



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
GESTÃO TERRITORIAL

João Sérgio Silva Santos

**Estudo de Caso do Impacto da COVID-19 nos Acidentes em Rodovias Federais do
Estado de Santa Catarina por meio de um Modelo Preditivo e de Clusterização
Georreferenciado**

Florianópolis
2025

João Sérgio Silva Santos

**Estudo de Caso do Impacto da COVID-19 nos Acidentes em Rodovias Federais do
Estado de Santa Catarina por meio de um Modelo Preditivo e de Clusterização
Georreferenciado**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da
Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção
do título de Mestre em Engenharia de Transportes e
Gestão Territorial
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Villarroel Dávalos

Florianópolis

2025

Santos, João Sérgio Silva

Estudo de Caso do Impacto da COVID-19 nos Acidentes em Rodovias Federais do Estado de Santa Catarina por meio de um Modelo Preditivo e de Clusterização Georreferenciado / João Sérgio Silva Santos ; orientador, Ricardo Villarroel Dávalos, 2025.

126 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Segurança Viária. 3. Georreferenciamento. I. Dávalos, Ricardo Villarroel . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

João Sérgio Silva Santos

**Estudo de Caso do Impacto da COVID-19 nos Acidentes em Rodovias Federais do
Estado de Santa Catarina por meio de um Modelo Preditivo e de Clusterização
Georreferenciado**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora
composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Rogério Cid Bastos
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. João Carlos Souza
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. João Eugênio Cavallazzi
Laboratório de Transportes e Logística

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de mestre em Engenharia de Transportes e Gestão
Territorial.



Documento assinado digitalmente
Rogerio Cid Bastos
Data: 22/09/2025 14:50:22-0300
CPF: ***.425.409-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Rogério Cid Bastos, Dr.
Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Documento assinado digitalmente
Ricardo Villarroel Davalos
Data: 22/09/2025 11:44:03-0300
CPF: ***.328.619-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Ricardo Villarroel Dávalos, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2025.

RESUMO

Milhões de vidas são afetadas todos os anos por causa dos acidentes de trânsito, direta ou indiretamente. Esse é um problema enfrentado pela maioria dos países, especialmente os em desenvolvimento. Em números absolutos de óbitos por acidentes de trânsito o Brasil está frequentemente entre os piores. Aqui se propõe um estudo dos fatores que influenciam no agravamento ou atenuação dessa adversidade, o qual faz parte dos esforços necessários para que se possa planejar ações que possam mitigar o problema. Foram utilizados dados georreferenciados de acidentes nas rodovias federais de Santa Catarina, selecionados de um período de 8 anos, como base para uma análise feita por meio de um método preditivo e de clusterização georreferenciado. A abordagem preditiva consiste na aplicação de modelos estatísticos Holt-Winters e SARIMA na realização de projeções dos índices de acidentes a partir dos dados dos anos anteriores à pandemia. Os índices estimados para registros totais de acidentes, acidentes com vítimas fatais, com vítimas gravemente feridas e levemente feridas, a partir dos dados dos 4 primeiros anos, foram comparados aos índices observados a partir de 2020. Os resultados mostraram que houve um aumento na gravidade dos acidentes nos períodos de restrição e que todos os índices tenderam a uma estabilidade a partir de 2020, com os registros de acidentes com vítimas levemente feridas e gravemente feridas abaixo do esperado, com base nos dados das projeções. Quanto à análise espacial, por meio do georreferenciamento, foi observado o impacto do isolamento social em diversas regiões do estado, mas principalmente nos dois maiores pontos críticos, na região de Itajaí e Florianópolis, com os maiores decréscimos na densidade de acidentes fatais. Após os períodos de restrição de tráfego, porém, ambas as regiões voltaram a registrar altas densidades de acidentes fatais, com a predominância das mortes por atropelamento, assim como antes da pandemia, não tendo sido verificado então um impacto persistente. Quanto ao índice de acidentes fatais, apenas a análise conjunta dos resultados de ambos os modelos forneceu uma explicação mais abrangente e fiel à realidade sobre o impacto da COVID. Verificou-se que, apesar da aparente redução nos acidentes fatais apontada pela clusterização, esses eventos ocorreram de forma mais dispersa nas rodovias do estado durante a pandemia, porém em mesma quantidade. Tal resultado evidencia a necessidade de integrar análises de séries temporais e clusterização em estudos futuros voltados à identificação de trechos críticos e à redução de acidentes.

Palavras-chave: Acidentes de trânsito. Clusterização. Modelos Preditivos. Pandemia. Pontos críticos. Segurança viária.

ABSTRACT

Millions of lives are directly or indirectly affected every year by traffic accidents. This is a challenge faced by most countries, especially those in development. In absolute numbers of traffic-related fatalities, Brazil ranks frequently among the worst. This study proposes an analysis of the factors that contribute to the aggravation or mitigation of this problem, as part of the efforts required to support the planning of actions aimed at reducing its impact. Georeferenced crash data from federal highways in Santa Catarina, covering an eight-year period, were used as the basis for an analysis conducted through predictive and georeferenced clustering methods. The predictive approach consisted of applying Holt-Winters and SARIMA statistical models to project accident rates based on data from the years preceding the pandemic. The estimated rates for total crashes, crashes with fatalities, crashes with severe injuries, and crashes with minor injuries, derived from the first four years of data, were compared to the observed rates from 2020 onwards. Results showed an increase in crash severity during restriction periods, and that rates tended toward stability from 2020, with records of crashes involving minor and severe injuries below expected levels based on projections. Regarding spatial analysis, georeferenced data revealed the impact of social isolation was observed across several regions of the state, but mainly in the two largest critical hotspots, in the regions of Itajaí and Florianópolis, where the largest decreases in fatal crash density were observed. However, after traffic restrictions were lifted, both regions once again recorded high fatal crash densities, with fatalities predominantly caused by pedestrian crashes, as was the case before the pandemic, indicating no persistent impact. Regarding the fatal accident index, only the joint analysis of the results from both models provided a more comprehensive and accurate explanation of the impact of COVID. The findings revealed that, despite the apparent reduction in fatal accidents suggested by the clustering, these events occurred in the same quantity but in a more dispersed manner across the state's highways during the pandemic. This result highlights the need to integrate time series analysis and clustering in future studies aimed at identifying critical roadway segments and reducing accidents.

Keywords: Clusterization. Forecasting methods. Hotspots. Pandemic. Road safety. Traffic accidents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes estimados para o método Holt-Winters com sazonalidade aditiva e multiplicativa	28
Figura 2 - Comparativo de incidentes em Sydney, classificado por cores e por duração. (a) Durante abril de 2019 e (b) durante abril de 2020 (primeiro <i>lockdown</i>).....	39
Figura 3 - Mapas dos pontos críticos de feridos em acidentes para os incidentes registrados em 2018, 2019 e 2020 em Tabriz.....	40
Figura 4 - Clusters usando o Índice de Moran Local para o período 1 (entre março e outubro)	41
Figura 5 - Mapas de concentração de acidentes de trânsito na província de Tarragona antes (mapa da esquerda) e durante (mapa da direita) o primeiro <i>lockdown</i> nessa região.	46
Figura 6 – Fluxograma do processo metodológico	57
Figura 7 - Mapa rodoviário de Santa Catarina	59
Figura 8 – Fluxograma do método de cálculo das estimativas de acidentes	61
Figura 9 – Fluxograma do método de cálculo de pontos críticos.....	63
Figura 10 - Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2019	75
Figura 11 - Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2020	76
Figura 12 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2023	77
Figura 13 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais no entorno de Blumenau/SC no ano de 2023.....	81
Figura 14 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais no entorno de Itajaí/SC no ano de 2023	82
Figura 15 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais no entorno de Joinville/SC no ano de 2023	84
Figura 16 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais no entorno de Florianópolis/SC no ano de 2023.....	86
Figura 17 – Representação do Contorno Viário de Florianópolis/SC e pontos relevantes de referência (2023).....	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Previsão SARIMA para mortes nas estradas	43
Gráfico 2 - Dinâmica mensal da taxa de mortalidade	45
Gráfico 3 - Taxas diárias de infrações de trânsito para avanços no sinal vermelho e excesso de velocidade.....	51
Gráfico 4 - Comparativo do número de acidentes de trânsito na Polônia, usando dados observados e previsões calculadas	52
Gráfico 5 – Comparativo entre registros de acidentes em rodovias federais e dados de previsões utilizando os métodos Holt-Winters e SARIMA, para o período de 2016 a 2023	67
Gráfico 6 - Comparativo entre número de acidentes com óbitos em rodovias federais e dados de previsões utilizando os métodos Holt-Winters e SARIMA, para o período de 2016 a 2023	68
Gráfico 7 - Comparativo entre registros de acidentes com vítimas gravemente feridas em rodovias federais e dados de previsões utilizando os métodos Holt-Winters e SARIMA, para o período de 2016 a 2023	70
Gráfico 8 - Comparativo entre registros de acidentes com vítimas levemente feridas em rodovias federais e dados de previsões utilizando os métodos Holt-Winters e SARIMA, para o período de 2016 a 2023.....	71
Gráfico 9 - Índice de medidas legais de distanciamento social (médias ponderadas) e número de novos óbitos (por 1 milhão de habitantes) – Brasil, apenas dias úteis	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Métodos de Clustering.....	36
Quadro 2 - Fases e atividades específicas do processo de revisão sistemática	38
Quadro 3 - Sumário dos estudos selecionados na revisão bibliográfica sistemática	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trabalhos Relacionados	20
Tabela 2 - Testes Qui-quadrado para cada trimestre de pandemia com referência no trimestre anterior à pandemia	47
Tabela 3 - Testes Qui-quadrado para cada tipo de veículo no primeiro trimestre de pandemia com referência no trimestre imediatamente anterior à pandemia	48
Tabela 4 – Índices de qualidade dos modelos de previsão de dados de número de acidentes	66
Tabela 5 - Índices de qualidade dos modelos de previsão de dados de número de óbitos	68
Tabela 6 - Índices de qualidade dos modelos de previsão de dados de número de acidentes com vítimas gravemente feridas	69
Tabela 7 - Índices de qualidade dos modelos de previsão de dados de número de acidentes com vítimas levemente feridas	71
Tabela 8 - Índices de qualidade dos modelos mais bem ajustados às séries de dados analisadas.....	72
Tabela 9 – Variação dos índices de densidade máxima dos pontos críticos principais das regiões analisadas no Estado de Santa Catarina.....	78
Tabela 10 – Dia da semana, causa do acidente e tipo de acidente predominantes por ano na região de estudo de Blumenau	80
Tabela 11 – Dia da semana, causa do acidente e tipo de acidente predominantes por ano na região de estudo de Itajaí/Camboriú	81
Tabela 12 – Dia da semana, causa do acidente e tipo de acidente predominantes por ano na região de estudo de Joinville/Jaraguá.....	83
Tabela 13 – Dia da semana, causa do acidente e tipo de acidente predominantes por ano na região de estudo da Região Metropolitana de Florianópolis.....	84
Tabela 14 - Número de resultados com título aderente para cada combinação de palavras-chave	120

