

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

CAROLINY RANGEL PEREIRA

**Distribuição espacial e temporal dos sinistros de trânsito no município de São Paulo
antes e durante a pandemia de Covid-19**

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho

São Paulo

2023

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

CAROLINY RANGEL PEREIRA

**Distribuição espacial e temporal dos sinistros de trânsito no município de São Paulo
antes e durante a pandemia de Covid-19**

Trabalho de Graduação Individual
apresentado ao Departamento de
Geografia da Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Bacharel em
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Pereira de Queiroz Filho

São Paulo
2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Alfredo Pereira de Queiroz Filho, pelo grande auxílio ao longo do TGI I e II, e pela matéria de Análise Espacial e Geoprocessamento, que me deu uma dimensão sobre as possibilidades de compreensão do espaço através do geoprocessamento, e me ajudou a descobrir a minha principal área de interesse dentro do curso.

À minha família, em especial à minha querida irmã, Gabriely Rangel Pereira, pela valiosa ajuda durante a realização do TGI, bem como de toda a minha vida. O seu incentivo constante me ajudou a encontrar soluções em diversos momentos. Obrigada por seu interesse e pelas opiniões sobre as minhas ideias em todas as etapas do trabalho. Para mim, ter ao meu lado um modelo de universitária e pesquisadora me ajudam muito a enfrentar os desafios da graduação.

Aos meus pais, agradeço pelo amor incondicional e por sempre acreditar no meu potencial enquanto estudante e profissional. E aos queridos amigos Heitor e Natália, que também sempre me deram apoio dentro e fora da graduação, obrigada pela valiosa amizade que tenho com vocês dois.

RESUMO

PEREIRA, C. R. **Distribuição espacial e temporal dos sinistros de trânsito no município de São Paulo antes e durante a pandemia de Covid-19**. 2023. Trabalho de Graduação Individual em Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Altos gastos com custos hospitalares, danos à propriedade e perda de produção, além de perdas humanas, foram provocados por cerca de 81 mil sinistros de trânsito, que ocorreram no município de São Paulo entre março de 2019 e fevereiro de 2021. Com as restrições de mobilidade, provocadas pela pandemia de Covid-19, o fluxo viário, e consequentemente os padrões de ocorrência dos sinistros, sofreram alterações nunca vistas antes. A pesquisa realizou análises espaciais e temporais dos sinistros que ocorreram um ano antes da pandemia e durante o primeiro ano da pandemia, no município de São Paulo. Os padrões espaciais foram analisados através de mapas que apresentaram a Estimativa de Densidade de Kernel de Rede (EDKR) dos sinistros nos logradouros do município; e os padrões temporais foram mostrados por meio de gráficos e tabelas. Constatou-se que: 1) a ocorrência de sinistros foi inversamente proporcional à adesão ao isolamento, e foi mais comum nos horários de pico; 2) os sinistros que ocorreram nos finais de semana ou nas madrugadas foram os que apresentaram as maiores proporções de vítimas graves e fatais; 3) no total os sinistros diminuíram durante a pandemia, mas essa alteração variou significativamente segundo o tipo de veículo envolvido, visto que os sinistros que envolveram bicicletas aumentaram; 4) os sinistros com pedestres estão mais concentrados na zona central do município, enquanto que os demais estão mais dispersos, e as densidades mais altas aconteceram na Av. Marginal Pinheiros e na Rodovia Fernão Dias.

Palavras-chaves: Sinistros. Estimativa de Densidade de Kernel de Rede. Análise espacial. Análise temporal. Pandemia. São Paulo.

ABSTRACT

PEREIRA, C. R. **Spatial and temporal distribution of crashes in the municipality of São Paulo before and during the Covid-19 pandemic.** 2023. Trabalho de Graduação Individual em Geografia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

High expenses with hospital costs, damage to property and production loss, in addition to human losses were caused by approximately 81 thousand crashes, which occurred in the municipality of São Paulo between march 2019 and february 2021. Along with the mobility restrictions caused by the Covid-19 pandemic, the road flow, as well as the occurring pattern of crashes underwent changes never seen before. The research has made spatial and temporal analyses of the crashes that occurred one year before the pandemic and during the first year of the pandemic, in the municipality of São Paulo. The spatial patterns were analyzed through maps that showed the Network Kernel Density Estimation (NKDE) of the crashes on the roads; and the temporal patterns were shown through graphs and tables. It was found that: 1) the occurrence of crashes were inversely proportional to the adherence to social isolation, and were more common during rush hours; 2) crashes that happened on the weekends or during the dawn have a higher proportion of serious and fatal victims; 3) the amount of crashes generally decreased during the pandemic, but this change varied significantly according to the type of vehicle involved in the crash, as accidents involving bicycles increased; 4) the crashes involving pedestrians are more concentrated at the central area of the municipality, while the other crashes are more dispersed, and the highest densities are on Marginal Pinheiros Avenue and Fernão Dias Highway.

Key-words: Crashes. Network Kernel Density Estimation. Spatial analysis. Temporal Analysis. Pandemic. São Paulo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estimador de intensidade de distribuição de pontos	16
Figura 2 - Gráfico de rede	21
Figura 3 – Fluxograma dos procedimentos	21
Figura 4 - Média diária de sinistros (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	28
Figura 5 - Número de sinistros por dia (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	29
Figura 6 - Média de sinistros na pandemia vs. adesão ao isolamento (entre março de 2020 e fevereiro de 2021)	30
Figura 7 - Ocorrência de sinistros por período do dia (entre março de 2019 e fevereiro de 2021) ..	31
Figura 8 - Ocorrência de sinistros por hora (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	32
Figura 9 - Ocorrência de sinistros por dia da semana (entre março de 2019 e fevereiro de 2021) ..	36
Figura 10 - Sinistros graves e fatais por dia da semana (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)..	37
Figura 11 - Sinistros da madrugada por dia da semana (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)..	38
Figura 12 - Composição dos fluxos veiculares	43
Figura 13 - Multas registradas em 2019 e em 2020	44
Figura 14 - Proporção de sinistros por período do dia (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)..	45
Figura 15 - Proporção de sinistros por dia da semana (entre março de 2019 e fevereiro de 2021) ..	46
Figura 16 - Número de sinistros com bicicletas (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	48

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Variação no tipo de função e raio	15
Mapa 2 - Comparação entre EDK planar e EDK de rede	18
Mapa 3 - Área de estudo	27
Mapa 4 - Densidade dos sinistros	30
Mapa 5 - Densidade de sinistros por período do dia no município (entre março de 2019 e fevereiro de 2021).....	34
Mapa 6 - Densidade de sinistros por período do dia (entre março de 2019 e fevereiro de 2021).....	35
Mapa 7 - Densidade dos sinistros graves e fatais no município (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	39
Mapa 8 - Densidade dos sinistros graves e fatais (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	40
Mapa 9 - Densidade de sinistros por tipo de veículo (entre março de 2019 e fevereiro de 2021).....	49
Mapa 10 - Densidade de sinistros com automóveis ou motocicletas (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	50
Mapa 11 - Densidade de sinistros com pedestres ou ônibus (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	51
Mapa 12 - Densidade de sinistros com bicicletas ou caminhões (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem de vítimas por gravidade e período do dia	32
Tabela 2 - Sinistros por dia da semana	37
Tabela 3 - Número de sinistros no município de São Paulo antes e durante a pandemia	41
Tabela 4 - Alteração na proporção de sinistros por período do dia durante a pandemia	45
Tabela 5 - Alteração na proporção de sinistros por dia da semana durante a pandemia	46
Tabela 6 - Proporção de sinistros graves e fatais por tipo de veículo envolvido	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABR	Associação Brasileira de Recursos em Telecomunicações
CEM	Centro de Estudos da Metrópole
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
DSV	Departamento de Operação do Sistema Viário
EDK	Estimativa de Densidade de Kernel
EDKP	Estimativa de Densidade de Kernel Planar
EDKR	Estimativa de Densidade de Kernel de Rede
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
OMS	Organização Mundial da Saúde
PNATRANS	Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito
QGIS	Quantum Geographic Information System
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SANET	Spatial Analysis along Networks
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIMI-SP	Sistema de Monitoramento Inteligente do Governo de São Paulo
UTM	Universal Transversa de Mercator
ZMRC	Zonas de Máxima Restrição de Circulação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 ANÁLISE ESPACIAL E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	12
3.1.1 Estimativa de Densidade de Kernel Planar.....	13
3.1.2 Estimativa de Densidade de Kernel de Rede.....	16
3.2 ANÁLISE TEMPORAL E ESPAÇO-TEMPORAL.....	18
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	20
5. METODOLOGIA.....	23
5.1 DADOS	23
5.2 PROCEDIMENTOS.....	24
5.2.1 Tratamento inicial dos dados.....	25
5.2.2 Elaboração de gráficos e mapas.....	25
5.3 ÁREA DE ESTUDO	26
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
6.1 PERÍODO DO DIA E HORA	31
6.2 DIA DA SEMANA	36
6.3 TIPO DE VEÍCULO	40
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1. INTRODUÇÃO

Os sinistros de trânsito são definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10697 (2020, p. 1) como:

Todo evento que resulte em dano ao veículo ou à sua carga e/ou em lesões a pessoas e/ou animais, e que possa trazer dano material ou prejuízos ao trânsito, à via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em áreas abertas ao público.

Os fatores que contribuem para a ocorrência de sinistros podem estar associados ao comportamento do homem; às condições operativas do veículo; ou à via e ao meio ambiente e ambiente construído (GOLD; 1998). Um estudo que utilizou dados de sinistros com vítimas nas rodovias brasileiras entre os anos de 2007 e 2016 revelou que, dos registros com causa conhecida, os principais motivos foram: falta de atenção (43,7%), velocidade incompatível (14,2%) e ingestão de álcool (8,1%) (ANDRADE; ANTUNES, 2020).

Em 2020, os sinistros provocaram em média 2,2 óbitos por dia no município de São Paulo, sendo 0,94 óbitos diários de motociclistas e 0,86 de pedestres (CET, 2021). Além das irreparáveis perdas humanas, o impacto dos sinistros também pode ser contabilizado através da estimativa dos gastos que ele gera. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2020), somando os custos hospitalares, danos aos veículos, perda de produção, custos institucionais e danos à propriedade, estima-se que, em 2014, os custos dos sinistros tenha alcançado R\$12,8 bilhões nas rodovias federais, e esteja entre R\$9,9 e R\$12,9 bilhões para os que ocorreram em aglomerados urbanos. Em média, nas rodovias federais, cada sinistro custou R\$261.689,00, e, caso envolva fatalidade, esse valor sobe para R\$664.821,00.

A segurança viária é resultado da interação de diversos fatores, como a legislação de trânsito, a infraestrutura, os motoristas e os pedestres, sendo assim, a sua garantia é de responsabilidade de todos os envolvidos nesse sistema dinâmico (RIZZON; CORRÊA, 2021).

A palavra sinistro abrange uma variedade de possibilidades, sem definir a ocorrência como acidental ou intencional, enquanto que “acidente de trânsito” se refere a um evento necessariamente acidental (STEWART; LORD, 2002). Por isso, a palavra acidente não é suficientemente abrangente para representar a variedade dos eventos em questão, especialmente quando uma parcela considerável dos sinistros com causa conhecida tem como procedência o fator humano.

Esta pesquisa utiliza o termo sinistro de trânsito, e não “acidente de trânsito”, pois o termo acidente deixa implícito que esses eventos não podem ser previstos e evitados, e que não há quem responsabilizar pelo seu acontecimento; o que está em desacordo com os estudos sobre

o tema. A substituição do termo acidente por sinistro foi sugerida no Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS), e também é uma reivindicação de especialistas em segurança viária de outros países (RIZZON; CORRÊA, 2021).

As alterações na mobilidade urbana, causadas pela pandemia de Covid-19, também impactaram na ocorrência de sinistros na cidade de São Paulo. Conforme dados do Portal Infosiga SP, entre março de 2020 e fevereiro de 2022 houve uma queda de 14,67% no número total de sinistros registrados por boletins de ocorrência no município de São Paulo, com relação aos dados coletados entre março de 2019 e fevereiro de 2020.

Entender o comportamento dos sinistros tem como utilidade prática auxiliar na identificação de suas causas e fundamentar medidas de prevenção. Por exemplo, concentrar a fiscalização nos horários e locais em que os sinistros são mais frequentes, investir em ações para o melhoramento da infraestrutura viária nessas áreas e direcionar ações de conscientização personalizadas para o perfil dos grupos mais afetados pode otimizar a alocação de recursos para prevenir os sinistros e evitar perdas humanas e prejuízos financeiros.

2. OBJETIVOS

Identificar os padrões espaciais e temporais dos sinistros no município de São Paulo nos períodos antes da pandemia, entre março de 2019 e fevereiro de 2020; e durante a pandemia, entre março de 2020 e fevereiro de 2021.

Os objetivos específicos são:

- Identificar a distribuição espacial dos sinistros por meio da Estimativa de Densidade de Kernel de rede;
- Representar a variação temporal dos sinistros através de gráficos e tabelas;
- Comparar os resultados dos períodos antes e durante a pandemia.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ANÁLISE ESPACIAL E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Existe uma série de fenômenos que ocorrem no espaço e podem ser melhor compreendidos através da análise espacial, por exemplo, a associação entre a localização de óbitos causados por uma determinada doença e a localização de bombas de distribuição de água;

ou então a definição do local mais adequado ao plantio de uma cultura, com base nas características geomorfológicas, de solo e vegetação de certa região. A análise espacial de dados geográficos, cujo objetivo é “mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita” (CÂMARA; MONTEIRO; DRUCK; CARVALHO, 2004, p. 2) pode explicar esses processos que se expressam espacialmente.

Assim como o mapa, as geotecnologias podem ser utilizadas pelos geógrafos enquanto um instrumento de compreensão do espaço. O Sistema de Informações Geográficas (SIG), é “um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido” (FITZ, 2008, p. 23).

A análise espacial, realizada por meio dos SIGs, possibilita o entendimento de fenômenos geográficos, necessário para o planejamento de ações para solucionar problemas. Para o melhor aproveitamento das possibilidades oferecidas pelo SIG, o uso desse tipo de tecnologia deve ser feito por profissionais que possuem conhecimento sobre o espaço analisado. A utilização dos SIGs, em diversas áreas do conhecimento, tem se tornado mais popular em razão do desenvolvimento tecnológico, e da maior disponibilidade de SIGs de baixo custo e de bases de dados georreferenciados (CÂMARA; MONTEIRO; DRUCK; CARVALHO, 2004).

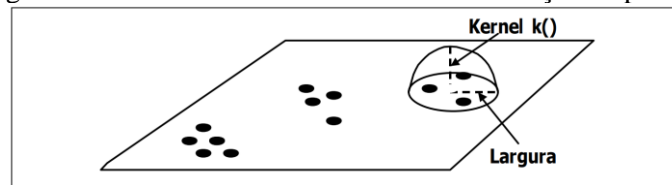
Algumas das funções de análise geográfica dos dados que estão disponíveis nos SIGs incluem a sobreposição, a reclassificação, a vizinhança e contextualização de dados geográficos, que podem estar no formato vetorial ou matricial (*raster*) (FITZ, 2008).

A análise espacial pode ser realizada em dados de diferentes tipos: em eventos ou padrões pontuais, no caso de fenômenos expressos através de pontos dispersos no espaço, como é o caso do objeto estudado nesta pesquisa; nas superfícies contínuas, que é, por exemplo, o produto resultante da Estimativa de Densidade de Kernel Planar (EDKP); e nas áreas com contagens e taxas agregadas, que são, por exemplo, áreas que possuem dados censitários associados à elas (CÂMARA; MONTEIRO; DRUCK; CARVALHO, 2004). Há também a análise de redes, que são um sistema formado por linhas, outro elemento geográfico de representação do espaço, que estão interligadas. É utilizada para a análise de fenômenos localizados em vias, por exemplo (ROSA, 2011).

3.1.1 Estimativa de Densidade de Kernel Planar

A Estimativa de Densidade de Kernel Planar (EDKP), também chamada apenas Estimativa de Densidade de Kernel, é um módulo presente no SIG que aplica uma função bi-dimensional sobre dados pontuais. Os pontos indicam a localização no qual os sinistros foram registrados e a função gera uma superfície contínua capaz de representar a intensidade desses pontos no espaço e facilitar o reconhecimento de áreas de alta densidade (*hotspots*). Os principais parâmetros da estimativa são: a largura de banda, e a função de Kernel (k), representados na Figura 1 (CÂMARA; CARVALHO, 2004).

Figura 1 - Estimador de intensidade de distribuição de pontos.



Fonte: Câmara, Carvalho (2004).

A EDKP é aplicada em uma área circular que passa pelo espaço em que os pontos estão distribuídos, calculando a densidade com base no valor da soma dos eventos que estão sob essa área e com base na função escolhida. Além desses componentes, a estimativa utiliza a distância entre a posição central da área em que a função está sendo aplicada e cada um dos pontos dentro dessa área. Conforme citado em Yu; Ai; Shao (2015), a EDKP pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$f(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{h^2} K\left(\frac{s - c_i}{h}\right)$$

Onde: “o $f(s)$ representa a densidade na localização s ; o n , é o número de eventos em questão, o h é a largura de banda, [...] $s - c_i$ é a distância entre um evento c_i e a localização s , e k é a função de kernel”.

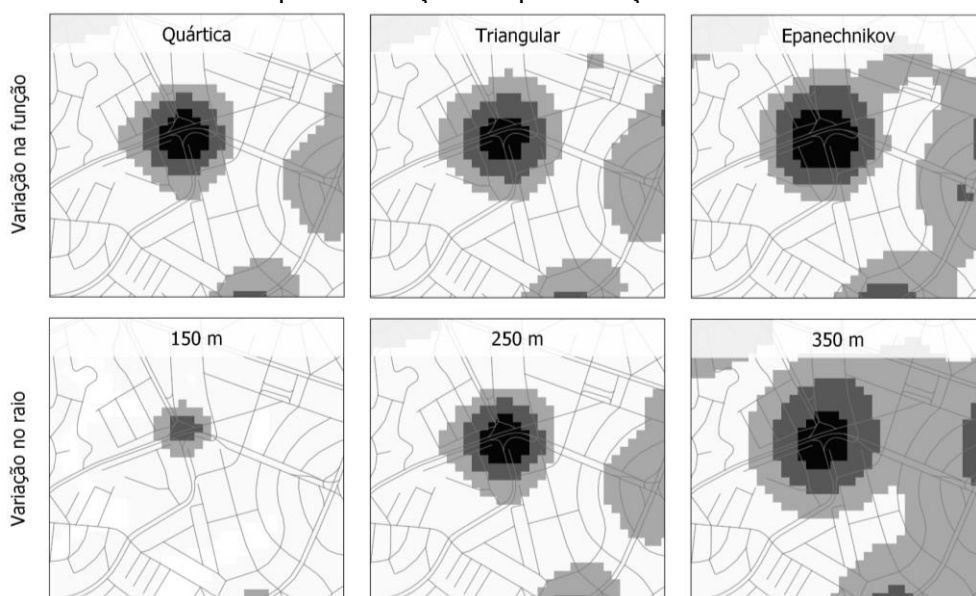
A variação da largura, ou raio de banda, que define o espalhamento da função, produz grandes variações no resultado da estimativa, representadas no Mapa 1. Quanto maior ela for, mais suavizada será a densidade. Assim, a escolha da largura depende da escala utilizada.

