid-19>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE SÃO PAULO. 2020. **Multas: Ano 2020**. Disponível em: <<https://www.detran.sp.gov.br/wps/wcm/connect/portaldetran/detran/detran/estatisticastransito>>. Acesso em: 07 mai. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.

Manual de projeto geométrico de travessias urbanas Rio de Janeiro I PR 740, 2010. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf> Acesso em: 10 mar. 2022.

DOURADO, R. C. M. DE M.; MONTINI, A. DE Á. MODELOS DE PREVISÃO DE TRÂNSITO: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A GESTÃO PÚBLICA DO TRÁFEGO NA CIDADE DE SÃO PAULO. **FACEF Pesquisa - Desenvolvimento e Gestão**, v. 17, n. 3, p. 305–321, 2014.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. **Manual de análise de dados**. 1a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. **Casos e óbitos diários**: São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://bigdata-covid19.icict.fiocruz.br/>> Acesso em: 20 out. 2021.

INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK. **Traffic congestion intensity by metropolitan area**. 2022. Disponível em: <<https://www.iadb.org/en/topics-effectiveness-improving-lives/coronavirus-impact-dashboard>>. Acesso em: 04 mai. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades São Paulo: Panorama**, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>>. Acesso em: 23 jan. 2023.

INFOSIGA. **Relatórios e Base de Dados – Respeito à Vida**, 2021. Disponível em: <<http://www.respeitoavida.sp.gov.br/relatorios/>>. Acesso em: 21 mar. 2022.

NICOLA, M.; ALSAFI, Z.; SOHRABI, C.; KERWAN, A.; AL-JABIR, A.; IOSIFIDIS, C.; AGHA, M.; AGHA, R. The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. **International Journal of Surgery**, v. 78, p. 185-193, 2020.

PEREZ, L.P.; MARTINS, J.R.S. Análise espacial de ocorrências de alagamentos em São Paulo. **In: X Encontro nacional de águas urbanas**, São Paulo, SP, Brasil. **Anais...** p. 1-4, 2014.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano de mobilidade urbana do município de São Paulo**, 2015. Disponível em: <<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/mobilidade/planmob/index.php?p=189299>>. Acesso em: 10 mar. 2022.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Histórico demográfico do Município de São Paulo**. 2020. Disponível em: <http://smul.prefeitura.sp.gov.br/historico_demografico/tabelas.php>. Acesso em: 23 out. 2021.

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T. **TD 1813 - Tempo de deslocamento casa - trabalho no Brasil (1992-2009)**: Diferenças Entre Regiões Metropolitanas, Níveis de Renda e Sexo. 2013. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=16966>. Acesso em: 17 nov. 2021.

- R CORE TEAM. R: **a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em 02 nov. 2021.
- ROLNIK, R.; KLINTOWITZ, D. (I) Mobilidade na cidade de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 89–108, 2011.
- RUBIM, B.; LEITÃO, S. O plano de mobilidade urbana e o futuro das cidades. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 79, p. 55–66, 2013.
- SARNO, C. C. B. **Benefícios imediatos da redução das velocidades máximas permitidas São Paulo Companhia de Engenharia de Tráfego**, 2016. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/517275/nt251.pdf>> Acesso em: 05 fev. 2022.
- SOHRABI, C.; ALSAFI, Z.; O'NEILL, N.; KHAN, M.; KERWAN, A.; AL-JABIR, A.; IOSIFIDIS, C.; AGHA, R. World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). **International Journal of Surgery**, v. 76, p. 71–76, 2020.
- SOUZA, V. N. DE; OLIVEIRA NETO, F. M. Análise do tempo de duração de acidentes de trânsito em vias arteriais de Fortaleza. *In*: 32 CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET. **Anais...** Gramado: ANPET, 2018.
- SOUZA, R. F.; FAVERO, L. P.; BELFIORE, P.; CORREA, H. L.; CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. CRAN - **Package overdisp**. 2020. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/overdisp/index.html>>. Acesso em: 13 fev. 2022.
- SUMALEE, A.; HO, H. W. Smarter and more connected: Future intelligent transportation system. **IATSS Research**, v. 42, n. 2, p. 67–71, 2018.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on road safety**. 2018. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>>. Acesso em: 9 mar. 2022.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Conselhos para o público**. 2022. Disponível em: <<https://www.who.int/pt/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>>. Acesso em: 21 fev. 2022.