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2	PROBLEMA	16
1.3	OBJETIVOS	18
1.3.1	Objetivo geral.....	18
1.3.2	Objetivos específicos	18
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	ADERÊNCIA AO PPGTG.....	20
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA	23
2.1.1	Acidentes Rodoviários	23
2.1.1.1	<i>Acidentes Rodoviários no Mundo.....</i>	<i>23</i>
2.1.1.2	<i>Acidentes Rodoviários no Brasil</i>	<i>24</i>
2.1.2	Modelos para Previsão ou Estimativas de Acidentes	25
2.1.2.1	<i>Método de Holt-Winters</i>	<i>27</i>
2.1.2.2	<i>SARIMA</i>	<i>29</i>
2.1.2.3	<i>Métricas de Avaliação de Modelos Preditivos</i>	<i>31</i>
2.1.3	Sistema de Informação Geográfica	32
2.1.4	Análise espacial dos acidentes.....	33
2.1.4.1	<i>Trechos Críticos</i>	<i>33</i>
2.1.4.2	<i>Clusterização</i>	<i>35</i>
2.1.4.3	<i>Método de Densidade de Kernel.....</i>	<i>36</i>
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.....	37
2.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO REFERENCIAL TEÓRICO	54
3	METODOLOGIA.....	56

3.1	TIPO DE PESQUISA	56
3.2	ETAPAS METODOLÓGICAS.....	56
3.3	Delimitações	58
4	ESTUDO DE CASO	60
4.1	OBTENÇÃO DOS DADOS.....	60
4.2	MODELO DE PREVISÃO DE OCORRÊNCIA DE ACIDENTES	60
4.3	MODELO DE IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS	62
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
4.4.1	Previsão da Ocorrência de Acidentes	65
4.4.1.1	<i>Número de Acidentes</i>	66
4.4.1.2	<i>Número de Acidentes com Óbitos.....</i>	67
4.4.1.3	<i>Número de Acidentes com Vítimas Gravemente Feridas</i>	69
4.4.1.4	<i>Número de Acidentes com Vítimas Levemente Feridas.....</i>	70
4.4.1.5	<i>Discussão dos Resultados de Previsões de Ocorrência de Acidentes</i>	72
4.4.2	Identificação De Pontos Críticos	74
4.4.2.1	<i>Resultados.....</i>	74
4.4.2.2	<i>Discussão dos Resultados de Identificação De Pontos Críticos</i>	78
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	86
5.1	CONCLUSÕES	86
5.2	TRABALHOS FUTUROS	89
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A – NÚMERO DE ACIDENTES OBSERVADO E PREVISTO ATRAVÉS DO MÉTODO HOLT-WINTERS E SARIMA	97
	APÊNDICE B – NÚMERO DE ACIDENTES COM VÍTIMAS LEVEMENTE FERIDAS OBSERVADO E PREVISTO ATRAVÉS DO MÉTODO HOLT-WINTERS E SARIMA	100

APÊNDICE C – NÚMERO DE ACIDENTES COM VÍTIMAS GRAVEMENTE FERIDAS OBSERVADO E PREVISTO ATRAVÉS DO MÉTODO HOLT-WINTERS E SARIMA	103
APÊNDICE D – NÚMERO DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS OBSERVADO E PREVISTO ATRAVÉS DO MÉTODO HOLT-WINTERS E SARIMA	106
APÊNDICE E – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE BLUMENAU (ANOS 2019, 2020, 2023).....	109
APÊNDICE F – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE CHAPECÓ (ANOS 2019, 2020, 2023).....	111
APÊNDICE G – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE IMBITUBA/TUBARÃO (ANOS 2019, 2020, 2023)	112
APÊNDICE H – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE ITAJAÍ/CAMBORIÚ (ANOS 2019, 2020, 2023)	113
APÊNDICE I – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE JOINVILLE/JARAGUÁ DO SUL (ANOS 2019, 2020, 2023).....	114
APÊNDICE J – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE LAGES (ANOS 2019, 2020, 2023)	115
APÊNDICE K – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS (ANOS 2019, 2020, 2023).....	116
APÊNDICE L – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE RIO DO SUL (ANOS 2019, 2020, 2023).....	117
APÊNDICE M – FASES DA REVISÃO SISTEMÁTICA	118
Fase 1 – Planejamento da Revisão	118
<i>Identificação da necessidade de uma revisão sistemática</i>	<i>118</i>
<i>Especificação das perguntas da pesquisa</i>	<i>118</i>
<i>Desenvolvimento de um protocolo de revisão</i>	<i>118</i>
Fase 2 – Condução da Revisão	119

<i>Busca e seleção preliminar dos estudos</i>	119
<i>Avaliação da qualidade dos estudos</i>	120
<i>Sumarização dos dados</i>	121
Fase 3 – Relatório da Revisão	123
Considerações Finais	123

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Aproximadamente 1,3 milhões de pessoas no mundo morrem todos os anos devido a acidentes de trânsito, segundo a Organização Mundial da Saúde, OMS (WHO, 2022). Esses são números extremamente altos e preocupantes. A maior parte das vítimas são homens jovens vivendo em países pobres ou em desenvolvimento; grande parte deles são ciclistas, pedestres ou motociclistas. Esse perfil está bem próximo do brasileiro.

Segundo dados do Departamento de Polícia Rodoviária Federal (DPRF, 2022), só nas rodovias federais, cerca de 64 mil acidentes foram registrados no ano de 2021. Resultando dessas ocorrências têm-se 5.395 óbitos, 357 dos quais ocorridos nas rodovias federais do estado de Santa Catarina.

Em números absolutos de óbitos por acidentes de trânsito o Brasil é superado apenas pela Índia e China, os mais populosos países do planeta, estando à frente de outros como Estados Unidos, Paquistão, Indonésia e Nigéria (WHO, 2022).

A OMS declarou pandemia de SARS-CoV-2 em março de 2020. Até julho de 2022, houve mais de 500 milhões de infecções e 6 milhões de mortes globais. O Brasil, com 3% da população mundial, registrou 675 mil mortes, cerca de 10% do total global.

Como resposta a essa crise, medidas governamentais de distanciamento social e conscientização foram adotadas e, por consequência, reduziram bastante o volume de tráfego em vários países como Japão (Hara e Yamaguchi, 2021) e Holanda (Haas et al., 2020), além da redução na ocorrência de acidentes de trânsito, observada em diversos países, como Brasil (Caldas, 2021), Grécia (Sekadakis et al., 2021) e Austrália (Chand et al., 2021).

Sendo um período recente de grandes mudanças na sociedade, é de interesse também da área de segurança viária avaliar os impactos e as origens dos acidentes nesse período. Diversos estudos se propuseram a avaliar esses impactos e diferentes métodos estatísticos foram utilizados nessas avaliações e exibição dos dados.

Alguns estudos levaram em consideração apenas os dados de acidentes, obtidos de departamentos de polícia de cada lugar, como o estudo de Caldas (2021) e Sekadakis et al. (2021). Os registros dos acidentes, principalmente dos que ocorrem em rodovias federais, são feitos de forma georreferenciada por diversas instituições, geralmente governamentais, provedoras desses dados utilizados nos estudos.

Outros também levaram em consideração variáveis como volume de tráfego e registros de infrações de trânsito (Alhajyaseen, 2021) e (Sobreira et al., 2022).

Para gerar dados que pudessem ser usados num comparativo, foram elaborados em muitos trabalhos previsões de como seriam os dados de acidentes para o período da pandemia, caso não houvesse as medidas de isolamento social. Alguns métodos citados e utilizados em trabalhos relacionados são o SARIMA (Sekadakis et al., 2021) considerando a sazonalidade das ocorrências, método de Bayes, Holt-Winters (Jurkovic et al., 2022) e mesmo métodos que consideraram múltiplas variáveis que poderiam afetar essas previsões (Gong et al., 2023).

A partir da análise dessas diferentes abordagens metodológicas usadas em diferentes contextos, esta dissertação pretende investigar com métodos de regressão sazonais e de clusterização o efeito das restrições sociais da pandemia sobre as taxas de acidentes e sua distribuição espacial no tempo em rodovias federais de Santa Catarina. Para a aplicação desses métodos foram consultados dados anteriores ao período de restrições sociais, do período pandêmico e do período posterior à suspensão das restrições.

1.2 PROBLEMA

A pandemia de COVID-19 trouxe desafios inesperados para os gestores em todo o mundo, com a implementação de medidas de distanciamento social, como por exemplo alterações na preferência de meios de transporte, com a redução ou suspensão total de transportes coletivos, por exemplo, em parte do período.

Exemplo disso, na cidade de Florianópolis, a frota do transporte coletivo em circulação foi reduzida por determinado período (CMF, 2021), objetivando a redução do risco de contágio nos ônibus, mas a redução levou os cidadãos a uma migração temporária para outros meios, como o transporte por carros, motos e bicicletas. Sendo que, como mostrado por Masson (2020), carros e motos são transportes de mais alto risco que os ônibus, como também observado nos registros de acidentes (PRF, 2024).

O impacto dessas mudanças nos acidentes rodoviários já foi estudado em diversos países, porém muitos desses estudos foram conduzidos durante os períodos de restrição de tráfego, sendo que, para estudar também a persistência dos impactos visualizados durante as restrições, são necessários dados do período de retirada das medidas de distanciamento, alcançado após alto percentual de imunização da população.