A função de kernel (k) define o peso de cada ponto dentro do raio de banda. Através da função escolhida, a posição de um evento em relação à sua distribuição dentro da área em que a densidade é calculada é levada em consideração. Nessa função, há o “efeito de decaimento da distância”, ou seja, quanto mais distante um ponto estiver do centro da área em que a função está aplicada, menor será o seu peso (XIE; YAN, 2008).

Considera-se que essa função expressa a primeira lei da Geografia (lei de Tobler), pois define que os elementos que estão mais próximos no espaço têm maior influência do que os que

estão mais distantes (YU; AI; SHAO, 2015). Existem diferentes tipos de função de kernel: a Normal (ou Gaussiana), Quártica, Exponencial (Negativa), Triangular, Uniforme ou Epanechnikov; mas as duas primeiras são mais usuais. No entanto, existe um consenso de que a escolha da função de kernel apresenta poucas variações no resultado, diferente da escolha do raio de banda (SMITH; GOODCHILD; LONGLEY, 2013; XIE; YAN, 2008). Na EDKP, também é possível aplicar pesos aos dados pontuais, segundo outros critérios, além da ponderação feita pela função.

Mapa 1 - Variação no tipo de função e raio



Fonte: Elaboração própria (2023).

Além do tamanho do raio e da função utilizada, outro parâmetro que possui grande influência no resultado gerado pela estimativa, apesar de ser pouco discutido pelos pesquisadores, é a classificação escolhida para dividir a densidade calculada. O número de classes utilizado e o tipo de classificação normalmente são definidos pelos pesquisadores através de critérios subjetivos. Os três tipos de classificação mais utilizados, dentre os disponibilizados pela maioria dos SIGs são quartil, intervalo igual e quebra natural (MILIĆ *et al.*, 2019), definidos da seguinte forma (QGIS Project, 2023):

- Quantil, no qual cada classe tem aproximadamente o mesmo número de eventos;
- Intervalo igual, onde o intervalo entre as classes é sempre o mesmo;
- Quebra natural (Jenks), que maximiza a variação entre as classes, e minimiza a variação dentro de cada classe).

O artigo *The Influence of Data Classification Methods on Predictive Accuracy of Kernel Density Estimation Hotspot Maps*, revelou que, dentre os resultados obtidos com cinco diferentes métodos de classificação: os três métodos mais utilizados e dois métodos que

utilizam o valor médio das densidades calculadas; as classificações que proporcionaram à EDK maior precisão na sua capacidade de previsão são: a que utiliza o valor triplicado da média das densidades (*incremental mean 3+*) e a classificação de quebras naturais.

O tamanho dos picos de densidade gerados com as duas classificações foram considerados nem grandes ou pequenos demais, em termos de abrangência, satisfazendo os requisitos operacionais; e os resultados gerados com os cálculos de três métricas de acurácia preditiva (*Hit Rate, Predictive Accuracy Index and Predictive Accuracy Index*) foram considerados satisfatórios para ambas as classificações (MILIĆ *et al.*, 2019). A classificação de quebras naturais é utilizada nesta pesquisa, por ser um método que já está inserido no SIG utilizado.

A Estimativa de Densidade de Kernel Planar é um dos métodos mais utilizados para a identificação de padrões pontuais, e comumente aplicada em dados de sinistros. Contudo, esse método apresenta limitações quando utilizado para a análise de eventos que estão restritos às vias, pois ele se baseia em um espaço euclidiano e homogêneo de duas dimensões, mas os eventos em questão ocorrem em um espaço não homogêneo, restrito às redes, isto é, às vias. Por isso, a EDKP apresenta imprecisões quando aplicada a eventos restritos às redes (XIE; YAN, 2008).

Para a estimação de densidades em áreas urbanas, cuja configuração engloba obstáculos que restringem determinados eventos para a área das redes, a distância de rede (*network distance*) é mais adequada (YU; AI; SHAO, 2015). Apesar de haver inúmeros eventos que ocorrem diretamente ou paralelamente às vias, tais como a arborização de calçadas, o atropelamento de animais, e problemas na fiação de uma rede de energia elétrica; métodos estatísticos de análise de eventos pontuais em espaços de rede são recentes (OKABE; SATOH; SUGIHARA, 2008).

3.1.2 Estimativa de Densidade de Kernel de Rede

Uma das propostas metodológicas de EDK específica para eventos restritos à redes, a Estimativa de Densidade de Kernel de Rede (EDKR), pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$\lambda(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{r} k\left(\frac{d_{is}}{r}\right)$$

Na qual: “ $\lambda(s)$ significa a densidade na localização s . O r é a largura de banda. k é o peso de um ponto i na distância d_{is} em relação a localização s . O k , denominada função de Kernel, é a função da razão entre d_{is} e r ” (XIE; YAN, 2008, p. 397, tradução nossa).

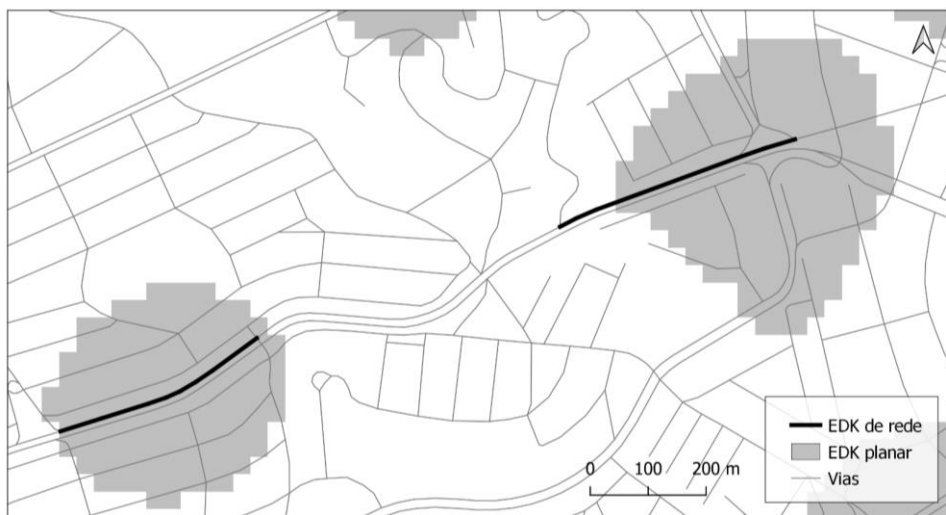
Neste método, calcula-se a densidade de eventos nos trechos das vias. É a principal diferença da EDKP, que calcula a densidade em áreas. A largura e a função de kernel se baseiam na distância de rede, que é calculada através da obtenção da distância mais curta na rede. Para executar o método em um espaço de rede, as vias da área estudada são transformadas em linhas, que são separadas pelas interseções. O trecho das vias, que estão entre duas interseções, é dividido em partes menores de tamanhos iguais, chamados de *lixels*. Os pontos mais próximos de um *lixel* são atribuídos a ele.

É calculada a menor distância entre os *lixels* e seus *lixels* vizinhos, dentro da largura de banda definida previamente. Em seguida, a EDKR é calculada utilizando o valor da distância obtida e o número de eventos contabilizados. Calcula-se a densidade de todos os *lixels* dentro do raio de banda, e o processo é repetido até que a densidade de toda a rede seja calculada (XIE; YAN, 2008).

Em comparação com a estimativa planar, a EDKR gera uma densidade apenas sobre áreas em que os eventos de fato ocorrem: nas vias. A EDKP, por outro lado, pode superestimar os valores de densidade para áreas em que não existem ocorrências de sinistros. Em alguns casos, pesquisadores tentaram resolver esse problema adicionando uma camada de máscara para manter visível apenas as vias e sobrepor as demais áreas, entretanto essa alternativa pode gerar resultados imprecisos (SMITH; GOODCHILD; LONGLEY, 2013).

Quando utilizada para analisar eventos que ocorrem em redes, a EDK planar apresenta densidades mais altas nas interseções, mesmo quando a quantidade de pontos nessas regiões é a mesma que em outras áreas (OKABE; SATOH; SUGIHARA, 2008). O método planar também não faz diferenciação de dados que estão espacialmente próximos, mas não podem ser agrupados, como os sinistros que ocorrem em duas vias paralelas, de direções opostas (MILIĆ *et al.*, 2020). A EDK de rede, entretanto, é capaz de fazer essa diferenciação, demonstrada no Mapa 2:

Mapa 2 - Comparação entre EDK planar e EDK de rede



Fonte: Elaboração própria (2023).

Entre as estimativas de rede e planar, a EDK de rede é o método mais recomendado para a análise de sinistros (KUO; ZENG; LORD, 2011), portanto, é o método utilizado nesta pesquisa.

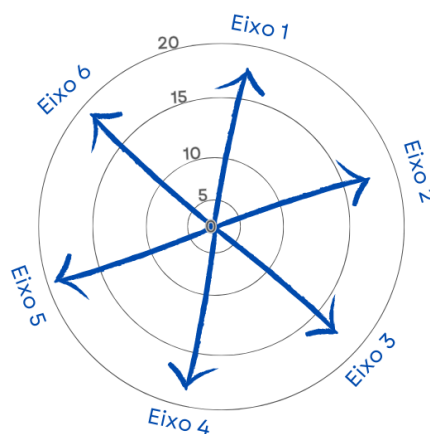
3.2 ANÁLISE TEMPORAL E ESPAÇO-TEMPORAL

A análise temporal, realizada através da análise dos dados separados em conjuntos de observações ordenados no tempo (diário, semanal, mensal, anual), ou séries temporais, possibilita a identificação de padrões não aleatórios no comportamento dos dados e a realização de previsões sobre esses padrões no futuro, o que pode conduzir à tomada de decisões (REIS, 2008).

Os dados de sinistros, quando analisados temporalmente, são majoritariamente analisados através de gráficos lineares e tabelas (PLUG; XIA; CAULFIELD, 2011). Por não apresentar interrupção na variação dos dados, o gráfico de radar apresenta uma visualização melhor dos dados para a identificação da duração de *hotspots* temporais (momentos com alta frequência de sinistros), em comparação com a visualização proporcionada por tabelas e gráficos (KUO; ZENG; LORD, 2011).

O gráfico de radar, polar, ou diagrama Kiviat, permite a visualização e comparação simultânea de três ou mais fatores entre si, conforme ilustra a Figura 2. Ele apresenta eixos que partem de um ponto central, onde os valores de cada eixo são menores. É possível utilizá-lo para visualizar dados dentro de intervalos temporais contínuos, pois a sua forma permite que os dados sejam representados dentro de uma representação circular do tempo.

Figura 2 - Gráfico de rede



Fonte: Elaboração própria (2023).

Diferentemente do gráfico linear, em que o tempo está ordenado entre dois limites, no gráfico de radar o tempo é circular, o que implica repetição (DIAS; CÂMARA; DAVIS, 2005). Utilizando como eixos os eventos recorrentes no tempo, como dias da semana, estações do ano ou períodos do dia, por exemplo, é possível visualizar a frequência de eventos ao longo do tempo, em intervalos contínuos.

A análise espaço-temporal é feita através de uma série de mapas em intervalos de tempo sequenciais. Essa técnica tem como base a técnica *comap*, que demonstra, na mesma visualização, a alteração dos padrões no espaço e no tempo. O *comap* foi desenvolvido a partir da técnica de *co-plot*, utilizada para examinar a relação entre duas variáveis, (as coordenadas X e Y dos sinistros, nesse caso) que estão condicionadas por uma terceira variável, o tempo (CORCORAN *et al.*, 2008).

Na técnica *comap*, a dimensão temporal é dividida em intervalos sequenciais, como horas do dia ou dias da semana, e a distribuição espacial da densidade dos sinistros nesses intervalos de tempo é representada em uma sequência de mapas (PLUG; XIA; CAULFIELD, 2011). A separação dos dados em intervalos temporais deve seguir duas regras principais: é necessário que haja alguma sobreposição dos conjuntos de dados adjacentes; e cada conjunto deve conter aproximadamente o mesmo número de observações. Seguindo as duas regras, o resultado do *comap* mostraria apenas a variação na distribuição espacial dos sinistros, sem considerar a variação no número de ocorrências por intervalo.

Os objetivos desta pesquisa incluem a comparação entre os períodos, incluindo o número de observações em cada intervalo de tempo, por isso, a técnica de análise espaço-temporal utilizada faz a separação dos dados em séries temporais que podem ter diferentes números de ocorrências, e não faz sobreposição dos dados, de modo a melhor adequar a técnica à proposta da pesquisa. Além disso, como no *comap* os intervalos devem seguir as duas regras

citadas, e os conjuntos de dados dos períodos Antes e Durante a pandemia são diferentes, dificilmente os intervalos de tempo gerados seriam exatamente iguais para os dois períodos, impossibilitando a sua comparação.

4. REVISÃO DA LITERATURA

Os sinistros são eventos que podem ser expressos por pontos, e por isso, a sua visualização pode ser realizada por uma série de técnicas de análise de padrões pontuais, como o diagrama de Voronoi, a Estimativa de Densidade de Kernel (EDK) e a Função K. Dentre elas, a Estimativa de Densidade de Kernel é a mais utilizada para a representação desse tipo de evento espacial (ÖZCAN; KÜÇÜKÖNDER, 2020). Além da distribuição espacial, diversos autores buscaram demonstrar também a presença de padrões temporais dos sinistros.

Özcan; Küçükönder (2020) realizaram uma pesquisa com dados de sinistros, de 2008 a 2015 de uma cidade da Turquia, para identificar as mudanças espaço-temporais das áreas com alta densidade de sinistros. Para isso, foi utilizado o método de *hotspot* para ponderar cada ocorrência, e a densidade de sinistros foi obtida por meio do EDK. Além de uma série de mapas de densidade de Kernel para cada ano do período estudado, os autores desenvolveram um mapa que representa a diferença entre os dados de sinistros de 2008 e de 2015, no qual as áreas em que houve aumento ou queda de ocorrências podem ser identificadas.

Há também pesquisas que utilizam outros métodos para atribuir pesos aos sinistros. Em um artigo de 2020, por exemplo, utilizou-se um índice de severidade, para indicar um valor para cada ocorrência com base na gravidade das vítimas envolvidas no sinistro. Dessa forma, os sinistros que geraram fatalidades tiveram maior peso que os sinistros que resultaram em vítimas com ferimentos leves, por exemplo (LE; LIU; LIN, 2020). Os autores analisaram dados de 2015 a 2017, com recortes por estação do ano, e por períodos do dia, e compararam os mapas gerados com e sem o índice. Concluíram que os mapas são semelhantes, mas os que foram gerados com a ponderação possuem resultados mais precisos.

No artigo de 2008, *Kernel Density Estimation of traffic accidents in a network space*, Xie e Yan (2008) desenvolveram uma abordagem da EDK para estimar a densidade de sinistros, ou outros eventos pontuais, apenas no espaço das vias. Os autores aplicaram o método em dados de sinistros em Kentucky e geraram mapas com a finalidade de comparar os resultados obtidos com a EDK, e a EDK de rede; além de comparar variações em outros parâmetros do método, como a função de Kernel e tamanho do raio de banda. Os resultados mostraram que as duas funções comparadas, Gaussiana e Quártica, apresentaram pouca variação, e a variação no

tamanho do raio trouxe maiores diferenças nos resultados: notou-se que quanto maior o raio, menor é o nível de detalhe e as vias ficam mais homogeneizadas.

Além disso, nos mapas da EDK de rede, a densidade está apenas sobre as vias, enquanto que nos mapas gerados com a EDK planar, a densidade está sobre toda a área do mapa, indicando que a estimativa planar pode ter a tendência de superestimar os valores de densidade, em comparação com a EDK de rede (XIE; YAN, 2008).

Resultados semelhantes foram obtidos em uma pesquisa de 2020 que comparou os mapas obtidos com a EDK planar e a EDK de rede aplicadas a dados de crimes. Notou-se que a EDK planar ocupa uma área maior que a EDK de rede, incluindo áreas em que os sinistros não ocorrem (fora das vias), e que a EDK de rede é capaz de diferenciar pontos de alta densidade (*hotspots*) que se localizam em vias paralelas que estão próximas, diferente do método planar, que apresenta um *hotspots* para as duas vias. Por isso, a EDK planar tende a apresentar densidades muito altas nas intersecções. A precisão nos resultados, fornecida pela EDK de rede, é fundamental para a identificação e elaboração de estratégias para diminuir a ocorrência dos eventos nas áreas de alta concentração (MILIĆ, *et al.*, 2020).

Portanto, entre as estimativas de rede e planar, a EDK de rede é o método mais recomendado para a análise de sinistros (KUO; ZENG; LORD, 2011), porém, o método apresentado por Xie e Yan (2008) não apresenta comprovações de que os seus resultados gerados não são tendenciosos, um problema recorrente quando se aplica a EDK para eventos de rede. Outros pesquisadores desenvolveram um método distinto de EDK de rede e comprovaram que ele não é enviesado. Seu funcionamento está detalhado no artigo denominado *A kernel density estimation method for networks its computational method and a GIS based tool* (OKABE; SATOH; SUGIHARA, 2008).

Visando desenvolver um método mais eficiente que a EDK planar, Okabe, Satoh e Sugihara (2008) desenvolveram três métodos e compararam os seus resultados. Primeiro, os autores fizeram uma alteração na estimativa de kernel para torná-la aplicável em uma rede, e concluíram que ela era enviesada, pois tendia a representar uma maior densidade nas intersecções da rede, mesmo quando havia uma distribuição uniforme de pontos.

Em seguida, os referidos autores formularam duas funções de kernel - uma descontínua e uma contínua - e comprovaram matematicamente que elas não superestimam a densidade nas intersecções, sejam elas formadas por duas ou mais linhas, logo, não estariam enviesadas. Para tornar as funções aplicáveis para profissionais menos familiarizados com as etapas matemáticas descritas, os autores também desenvolveram uma ferramenta (plugin) para o SIG.

Observaram que a função descontínua, ou *equal-split kernel function*, apresenta uma variação drástica de valores nas interseções, enquanto que a variação contínua (*equal-split continuous function*) apresenta uma variação mais suave. O método desenvolvido foi aplicado em dados de sinistros ocorridos em Kashiwa, no Japão, e com a comparação dos resultados, concluíram que a função descontínua mostra as densidades com maior concentração do que a função contínua. E, que a última consome mais tempo de processamento para ser executada e possui maior complexidade computacional. Por fim, recomendaram a utilização da função descontínua para a análise espacial em redes que possuem elevado número de intersecções (OKABE; SATOH; SUGIHARA, 2009).

Considerando que existe uma tendência para os sinistros formarem aglomerados espaciais e temporais (PLUG; XIA; CAULFIELD, 2011), as pesquisas mencionadas previamente analisaram temporalmente a frequência dos eventos através de recortes por períodos de tempo na base de dados (por ano, estações do ano, período do dia).

Há também pesquisas que utilizaram métodos que unem a análise espacial e temporal no mesmo mapa, é o caso do artigo *Visualising Crime Clusters in a Space-time Cube*, em que os autores adicionaram o componente temporal à representação do objeto de estudo através de técnicas de visualização 3D. No espaço 3D, o plano geográfico é representado através de duas dimensões horizontais, e o tempo é representado por uma dimensão vertical (NAKAYA; YANO, 2010). Apesar de tratarem de um fenômeno diferente, o artigo lida com um fenômeno expresso por um padrão de pontos, que pode, assim como os sinistros deste trabalho, ser representado por técnicas como a EDK.

Romano e Jiang (2017) também desenvolveram um método de análise espaço-temporal com a EDK, em sua variação restrita aos espaços de redes. No método, denominado *Spatial-Temporal Network Kernel Density Estimation* (STNKDE), a variação temporal é expressa no mapa na forma de camadas, nas quais a mais recente está por cima e, a que está embaixo representa um intervalo de tempo mais antigo.

A execução do STNKDE apresenta a densidade dos eventos nas vias na forma de camadas de três dimensões empilhadas. Cada camada representa um intervalo de tempo determinado, que pode ser de horas, dias, meses, ou outros, a depender da finalidade da pesquisa. Os autores aplicaram o método com um recorte anual em dados de sinistros registrados entre 2012 e 2017, que ocorreram em uma área da cidade de Nova Iorque. Como resultado, obtiveram um mapa em que é possível visualizar a densidade de sinistros nas vias com a separação por ano, de 2012 até 2017, no qual cada camada sobreposta representa a densidade de sinistros nesse trecho de via, em cada ano.

Além dessa alternativa, também houve pesquisas que utilizaram o método *comap*, uma sequência de mapas que demonstra “momentos” ordenados do evento estudado, juntamente com o gráfico de radar, para representar a frequência de ocorrências no tempo em diferentes escalas.

O resultado obtido com esse tipo de metodologia permite relacionar os padrões espaciais do objeto estudado com o seu comportamento ao longo do tempo. No artigo *Spatial and temporal visualisation techniques for crash analysis*, notou-se, por exemplo, que sinistros que ocorrem à noite e aos fins de semana estão concentrados em regiões com forte presença de restaurantes, bares, eventos culturais, etc. E que os atropelamentos são mais frequentes nos horários e locais em que há maior circulação de pessoas. Esse tipo de informação é importante para entender os motivos das ocorrências, e assim, embasar ações preventivas (PLUG; XIA; CAULFIELD, 2011).

Resultados semelhantes foram obtidos no artigo *Guidelines for choosing hot-spot analysis tools based on data characteristics, network restrictions, and time distributions*, em que foi realizada uma comparação entre diferentes métodos de análise de pontos: a Getis-Ord(GI*) e a KDE (Kernel Density Estimation), utilizando dados de colisão no trânsito e dados de crimes. Também utilizaram gráficos de radar e a técnica *comap* para analisar os padrões espaço-temporais dos eventos. Através de uma análise espacial e temporal, foi possível perceber padrões nas ocorrências de colisões: notou-se que, durante o dia, os sinistros ocorrem com maior frequência entre as 16h e 18h nas vias com maior fluxo de tráfego; e durante a noite, ocorrem em torno das 2h, em ruas próximas de bares (KUO; ZENG; LORD, 2011).

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi escolhida e adaptada com base no trabalho realizado por diversos pesquisadores que analisaram espacial e temporalmente dados pontuais, em especial de sinistros, através da EDK.

5. METODOLOGIA

Nesta pesquisa foram utilizadas técnicas de análise temporal, por meio de gráficos e tabelas, análise espacial, com a EDK de rede, desenvolvida por Okabe, Satoh e Sugihara; e análise espaço-temporal, através da sequência de mapas para analisar os sinistros.

5.1 DADOS

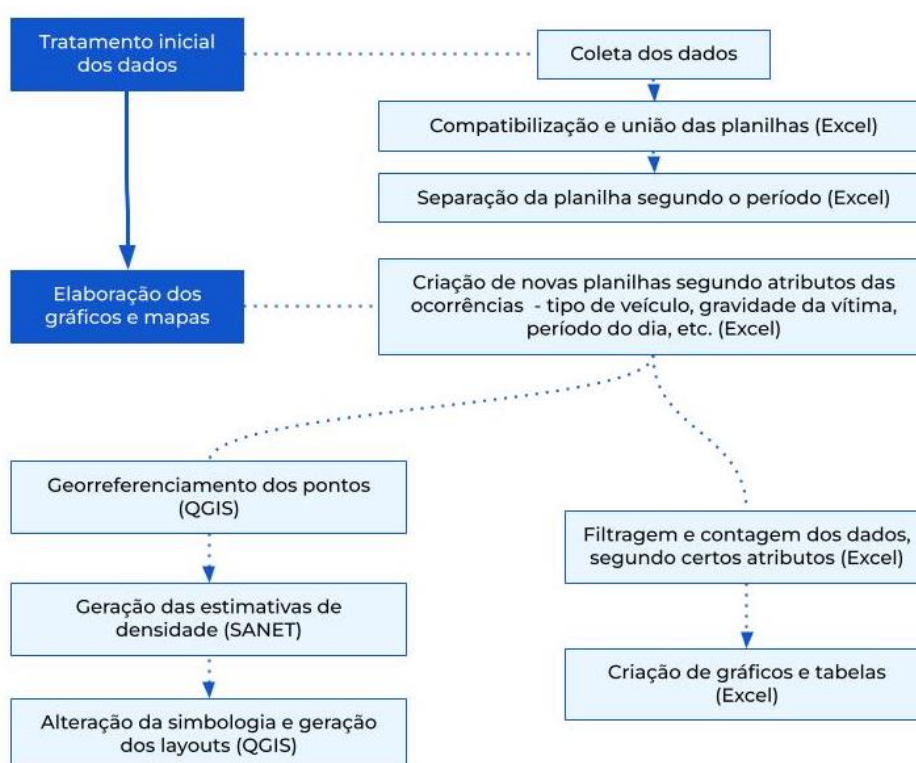
As análises espaciais foram realizadas no SIG denominado Quantum Geographic Information System (QGIS); e no software Spatial Analysis along Networks 4.1 (SANET). A principal fonte dos dados é o sistema Infosiga SP, ou Sistema de Informações Gerenciais de Acidentes de Trânsito do Estado de São Paulo (<http://www.infosiga.sp.gov.br/>). Também é utilizada a base cartográfica digital georreferenciada de logradouros do município de São Paulo, obtida no Centro de Estudos da Metrópole (CEM), e dados sobre a adesão ao isolamento social do Sistema de Informações e Monitoramento Inteligente (SIMI-SP).

Os dados do SIMI-SP foram obtidos através de acordo com operadores de telefonia (Vivo, Claro, TIM e Oi), por meio da ABR (Associação Brasileira de Recursos em Telecomunicações) e do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). O índice foi elaborado com os dados georreferenciados de antenas de celulares, e considera-se que um usuário tenha aderido ao isolamento no dia em que ele permanecer dentro de um raio de 200 metros do ponto em que esteve durante a noite, onde estima-se que ele tenha dormido.

5.2 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos da pesquisa estão divididos em duas etapas: o tratamento inicial dos dados, e a elaboração de gráficos e mapas, e estão ilustrados no fluxograma da figura 3:

Figura 3 - Fluxograma dos procedimentos



Fonte: Elaboração própria (2023).

5.2.1 Tratamento inicial dos dados

Na primeira etapa foram coletados os dados de sinistros da plataforma Infosiga SP, criada como parte do programa Movimento Paulista de Segurança no Trânsito, que tem como objetivo a redução de mortes causadas por sinistros em São Paulo. O Infosiga SP reúne dados de sinistros de todo estado, de boletins de ocorrências da Polícia Civil, Polícia Militar e da Polícia Rodoviária Federal (CARNEIRO; BATTISTELLA, 2019). Os dados incluem a data, horário, localização, tipo do sinistro, condições climáticas e outras informações sobre as ocorrências, e é atualizada mensalmente.

Além do download das tabelas completas, o portal permite a visualização de parte dos dados na forma de gráficos e tabelas. As planilhas de sinistros não fatais e fatais foram utilizadas. A pesquisa foi realizada com dados de sinistros que ocorreram no município de São Paulo entre março de 2019 e fevereiro de 2021, completando o período de um ano antes do início da pandemia de Covid-19 no Brasil (em 11 de março de 2020), e um ano depois desse início. Para simplificar a análise dos dados, considerou-se que o período durante a pandemia se iniciou no primeiro dia de março de 2020.

Apesar de possuírem informações semelhantes sobre as ocorrências, os campos das duas tabelas possuem diferenças: dos 58 campos, no total das duas tabelas, 33 são iguais. E em alguns casos, a mesma informação está organizada de forma diferente nas duas tabelas. O tipo de veículo envolvido em sinistros fatais, por exemplo, é informado por uma única coluna que contém apenas um tipo de veículo; na tabela de sinistros não fatais, há 6 colunas para descrever essa informação, uma para cada tipo (automóvel, motocicleta, caminhão, ônibus, bicicleta e pedestre), e a quantidade de cada tipo de veículo envolvido no sinistro é informada.

Para executar a função EDK, é preciso que os dados estejam todos contidos em uma mesma tabela, e, em razão de algumas inconsistências entre as tabelas, as seguintes alterações foram feitas: adaptação da planilha de sinistros fatais, de modo que o veículo envolvido no sinistro seja informado em seis campos, e os campos que estão presentes apenas na planilha de sinistros não fatais foram inseridos na planilha de sinistros fatais. Alteração idêntica foi feita na planilha de sinistros não fatais; dessa forma, foi possível unir todos os dados em uma única planilha.

5.2.2 Elaboração de gráficos e mapas

Os dados foram filtrados e apenas os que se enquadraram no período e área de estudo foram utilizados. Foram criadas planilhas com outros recortes: todos os sinistros antes da pandemia, durante a pandemia, planilhas para cada tipo de veículo envolvido no sinistro, e para vítimas de cada categoria de gravidade, e outras.

A partir das planilhas obtidas, foi possível separar os dados necessários para a criação de gráficos, no *software* Excel, que demonstrem a evolução temporal dos sinistros. Os dados das planilhas foram filtrados e as informações específicas para cada gráfico foram contabilizadas e armazenadas em outra tabela.

A análise temporal dos dados de sinistros é realizada através da análise de conjuntos dos dados separados em categorias, ordenados no tempo. As categorias nas quais os dados foram separados são: hora, período do dia (manhã, tarde, noite e madrugada), dia da semana e mês. Além disso, também foram feitas análises com recortes com base na característica dos sinistros, como tipo de veículo envolvido e a gravidade da vítima envolvida no sinistro.

No *software* QGIS versão 3.22.06, os dados de cada uma das tabelas foram georreferenciados e reprojetados para a projeção UTM zona 23 Sul. No SANET, os dados foram processados pela ferramenta *Kernel Density Estimation*, que calculou a densidade de sinistros nas vias. No QGIS, os valores de densidade de cada trecho das vias foram divididos em cinco classes com o método de quebras naturais e o layout dos mapas foram gerados.

Devido ao nível de detalhamento dos dados, além dos mapas com o município inteiro, alguns dos mapas representam áreas menores dentro do município. As diferentes áreas ilustradas foram escolhidas com base nas maiores variações positivas e negativas dentro do período estudado.

5.3. ÁREA DE ESTUDO

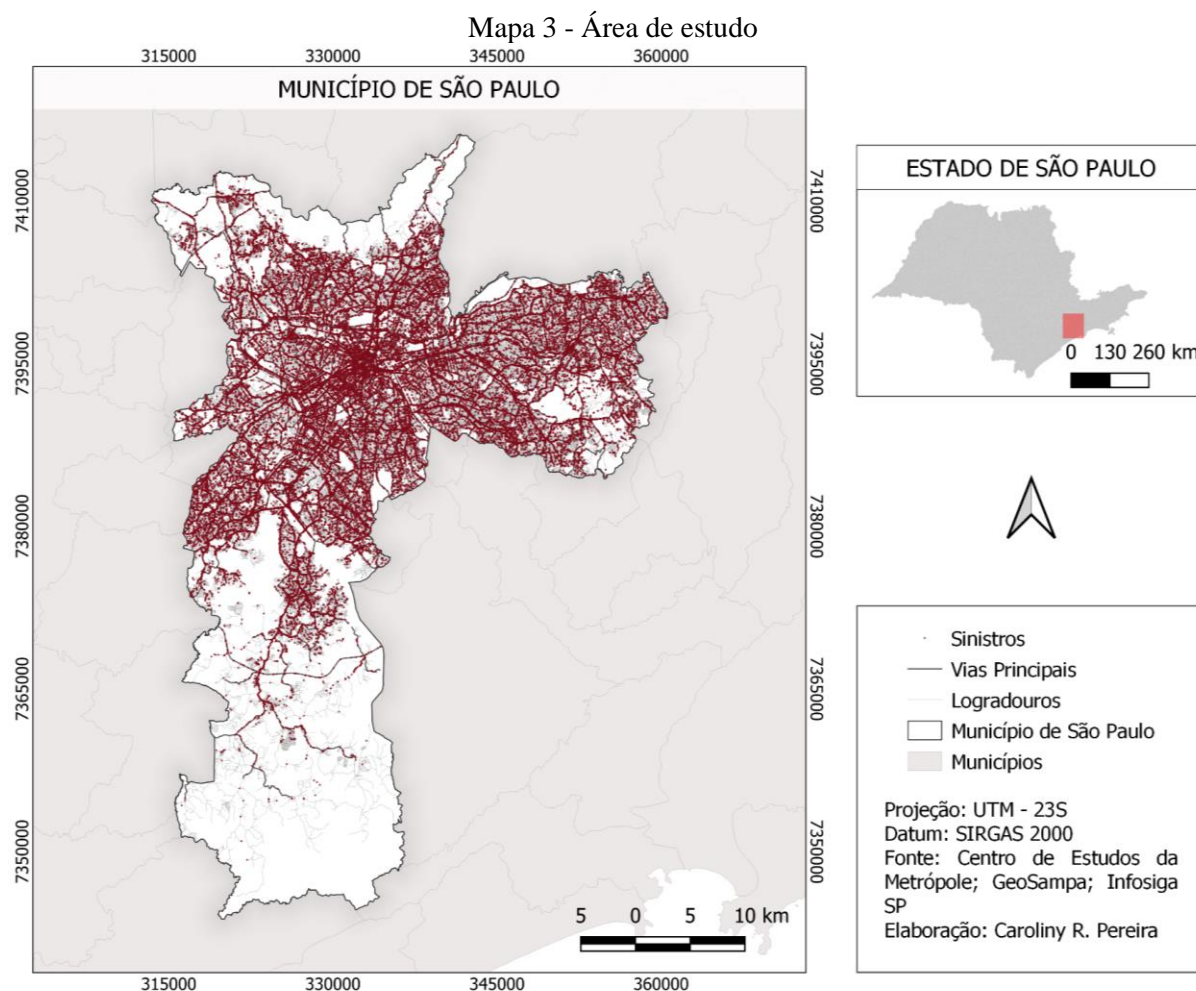
O município de São Paulo é a capital administrativa do Estado de São Paulo e atua como núcleo central da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que possui 39 municípios. Abriga uma população de 11,45 milhões de habitantes, em uma área de 1.521 km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2022).

A urbanização da cidade de São Paulo é produto e condição da industrialização, processo produtivo que progressivamente substituiu parte de uma economia majoritariamente cafeeira. O espaço sofre modificações para viabilizar o processo produtivo vigente, dessa forma, o desenvolvimento da rede urbana é determinado em função da industrialização. A cidade, enquanto *locus* da produção, torna-se concentração de trabalhadores, indústrias,

comércio, consumidores, e mercado, sendo também fluxo de pessoas, mercadorias e informações (CARLOS, 1994).

Na década de 1980, com a desconcentração industrial na capital paulista e industrialização dos municípios próximos à cidade de São Paulo, o espaço urbano seguiu se modificando para abarcar as necessidades da reestruturação produtiva. Essa nova fase, marcada pela intensificação dos fluxos dentro da cidade e entre municípios próximos de São Paulo, tem na circulação viária, capaz de redimensionar a distância entre os lugares, um importante fator para a dinamicidade da RMSP (LENCIONI, 2012).

Dada a importância da circulação viária para o desenvolvimento econômico e urbano de São Paulo, o município apresenta uma alta demanda de tráfego, principalmente nos horários de pico, que também é expressa por uma alta ocorrência de sinistros. O número de sinistros que ocorrem nas vias estão, entre outros fatores, também relacionados ao fluxo de veículos nas vias (GOLD, 1998). Segundo dados do Infosiga SP, entre março de 2019 e fevereiro de 2021, ocorreram 81.377 sinistros no município, que provocaram 905 fatalidades. O Mapa 3 apresenta a localização da área de estudo, na qual os dados de sinistros foram analisados.



Fonte: Elaboração própria (2023).

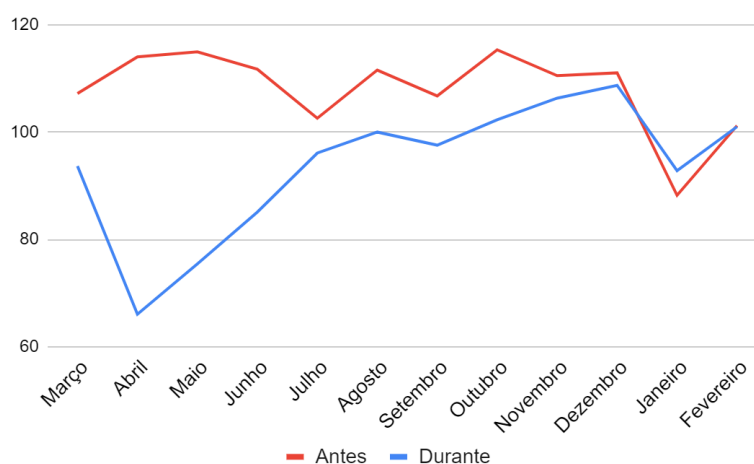
As vias que agrupam o maior número de sinistros nesse período foram a Av. das Nações Unidas, com 1703 ocorrências, e a Av. Marginal Pinheiros - Trecho Norte, com 1154 casos. Das 20 vias com o maior número de registros, 9 estão inteira ou parcialmente localizadas na zona sul, 9 na zona leste, 7 na zona oeste, 5 no centro, e 5 na zona norte.

Os cinco distritos com o maior número de ocorrências nesse período estão na zona sul de São Paulo: Jardim São Luis, Santo Amaro, Capão Redondo, Grajaú e Cidade Dutra, variando entre 1742 e 1468 ocorrências. Por outro lado, os distritos com o menor número de sinistros estão mais dispersos pela área do município: Pari, Cambuci e Liberdade na zona central, Marsilac na zona sul, e Jaraguá, na zona oeste, variam entre 46 e 336 registros.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição mensal dos sinistros dentro do período estudado está apresentada na figura 4. Nota-se que a maior queda no número de ocorrências observada durante a pandemia ocorreu no mês de abril, que obteve a média diária de 66 casos, o equivalente a uma queda de 42% do número de casos registrados no mesmo mês em 2019. Com exceção dos meses de abril à junho, em que houve maior diferença entre os valores dos dois períodos, o padrão de quedas e picos durante o primeiro ano de pandemia foi semelhante ao padrão observado antes da pandemia. O valor mais alto observado nesse período foi em dezembro, com média diária de 108 casos, apenas 2% menor que a média diária de dezembro antes da pandemia.

Figura 4 - Média diária de sinistros (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



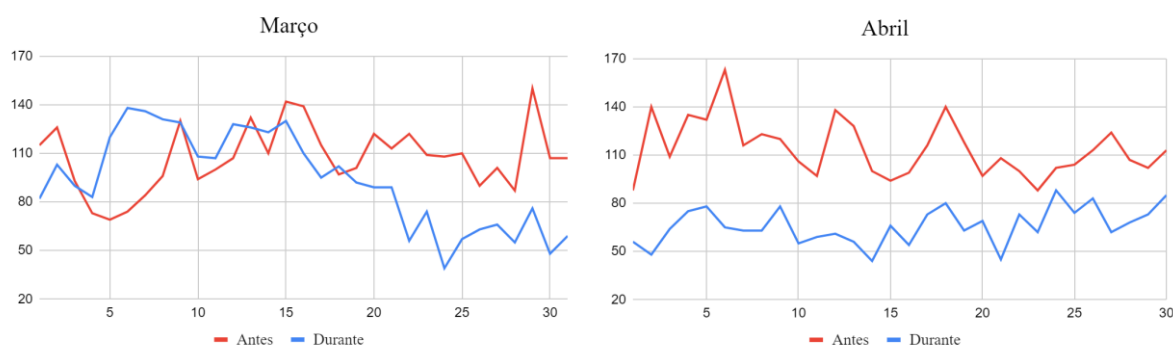
Fonte: Elaboração própria (2023).