O estudo de Gong et al. (2023), sendo um dos mais recentes, mostrou uma redução significativa na ocorrência de acidentes no condado estudado do estado de Utah, EUA, durante a pandemia, porém os últimos registros demonstraram um aumento no índice, enquanto as restrições foram sendo suspensas. No mesmo período, foi verificado um aumento na gravidade dos acidentes no início do período de restrições e uma tendência decrescente ao longo do tempo, até retornar a níveis similares de antes da pandemia. Então, nesse caso, não foi observada persistência nas alterações causadas durante as restrições, mas não é possível afirmar que esse comportamento será o mesmo para qualquer região sem outros estudos similares.

Outro ponto a ser destacado é que diferentes níveis e tipos de impacto foram identificados em cidades distintas, demonstrando que, para identificar melhor os efeitos de cada localidade é necessário um estudo específico utilizando dados do local de estudo. Segundo Yasin et al. (2021), foi observado na Itália uma redução de 25% no número de mortes em 2020, em comparação ao ano anterior, assim como uma redução de 79% apenas para o mês de abril, enquanto na Suíça foi registrado um aumento no número de mortes por acidentes de trânsito em 21% no ano de 2020, com relação a 2019.

O aumento da gravidade e fatalidade em rodovias de algumas regiões durante esse período, apesar da redução no volume de tráfego, pode demonstrar algum nível de ineficiência no planejamento e implementação das medidas de distanciamento quanto ao tráfego rodoviário, favorecendo o excesso de velocidade e infrações de trânsito, segundo Sobreira et al. (2022), então os estudos de impacto contribuem para o entendimento dos efeitos do período pandêmico, assim como também para uma melhor gestão do tráfego em situações excepcionais de mudança do volume de tráfego, como em períodos de quarentena.

Por isso, essa dissertação irá, através de diferentes métodos estatísticos, verificar o impacto da COVID-19 nos acidentes das rodovias federais de Santa Catarina e verificar se houve algum nível de persistência das alterações decorrentes desse impacto após o período de restrições de tráfego.

Após essa verificação, um entre os seguintes cenários possíveis será mostrado a partir da análise dos dados: que a COVID teve baixo impacto nos acidentes, ou que a COVID teve impacto relevante nos acidentes por um tempo, mas que esse impacto não foi mais percebido após o período das restrições, ou ainda que a COVID impactou nos índices dos acidentes durante e após os períodos de restrições de tráfego da pandemia.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal definir um modelo preditivo e de clusterização georreferenciado para avaliar o impacto dos períodos de restrição de tráfego na pandemia de COVID-19 nas Rodovias Federais do Estado de Santa Catarina

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos da pesquisa são listados a seguir:

- a) Coletar, organizar, tratar e representar cartograficamente os dados de acidentes com um Sistema de Informações Geográficas
- b) Aplicar técnicas de regressão adotadas em estudos de referência para gerar projeções dos índices de acidentalidade nas vias estudadas a partir da tendência pré-pandemia
- c) Avaliar o impacto quantitativo nos índices projetados nos períodos e áreas de estudo
- d) Implementar técnicas de clusterização para apoiar a identificação das principais causas dos acidentes e trechos mais críticos
- e) Analisar correlações entre as variações na distribuição dos pontos críticos e variações nos demais índices estudados

1.4 JUSTIFICATIVA

A partir da revisão bibliográfica realizada, foi possível entender a relevância de contribuir com os estudos de segurança viária sobre o impacto da COVID-19 nos acidentes de trânsito, através de uma pesquisa com enfoque no Brasil. Para que, juntamente com demais trabalhos feitos por pesquisadores em outros países e regiões, se possa ter um melhor entendimento das dimensões desse impacto e do que se pode aprender a partir dos dados analisados.

O alto número de vítimas de acidentes de trânsito é uma preocupação de governos e instituições em todo o mundo. Estudar os fatores que impactam nos índices de acidentalidade, como valores absolutos, fatalidade, gravidade, se faz necessário na busca da compreensão desse problema que é complexo e que possui muitas variáveis envolvidas, como velocidade de tráfego, volume de tráfego, infraestrutura da via, clima, perícia do condutor, ineficiência da legislação ou fiscalização, entre outros citados e categorizados na NBR 10697 (ABNT, 2020).

Estudos foram desenvolvidos em diversos países com métodos similares de análises de séries temporais e espaciais georreferenciadas, como o de Chand et al. (2021) e o estudo de Feizizadeh et al (2022) ou Sekadakis et al. (2021), com maior enfoque em métodos de previsão e estudo da tendência de ocorrência de acidentes. Cada um traz para a discussão resultados que por vezes têm aspectos que são específicos do local estudado, com diferentes magnitudes, mas outros que também são comuns entre si, o que contribui para a validação dos resultados.

A importância de que o estudo do impacto da pandemia nos índices de acidentalidade seja feito em diversos locais por diferentes pesquisadores também passa por essa questão de identificar o que é específico e o que é geral, assim como ocorre com outros estudos da área da engenharia dos transportes, como os estudos de polos geradores de viagem (Gouvea, 2022), realizados para diferentes regiões e tipos de empreendimento, sejam terminais de transporte público, *shopping centers*, que faz com que as metodologias sejam aplicadas de forma similar, porém com parâmetros calibrados e adaptados para cada empreendimento e localidade.

Um estudo realizado na região metropolitana de Adelaide (Soltani et al., 2023), na Austrália, apontou exatamente essas especificidades ao concluir que diferentes partes da região tiveram variações distintas nos índices, observadas principalmente entre o centro e a periferia.

É esperado que esse trabalho contribua para as discussões no Brasil e em Santa Catarina, sobre medidas de prevenção de acidentes que antecipem impactos que mudanças no tráfego podem gerar, também sobre o impacto do aumento do uso do veículo de transporte individual motorizado nos índices de acidentalidade, e apoiar investimentos em transporte públicos, na segurança do pedestre e do ciclista, e a popularização do estilo de trabalho em casa, ou *home office*, para contribuir com a redução de acidentes de trânsito e também com a redução da gravidade dessas ocorrências.

1.5 ADERÊNCIA AO PPGTG

Esta dissertação trata do Análise de Impacto da COVID-19 nos Acidentes das Rodovias Federais de Santa Catarina. Como tal, está inserida na área de concentração de Sistemas de Transportes e na linha de pesquisa Planejamento de Sistemas de Transportes. No PPGTG, esta linha trata de adequar as necessidades de transporte de uma região ao seu desenvolvimento de acordo com suas características estruturais. Neste trabalho, focou-se no detalhamento da análise e coleta de dados dos dados de acidentes e emissões veiculares no período da pandemia em bases de dados abertas; técnicas de previsão para avaliação das variações dos índices de acidentalidade e de volume de tráfego nas vias estudadas; identificação e representação cartográfica dos pontos críticos visando identificar geograficamente os trechos mais impactados; análise do impacto da redução do volume de tráfego na emissão de gases do efeito estufa.

No histórico do PPGTG, foram encontradas 4 dissertações que possuem afinidade com o tema deste trabalho. Na Tabela 1, a seguir, estão destacados os trabalhos considerados de contexto mais próximo ao desta dissertação.

Tabela 1 - Trabalhos Relacionados

Ano	Autor	Orientador	Observação
2018	Kenia Rúbia Thomazi	Profa. Dra. Lenise Grando Goldner	Método de Previsão de Acidentes em Rodovias Rurais de Pista Simples
2019	Tiago Augusto Pianezzer	Prof. Dr. Jorge Destri Junior	Análise de Metodologias para Identificação de Segmentos Críticos
2021	Luciano Kaesemodel	Prof. Dr. Amir Mattar Valente	Método de Identificação de Trechos Concentradores de Acidentes
2024	Loany Steffane Rezende Falcão	Prof. Dr. Fernando Seabra	Análise de Gravidade de Acidentes e Identificação de Áreas Críticas

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Pode-se perceber que há trabalhos que têm contexto de aplicação no mesmo setor da presente dissertação e instrumentos metodológicos em diferentes níveis de similaridade. O trabalho de Kaesemodel (2021) avaliou procedimentos de identificação e priorização de trechos críticos, elaborou procedimento para identificação de regiões de concentração de acidentes e propôs indicadores para permitir o ranqueamento dessas regiões. Já o trabalho de Thomazi (2018) utilizou um modelo do *Highway Safety Manual* para previsão de acidentes, calibrou o modelo e refinou para o tipo de via estudada e desenvolveu uma nova equação para adaptada para rodovias rurais de pista simples catarinenses.

Pianezzer (2019) realizou uma análise comparativa de metodologias para identificação de segmentos críticos em rodovias rurais e observou as correlações entre metodologias preditivas e reativas, assim como diferenças nos resultados em um mesmo trecho. E Falcão (2024) utilizou o modelo de Regressão Logística Binária para analisar gravidade de acidentes e incluiu uma variável de agrupamento a partir do método DBSCAN, que também considera áreas críticas de sinistros na análise.

Observando-se o histórico de trabalhos do PPGTG, nota-se que a presente dissertação traz como contribuição específica continuação dos estudos de identificação de regiões concentradoras de acidentes e de modelos de previsão de acidentes, no contexto da Pandemia de COVID-19. Nesse sentido, esta dissertação pode vir a ser subsídio para novas pesquisas sobre a identificação de regiões concentradoras de acidentes, mais especificamente com a utilização do KDE (Kernel Density Estimation), e modelos de estimativa de acidentes, com a utilização do Holt-Winters e SARIMA.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em seis capítulos, descritos a seguir.

O primeiro capítulo consiste na introdução ao tema, iniciando pela contextualização do tema da pandemia de COVID-19, as medidas de restrição social aplicadas pelos governos nesse período e qual a relação entre isso e os índices de acidentes. Além disso também é apresentado o problema da pesquisa, os objetivos do estudo, as delimitações selecionadas ou impostas ao trabalho e quais as justificativas relevantes para a condução desse estudo.

O segundo capítulo traz o referencial teórico, sendo dividido em duas partes: a revisão bibliográfica narrativa e a revisão bibliográfica sistemática. Na primeira parte são apresentados conceitos sobre acidentes no Brasil e no mundo, modelos de análise e previsão

de acidentes utilizados, de análise espaçotemporal, também sobre Sistema de Informação Geográfica e volume de tráfego. Na segunda parte é apresentada a revisão sistemática para identificar trabalhos anteriores sobre o tema, assim como um relatório com um resumo dos estudos encontrados, destacando dados que contribuem para a dissertação.