Entre julho e dezembro, a queda nos valores permaneceu mas com menor expressão. No mês de janeiro o número de sinistros durante a pandemia ultrapassou em 5,2% o valor do

mesmo mês antes da pandemia, e em fevereiro, os números voltaram a cair moderadamente, sendo em 2021 apenas 0,2% menor que em 2020.

No estado de São Paulo, as primeiras medidas emergenciais em decorrência da pandemia de Covid-19 foram decretadas em 13 de março, com a suspensão de aulas e outras atividades que envolvem aglomerações (decreto Nº 64.862), e a quarentena foi decretada no dia 22, aumentando as restrições de atividades (decreto Nº 64.881). Analisando a variação diária no número de registros de sinistros (figura 5), nota-se que, em março, os valores apresentaram uma queda a partir do dia 16, e começam a cair mais expressivamente por volta do dia 22. O número de sinistros durante a pandemia permaneceu menor que o valor antes da pandemia no mês de abril, que variou entre 44 e 88 ocorrências.

Figura 5 - Número de sinistros por dia (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)

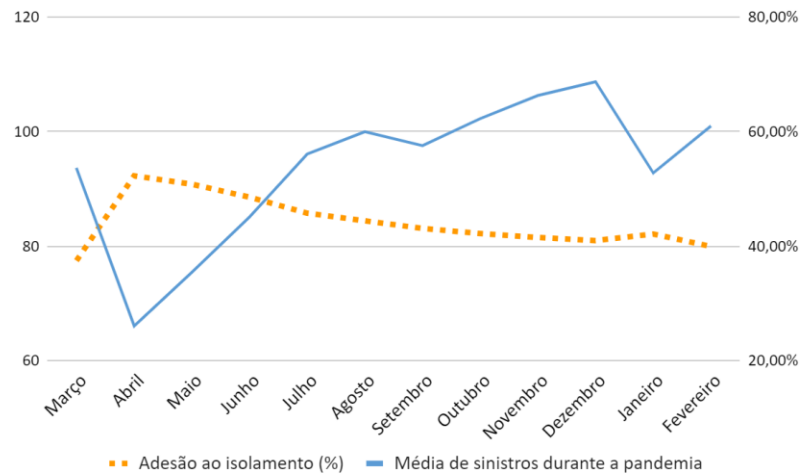


Fonte: Elaboração própria (2023).

O gráfico da figura 6 traz dados da média de sinistros ocorridos durante a pandemia e dados sobre a adesão ao isolamento (SISTEMA DE INFORMAÇÕES E MONITORAMENTO INTELIGENTE, 2022). Nota-se uma relação inversamente proporcional entre os dados: em abril, quando a adesão ao isolamento alcançou o seu valor máximo (52,30%), o valor médio de sinistros foi o menor. Depois de atingir o pico, a adesão ao isolamento diminuiu até o mês de dezembro, quando alcançou 40,99%, e aumentou em janeiro (42,14%). Inversamente, os sinistros durante a pandemia subiram entre abril e dezembro, com uma queda em setembro, e diminuíram mais expressivamente em janeiro.

Os resultados da figura eram esperados pois sabe-se que existe uma relação positiva entre o número de pedestres e veículos circulando, e a ocorrência de sinistros (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002), portanto, a diminuição na circulação, causada pelas medidas de isolamento social está associada à diminuição nas ocorrências de sinistros.

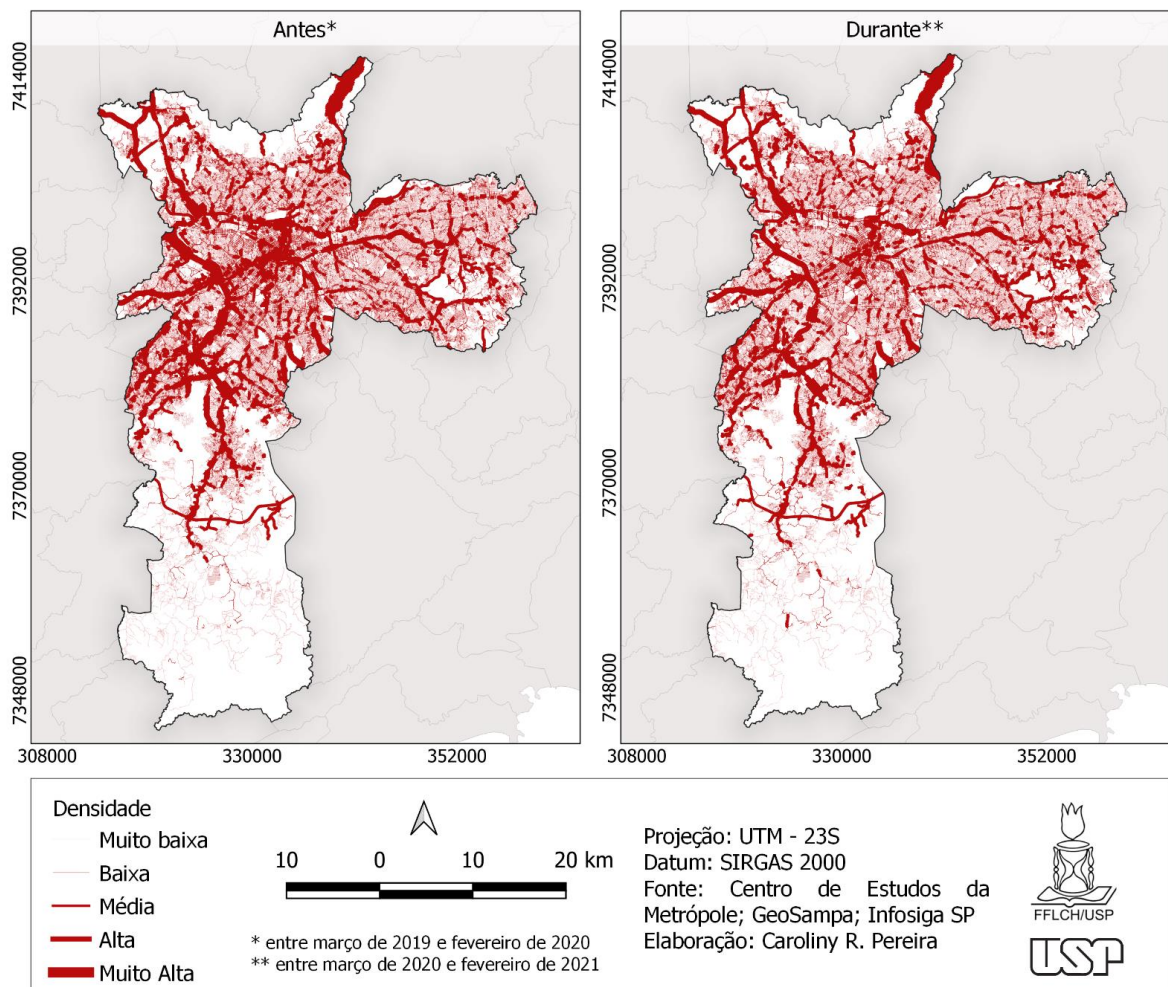
Figura 6 - Média de sinistros na pandemia vs. adesão ao isolamento (entre março de 2020 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

O mapa 4 apresenta a distribuição da densidade de sinistros no município antes e durante a pandemia.

Mapa 4 - Densidade dos sinistros (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



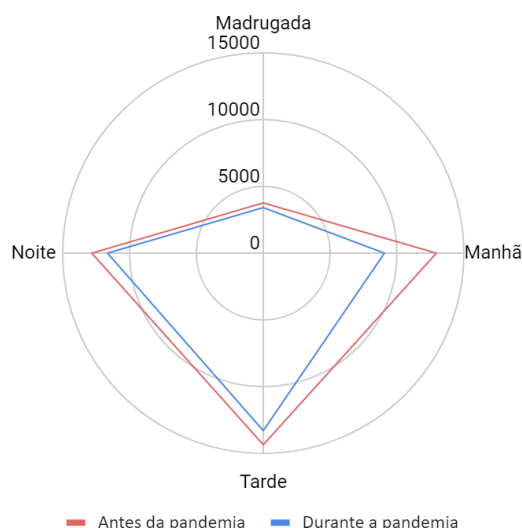
Fonte: Elaboração própria (2023).

Nota-se que as densidades mais espessas estão localizadas em uma via da zona norte, na Rod. Fernão Dias, e ao longo da Marginal Pinheiros, que passa pela zona oeste e sul do município. Durante a pandemia, houve uma redução das densidades, e os picos de maior densidade permanecem nas mesmas vias.

6.1 PERÍODO DO DIA E HORA

Esta seção detalha as características dos padrões dos sinistros ao longo do dia, através da classificação dos dados em intervalos dos períodos do dia e horas. A primeira classificação abrange os seguintes períodos: manhã, das 6h00 às 11h59, tarde, das 12h00 às 17h59, noite, das 18h00 às 23h59 e madrugada, das 00h às 5h59. Na figura 7, a alteração no número de sinistros é mais evidente no período da manhã (6h00 até 11h59), que apresentou uma queda de -3838 ocorrências durante a pandemia. O período da madrugada (12h até 5h59) foi o que apresentou menor variação, de -458 registros.

Figura 7 - Ocorrência de sinistros por período do dia (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

Nota-se que, o período da madrugada é o que apresenta menos ocorrências antes e durante a pandemia. Apesar disso, a gravidade dos sinistros registrados nesse período é a maior entre todos os períodos. Dentre os sinistros com vítima que ocorreram nos períodos da manhã e da tarde, 5,13% deles causaram vítimas graves ou fatais, enquanto que, para o período da madrugada, esse valor é quase o dobro: 1,1 em cada 10 sinistros (11%) que ocorrem de madrugada provocaram fatalidades ou vítimas graves. A tabela 1 apresenta mais detalhes:

Tabela 1 - Porcentagem de vítimas por gravidade e período do dia

<i>Gravidade da vítima</i> ¹	<i>Manhã</i>	<i>Tarde</i>	<i>Noite</i>	<i>Madrugada</i>
<i>Ileso</i>	44,46	45,01	43,68	39,11
<i>Leve</i>	50,38	49,88	49,21	49,87
<i>Fatal ou grave</i>	5,16	5,11	7,11	11,01
<i>Total</i>	100%	100%	100%	100%

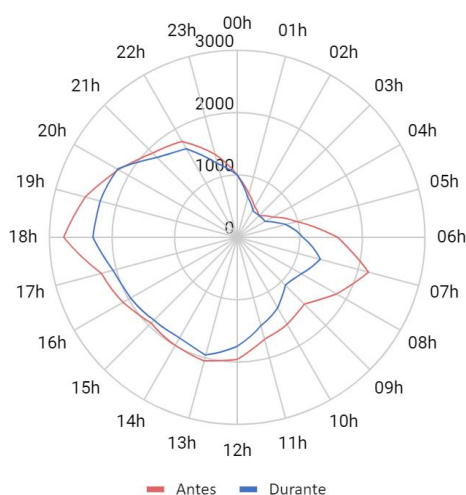
¹Sinistros que envolveram vítimas de mais de um nível de gravidade estão contabilizados em mais de uma célula.
Fonte: Infosiga SP (2023).

A gravidade dos sinistros que ocorreram no período da noite também é maior que a gravidade dos sinistros do período manhã e tarde: 7,11% provocaram vítimas graves ou fatais. É possível que durante a madrugada o menor fluxo de veículos proporcione velocidades mais altas, o que aumenta o risco e a gravidade dos sinistros (GOLD, 1998).

Comparando os dados separados pelos períodos antes e durante a pandemia, as variações nas porcentagens estão abaixo de 1%. As duas maiores variações positivas foram: durante a pandemia, dentre as ocorrências registradas no período da madrugada, a parcela de ocorrências com vítimas graves ou fatais passou de 10,64% para 11,44% (subiu 0,8%); e, durante o período da manhã, sinistros da mesma gravidade também sofreram aumento: foi de 4,94% para 5,47% (subiu 0,54%).

A figura 8, de ocorrência de sinistros por hora, apresenta um padrão semelhante ao da classificação por período do dia, mas com maior detalhe. Os aglomerados de sinistros antes da pandemia coincidem com os horários de pico, no período da manhã, às 7h00, e da tarde, entre 16h e 20h. O aumento no número de ocorrências de sinistros em horários de pico já foi observado previamente na literatura (KUO; ZENG; LORD, 2011).

Figura 8 - Ocorrência de sinistros por hora (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)

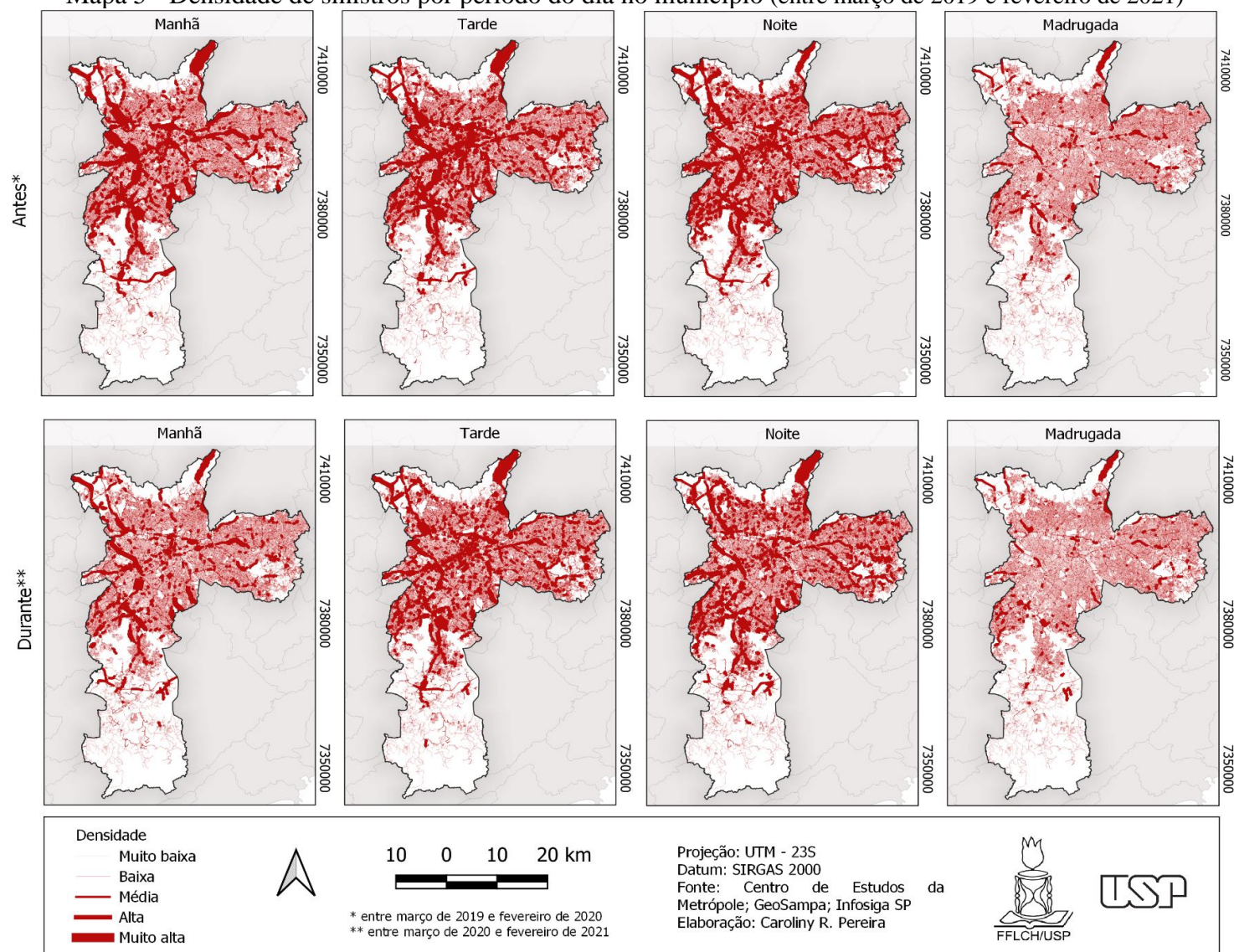


Fonte: Elaboração própria (2023).

Em geral, o padrão temporal observado durante a pandemia possui menor número de ocorrências e permanece com picos e vales em intervalos semelhantes ao período antes da pandemia. Há, porém, dois intervalos em que o número de sinistros durante a pandemia foi maior que o número de ocorrências contabilizado no período antes: às 20h, o aumento foi de 40 ocorrências, e à meia noite houve aumento de 9 casos. O maior pico de ocorrências durante a pandemia ocorreu entre as 17h e 20h, que ultrapassou 2.000 casos em cada hora. A associação entre o alto número de sinistros e os horários de pico podem estar relacionados ao maior número de veículos e de pedestres circulando nas vias nesses períodos (GOLD, 1998).

A distribuição espacial da densidade de sinistros nos diferentes períodos do dia, representada no mapa 5, apresenta variações: no período da manhã, antes e durante a pandemia. As densidades da categoria “muito alta” estão concentradas na Marginal Pinheiros, com focos na zona oeste e sul do município, na Rod. dos Bandeirantes e Rod. Fernão Dias, na zona norte. O período da tarde, por concentrar mais ocorrências (34% do total) possui uma maior distribuição de densidades nas vias do município. Além dos picos nas mesmas vias do período da manhã, nota-se o aumento de densidades altas na zona central nesse período.