O terceiro capítulo trata da metodologia utilizada para o desenvolvimento da dissertação, separado em oito subtópicos que detalham desde a metodologia da busca e seleção de dados no referencial teórico, até a apresentação dos resultados e discussões.

O quarto capítulo apresenta os resultados encontrados a partir dos dados coletados e métodos de análise adotados. Esses resultados são separados entre os dois principais enfoques do trabalho: variações quantitativas e geográficas, que trazem entendimentos complementares sobre o estudo de caso.

Após apresentação de resultados e discussões, o trabalho apresenta o último capítulo com as conclusões e considerações finais a serem encontradas na leitura e aplicação da dissertação, como também a indicação de outras abordagens ao tema que podem dar origem a estudos futuros.

Por último, são listados os apêndices, que contém informações complementares aos capítulos da dissertação, como mapas produzidos para a visualização da variação espacial dos pontos críticos e tabelas com resultados completos da aplicação dos métodos de regressão adotados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo é dividido em duas partes principais, a Revisão Bibliográfica Narrativa e a Revisão Bibliográfica Sistemática.

A primeira delas foi realizada com o objetivo de obter o embasamento teórico e conceitual para os principais temas tratados durante o trabalho. A segunda parte do referencial trata da revisão sistemática feita para encontrar os principais trabalhos relacionados aos temas, objetivos e metodologias principais desse trabalho, fornecendo um panorama das principais fontes consultadas, origem dos dados utilizados, metodologias aplicadas e resultados esperados.

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA NARRATIVA

2.1.1 Acidentes Rodoviários

2.1.1.1 *Acidentes Rodoviários no Mundo*

Os acidentes rodoviários são uma questão de saúde pública global que afeta muitas famílias. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2022), os acidentes rodoviários são a principal causa de morte entre pessoas com idade entre 15 e 29 anos. Além disso, 90% das mortes do mundo nas estradas ocorrem em países de baixa e média renda, mesmo que esses países tenham aproximadamente 54% dos veículos do mundo.

Em 2022, a OMS informou que anualmente ocorriam em média 1,19 milhões de mortes nas estradas em todo o mundo. A maioria dessas mortes costuma ocorrer entre uma população mais vulnerável, com acesso a infraestruturas e meios de transporte menos seguros. Esses dados destacam a necessidade de políticas públicas eficazes e intervenções de segurança rodoviária, com destaque ao Brasil, que, em números absolutos de óbitos por acidentes de trânsito, apresentou um dos mais altos índices de vítimas no mundo.

Em 2021, a Assembleia Geral da ONU adotou a resolução “Melhorando a segurança viária global” e proclamou a Década para a Segurança nas Estradas 2021-2030. A meta é evitar pelo menos 50% dos acidentes com mortes e ferimentos até 2030.

Apesar desses esforços, os acidentes de trânsito continuam sendo um grande desafio. O fator humano do acidente de trânsito continua sendo um fator determinante, principalmente

no que se refere ao comportamento do infrator, seu devido treinamento e à direção ou condução sob o efeito de bebidas alcoólicas e de outras drogas.

Os acidentes rodoviários são um problema complexo que requer uma abordagem multidisciplinar. Isso inclui a implementação de políticas públicas, a melhoria da infraestrutura rodoviária, a educação dos motoristas e a aplicação das leis de trânsito, assim como a sua fiscalização.

2.1.1.2 Acidentes Rodoviários no Brasil

Estando entre os países em desenvolvimento, nos quais o problema dos acidentes de trânsito causam mais prejuízos, os acidentes rodoviários são um grande desafio do nosso país. Em 2021, aproximadamente 5.395 pessoas morreram em decorrência de acidentes de trânsito só nas rodovias federais do Brasil, resultantes dos mais de 64 mil acidentes registrados pela Polícia Rodoviária Federal. (PRF, 2022).

A alta letalidade, além da quantidade dos acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras, é também uma preocupação. Seguindo o perfil anteriormente apresentado para países em desenvolvimento, os acidentes acabam vitimando em sua grande maioria homens com idade entre 15 e 29 anos, trafegando em motocicletas. A região sul, por ser a região com menor frota proporcional de motocicletas, acaba apresentando uma letalidade mais baixa que outras regiões, como a nordeste.

A ABNT (2020), através da NBR 10697, define o sinistro de trânsito 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.”

A norma define também parâmetros para principais índices e pesquisas a serem realizadas com a finalidade de medir o comportamento de condutores e o risco de trechos, tipos de sinistro e outros parâmetros que são utilizados como base para o modelo do registro de ocorrência utilizado pela Polícia Rodoviária Federal na sua base de dados abertos.

Esses dados da PRF são disponibilizadas em formato *csv* e em um portal *online* categorizados em dois tipos: dados separados por ocorrência ou por indivíduo envolvido no acidente.

Os dados disponibilizados categorizados por ocorrência são detalhados pelas seguintes variáveis: id, data, dia da semana, horário, uf (unidade federativa), br (rodovia), km (quilômetro), município, causa do acidente, tipo de acidente, classificação, fase do dia, sentido na via, condição (clima), tipo de pista, traçado da via, uso do solo (urbano ou rural), pessoas envolvidas, mortos, feridos leves, feridos graves, ilesos, ignorados, feridos (total), veículos, latitude, longitude, regional, delegacia, UOP (unidade operacional). Os dados de latitude, longitude, regional, delegacia e UOP passaram a ser registrados a partir de 2016.

A NBR 10697 define os principais fatores geradores de sinistros, ou acidentes em cinco categorias: fatores externos à via, fatores humanos, fatores operacionais do veículo, fatores veiculares e fatores viários.

Os prejuízos humanos, sociais e patrimoniais causados pelos acidentes de trânsito são questões que merecem atenção e contribuem para a relevância que esse tema representa, conforme detalha estudo do IPEA (2020). Diversas famílias são diariamente impactadas pelos traumas resultantes dos danos causados pelos acidentes, assim como muitos dos envolvidos perdem suas vidas ou são incapacitados de trabalhar por sequelas deixadas e existe um prejuízo financeiro envolvido de diversas partes, desde gastos com sistemas de saúde, recuperação de infraestruturas, quedas de produtividade pela perda de funcionários, perdas de mercadorias e destruição de automóveis.

2.1.2 Modelos para Previsão ou Estimativas de Acidentes

Estimativa ou previsão de acidentes, segundo o HSM (2010), se refere a qualquer metodologia usada para a previsão da frequência de acidentes para condição existentes, considerando condições alternativas no passado ou futuro, assim como para uma rodovia hipotética, dada uma condição para período futuro.

Os principais tipos de dados necessários para a utilização desses métodos são dados de acidentes, compostos por informações como localização, data e hora, severidade, tipo de colisão. Também são utilizados dados sobre a infraestrutura do local do acidente, como número de faixas, classificação, acostamento. Por último, dados de volume de tráfego também podem ser considerados, incluindo número ou taxa de veículos acessando uma interseção (TEV) e milhas-veículo viajadas (VMT) em um trecho de rodovia ou contagem de pedestres cruzando o trecho (AASHTO, 2010).

Algumas limitações ou erros que devem ser considerados nos usos desses dados são: possíveis diferentes padrões de preenchimentos de informações nos bancos por instituições de diferentes jurisdições, erros de digitação ou descrição imprecisa, falta de sinalização, mudanças na infraestrutura.

Métodos de regressão também são utilizados como forma de previsão dos índices de acidentes a partir de séries históricas, porém elas não consideram influências de outros fatores como variações no volume de tráfego ou na infraestrutura.

Um dos métodos de regressão mais simples é o método da regressão linear, no qual uma equação linear é calculada, com base nos dados fornecidos, para representar uma função de coeficientes α e β (no caso de uma função linear de primeiro grau) que servirá para estimar valores não conhecidos de uma variável y , dados valores de uma variável x (Steele et al, 2018).

A Equação 1 a seguir demonstra o modelo padrão que especifica que o valor esperado de y_i é uma função de x_i .

$$E(y|x) = \beta^0 + \beta_{x^1,1} + \dots + \beta_{px_i,p} \quad (1)$$

Diversos estudos têm sido conduzidos, desde o início da pandemia, utilizando modelos de previsão de acidentes para analisar o impacto da variação do volume de tráfego causada pelas medidas de distanciamento social sobre os acidentes rodoviários.

Um desses estudos, realizado na Universidade do Alabama, nos Estados Unidos (Adanu et al, 2021), utilizou dados de acidentes e volume de tráfego das primeiras 28 semanas do ano de 2020, demonstrou um aumento na taxa dos registros de acidentes causados por excessos de velocidade, consumo de álcool ou drogas, assim como um aumento da taxa de severidade dos acidentes no Estado do Alabama.

Outro artigo, da Universidade de São Carlos, São Paulo (Caldas, 2021), realizou uma estimativa da tendência de mortalidade até o período anterior à pandemia para observar a diferença dessa tendência para os dados observados, demonstrando uma grande redução de óbitos, principalmente de pedestres.

Dong et al. (2022) analisou os efeitos das mudanças na mobilidade urbana por causa da pandemia na cidade de Nova York, observando também uma grande queda nas fatalidades envolvendo ciclistas e pedestres. Dados de mobilidade foram obtidos de dados de localização

de celulares, fornecidos por moradores da cidade e dados de trânsito foram obtidos de órgãos públicos.

2.1.2.1 *Método de Holt-Winters*

Segundo Hyndman e Athanasopoulos (2018), o método de suavização exponencial sazonal de Holt-Winters é o resultado de uma evolução de modelos anteriores de suavização exponencial simples. O método sazonal é capaz também de considerar a variação periódica de uma série de dados, como de volume de tráfego em uma rodovia em cada dia da semana, ou lotação de veículos de transporte coletivo ao longo do dia. O período pode ser de horas, semanas ou meses, a depender de cada estudo.

A suavização exponencial (*exponential smoothing*) foi proposta no final da década de 50, a partir de médias ponderadas em séries temporais, nas quais os pesos das ponderações eram reduzidos exponencialmente nas observações mais antigas.