Mapa 5 - Densidade de sinistros por período do dia no município (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



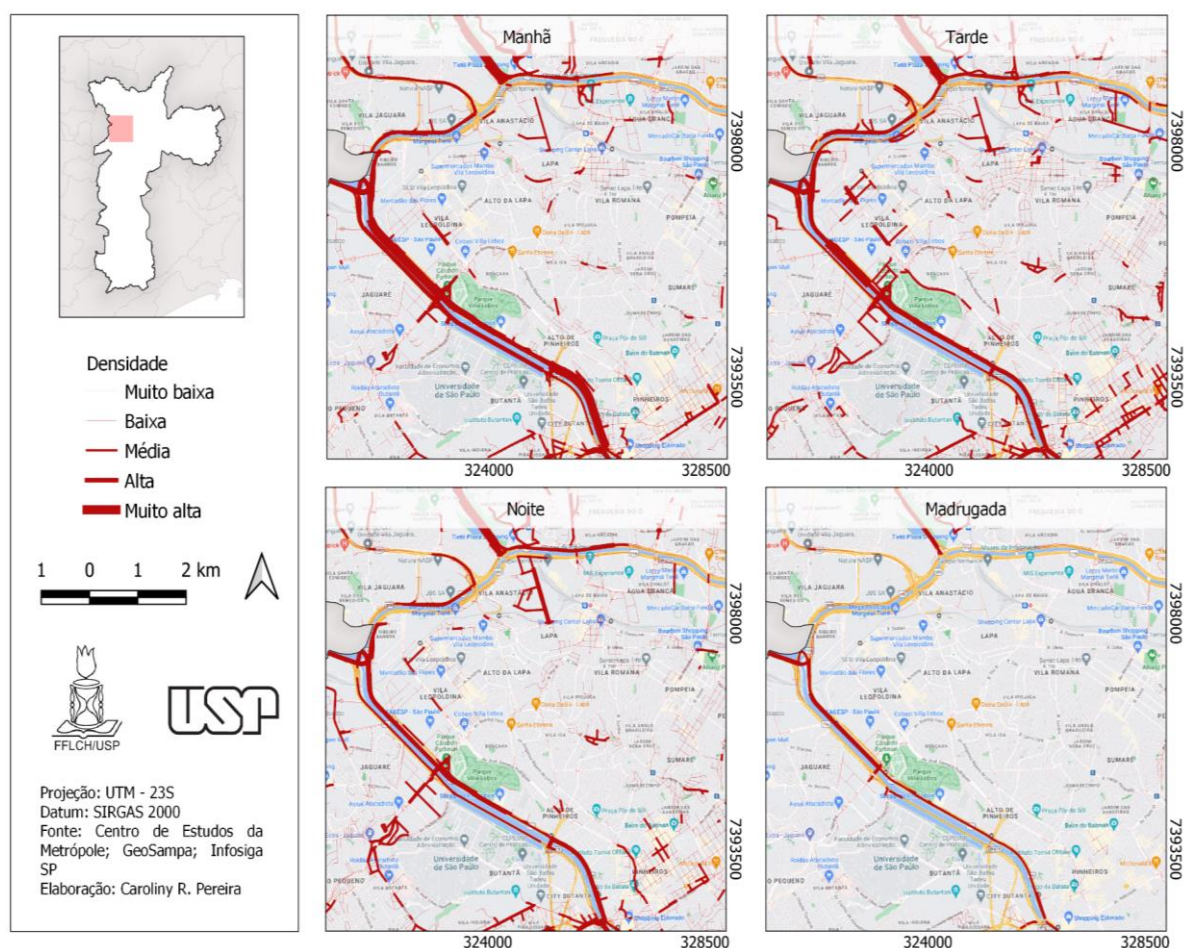
Fonte: Elaboração própria (2023).

Durante a noite, as densidades altas estão localizadas nas mesmas vias citadas e o principal pico de densidade está em um trecho da Marginal Pinheiros na zona sul. Na madrugada, as densidades são consideravelmente menores que nos demais períodos, e não há picos da categoria “muito alta”.

Ao comparar os mapas de antes e durante a pandemia, percebe-se que há uma queda generalizada nas densidades no segundo período, mas os picos de maior densidade permanecem nas mesmas vias. Por exemplo, durante a manhã, a densidade diminuiu em diferentes pontos da Marginal Pinheiros, mas os focos de categoria muito alta ainda permanecem nessa via no mesmo sentido onde também estavam localizadas as densidades dessa categoria antes da pandemia.

Durante a pandemia, as alterações que fogem da tendência de redução das densidades foram: nos períodos da tarde e da noite surgiram focos da categoria “muito alta” na Rod. Fernão Dias, zona norte do município. O mapa 6 apresenta as densidades de sinistros por período do dia, agora em maior escala, com foco na via que apresentou mais densidades do nível mais alto, a Marginal Pinheiros.

Mapa 6 - Densidade de sinistros por período do dia (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



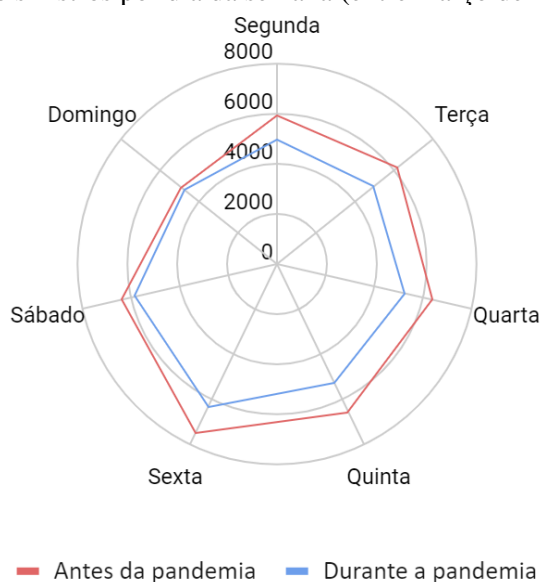
Fonte: Elaboração própria (2023).

A permanência das densidades nesse trecho da Marginal Pinheiros pode estar relacionada à alta circulação de veículos nesta via. Segundo uma pesquisa de mensuração do volume de veículos nas principais vias de São Paulo, realizada pela CET, a Marginal Pinheiros - Expressa, no trecho da Ponte Cidade Universitária é a segunda via com maior circulação de veículos pela manhã. Nela, foram contabilizados 9.478 veículos em um intervalo de uma hora pela manhã, e 6.585 veículos em um intervalo de uma hora durante a tarde, ocupando o sexto lugar.

6.2 DIA DA SEMANA

Os padrões temporais e espaciais dos sinistros nos diferentes dias da semana serão abordados a seguir. O comportamento temporal dos sinistros também varia segundo o dia da semana: pode-se observar na figura 9 e tabela 2 que, dentro do intervalo de ocorrências registradas antes da pandemia (linha vermelha), as maiores variações em relação à média de sinistros por dia da semana (6.272) aconteceram na sexta-feira, dia em que o número de casos é aproximadamente 19% maior que a média; e no domingo, em que esse valor é aproximadamente 21% menor que o valor médio.

Figura 9 - Ocorrência de sinistros por dia da semana (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023)

Durante a pandemia (linha azul), as maiores variações da média de sinistros por dia da semana (5.352 casos) também ocorrem na sexta, com aumento de 18%, e no domingo, com queda de 11%. A tabela 2 traz maiores detalhes sobre os valores registrados:

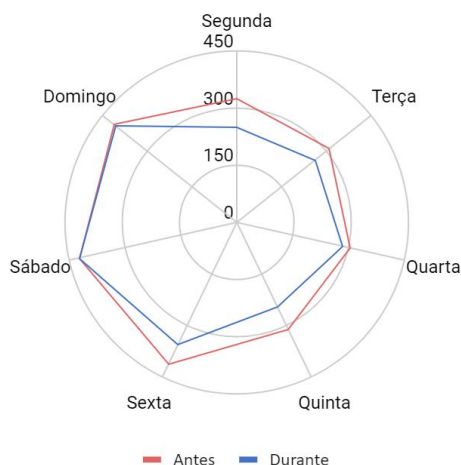
Tabela 2 - Sinistros por dia da semana

	<i>Segunda</i>	<i>Terça</i>	<i>Quarta</i>	<i>Quinta</i>	<i>Sexta</i>	<i>Sábado</i>	<i>Domingo</i>	<i>Média</i>
<i>Antes</i>	5.966	6.190	6.414	6.561	7.460	6.402	4.916	6.272,71
<i>Durante</i>	4.988	4.965	5.260	5.303	6.352	5.818	4.782	5.352,57
<i>Diferença</i>	-978	-1.225	-1.154	-1.258	-1.108	-584	-134	-920,14
<i>Diferença em %</i>	-16,39	-19,42	-17,99	-19,17	-14,85	-9,12	-2,73	-14,67

Fonte: Infosiga SP (2023).

A diferença no número de ocorrências entre antes e durante a pandemia apresenta valores semelhantes de segunda à sexta (uma variação negativa de aproximadamente -17%), mas é consideravelmente menor no sábado e no domingo, que diminui apenas 2,73%. Além de ser os dias com a menor redução de sinistros, os fins de semana e as sextas-feiras também possuem as maiores proporções de sinistros graves e fatais: 7,43% dos sinistros de sábado e 8,69% dos sinistros de domingo são dessa categoria. A figura 10 apresenta mais detalhes sobre os sinistros de maior gravidade:

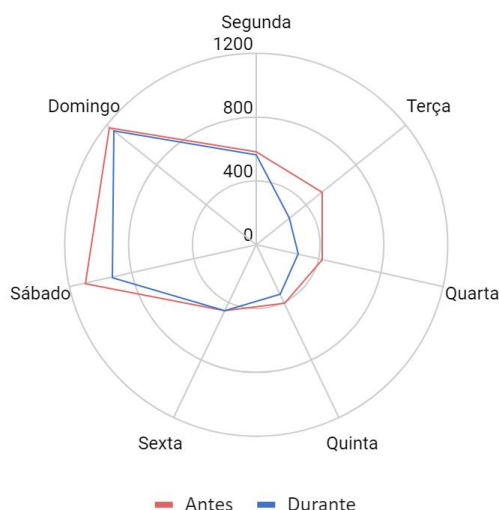
Figura 10 - Sinistros graves e fatais por dia da semana (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023)

Os sinistros graves e fatais estão concentrados nas sextas e nos finais de semana. Juntos, eles correspondem a 49,94% dos sinistros dessa categoria antes da pandemia, e 53,12% durante a pandemia. Nota-se que existe redução de sinistros graves e fatais durante a pandemia (-13%, em média) mas essa redução é significativamente menor nos fins de semana: não há redução no sábado, e no domingo há uma queda de -1,7%. Os sinistros que ocorreram durante a madrugada também se concentram nos fins de semana, antes e durante a pandemia, conforme a figura 11 apresenta.

Figura 11 - Sinistros da madrugada por dia da semana (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



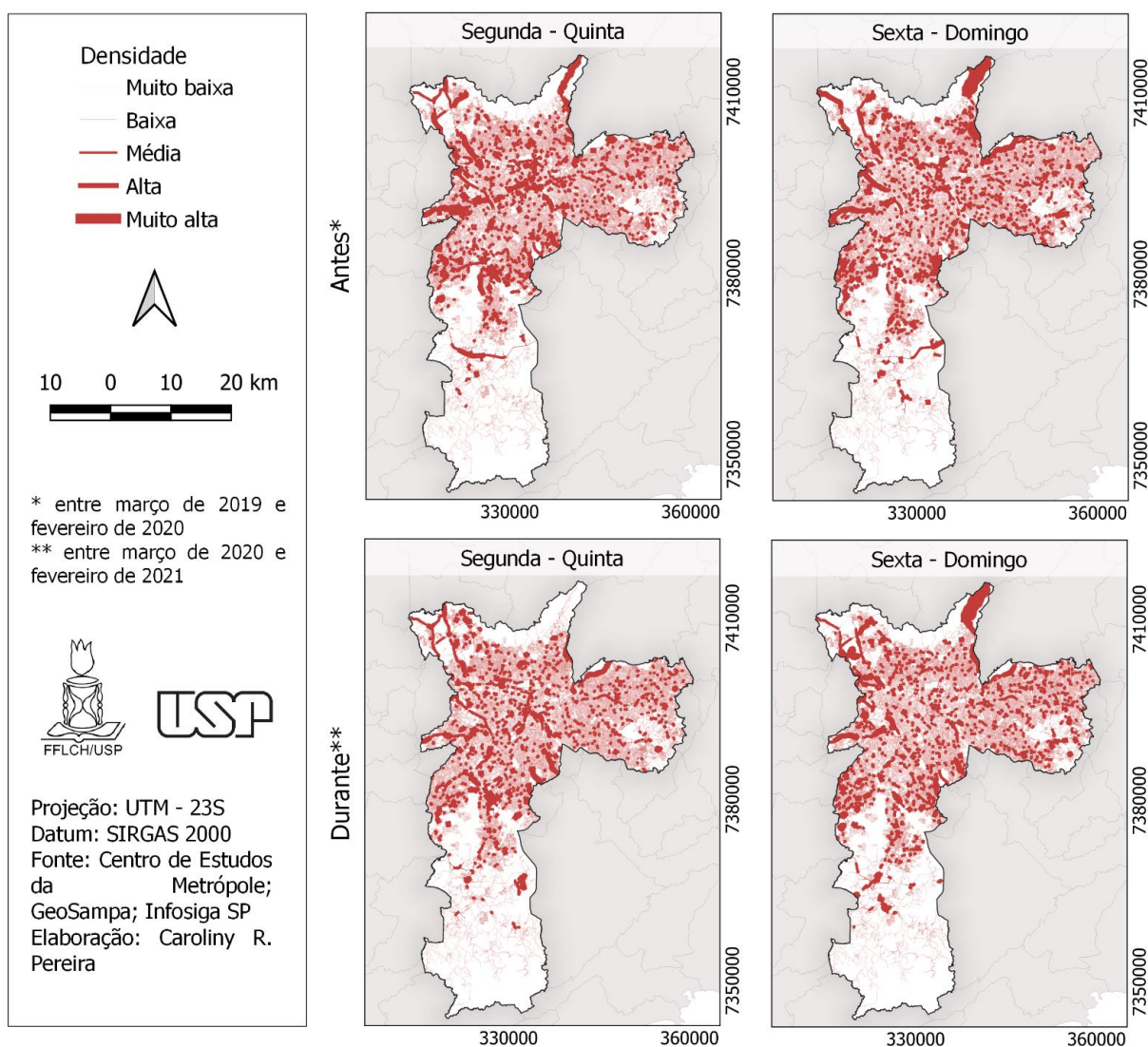
Fonte: Elaboração própria (2023).

Antes da pandemia, 48,84% dos sinistros desse período ocorreram nos sábados e domingos; durante a pandemia esse valor subiu para 51,92%. O dia que obteve maior queda de sinistros na madrugada durante a pandemia foi às terças-feiras, que passou de 523 (11,23%) para 268 (6,74%) ocorrências.

Os dados mostram que as maiores proporções de sinistros graves e fatais estão concentradas nas sextas, sábados e domingos, e as maiores proporções de sinistros durante a madrugada estão concentradas nos finais de semana. Essas características podem ser explicadas por alguns fatores: nos sábados e domingos e no período da madrugada, parte dos condutores podem se sentir impelidos a aumentar a velocidade em razão do menor fluxo de veículos, aumentando assim o risco e a gravidade dos sinistros. Além disso, o consumo de bebidas alcoólicas nas sextas, sábados e domingos, quando associado à direção, pode ser responsável pelo maior número de sinistros graves e fatais nesses dias.

Considerando a concentração temporal dos sinistros graves e fatais nas sextas e nos fins de semana, o mapa 7 apresenta a distribuição espacial dos sinistros dessa categoria separados em dois grupos: de segunda à quinta, e de sexta à domingo.

Mapa 7 - Densidade dos sinistros graves e fatais no município (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



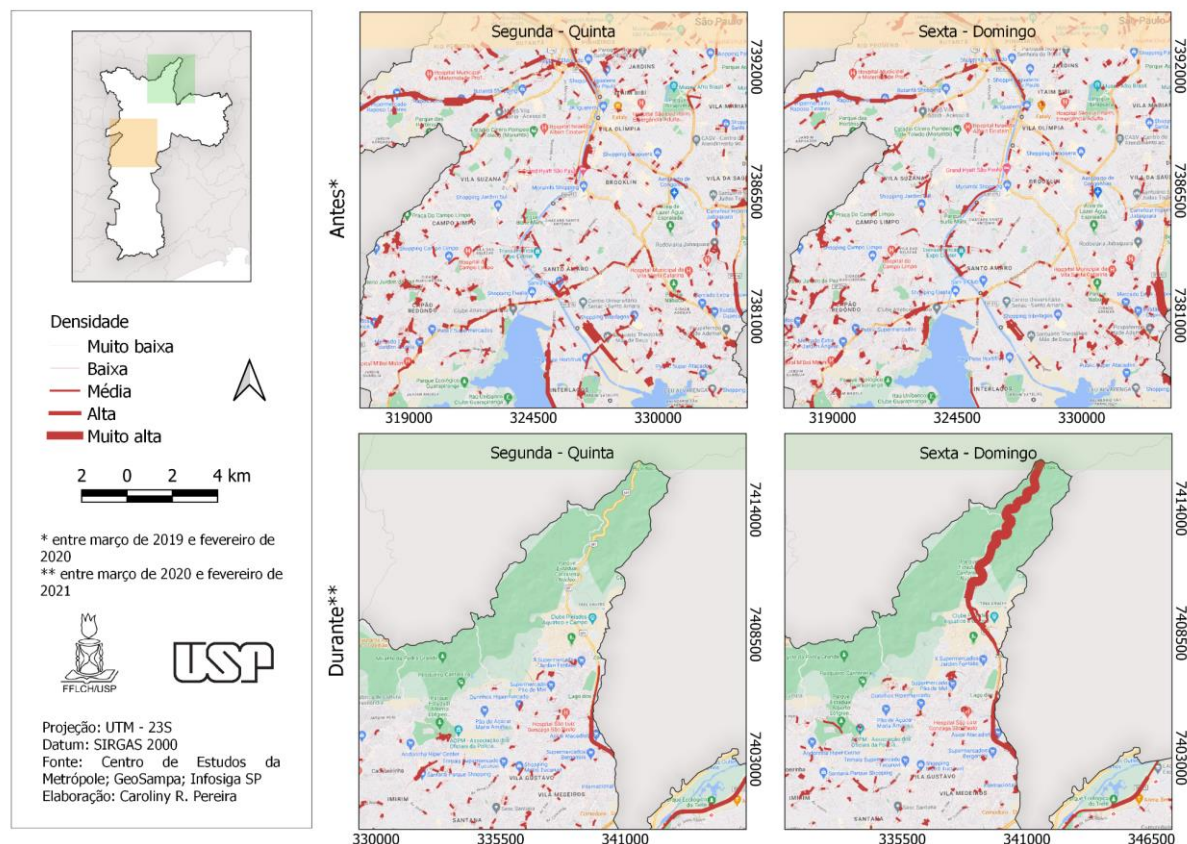
Fonte: Elaboração própria (2023).

Nos mapas de antes da pandemia, as densidades mais altas da estão localizadas em regiões diferentes do município: de segunda a quinta, elas estão na Marginal Pinheiros, na zona sul, na Rod. Raposo Tavares, e na Rod. Castello Branco, ambas na zona oeste. De sexta e aos fins de semana, os principais focos estão na Rod. dos Imigrantes, zona sul, e em dois pontos da Rod. Fernão Dias, na zona norte. Os mapas do período durante a pandemia apresentam um padrão semelhante na distribuição espacial das densidades mais altas: de segunda a quinta, está na Marginal Pinheiros e entre sexta e domingo, nos dois mesmos pontos da zona norte.

Comparando os mesmos conjuntos de dias, antes e durante a pandemia, as principais alterações identificadas, além da redução generalizada das densidades, foram: entre segunda e quinta, surgiu um foco de densidade alta na Rod. Ayrton Senna, zona norte; na Av. Miguel

Estefno, e Av. Paulo Guilguer Reimberg, na zona sul. De sexta a domingo, os principais picos de densidade alta que surgiram durante a pandemia estão novamente localizados nas zonas norte e sul: na R. Pico do Jaraguá, e na Rod. Anchieta. O mapa 8 apresenta as densidades em escala de maior detalhe, nos pontos que apresentaram as maiores alterações.

Mapa 8 - Densidade dos sinistros graves e fatais (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

Nos dois mapas superiores, pode-se notar o aumento de densidade entre sexta e domingo na Rod. dos Imigrantes, no lado inferior direito do mapa. E nas Avenidas Guarapiranga e das Nações Unidas, a densidade nas vias está espacialmente mais distribuída entre segunda e quinta, e mais concentrada entre sexta e domingo. Nota-se um aumento considerável de densidade entre sexta-feira e domingo na Rod. Fernão Dias, em relação aos demais dias da semana durante a pandemia. Este é, por exemplo, uma via que reflete a distribuição heterogênea de sinistros durante os dias da semana.