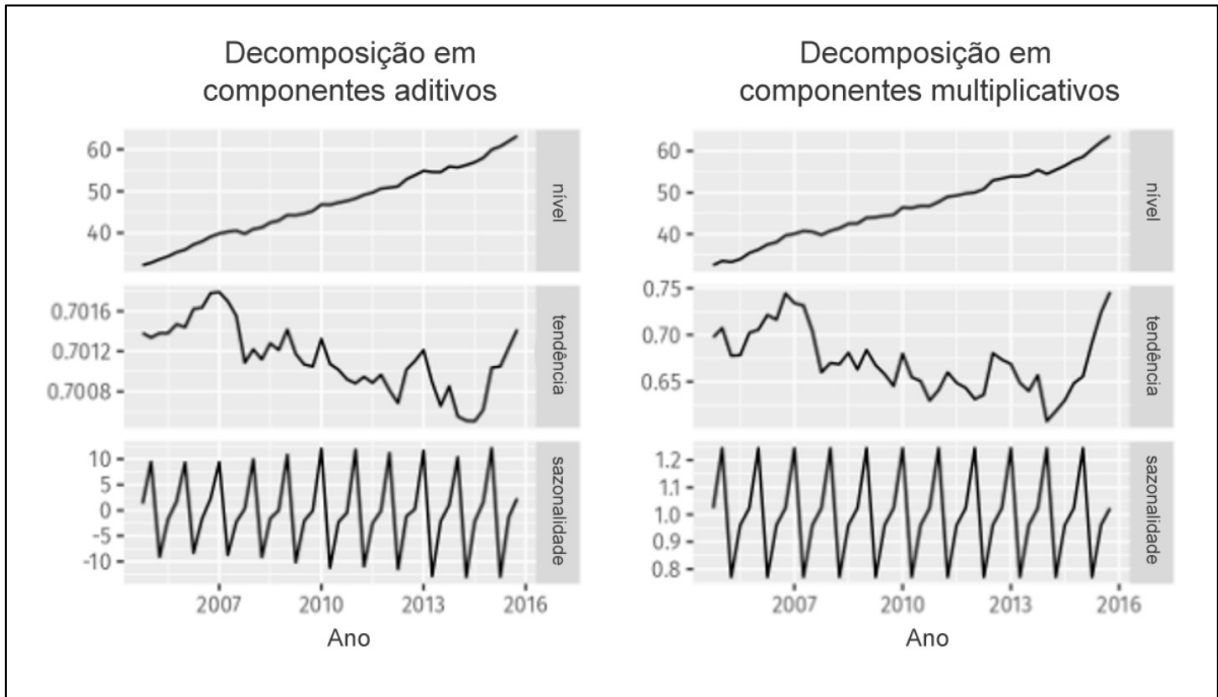
Um estudo da Universidade de Zilina, Eslováquia (Jurkovic et al, 2022), no qual foi realizado o cálculo da tendência dos dados de acidentes a partir dos registros no período antes da pandemia na Polônia e Eslováquia, utilizou métodos de suavização exponencial de Holt-Winters para realizar uma estimativa e comparar com os dados observados no período.

O Holt-Winters possui três componentes principais: nível, tendência e sazonalidade, os quais são ajustados a cada iteração do método sobre os dados de entrada.

Além dos parâmetros principais, pode ser aplicado na variante de sazonalidade aditiva, preferível para casos nos quais a variação sazonal é constante ou pode ser aproximada como tal, ou na variante da sazonalidade multiplicativa, preferível para casos nos quais a variação sazonal muda proporcionalmente com o passar do tempo.

A seguir é exibido um exemplo da decomposição de estimativas utilizando o método Holt-Winters nos seus três componentes:

Figura 1 – Componentes estimados para o método Holt-Winters com sazonalidade aditiva e multiplicativa



Fonte: Adaptado de Hyndman e Athanasopoulos (2018)

O nível (*level*) representa uma decomposição dos valores da série temporal sem conexão com tendência ou sazonalidade. A tendência ou inclinação (*slope/trend*) indica se há tendência de crescimento ou decrescimento, ou ainda estabilidade e em qual grau em cada ponto no tempo. Já a sazonalidade (*seasonality*) indica a variação periódica, dada um período definido previamente e se a amplitude da sazonalidade varia com o tempo, como verificado no exemplo acima (Figura 1) para o caso aditivo.

Hyndman e Athanasopoulos (2018) apresentam o método sazonal em duas variantes: aditiva e multiplicativa, decompostas em seus componentes já citados de nível (ℓ), tendência (b) e sazonalidade (s).

As equações 2, 3, 4 e 5 representam a variante aditiva do método sazonal de Holt-Winters no formato de componentes.

$$\hat{y}_{t+h|t} = \ell_t + hb_t + s_{t+h-m(k+1)} \quad (2)$$

$$\ell_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3)$$

$$b_t = \beta^*(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1} \quad (4)$$

$$s_t = \gamma(y_t - \ell_{t-1} - b_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m} \quad (5)$$

Os termos α, β e γ são componentes de suavização e o m denota a frequência da sazonalidade. Por exemplo, em casos nos quais o fator sazonal é bimestral para uma série temporal de dados mensais, $m = 2$.

O termo y_t é o termo conhecido da série no tempo t e o $\hat{y}_{t+h|t}$ é a previsão de y no tempo $t + h$, sendo h o horizonte de previsão.

Já as equações 6, 7, 8 e 9 representam a variante multiplicativa do método sazonal de Holt-Winters no formato de componentes.

$$\hat{y}_{t+h|t} = (\ell_t + hb_t)s_{t+h-m(k+1)} \quad (6)$$

$$\ell_t = \alpha \frac{y_t}{s_{t-m}} + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1}) \quad (7)$$

$$b_t = \beta^*(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1} \quad (8)$$

$$s_t = \gamma \frac{y_t}{\ell_{t-1} + b_{t-1}} + (1 - \gamma)s_{t-m} \quad (9)$$

2.1.2.2 SARIMA

Hyndman e Athanasopoulos (2018), definem que um modelo ARIMA (em português: modelo autorregressivo integrado de médias-móveis) combina diferenciação com autorregressão e médias móveis.

A diferenciação é uma forma de estabilizar a média de uma série temporal de forma a eliminar ou reduzir o efeito da tendência e sazonalidade. A série pode ser escrita seguindo a forma abaixo, na qual o segundo termo que subtrai é sempre o imediatamente anterior:

$$y'_t = y_t - y_{t-1} \quad (2)$$

Na diferenciação sazonal têm-se a mudança da substituição do $(t - 1)$ por $(t - m)$, no qual m é o número referente à sazonalidade. Então, para uma série mensal com sazonalidade semestral, têm-se que $m = 6$, de forma que o subtraendo da diferenciação se torna o valor equivalente no período anterior, não mais necessariamente o termo imediatamente anterior da série.

Modelos autorregressivos, que podem ser referidos como $AR(p)$, estimam os valores seguintes com a utilização de uma combinação linear ponderada de valores anteriores da variável na série temporal.

$$y_t = c + (\phi_1 y_{t-1}) + (\phi_2 y_{t-2}) + \dots + (\phi_p y_{t-p}) + \varepsilon_t \quad (3)$$

O c é uma constante relacionada ao valor médio em torno do qual a série varia, o termo p representa a ordem do modelo, ou o número de valores passados considerados, já os termos $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ são as ponderações de cada um dos termos passados considerados, calculadas por métodos iterativos. O último termo ε_t é o erro do termo atual, que pode iniciar como $\varepsilon_t = 0$ a depender do contexto

Já modelos de média móvel, que podem ser referidos como MA(q) utilizam valores anteriores de erros em vez dos valores em si, comparando-os aos modelos regressivos.

$$y_t = c + (\theta_1 \varepsilon_{t-1}) + (\theta_2 \varepsilon_{t-2}) + \dots + (\theta_q \varepsilon_{t-q}) + \varepsilon_t \quad (4)$$

O termo q representa a ordem do modelo, mas para esse caso o número de erros passados considerados da série temporal. Os termos $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ são análogos às ponderações do modelo AR para cada um dos termos passados considerados, calculadas por métodos iterativos. O último termo ε_t também é o erro do termo atual, que pode iniciar como $\varepsilon_t = 0$ a depender do contexto.

Ao considerar então que o modelo completo ARIMA é uma combinação dos citados anteriormente, ele pode ser escrito da seguinte forma na Equação 5:

$$y'_t = c + (\phi^1 y'_{t-1}) + \dots + (\phi_p y'_{t-p} + \theta^1 \varepsilon_{t-1}) + \dots + (\theta_q \varepsilon_{t-q}) + \varepsilon_t \quad (5)$$

Esse modelo também é chamado de ARIMA(p, d, q); no qual “ p ” representa a ordem da parte autorregressiva, “ d ” representa o grau da primeira diferenciação e “ q ” a ordem da média móvel.

Segundo os mesmos autores, os modelos ARIMA, juntamente com os de suavização exponencial são os mais utilizados em estimativas de dados de séries temporais.

A um modelo ARIMA, podem ser adicionados componentes sazonais $(P, D, Q)_m$. Esse modelo ARIMA com componentes de sazonalidade adicionados é chamado SARIMA. Os componentes “ P ”, “ D ” e “ Q ” são análogos aos componentes não sazonais, enquanto m é o componente que representa a periodicidade.

Uma análise realizada na Universidade de Atenas, Grécia (Sekadakis et al, 2021) utilizou o modelo SARIMA para calcular uma previsão de quais seriam os índices de

acidentes em um cenário sem pandemia, para então realizar uma comparação dos dados previstos com os dados observados. Apesar das reduções totais observadas nos índices, quando levado em conta também o volume tráfego, foi observada uma piora proporcional na segurança viária.

2.1.2.3 Métricas de Avaliação de Modelos Preditivos

Assim como apresentado nas seções sobre os modelos utilizados e estudados para a dissertação, existem variantes que podem ser testadas em conjunto ou parametrizações variáveis no caso dos modelos ARIMA. Ao aplicar diferentes modelos e obter diferentes resultados de estimativa para os dados de entrada, é importante calcular os erros de cada uma dessas operações, para que não sejam feitas conclusões baseadas em modelos mal ajustados e imprecisos existem as métricas de avaliação.