6.3 TIPO DE VEÍCULO

Essa seção trata das particularidades dos sinistros que envolveram diferentes veículos, ou pedestres. Durante o primeiro ano de pandemia houve uma redução em 13,34% do número

de sinistros. A tabela 3, no entanto, mostra que essa tendência difere segundo o tipo de veículo. O número de sinistros que envolveram bicicletas sofreu aumento de 17,84% durante a pandemia.

Tabela 3 - Número de sinistros no município de São Paulo antes e durante a pandemia

<i>Veículo envolvido¹</i>	<i>Antes</i>	<i>Durante</i>	<i>Diferença</i>	<i>Mudança em %</i>
<i>Automóvel</i>	17.972	15.206	-2.766	-15,39
<i>Motocicleta</i>	17.161	14.810	-2.351	-13,70
<i>Ônibus</i>	2.066	1.555	-511	-24,73
<i>Bicicleta</i>	1.401	1.651	250	17,84
<i>Pedestre</i>	4.483	3.416	-1.067	-23,80
<i>Caminhão</i>	823	830	7	0,85
<i>Total</i>	39.610	34.326	-5.284	-13,34

¹ Sinistros que envolveram mais de um tipo de veículo estão contabilizados em mais de uma célula.

Fonte: Infosiga SP (2023).

Durante a pandemia, a utilização da bicicleta se tornou mais atrativa para as pessoas que queriam evitar a aglomeração em outras formas de transporte, e também para quem gostaria de se exercitar, já que espaços como as academias ficaram interditados por alguns períodos. A utilização da bicicleta enquanto transporte e exercício físico durante a pandemia foi incentivada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2020.

Segundo uma pesquisa da Associação Brasileira do Setor de Bicicletas (Aliança Bike), em 2020 houve aumento de 50% das vendas de bicicletas no Brasil, em relação ao ano anterior. Na pandemia, o mercado de aluguel de bicicletas também foi lucrativo: as vendas da Tembici, maior empresa desse setor na América Latina, com programas como iFood Pedal SP e Bike Sampa, aumentaram em 34% em 2021, em relação à 2019 (TEMBICI, 2022). É possível que o aumento do uso de bicicleta e consequentemente dos sinistros com ciclistas também possa ser explicado pelo crescimento da demanda por serviços de entrega durante a pandemia.

Com o fechamento de restaurantes e outros estabelecimentos considerados não essenciais, os serviços de delivery, principalmente de alimentos, foram impulsionados. Em pesquisa realizada com usuários de um aplicativo de planejamento financeiro, estimou-se um aumento de 187% nos gastos com delivery de alimentos em 2020 (MASSA, 2022). Esses serviços, que também foram uma alternativa para as pessoas que perderam sua renda com o início da pandemia, são realizados majoritariamente por motociclistas e ciclistas.

Há pesquisas que comprovam a existência de uma associação positiva entre o número de sinistros envolvendo bicicletas, o volume de ciclistas e o volume de tráfego nas vias (HELIS; OROZOVA-BEKKEVOLD, 2016). Considerando que durante a pandemia, as medidas

de isolamento social provocaram queda no volume de tráfego, presume-se que o aumento no número de sinistros com bicicletas tenha sido causado por um aumento do uso de bicicletas.

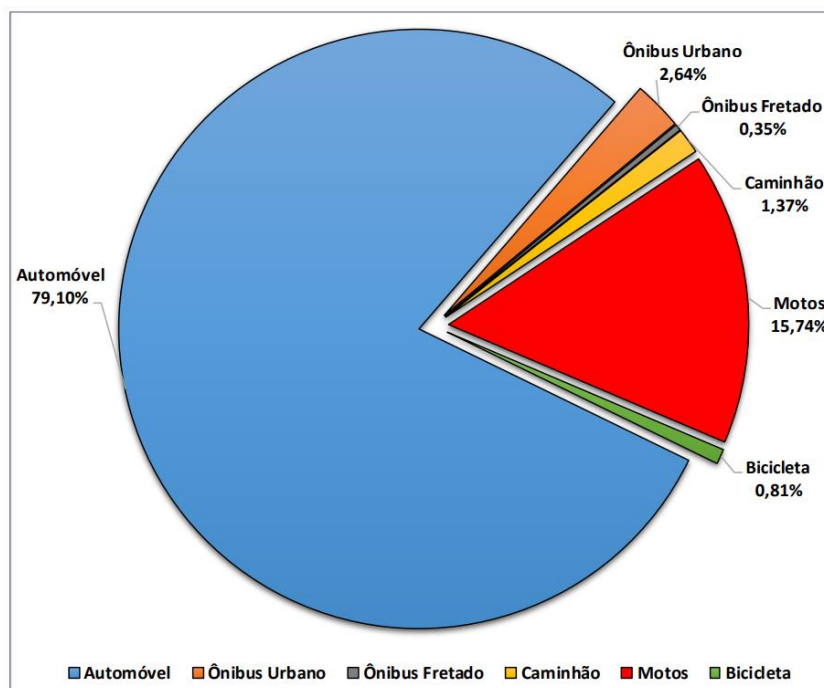
Em um país altamente dependente do transporte rodoviário como é o caso do Brasil, o transporte realizado pelos caminhoneiros também foi considerado um serviço essencial na pandemia, e os sinistros que envolveram esse grupo também não tiveram diminuição nesse período em São Paulo. Seu aumento, entretanto, foi mais sutil: 0,85%. Parte das causas de sinistros com caminhões estão relacionadas à precariedade da profissão: longas jornadas de trabalho, privação de sono, e poucos intervalos para uma alimentação e descanso adequados.

Os caminhões e demais veículos que realizaram atividades necessárias para o abastecimento da cidade durante o distanciamento social, tais como o transporte de materiais de saúde, água, alimentos e produtos de higiene tiveram autorização do Departamento de Operação do Sistema Viário (DSV) para circular nas zonas de circulação restrita, mesmo nos períodos em que medidas de restrição da circulação estiveram vigentes (SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRÂNSITO; 2020). A importância desse tipo de veículo para o abastecimento da cidade pode ter contribuído para a estabilidade na quantidade de sinistros com caminhões na pandemia.

Somando os valores contabilizados antes e durante a pandemia, a porção de sinistros que envolveu automóveis ou motocicletas possui 65.149 de 73.936 ocorrências totais, o que corresponde a 88% dos sinistros dentro do intervalo estudado. É esperado que os automóveis estejam em uma parcela grande dos sinistros, já que este é o veículo com a maior frota no estado de São Paulo: representou cerca de 62% da frota total de veículos em 2020, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A alta proporção de sinistros com motocicletas, entretanto, parece menos proporcional, considerando que elas corresponderam a apenas 16% da frota.

Com base na pesquisa de volumes e velocidades, realizada nas principais vias do município em 2019, a CET estimou que os fluxos veiculares sejam majoritariamente compostos por automóveis (figura 12). Pontuou-se também que algumas das vias em que os dados foram coletados são Zonas de Máxima Restrição de Circulação (ZMRC), nas quais a circulação de caminhões e ônibus fretados é proibida no horário em que a pesquisa foi feita.

Figura 12 - Composição dos fluxos veiculares



Fonte: CET (2020).

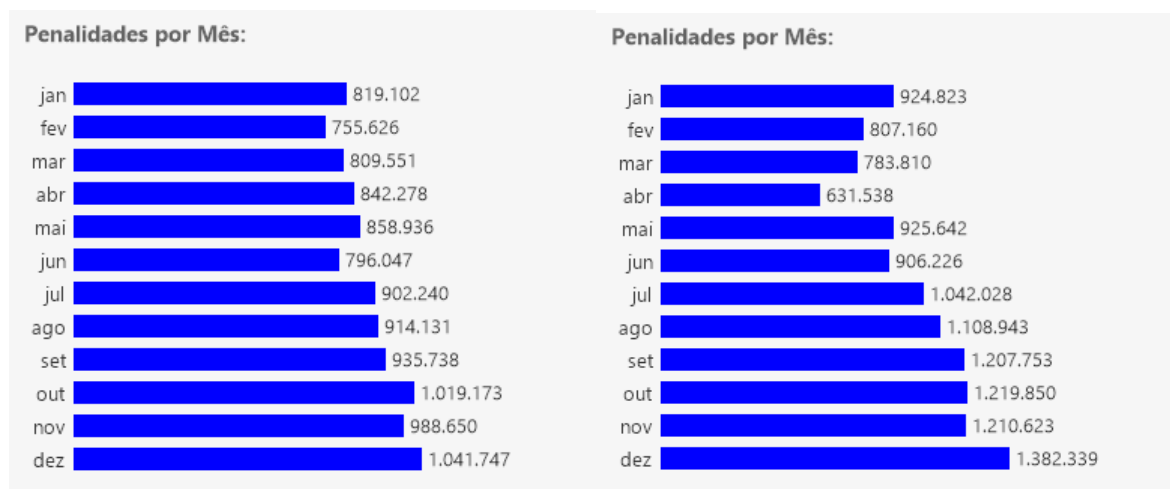
Sabendo que há uma associação positiva entre o número de sinistros envolvendo determinado veículo e o volume deste veículo nas vias, e considerando este levantamento volumétrico, percebe-se que a proporção de sinistros com motocicletas é muito maior que a proporção das motocicletas circulando no município. Com base no gráfico da figura 12, esperava-se que a proporção de sinistros envolvendo motos fosse menor e mais próxima da porção que as motos ocupam no volume de veículos.

Uma pesquisa realizada com motoristas e motociclistas também indicou que os motociclistas estão mais vulneráveis aos sinistros. Esse grupo tende a sofrer mais com os seus impactos, contabilizando um maior número de lesões corporais, utilização de serviços de saúde e interrupção de atividades habituais, em comparação com os motoristas. Isso ocorre pois o uso da moto provoca uma maior exposição do corpo, enquanto que o uso do carro fornece uma barreira física entre o condutor e objetos externos. Também foi identificada uma relação inversa entre a incidência de sinistros com motociclistas e os níveis de escolaridade e renda (RIOS *et al.*, 2019).

As causas dos sinistros que envolvem este grupo incluem um conjunto de fatores, dentre os quais as condutas arriscadas assumidas pelo grupo. Estima-se que alguns condutores tenham aproveitado o menor fluxo de pedestres e veículos nas vias para dirigir com excesso de velocidade durante o isolamento. Dados do Observatório Mobilidade Segura, da Secretaria Municipal de Mobilidade e Trânsito, comprovam o aumento no número de multas registradas

no município de São Paulo durante a pandemia. Nota-se, na figura 13, que o número de multas registradas entre maio e dezembro de 2020 ultrapassaram os valores registrados nos mesmos meses em 2019.

Figura 13 - Multas registradas em 2019 e em 2020



Fonte: Secretaria Municipal de Mobilidade e Trânsito Observatório (2023).

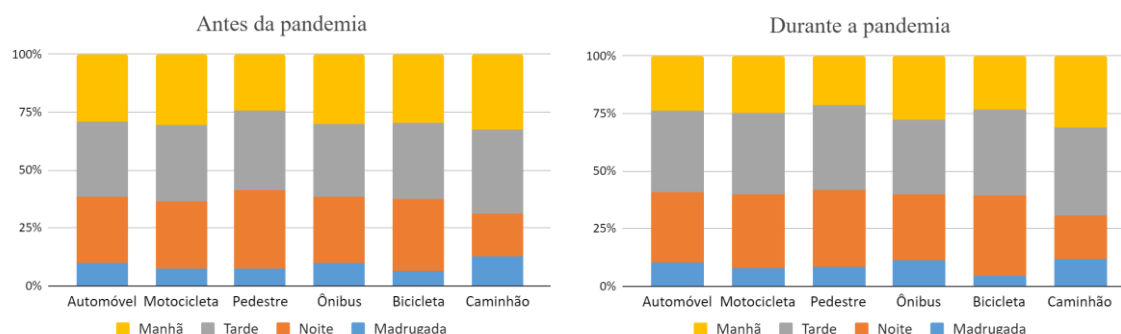
Durante o isolamento social, os motociclistas realizaram um papel essencial no transporte de mercadorias, assim como os ciclistas e os caminhoneiros. Os serviços de entrega, considerados essenciais, não foram prejudicados pelo Decreto nº 64.881, de 22 de março de 2020, que impôs a quarentena no estado de São Paulo.

Pesquisas indicam que uma série de fatores estejam relacionados à ocorrência de sinistros envolvendo entregadores. Dentre eles, estão inclusos: o aumento da exaustiva jornada de trabalho, induzida pela diminuição na remuneração dos entregadores durante a pandemia, apesar do aumento da demanda por entregas; a baixa tarifa recebida pelo trabalho incentiva os entregadores a aumentar a velocidade nas vias para conseguir realizar mais entregas; a utilização de uma bolsa térmica não ergonômica; e a pouca experiência no trânsito por parte dos entregadores (RODRIGUES, 2021).

Segundo o Relatório Anual de Sinistros de Trânsito desenvolvido pela CET em 2019 e em 2020, a ocupação mais comum dentre os motociclistas que estiveram envolvidos em sinistros é a de motofretista. O número de falecimentos desta categoria subiu de 35, em 2019, para 57 em 2020.

A figura 14 apresenta os dados separados por período do dia. Para que as análises não reflitam apenas os números contabilizados, os dados estão apresentados em proporções.

Figura 14 - Proporção de sinistros por período do dia (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

Quanto à porcentagem de sinistros que ocorreram em cada período do dia (manhã, tarde, noite e madrugada), segundo o tipo de veículo envolvido, antes e durante a pandemia a maioria dos sinistros ocorreram no período da tarde, para todos os tipos de veículos. Os sinistros com caminhões são os que apresentaram maior proporção de ocorrências nas madrugadas, e menor proporção de ocorrências à noite. Antes da pandemia, os sinistros com pedestres foram os que apresentaram a maior porcentagem de ocorrências à noite (34,11% dos sinistros com pedestres). Durante, foram os sinistros com bicicletas (34,71% dos sinistros com ciclistas).

Tabela 4 - Alteração na proporção de sinistros por período do dia durante a pandemia

<i>Veículo envolvido</i> ¹	<i>Manhã</i>	<i>Tarde</i>	<i>Noite</i>	<i>Madrugada</i>
<i>Automóvel</i>	-5,17	2,78	1,89	0,50
<i>Motocicleta</i>	-6,25	3,26	2,87	0,12
<i>Ônibus</i>	-3,00	2,90	-0,73	0,84
<i>Bicicleta</i>	-2,39	1,14	-0,27	1,52
<i>Pedestre</i>	-6,24	4,55	3,78	-2,09
<i>Caminhão</i>	-1,56	2,15	0,11	-0,69

¹ Sinistros que envolveram mais de um tipo de veículo estão contabilizados em mais de uma célula.

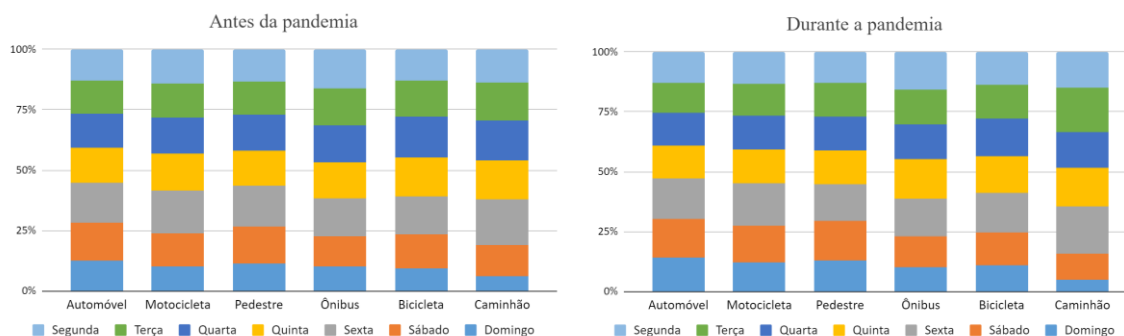
Fonte: Infosiga SP (2023).

As principais mudanças durante a pandemia foram: a redução da proporção de sinistros pela manhã, para todos os veículos, principalmente os que envolveram motocicletas (-6,25%), pedestres (-6,24%) e automóveis (-5,17%). E o aumento na proporção de sinistros à tarde, para todos os veículos, principalmente bicicletas (4,55%) e motocicletas (3,26%). Também houve aumento na proporção de casos durante a noite, para os que envolveram pedestres (3,78%).

A figura 15 revela a proporção de sinistros em cada dia da semana. Antes da pandemia, a ocorrência de sinistros era proporcionalmente maior às sextas-feiras, em comparação com os demais dias da semana, para os sinistros que envolvem caminhões, motocicletas, automóveis e

pedestres. A maioria dos sinistros com ônibus ocorreram às segundas, e a maioria dos que envolveram bicicletas ocorreram às quartas.

Figura 15 - Proporção de sinistros por dia da semana (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

Durante a pandemia, a proporção de sinistros que ocorrem às sextas-feiras continuou sendo a maior para os sinistros que envolvem caminhões, automóveis e motocicletas; e também passou a ser o dia em que a maioria dos sinistros envolvendo bicicletas ocorreram. A maior parcela dos sinistros envolvendo pedestres aconteceram aos sábados, e para os que envolveram ônibus, às quintas. Antes e durante a pandemia, o domingo foi o dia com a menor parcela de registros, para a maioria dos veículos. Na tabela 5, a diferença entre as proporções nos dois períodos está calculada.

Tabela 5 - Alteração na proporção de sinistros por dia da semana durante a pandemia

<i>Veículo envolvido¹</i>	<i>Segunda</i>	<i>Terça</i>	<i>Quarta</i>	<i>Quinta</i>	<i>Sexta</i>	<i>Sábado</i>	<i>Domingo</i>
<i>Automóvel</i>	-0,05	-1,15	-0,56	-0,64	0,31	0,59	1,49
<i>Motocicleta</i>	-0,68	-1,00	-0,47	-1,34	-0,29	1,75	2,03
<i>Pedestre</i>	-0,26	0,18	-0,82	-0,45	-1,40	1,16	1,59
<i>Ônibus</i>	-0,39	-0,83	-0,73	1,52	0,06	0,23	0,14
<i>Bicicleta</i>	0,90	-0,96	-1,11	-1,17	1,35	-0,76	1,74
<i>Caminhão</i>	1,38	2,70	-1,65	0,04	0,87	-2,23	-1,11

¹ Sinistros que envolveram mais de um tipo de veículo estão contabilizados em mais de uma célula.

Fonte: Infosiga SP (2023).

Sexta, sábado e domingo foram os dias que mais sofreram aumentos na proporção de sinistros durante a pandemia. Sinistros envolvendo todos os tipos de veículos ou pedestres tiveram aumento em pelo menos um desses dias. Os principais aumentos ocorreram com a porcentagem de sinistros envolvendo caminhões às terças, e com motocicletas, aos domingos. E a principal redução ocorreu aos sábados, com os sinistros que envolveram caminhões.

A tabela 6 apresenta dados sobre a gravidade dos sinistros, em quantidade de sinistros com vítimas graves ou fatais e sua proporção em relação ao total de sinistros com vítimas. Antes e durante a pandemia, os sinistros que envolveram caminhões, ônibus e pedestres e causaram vítimas tiveram a maior proporção de vítimas graves ou fatais.