De acordo com as referências estudadas, algumas métricas de avaliação mais comumente utilizadas são MAE (*Mean Absolute Error*, em português Erro Médio Absoluto), MSE (*Mean Squared Error* ou Erro Quadrático Médio) e MAPE (*Mean Absolute Percentage Error* ou Erro Médio Absoluto Percentual)

O MAE calcula a média dos valores absolutos das diferenças entre os valores previstos e os valores reais. Essa métrica é categorizada por Hyndman e Athanasopoulos (2018) como um erro dependente da escala, no qual o erro está na mesma escala dos dados de entrada e está ligado também à unidade utilizada.

$$MAE = média(|e_t|) \quad (3)$$

Já o MSE é a média dos quadrados dessas diferenças calculadas no MAE, fazendo com que erros maiores tenham mais influência pelo fator quadrático, o que o torna mais sensível a *outliers*. Assim como o MAE, é uma métrica dependente da escala.

$$MSE = média(e_t^2) \quad (4)$$

Em terceiro, o MAPE representa o erro médio em termos percentuais e é útil para interpretar o desempenho relativo de um modelo. Diferente das métricas MSE ou MAE, esta é

categorizada como sendo de erro percentual, na qual o resultado é adimensional e não está associado a uma escala.

$$MAPE = média(|\frac{100e_t}{y_t}|) \quad (5)$$

2.1.3 Sistema de Informação Geográfica

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG), ou GIS em inglês, pode ser definido como: “um sistema computacional para capturar, armazenar, consultar, analisar e exibir dados geoespaciais” (Chang, 2018).

Ainda segundo o livro de Chang (2018), os SIG precisam dos seguintes componentes, além dos dados georreferenciados:

- **Hardware:** computadores para processamento, armazenamento, entrada e saída de dados;
- **Software:** sistema SIG, comercial ou de código aberto, incluindo aplicações adicionais como *plug-ins*;
- **Pessoas:** profissionais que irão definir a proposta e objetivos de uso;
- **Organização:** operações com SIG existem dentro de um ambiente organizacional, então devem estar integradas aos processos da organização relacionada.

Além dos componentes citados, o GIS consiste nos seguintes elementos ou passos:

1. **Dados geoespaciais, ou georreferenciados:** descrevem a localização e outras características de objetos espaciais, por exemplo, para a descrição de um trecho de rodovia, sobre a qual são descritos: localização, comprimento, limite de velocidade. A localização faz referência a um ponto na superfície da Terra a partir de um sistema de coordenadas, como o UTM ou outro, mas todas as camadas inseridas precisam estar no mesmo sistema.
2. **Aquisição de dados:** esse costuma ser o primeiro passo na condução de uma operação com SIG, que pode envolver a importação de dados públicos existentes ou de dados novos, assim como tratamento para correção de erros e georreferenciamento de dados sem essa informação.

3. **Gerenciamento de dados:** os dados podem ser diretamente importados para o SIG durante a operação, mas para operações que requerem conjuntos maiores, geralmente se tem uma base de dados externa que se conecta ao sistema, essa base pode ser responsável pela associação de dados, edição, junção de tabelas, com ferramentas para adição, exclusão e manipulação de atributos.
4. **Apresentação:** a principal ferramenta de interface dos SIG é a apresentação dos dados através de mapas, sejam polígonos, linhas ou pontos, adicionando legendas, títulos, indicações de escala e outros elementos básicos. Esses mapas podem ser exportados e compartilhados, podendo ser compostos pela visualização de diversas camadas.
5. **Exploração de dados:** esse elemento se refere às atividades de visualização, manipulação, e consulta de dados usando tabelas, gráficos e mapas. Explorações baseadas em mapas incluem classificação de dados, agregações e comparações. Explorações baseadas em feições (*features*) envolvem atributos os dados espaciais.
6. **Análise de dados:** um sistema de informações geográficas possui diversas ferramentas para análise de dados como de criação de *bufferings* e combinações de camadas, interpolação ou extrapolação de dados, análises de trajeto, modelos de regressão e outros processos que auxiliam na visualização dos dados, gestão e exploração.

Na Engenharia de Transportes, esses sistemas podem ser usados para uma variedade de aplicações, incluindo simulações logísticas, gestão de ações em desastres, planejamento de rotas, a análise de congestionamentos, a avaliação de impactos ambientais de projetos de transporte, a modelagem de demanda de transporte e a análise da segurança viária em uma rodovia.

2.1.4 Análise espacial dos acidentes

2.1.4.1 Trechos Críticos

O CONTRAN (2020) define trecho crítico como um segmento de via inscrito em área circular que concentre número de acidentes com mortes e lesões no trânsito considerado significativo pela autoridade de trânsito com circunscrição sobre a via.

A identificação dessas regiões faz com que seja possível focar os esforços ou recursos de fiscalização, melhoria da infraestrutura, para que os acidentes sejam reduzidos nas rodovias. Nesse contexto, o *clustering* é uma ferramenta utilizada para localizar os pontos de risco das rodovias a partir de séries históricas.

As técnicas de *clustering*, também conhecidas como técnicas de agrupamento, são técnicas que têm como objetivo separar um conjunto de dados relacionados em grupos. O *clustering* é categorizado como aprendizagem de máquina não supervisionada, pois os dados não são rotulados previamente, e pode ajudar a identificar os pontos de risco das rodovias ao longo do tempo.

Kaesemodel (2021) desenvolveu um método georreferenciado de identificação de trechos de identificação de trechos concentradores de acidentes, demonstrando a aplicabilidade desse método nas rodovias federais do Estado de Santa Catarina.

No artigo de Yuan et al. (2020), utilizando SIG (Sistema de Informações Geográficas) e algoritmo de *clustering*, foi testada a identificação de *hotspots* em zona urbana. Os pesquisadores concluíram que o algoritmo foi capaz de realizar a identificação corretamente, tendo potencial para ser utilizado em políticas de redução de acidentes.

Bobermin e Ferreira (2020) estudaram o uso de clustering para a análise de acidentes em vias rurais. O estudo separou trechos das vias em trechos planos e montanhosos, demonstrando como diferentes variáveis afetam no nível de risco de cada tipo de terreno.

O estudo de Szénási e Csiba (2014) demonstrou a adaptação de um algoritmo genérico de *clustering* na identificação de pontos críticos em rodovias, utilizando coordenadas de GPS para localizar os acidentes. Dados de uma cidade na Hungria foram utilizados de exemplo nesse caso.

Santos et al. (2021) utilizou dados de acidentes do distrito de Setúbal, em Portugal, para testar diversos métodos de análise desses dados, assim como métodos de identificação de pontos de risco.

O artigo de Tamakloe e Park (2023), analisou fatores que influenciam na maior ocorrência de acidentes em pontos críticos na Coreia do Sul, exibindo esses pontos em mapas com SIG (Sistema de Informação Geográfica), apontando regiões nas quais a densidade dos acidentes está aumentado ou diminuindo.

2.1.4.2 Clusterização

Han et al. (2012) traz a definição de Clusterização como uma estratégia de redução de dados. Esse tipo de técnica objetiva, a partir de uma grande série de dados, encontrar e selecionar dados mais relevantes para a análise a ser feita com uma série menor, que custará menos processamento e cálculo.

Esse tipo de redução deve ser feito de tal forma que o resultado da análise feita sobre os dados selecionados deve ser mais eficiente e ao mesmo tempo produzir resultados iguais ou tão próximos quanto possível de uma análise sem redução.

Entre as técnicas de redução, a Clusterização agrupa os dados em categorias simplificadas, no caso de dados de acidentes as linhas podem ser agrupadas em coordenadas ou tipos de acidentes, por exemplo.

A partir da categorização os objetos são particionados em grupos, ou *clusters*, com outros objetos considerados semelhantes. No caso de análises espaciais de acidentes para identificação de pontos críticos, ocorrências semelhantes são agrupadas por distância espacial.

A qualidade do agrupamento nesses casos depende do diâmetro desse *cluster*, o qual não possui um valor ótimo absoluto, dado que cada análise é realizada em uma escala própria definida pelas características do estudo, por exemplo, estudos realizados em vias urbanas ou rurais.

Uma parametrização equivocada do diâmetro dos agrupamentos pode causar dois tipos opostos de problema, nos quais os *clusters* podem acabar identificando todos os objetos como similares, ou então identificar todos os objetos como diferentes, de forma que o resultado dessa análise não irá contribuir na redução da série de dados e na identificação de grupos, como esperado.

No campo de *Machine Learning* ou Aprendizado de Máquina, a Clusterização é definida como aprendizado não supervisionado e não consiste em aprendizado por exemplo e sim por observação.

Alguns tipos de métodos de *clustering* são resumidos no quadro a seguir:

Quadro 1 – Métodos de Clustering

Método	Características Gerais
Métodos de Particionamento	- Encontram clusters mutuamente exclusivos com formato esférico - Baseados em distância - Podem usar a média para representar o centro do agrupamento - Eficientes para conjuntos de dados de pequeno a médio porte
Métodos Hierárquicos	- A clusterização é uma decomposição hierárquica - Não conseguem corrigir fusões ou divisões equivocadas - Podem incorporar outras técnicas como microclusterização ou considerar “ligações” entre objetos - Eficientes para conjuntos de dados de pequeno a médio porte
Métodos Baseados em Densidade	- Conseguem encontrar clusters com formas arbitrárias - Clusters são regiões densas de objetos no espaço, separadas por regiões de baixa densidade - Densidade de cluster: cada ponto deve ter um número mínimo de vizinhos dentro de seu “entorno” - Podem eliminar outliers
Métodos Baseados em Grade	- Utilizam uma estrutura de dados em grade com múltiplas resoluções - Tempo de processamento rápido

Fonte: Adaptado de Han et al. (2012, tradução do autor)

2.1.4.3 Método de Densidade de Kernel

O Método de Densidade de Kernel, ou *Kernel Density Estimation* (KDE) é uma técnica estatística de clusterização não paramétrica que permite estimar a função de densidade de probabilidade de um conjunto de dados espaciais e possibilita uma visualização da distribuição espacial de dados por, por exemplo, mapas de calor. Essa abordagem pode ser aplicada para identificar áreas críticas em redes rodoviárias. Esse tipo de análise pode ser bastante relevante na formulação de políticas públicas e medidas de intervenção de tráfego.