Tabela 6 - Proporção de sinistros graves e fatais por tipo de veículo envolvido

<i>Veículo envolvido</i> ¹	<i>Antes</i>	<i>Durante</i>	<i>Alteração</i>
<i>Automóvel</i>	9,04	9,58	0,54
<i>Motocicleta</i>	9,62	10,47	0,85
<i>Ônibus</i>	14,90	14,76	-0,14
<i>Bicicleta</i>	8,02	8,86	0,84
<i>Pedestre</i>	12,22	12,42	0,20
<i>Caminhão</i>	19,34	17,55	-1,78

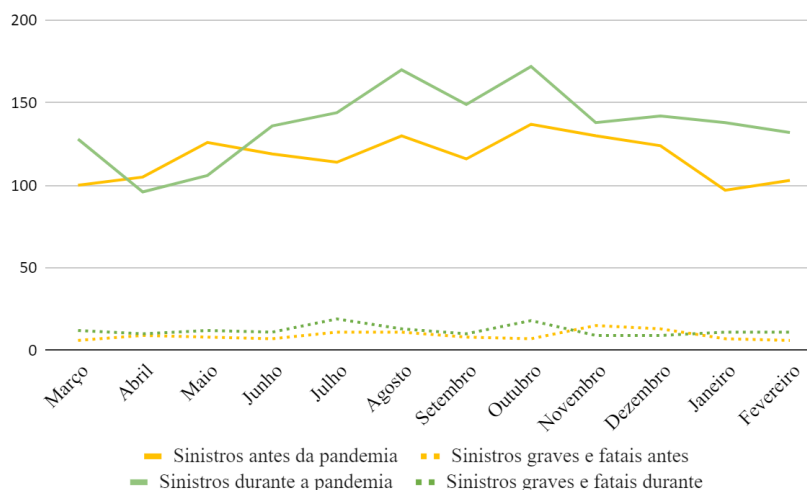
¹ Sinistros que envolveram mais de um tipo de veículo estão contabilizados em mais de uma célula.

Fonte: Infosiga SP (2023).

As principais mudanças na proporção de sinistros graves e fatais ocorreram com os sinistros que envolveram caminhões, que diminuiu em -1,78%; e com os sinistros que envolveram motocicletas e bicicletas, que aumentaram em 0,85% e 0,84%, respectivamente. A figura 16 apresenta a distribuição mensal dos sinistros que envolveram bicicletas, e dos sinistros graves e fatais dessa categoria. Nota-se que o padrão observado difere consideravelmente da figura 4, que mostra a distribuição mensal dos sinistros sem distinção de veículo envolvido.

Os sinistros com bicicletas e com caminhões apresentaram aumento durante a pandemia, sendo os com bicicletas os que aumentaram mais. A quantidade registrada dessa categoria de sinistros diminuiu em abril e se manteve menor que o valor contabilizado antes da pandemia somente até maio. As variações positivas e negativas durante a pandemia são semelhantes às variações antes, ambos os períodos têm picos de ocorrências em agosto e em outubro. As maiores diferenças entre os períodos ocorreram em agosto e janeiro, quando o número de casos contabilizados durante a pandemia aumentou em 30% e 42% em relação aos mesmos meses antes da pandemia.

Figura 16 - Número de sinistros com bicicletas (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

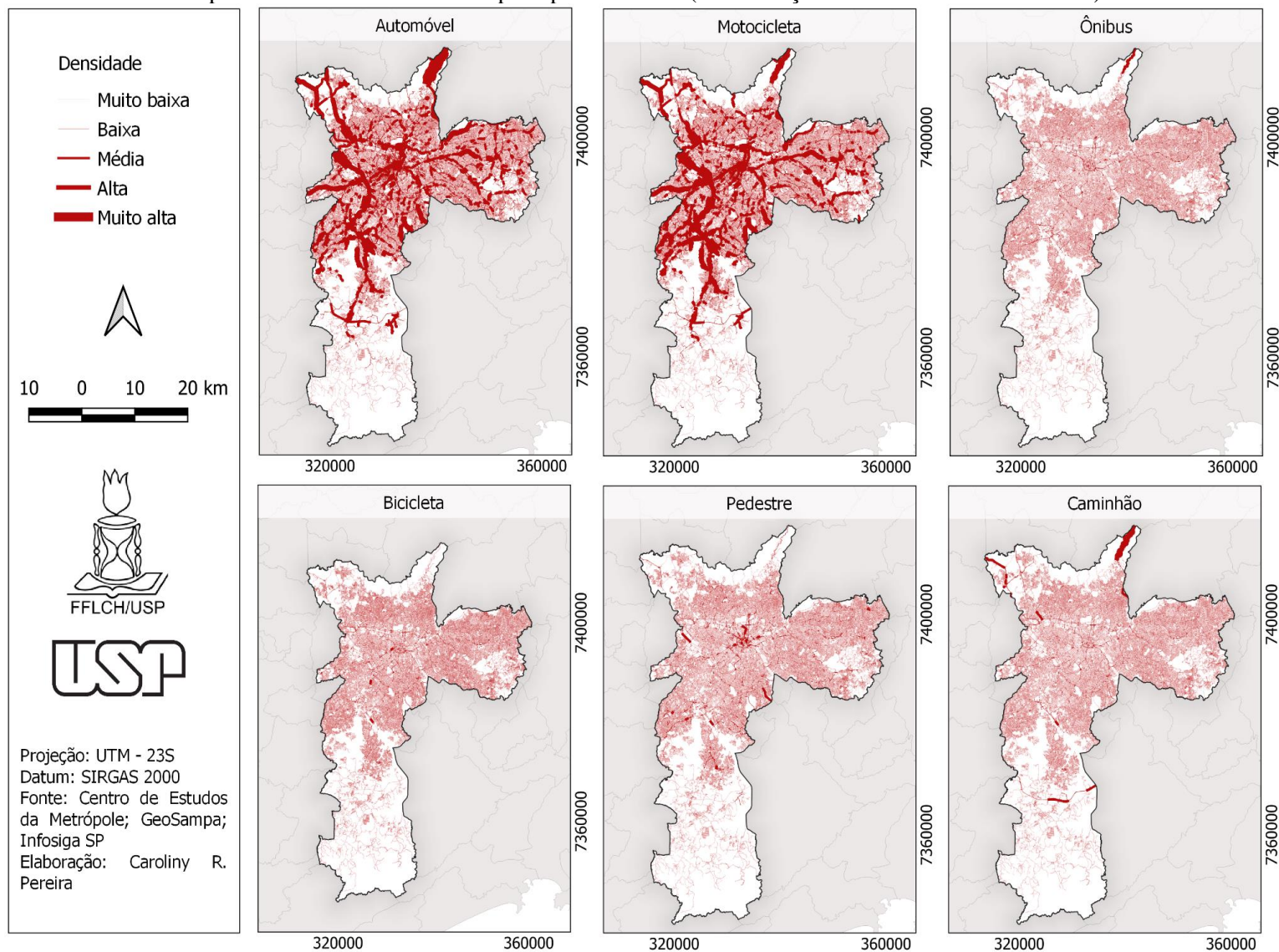
Antes da pandemia, os meses com o menor número de ocorrências registradas foram março (100), abril (105), janeiro (97) e fevereiro (103). Durante a pandemia, foram março (128), abril (96), maio (106), e fevereiro (132). É possível que um dos fatores que fazem com que janeiro, fevereiro e março esteja entre os meses com menor número de sinistros com bicicletas seja a época de chuvas, já que esses meses, juntamente com dezembro, são os que possuem maior precipitação média mensal na cidade de São Paulo (IAG-USP, 2011). A queda nas ocorrências em janeiro e fevereiro também pode estar relacionada ao período de férias, quando os ciclistas não precisam mais se locomover de bicicleta para ir trabalhar ou estudar.

Os sinistros graves e fatais que envolveram bicicletas também apresentaram aumento durante a pandemia, na maioria dos meses (as exceções foram novembro e dezembro). O maior aumento ocorreu no mês de outubro, que contabilizou 11 casos a mais que antes da pandemia.

No mapa 9, a densidade dos sinistros gerada para cada tipo de veículo reflete a quantidade de sinistros para cada grupo. As densidades com automóveis e motocicletas são consideravelmente mais intensas que as demais, que não chegaram a alcançar a categoria muito alta. Nota-se que a Rod. Fernão Dias é um ponto constante de densidade de sinistros para os que envolveram automóveis, motocicletas, ônibus ou caminhões.

Devido à diferença no número de ocorrências, os sinistros de diferentes tipos de veículos ou pedestres foram representados em três mapas, nos quais os veículos com número de casos mais próximos ficaram no mesmo mapa. Automóveis e motocicletas estão representados lado a lado no mapa 10, pedestres e ônibus estão no mapa 11, e os que envolvem caminhões e bicicletas estão no Mapa 12.

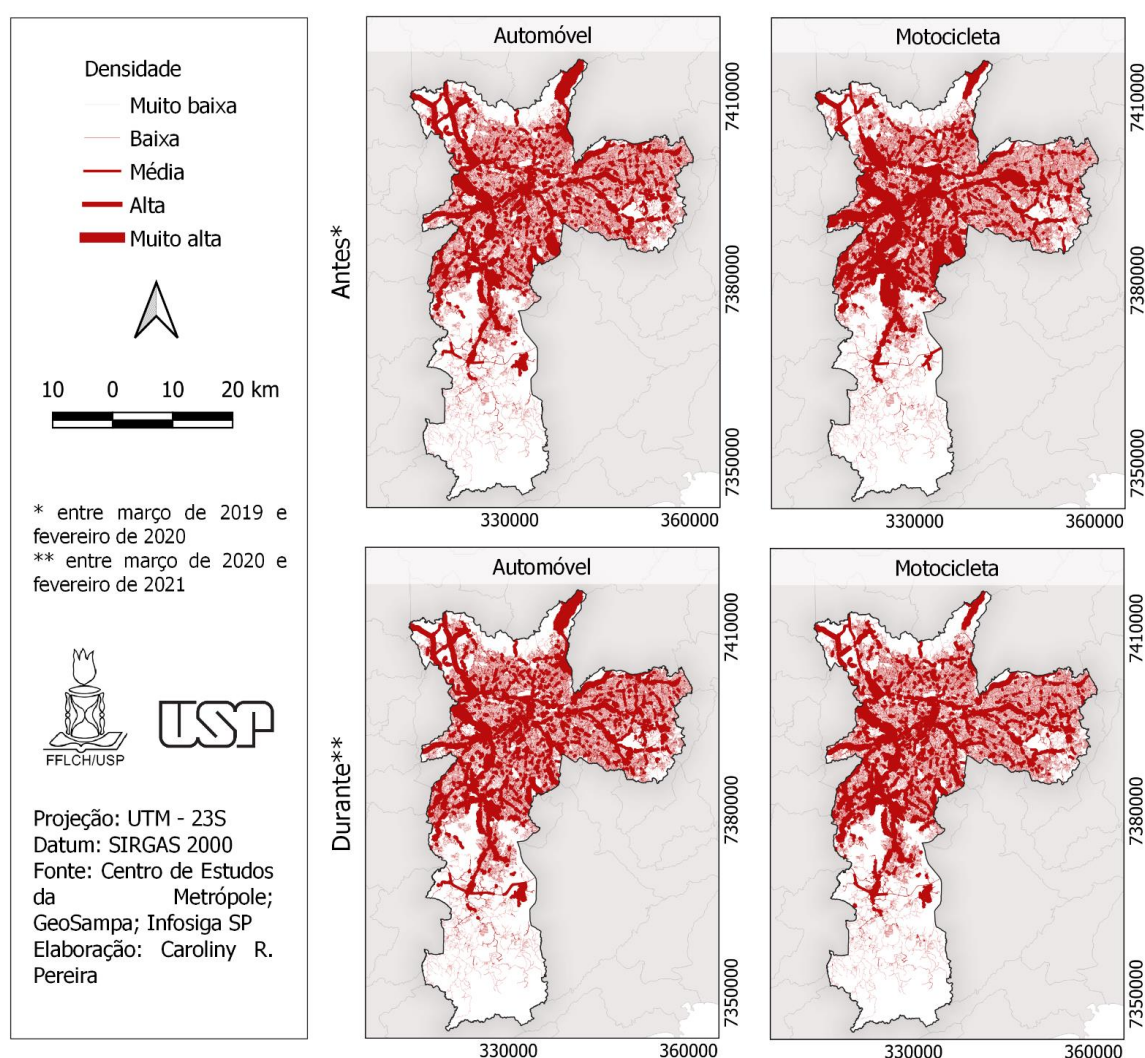
Mapa 9 - Densidade de sinistros por tipo de veículo (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

Automóveis e motocicletas possuem as maiores densidades em localizações semelhantes. As densidades mais altas, para os sinistros envolvendo automóveis ou motocicletas, estão nas mesmas vias: Marginal Pinheiros, Rod. Fernão Dias, Rod dos Bandeirantes, e Av. 23 de Maio. Para os sinistros com motocicletas, as maiores densidades estão também na Rod. Raposo Tavares (zona oeste), Av. Miguel Estefano e Rod. dos Imigrantes. Nos mapas desse tipo de veículo, as densidades muito altas estão mais espalhadas ao longo dessas vias, enquanto que nos mapas de sinistros envolvendo automóveis, as densidades da categoria muito alta possuem menor extensão.

Mapa 10 - Densidade de sinistros com automóveis ou motocicletas (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

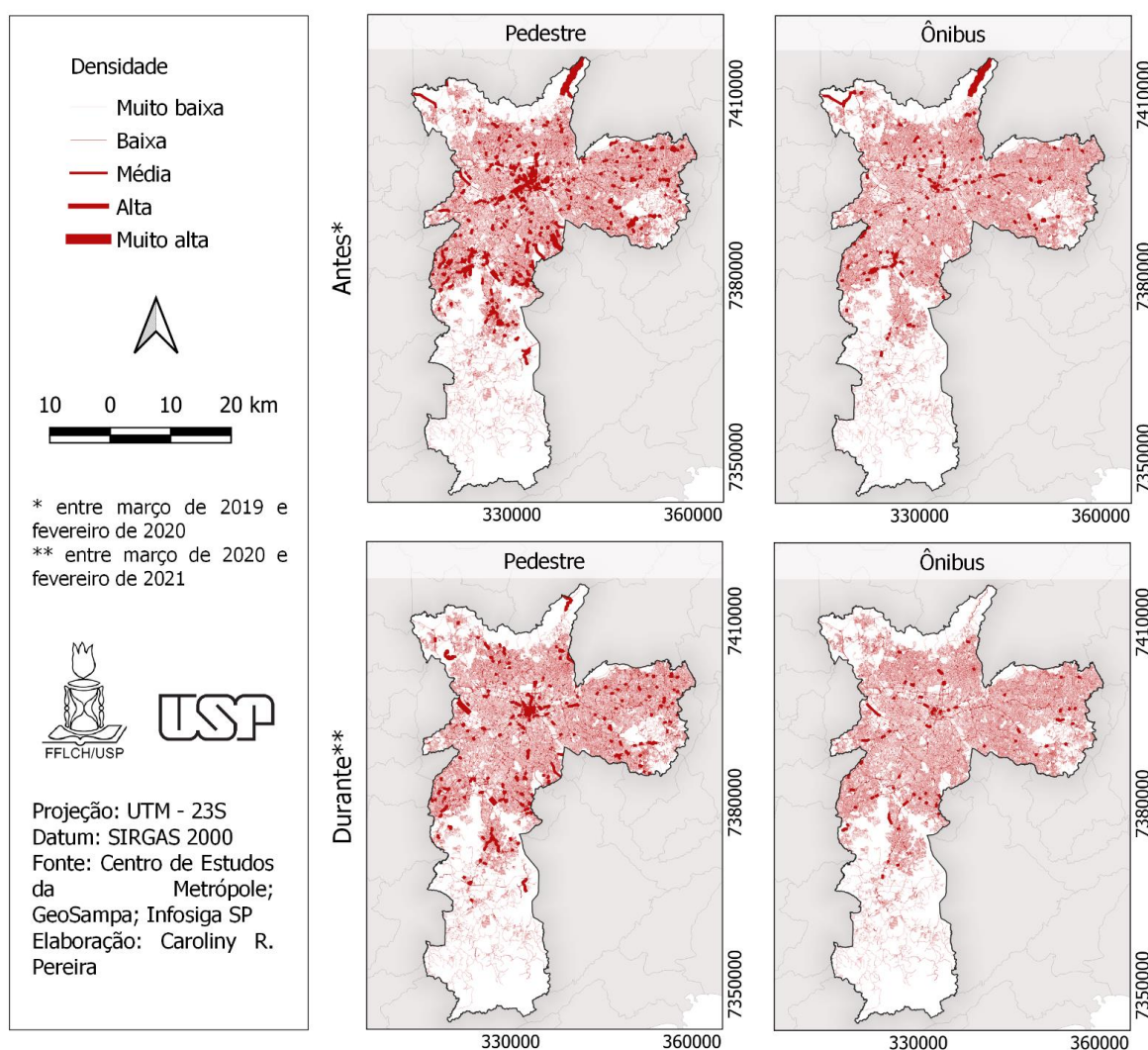
Durante a pandemia há redução das densidades, mas ainda assim as densidades “alta” e “muito alta” de sinistros com motocicletas estão mais espalhadas nas vias. As avenidas Anhanguera, dos Bandeirantes e Rod. Fernão Dias, todas na zona norte, são exceções: antes e

durante a pandemia, as densidades de sinistros envolvendo automóveis são mais extensas do que as densidades envolvendo motocicletas nessas vias.

A distribuição espacial das densidades de sinistros que envolveram os demais tipos de veículos ou pedestres foram mais variadas entre si, como pode ser observado nos mapas 11 e 12. Comparando com o mapa de sinistros com ônibus, os sinistros que envolveram pedestres formaram um maior volume de densidades, de pequena extensão, que se concentram principalmente na zona central do município. Essa região se manteve sendo foco de densidades durante a pandemia, mesmo com redução na quantidade de densidades.

Na região central está concentrada uma variedade de atividades de comércio e de serviços, o que estimula o deslocamento de pessoas de todas as regiões do município, e a circulação de pedestres nas ruas (GOLD, 1998). A maior proporção de pedestres pode ser um fator explicativo para a concentração de sinistros com este grupo no centro de São Paulo.