Dentre os tipos de métodos de clusterização citados por Han et al. (2012), o KDE é caracterizado como método baseado em densidade. Enquanto métodos de particionamento ou hierárquicos são mais eficazes na identificação de agrupamentos circulares ou esféricos, métodos baseados em densidades são mais eficientes na identificação de *clusters* com diferentes formatos, de forma que *outliers* em malhas rodoviárias são menos incluídos erroneamente em agrupamentos gerados nesse tipo de malha que pode apresentar diferentes formas poligonais.

Um método de clusterização baseado em funções de distribuição de densidade como o KDE é menos sensível ao parâmetro radial utilizado que outros métodos baseados em densidade como DBSCAN ou OPTICS. Nessas outras técnicas os agrupamentos formados

têm formatos e dimensões mais similares entre si, enquanto no KDE o parâmetro de largura de banda ou radial é utilizado como base, mas é menos limitante no cálculo dimensional do agrupamento.

Sendo $x_1, \dots, x_n$ uma amostra de distribuição de uma variável aleatória f , a aproximação por densidade *kernel* da função probabilística de densidade é apresentada abaixo, conforme a Equação 6:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (6)$$

K representa um grupo ou *kernel*, e o h é a largura de banda ou *bandwidth*, que é o parâmetro de suavização, que também pode ser chamado de parâmetro radial em aplicações bidimensionais.

Esta equação pode ser adaptada para diversas aplicações, como para funções triangulares, retangulares, gaussianas. A partir dela, o estimador radial para aplicações de distribuições bidimensionais baseado na distância Euclidiana entre um ponto aleatório $\{x, y\}$ e o ponto de referência $\{x_i, y_i\}$ é representado na equação a seguir:

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{nh_x h_y} \sum_{i=1}^n K\left(\sqrt{\left(\frac{x_i-x}{h_x}\right)^2 + \left(\frac{y_i-y}{h_y}\right)^2}\right) \quad (7)$$

A aplicação do KDE também tem sido combinada com modelos de regressão espacial para previsões sobre a ocorrência de acidentes, assim como no trabalho de Saladié et al (2020) e Feizizadeh et al (2022), também citados na seção da revisão sistemática. Essa abordagem objetiva aperfeiçoar os sistemas de gestão de segurança viária, a partir de uma representação mais eficiente da distribuição espacial e evolução temporal das áreas de risco ou de crescimento do risco, com a geração de mapas de períodos distintos.

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Após a Revisão Bibliográfica Narrativa, na qual conceitos importantes foram apresentados, a partir de uma pesquisa em livros e trabalhos anteriores sobre o tema, como dissertações da área de Engenharia de Transportes, a Revisão Bibliográfica Sistemática que se

segue tem como objetivo encontrar outros estudos similares ao desenvolvido nessa dissertação, para conhecer os métodos e pontos de vista já apresentados com relação à utilização de dados de acidentes georreferenciados e ao impacto do período pandêmico nos índices de accidentalidade.

Revisões sistemáticas são, em si mesmas, investigações científicas, com métodos pré-definidos e um conjunto de estudos originais como seus objetos de estudo. Elas sintetizam os resultados de múltiplas investigações primárias utilizando estratégias que limitam o viés e erros aleatórios. Essas estratégias incluem uma pesquisa abrangente de todos os artigos potencialmente relevantes e o uso de critérios explícitos e replicáveis na seleção dos artigos para revisão. (COOK et al, 1997, p. 2, tradução do autor)

Segundo Kitchenham e Charters (2007), diferentes trabalhos existentes apresentam distintos roteiros para a realização de uma revisão bibliográfica sistemática, com variações no número de atividades, mas que são geralmente divididos em três fases principais, como as três fases da revisão desta dissertação, apresentadas no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 - Fases e atividades específicas do processo de revisão sistemática

FASE 1 – PLANEJAMENTO DA REVISÃO
1.1 – Identificação da necessidade de uma revisão sistemática 1.2 – Especificação das perguntas da pesquisa 1.3 – Desenvolvimento de um protocolo de revisão
FASE 2 – CONDUÇÃO DA REVISÃO
2.1 – Busca e seleção preliminar dos estudos 2.2 – Avaliação da qualidade dos estudos 2.3 – Sumarização dos dados
FASE 3 – RELATÓRIO DA REVISÃO
3.1 – Formulação do relatório

Fonte: Adaptado de Kitchenham e Charters (2007, tradução do autor)

A terceira fase, do relatório da revisão é apresentada a seguir, com os artigos selecionados. Demais detalhamentos dessa revisão são apresentados no Apêndice M.

- Artigo 1 - A Descriptive Analysis on the Impact of COVID-19 Lockdowns on Road Traffic Incidents in Sydney, Australia

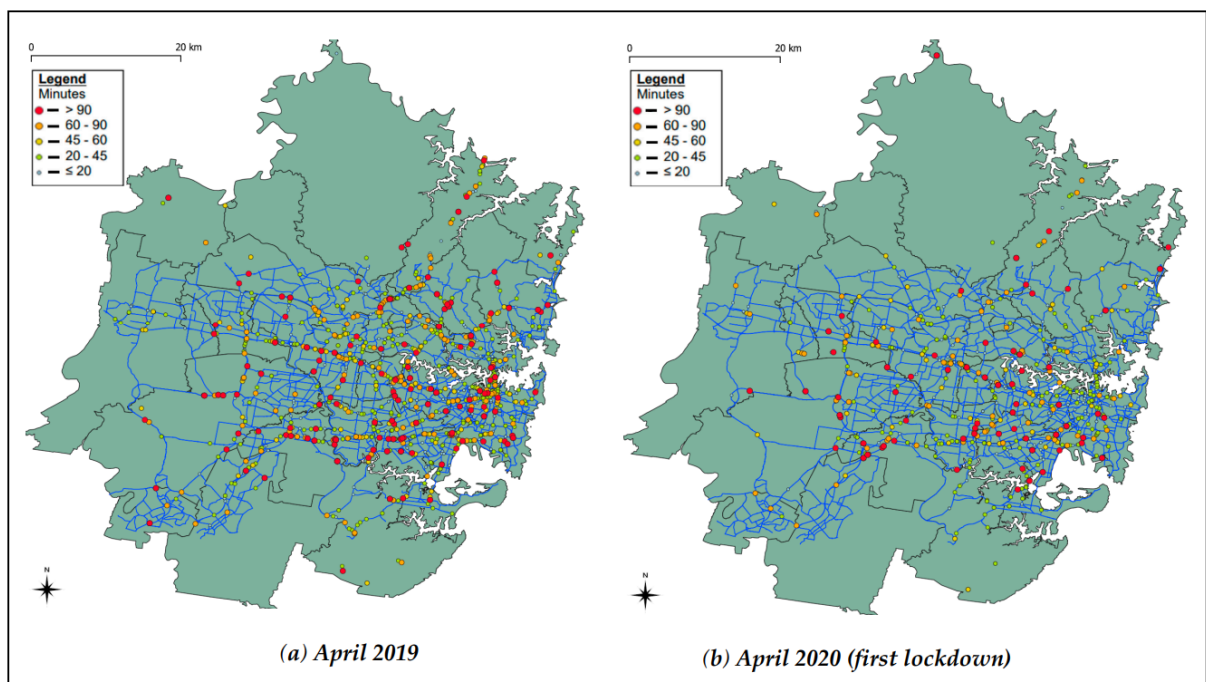
O trabalho de Chand et al (2021), se propôs a estudar o efeito de dois períodos de *lockdown* sobre os índices de acidentes de trânsito em Sydney, Australia, durante o período da pandemia de COVID-19.

Os dados sobre os acidentes foram obtidos do site *Transport for New South Wales*. Esses dados continham informações como por exemplo: data, duração, categoria, latitude, longitude, números e tipos de veículos envolvidos. Esses dados dos períodos de *lockdown* em 2020 e 2021 foram comparados a dados do mesmo período de 2018 e 2019.

À porcentagem de incidência para cada categoria foi aplicado o teste do qui-quadrado para verificar a significância estatística nas variações. A comparação dos dados mostrou que houve uma redução de 30% e 50% nas fatalidades, respectivamente, para o *lockdown* de 2020 e para o de 2021, com relação às médias nos mesmos períodos de 2018 e 2019, assim como redução na incidência de acidentes.

Foi feita também uma comparação da quantidade de incidentes e suas durações no mapa de Sydney a partir de dados georreferenciados, assim como gerado um gráfico de linha com as frequências de incidentes no período dos dois *lockdowns* analisados para os seus respectivos anos em comparação com os mesmos períodos de 2019 e 2018.

Figura 2 - Comparativo de incidentes em Sydney, classificado por cores e por duração. (a) Durante abril de 2019 e (b) durante abril de 2020 (primeiro *lockdown*)



Fonte: Adaptado de Chand et al (2021)

- Artigo 2 - A GIS-Based Spatiotemporal Modelling of Urban Traffic Accidents in Tabriz City during the COVID-19 Pandemic

O artigo de Feizizadeh et al (2022) teve como objetivo investigar a tendência de acidentes urbanos de trânsito durante a pandemia de COVID-19 na cidade de Tabriz, quarta cidade mais populosa do Irã, com cerca de 1,8 milhões de habitantes.

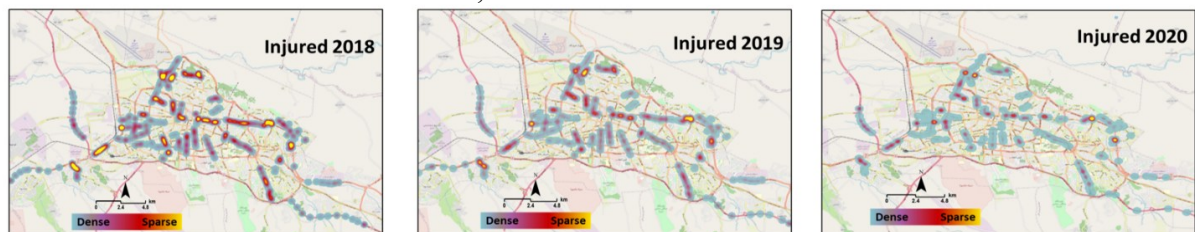
Os dados de acidentes para o período escolhido, abril de 2018 a novembro de 2020, foram obtidos do banco de dados da polícia de trânsito de Tabriz, no Irã. Os dados de acidentes incluem endereços e localizações em coordenadas de GPS e foram divididos nas quatro estações do ano para análise de sazonalidade. E para análise espacial, mapas foram obtidos do município de Tabriz.