Mapa 11 - Densidade de sinistros com pedestres ou ônibus (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)

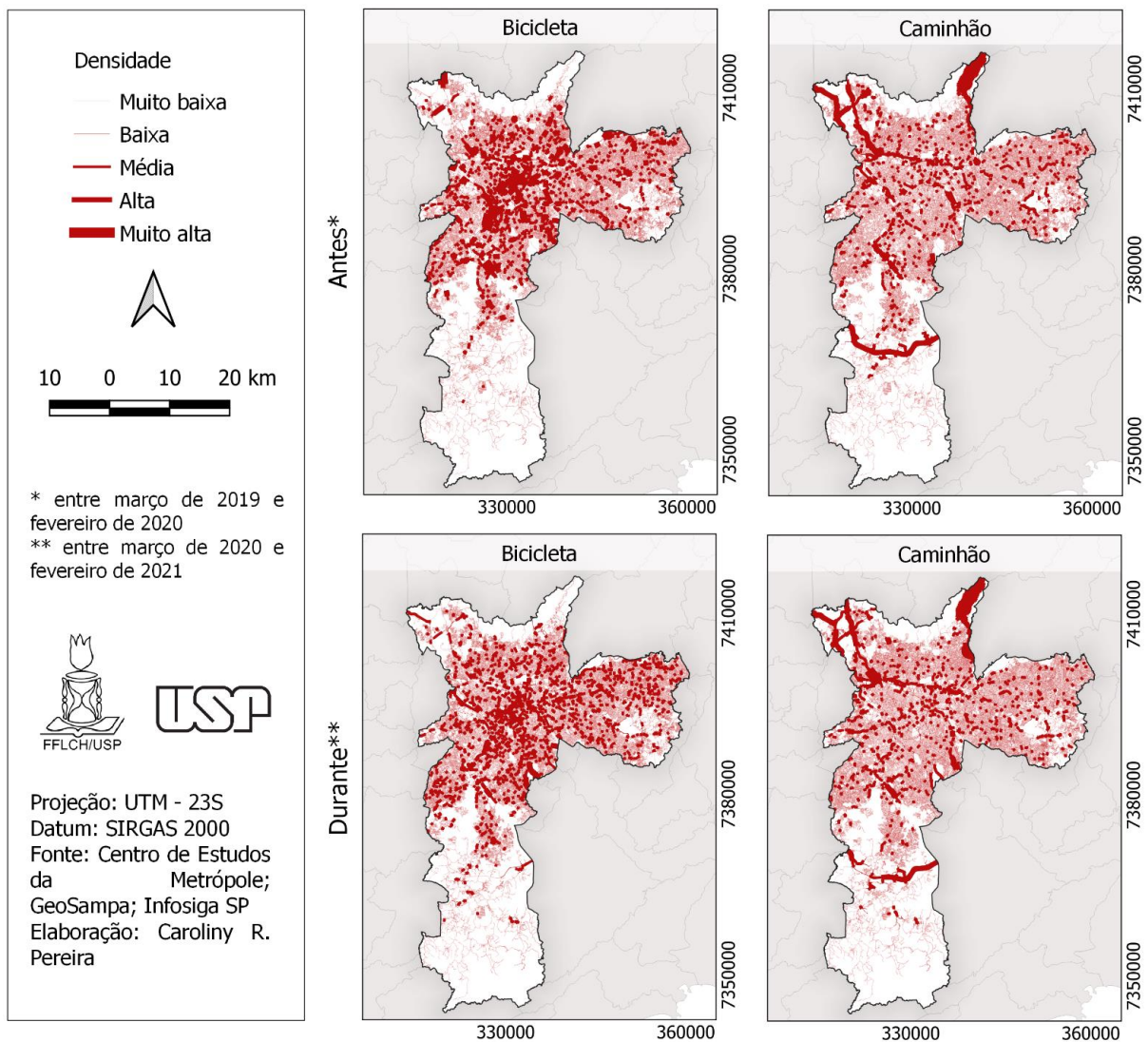


Fonte: Elaboração própria (2023).

Para os sinistros que envolveram ônibus, as densidades mais altas estão na Rod. Fernão Dias e na Av. Guarapiranga (zona sul), que possui um corredor de ônibus. Durante a pandemia, as densidades diminuíram nessas duas regiões, mas aumentaram em outras vias: na Marginal Pinheiros e Rod. Raposo Tavares (zona oeste) e na Av. Atlântica (zona sul), onde também há corredor de ônibus.

Antes da pandemia, as densidades altas para os sinistros com bicicletas (mapa 12) estavam mais espalhadas pelo município, em vias localizadas em todas as zonas, com exceção da leste. Durante a pandemia, há densidades altas em todas as zonas, e os principais aparecimentos de densidades ocorreram em duas vias na zona sul: Av. Miguel Estefno e Rod. dos Imigrantes. Nos dois períodos há densidades altas na ciclofaixa da Consolação (centro), e não aparenta haver concentração de densidades dentro da rede cicloviária.

Mapa 12 - Densidade de sinistros com bicicletas ou caminhões (entre março de 2019 e fevereiro de 2021)



Fonte: Elaboração própria (2023).

As densidades envolvendo caminhões estão localizadas fora das áreas centrais: nos dois períodos houveram densidades da categoria muito alta na Rod. Fernão Dias, e da categoria alta no Rodoanel Mário Covas nos trechos sul e norte, em trechos da Marginal Pinheiros, da Rod. dos Bandeirantes e Rod. Anhanguera. Durante a pandemia surgiram densidades na Av. Marginal Direita Anchieta (zona sul), e na Rod. Raposo Tavares.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa revelou aspectos da distribuição temporal e geográfica dos sinistros no município de São Paulo um ano antes e um ano durante a pandemia de Covid-19. O número de sinistros foi inversamente proporcional à adesão ao isolamento, e a queda no número de sinistros durante a pandemia teve seu ápice em abril de 2020, e diminuiu mês a mês, chegando a ultrapassar os valores de antes da pandemia em janeiro.

Os sinistros que ocorrem no período da madrugada ou nas sextas, sábados e domingos possuem maiores chances de provocar vítimas graves e fatais. Estima-se que, em razão da imprudência dos condutores quando há menor volume de veículos nas vias, e do maior consumo de álcool nos finais de semana. Ainda, a proporção de sinistros das sextas, sábados e domingos, e de sinistros graves e fatais nos fins de semana foram as que tiveram menor redução durante a pandemia, em comparação com os demais dias da semana.

Os sinistros estão temporalmente concentrados nos horários de pico, quando há maior circulação de veículos e pedestres. Dentre os dias da semana, a sexta é o dia que abrange a maior porcentagem de sinistros, e a menor parcela ocorre aos domingos.

A alteração no número de sinistros varia significativamente segundo o tipo de veículo envolvido pois ela reflete: (1) o volume desse veículo nas vias e (2) o padrão de comportamentos/perfil de seus condutores, que responderam aos impactos da pandemia de formas diferentes. Serviços de transporte, frequentemente realizados por caminhoneiros, no caso de grandes volumes, e por motociclistas e ciclistas no caso de mercadorias de menor volume, como alimentos, foram de grande importância para o abastecimento da cidade durante a pandemia. Esse pode ser um importante fator para a compreensão dos padrões de ocorrências de sinistros segundo diferentes veículos envolvidos.

É possível que esse fator tenha sido responsável pela estabilidade dos sinistros envolvendo caminhões, e em parte pelo alto número de sinistros com motociclistas. O crescimento de sinistros com ciclistas, pode ser explicado pelo aumento do uso de bicicletas, seja com trabalho em serviços de entrega e/ou para a realização de atividades físicas.

A Av. Marginal Pinheiros e a Rod. Fernão Dias são vias que possuem densidades de sinistros intensas. Ainda seria necessária a realização de pesquisas para investigar com maior detalhe as causas desses resultados, mas estes seriam dois pontos em que ações de prevenção de sinistros poderiam ter grande efeito positivo para os motoristas de modo geral. Os sinistros com pedestres tiveram maior concentração nas vias onde há maior circulação desse grupo, e estas estão na zona central do município.

Conclui-se que as causas dos sinistros são multifacetadas e a interpretação dos padrões observados nos resultados é complexa: ao mesmo tempo que o maior fluxo de veículos nos horários de pico aumenta a chance de ocorrer sinistros, o congestionamento que ele provoca pode também diminuir o risco e a gravidade dos sinistros. Apesar disso, a análise detalhada dos padrões espaciais e temporais dos sinistros ajuda a compreender as suas causas, e consequentemente, a desenvolver medidas eficazes para a sua prevenção.

A realização da pesquisa envolveu o enfrentamento de algumas dificuldades, como a alteração do método de estimativa de densidade para um mais adequado ao tipo de dado trabalhado, do qual não se tinha familiaridade. A incompatibilidade na organização dos dados de sinistros não fatais e fatais, do Infosiga SP, o que exigiu maior tempo para organizar a tabela de dados e pedir esclarecimentos sobre os dados para a plataforma. O tempo demandado para a manipulação dos dados no QGIS, que foi demorada em razão do tamanho dos dados de densidade, e do volume de mapas gerados para a pesquisa, incluindo os mapas teste. E em alguns mapas a escala definida dificultou a visualização das densidades, apesar disso, ainda foi possível identificar os padrões espaciais dos sinistros no município.

Outros caminhos de investigação foram considerados ao longo da pesquisa, e poderiam guiar pesquisas futuras, para descobrir, por exemplo, se existe associação entre a ocorrências de sinistros que envolvem motociclistas e ciclistas e dados de vendas de plataformas de delivery, nos âmbitos espacial e temporal; uma comparação entre os resultados obtidos com a EDK planar e a EDK de rede; uma análise do sentido das vias em que os sinistros ocorreram; e uma análise de dados de sinistro em maior escala temporal são possibilidades de investigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F. R.; ANTUNES, J. L. F. Falta de atenção ao conduzir veículo automotor como causa de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. v. 23, 2020. DOI <https://doi.org/10.1590/1980-5497202000085>. ISSN 1980-5497. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rbepid/2020.v23/e200085/pt/#>. Acesso em: 17 mai. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 10697**: Informação e documentação: pesquisa de sinistros de trânsito — Terminologia. Rio de Janeiro. 2020. p. 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO SETOR DE BICICLETAS. Venda de bicicletas registra aumento de 50% no ano de 2020 em comparação a 2019. *In: Aliança Bike*. [S. l.], 10 fev. 2021. Disponível em: <https://aliancabike.org.br/vendas-2020/>. Acesso em: 2 mai. 2023.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise de eventos pontuais. *In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004, cap. 2. ISBN: 85-7383-260-6. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 15 out. 2022.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.; DRUCK, S.; CARVALHO, M. S. Análise espacial e geoprocessamento. *In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004, cap. 1. ISBN: 85-7383-260-6. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 15 out. 2022.

CARLOS, A.F.A. Cotia: o espaço da reprodução do capital. *In: CARLOS, A.F.A. A reprodução do espaço urbano*. São Paulo: Edusp, 1994. pp. 97-132

CARNEIRO, L. P.; BATTISTELLA, L. R. Two innovative Brazilian programs relating to road safety prevention. A case study. **São Paulo Medical Journal**. p. 2-7, 2019. Supl. 137.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. Acidentes de trânsito: relatório anual. São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.cetesp.com.br/media/1058619/2019.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2023.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. Mobilidade no Sistema Viário Principal Volumes e Velocidades 2019. São Paulo, out. 2020. Disponível em: <http://www.cetesp.com.br/media/1113490/relatorio-msvp-2019-revisao-2-junho-22.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2023.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. Sinistros de trânsito: relatório anual. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.cetesp.com.br/media/1143350/RelatorioAnual2020.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2023.

CORCORAN, J.; HIGGS, G.; BRUNSDON, C.; WARE, A. The Use of Comaps to Explore the Spatial and Temporal Dynamics of Fire Incidents: A Case Study in South Wales, United Kingdom. **The Professional Geographer**, p. 521-536, 2007. DOI 10.1111/j.1467-9272.2007.00639.x.

DIAS, T. L.; CÂMARA, G.; DAVIS, C. A. Modelos espaço-temporais. *In*: CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C. VINHAS, L. QUEIROZ, G. R. **Bancos de Dados Geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. cap. 4, p. 137-169.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Editora Oficina de Textos, 2008.

GIS DEVELOPMENT TEAM. Guia do Usuário QGIS. **QGIS Project**. 7 jun. 2023. Disponível em: https://docs.qgis.org/3.28/pdf/pt_BR/QGIS-3.28-DesktopUserGuide-pt_BR.pdf. Acesso em: 7 jun. 2023.

GOLD, P. A. **Segurança no Trânsito**: Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes. Washington (EUA): Banco Interamericano de Desenvolvimento, 1998.

HELDS, T.; OROZOVA-BEKKEVOLD, I. The effect of roundabout design features on cyclist accident rate. **Accident Analysis & Prevention**, p. 39, n. 2, p. 300-307, 2007. DOI <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.07.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457506001369>. Acesso em: 3 jul. 2023.

INFOSIGA SP. Base de dados de acidentes não fatais. Disponível em: <http://www.infosiga.sp.gov.br/>. Acesso em: 8 mar. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>. Acesso em: 5 jun. 2023.

INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Estação Meteorológica do IAG/USP Seção Técnica de Serviços Meteorológicos. Disponível em: <http://www.estacao.iag.usp.br/seasons/index.php>. Acesso em: 15 jun. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Custos dos acidentes de trânsito no Brasil**: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do IPEA sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias: texto para discussão. Brasília: Ipea, 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/arquivos/artigos/7018-td2565.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2023.

KUO, P.; ZENG, X.; LORD, D. Guidelines for choosing hot-spot analysis tools based on data characteristics, network restrictions, and time distributions. *In*: Proceedings of the 91 Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC. **Proceedings** [...]. Washington, DC, p. 22-26, nov. 2011.

LE, K. G.; LIU, P.; LIN, L. T. Determining the road traffic accident hotspots using GIS-based temporal-spatial statistical analytic techniques in Hanoi, Vietnam. **Geo-spatial Information Science**, v. 23, n. 2, p.153-164, 2020. DOI 10.1080/10095020.2019.1683437. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337690760_Determining_the_road_traffic_accident

_hotspots_using_GIS-based_temporal-spatial_statistical_analytic_techniques_in_Hanoi_Vietnam. Acesso em: 23 fev. 2023.

LENCIONI, S. A metamorfose de São Paulo: o anúncio de um novo mundo de aglomerações difusas. *Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD*, [S. l.], n. 120, p. 133–148, 2012. Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/176>.

MASSA, R. M. O "Boom" das plataformas de Delivery no Brasil e suas consequências peculiares. In: Portal Fundação Getúlio Vargas. [S. l.], 13 abr. 2022. Disponível em: <https://portal.fgv.br/artigos/boom-plataformas-delivery-brasil-e-suas-consequencias-peculiares>. Acesso em: 2 jul. 2023.

MILIĆ, N.; ĐURĐEVIĆ, Z.; MIJALKOVIĆ, S.; ERKIĆ, D. Identifying Street Hotspots Using a Network Kernel Density Estimation. *Revija za kriminalistiko in kriminologijo*, Ljubljana, v. 71, n. 2, p. 257–272, 2020.

MILIĆ, N.; POPOVIC, B.; MIJALKOVIC, S.; MARINKOVIC, D. The Influence of Data Classification Methods on Predictive Accuracy of Kernel Density Estimation Hotspot Maps. *The International Arab Journal of Information Technology*, v. 16, n. 6, p. 1053–1062, 2019.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Programa Nacional de Trânsito (PNT)**. Brasília, set. 2002.

NAKAYA, T.; YANO, K. Visualising Crime Clusters in a Space-time Cube: An Exploratory Data-analysis Approach Using Space-time Kernel Density Estimation and Scan Statistics. *Transactions in GIS*, v. 14, n. 3, p. 223-239. 2010. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2010.01194.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9671.2010.01194.x>. Acesso em: 10 fev. 2023.

OKABE, A.; SATOH, T.; SUGIHARA, K. A kernel density estimation method for networks, its computational method and a GIS based tool. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 23, n. 1, p. 7-32, 2008. DOI [10.1080/13658810802475491](https://doi.org/10.1080/13658810802475491). Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658810802475491>. Acesso em: 28 abr. 2023.

ÖZCAN, M.; KÜÇÜKÖNDER, M. Investigation of Spatiotemporal Changes in the Incidence of Traffic Accidents in Kahramanmaraş, Turkey, Using GIS-Based Density Analysis. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Índia, v. 48, p. 1045-1056, ago. 2020. DOI <https://doi.org/10.1007/s12524-020-01137-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12524-020-01137-0#citeas>. Acesso em: 6 fev. 2023.

PLUG, C.; XIA, J.; CAULFIELD, C. Spatial and temporal visualisation techniques for crash analysis. *Accident Analysis & Prevention*, v. 43, n. 6, p. 1937-1946, nov. 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.05.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001457511001266>. Acesso em: 22 abr. 2023.

REIS, M. M. O que é Análise Exploratória de Dados? In: REIS, M. M. **Estatística aplicada à administração**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC, 2008. cap. 3, p. 63-90.

RIOS, P. A. A.; MOTA, E. L. A.; FERREIRA, L. N.; CARDOSO, J. P.; SANTOS, G. J.; RODRIGUES, T. B. Acidentes de trânsito com condutores de veículos: incidência e diferenciais entre motociclistas e motoristas em estudo de base populacional. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, 2019. DOI: 10.1590/1980-549720190054.

RIZZON, B.; CORRÊA, F. Sinistros de trânsito: saiba por que os acidentes de trânsito não são acidentes. In: World Resources Institute Brasil. [S. l.], 21 mai. 2021. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/por-que-sinistros-de-transito-nao-sao-acidentes-e-como-podem-ser-evitados#:~:text=Quais%20os%20exemplos%20de%20sinistros,e%20capotagens%20s%C3%A3o%20classifica%C3%A7%C3%B5es%20poss%C3%ADveis>. Acesso em: 17 mai. 2023.

RODRIGUES, M. M. Acidentes de trânsito e pandemia: retrato da precariedade das condições de trabalho do motoboy entregador. **Palavra Seca**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 148-166, mar./ago. 2021.

ROMANO, B; JIANG, Z. Visualizing Traffic Accident Hotspots Based on Spatial-Temporal Network Kernel Density Estimation (Demo Paper). In: Proceedings of the 25th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, 2017, Los Angeles Area, CA. **Proceedings** [...]. Los Angeles Area, CA, USA, 2017, p. 1-4.

ROSA, R. Análise espacial em geografia. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, p. 275-289, out. 2011. DOI: 10.5418/RA2011.0701. ISSN 1679-768.

SÃO PAULO. Decreto N° 64.862 de 13 de março de 2020. Dispõe sobre a adoção, no âmbito da Administração Pública direta e indireta, de medidas temporárias e emergenciais de prevenção de contágio pelo COVID-19 (Novo Coronavírus), bem como sobre recomendações no setor privado estadual. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 13 de março de 2020.

SÃO PAULO. Decreto N° 64.881 de 22 de março de 2020. Decreta quarentena no Estado de São Paulo, no contexto da pandemia do COVID-19 (Novo Coronavírus), e dá providências complementares. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 22 de março de 2020.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRÂNSITO (SÃO PAULO). Nota à imprensa: circulação de veículos pesados para abastecimento. São Paulo, 19 mar. 2020. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/mobilidade/noticias/?p=295405>. Acesso em: 2 mai. 2023.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRÂNSITO (SÃO PAULO). **Observatório Mobilidade Segura**. Comportamento no trânsito: multas de trânsito. São Paulo, 2023. Disponível em: http://mobilidadesegura.prefeitura.sp.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=Painel_Mobilidade_Segura.qvw&host=QVS%40c65v27i&anonymous=true. Acesso em: 3 jul. 2023.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES E MONITORAMENTO INTELIGENTE. Sistema de Monitoramento Inteligente do Governo de São Paulo atualiza diariamente índice de adesão ao isolamento social no Estado. São Paulo, 5 jan. 2022. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/coronavirus/isolamento/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. **Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools**. 4th Edition. 2013. Disponível em: <https://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html>. Acesso em: 30 ago. 2022.

STEWART, A. E.; LORD, J. H. Motor Vehicle Crash versus Accident: A Change in Terminology Is Necessary. **Journal of Traumatic Stress** v. 15, p. 333–335, 2002. DOI <https://doi.org/10.1023/A:1016260130224>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1016260130224>. Acesso em: 17 mai. 2023.

TEMBICI. **Micromobilidade no sul global**: a atuação da Tembici na América Latina. [S. l.], 2022. Disponível em: https://www.tembici.com.br/wp-content/uploads/2022/05/Micromobilidade_no_sul_global_2022.pdf. Acesso em: 3 jul. 2023.

YU, W.; AI, T.; SHAO, S. The analysis and delimitation of Central Business District using network kernel density estimation. **Journal of Transport Geography**, v. 45, p. 32–47, mai. 2015. DOI 10.1016/J.JTRANGEO.2015.04.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966692315000721?via%3Dihub>. Acesso em: 9 mai. 2023.

XIE, Z; YAN, J. Kernel Density Estimation of traffic accidents in a network space. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 32, n. 5, p. 396–406, 2008. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2008.05.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0198971508000318>. Acesso em: 6 abr. 2023.