O índice de severidade foi aplicado para analisar a gravidade dos danos causados pelos acidentes, esse é um índice que tem sido usado pelo governo Belga para esse tipo de análise.

Para visualização dos dados espaço-temporais foi aplicado o método *Comap* utilizando SIG e para a identificação dos pontos críticos foi utilizada a estimativa de densidade *kernel*.

Os estudos realizados em Tabriz mostraram que as restrições de tráfego relacionadas à pandemia alteraram os pontos críticos de acidentes de trânsito e mostram que esse tipo de estudo pode ser usado como oportunidade para promover a redução do uso do veículo particular, mostrando o impacto dessa medida na segurança das vias e na poluição.

Figura 3 - Mapas dos pontos críticos de feridos em acidentes para os incidentes registrados em 2018, 2019 e 2020 em Tabriz



Fonte: Adaptado de Feizizadeh et al (2022)

- Artigo 3 - Análisis especial del efecto de la pandemia por COVID-19 em los accidentes de tránsito em las comunas de Valparaíso y Viña del Mar, Chile

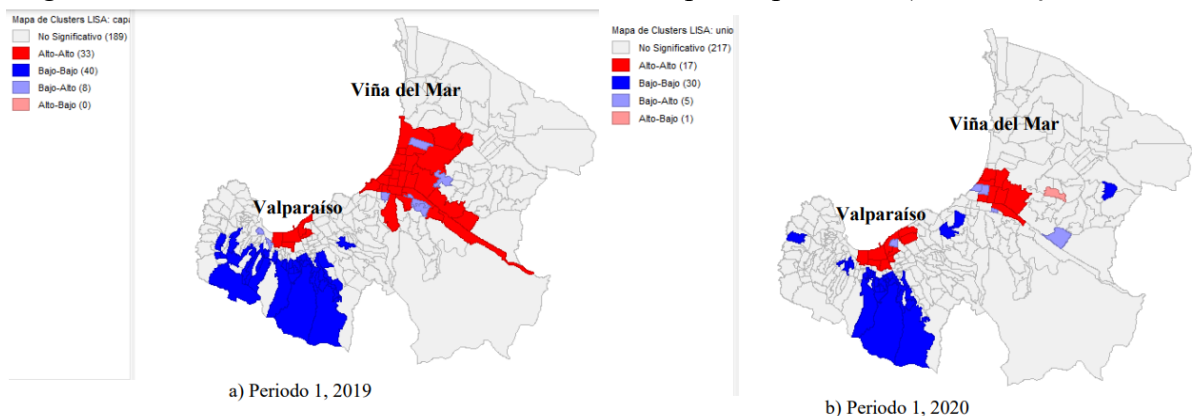
O trabalho de Godoy, Blazquez e Sauer-Brand (2022) se propôs a estudar o efeito da pandemia sobre os acidentes de trânsito nos distritos de Valparaíso e Viña del Mar no Chile, de uma perspectiva temporal e espacial.

A base de dados georreferenciados dos acidentes de 2019 foi obtida da página da web da *Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito* (CONASET), enquanto os dados de 2020 foram obtidos de uma solicitação feita com suporte da Lei de Transparência e georreferenciados com o software live QGIS. Os períodos estudados em ambos os anos foram o entre março e outubro (1) e o entre junho e outubro, no qual medidas de isolamento social mais restritas foram aplicadas para o ano de 2020.

Para análise da correlação espacial a nível global, local e diferencial, que foi feita nesse estudo, foram utilizados os índices de Moran. Esses índices foram calculados para os dados dos dois municípios nos períodos definidos com o auxílio do software GeoDa.

Para as três etapas de análise da correlação espacial foram gerados gráficos de dispersão e de localização espacial dos *clusters* identificados. Esses *clusters* demonstram que apesar da diminuição geral de óbitos e acidentes, existem mudanças específicas na localização e variação da severidade nesses agrupamentos de alta e baixa ocorrência de acidentes.

Figura 4 - Clusters usando o Índice de Moran Local para o período 1 (entre março e outubro)



Fonte: adaptado de Blazquez e Sauer-Brand (2022)

- Artigo 4 - Analysis of Motor Vehicle Accidents: Comparison Between Before and During the COVID-19 Lockdown in Maharashtra, India

O artigo de Pathak et al. (2022) teve como objetivo analisar o efeito do *lockdown* durante a pandemia de COVID-19 no número de acidentes, assim como de feridos e óbitos,

no estado indiano de Maharashtra, com cerca de 112 milhões de habitantes, sendo o segundo mais populoso do país e mais populoso que a maioria dos países no mundo.

Os dados dos acidentes analisados foram coletados de duas fontes principais: relatórios das ocorrências feitos pela polícia e disponibilizados numa base de dados, assim como dos relatórios anuais do Ministério de Transporte Rodoviário e Autoestradas, intitulados de “Acidentes Rodoviários na Índia”.

O método principal de análise desses dados foi o da comparação dos dados da pandemia em quatro fases diferentes de *lockdown* em 2020 com os dados para os mesmos períodos do ano de 2018, que foi o ano do último relatório anual publicado pelo governo indiano na época da escrita desse artigo.

A partir desse comparativo foi observado, como em outros estudos que os números gerais de acidentes e de fatalidades foram reduzidos, porém houve mudanças nos padrões dos tipos de acidentes ocorridos, como também dos veículos envolvidos, horários dos acidentes e severidade.

- Artigo 5 - Analysis of the Impact of COVID-19 on Collisions, Fatalities and Injuries Using Time Series Forecasting: The Case of Greece

O trabalho de Sekadakis et al (2021) se propôs a estudar o impacto da COVID-19 sobre as colisões, fatalidades e feridos na Grécia, utilizando previsões de séries temporais como comparativo.

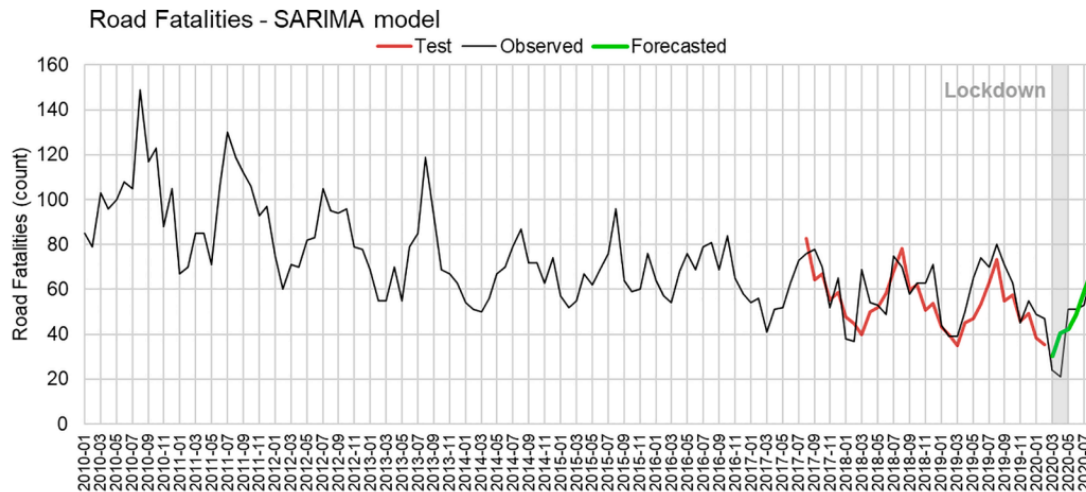
Os dados para esse trabalho foram obtidos da Autoridade Estatística Helênica (ELSTAT), que é o serviço nacional de estatística da Grécia. Três variáveis relacionadas aos acidentes foram analisadas, que são: o número de acidentes, fatalidades, vítimas levemente feridas.

Para cada variável estudada, as séries temporais de dados foram analisadas dentro de um período de 10 anos, entre janeiro de 2010 e agosto de 2020. Esses dados da ELSTAT vêm de relatórios preenchidos por autoridades policiais, quando registram as ocorrências.

O modelo utilizado para as variáveis dos acidentes rodoviários foi o Autorregressivo Sazonal Integrado de Médias Móveis (SARIMA). Então três modelos foram construídos. Esse tipo de modelagem é sugerido para casos nos quais as séries temporais apresentam sazonalidade.

Comparando os dados observados com os dados previstos para um hipotético 2020 sem COVID-19, o número de colisões, fatalidades e vítimas feridas realmente diminuiu, mas o percentual de feridos e de óbitos por colisão aumentou, indicando que, mesmo com uma redução no volume de tráfego, o trânsito se tornou mais violento nos períodos de *lockdown*.

Gráfico 1 - Previsão SARIMA para mortes nas estradas



Fonte: Sekadakis et al (2021)

- Artigo 6 - An Analysis of The New York City Traffic Volume, Vehicle Collisions, and Safety Under COVID-19

O artigo de Cappellari e Weber (2022) teve como objetivo analisar o volume de tráfego, acidentes rodoviários e segurança viária durante a pandemia de COVID-19 na cidade de Nova Iorque.

As variáveis estudadas foram: acidentes veiculares, chamadas de emergência relacionadas a acidentes, volume de tráfego, velocidade dos veículos e relatórios de teste de COVID-19. Esses dados foram coletados entre janeiro de 2019 e fevereiro de 2021; desde um ano antes do primeiro caso, até aproximadamente um ano depois.

Os dados citados foram obtidos das seguintes fontes, respectivamente: As duas primeiras variáveis, dos dados abertos oriundos do Departamento de Polícia de Nova Iorque (NYPD); a terceira, também dos dados abertos mantidos pela Autoridade Metropolitana de

Transportes; a quarta vem do Departamento de Transportes da Cidade de Nova Iorque e a última vem do Departamento de Saúde do Estado de Nova Iorque.

Para relacionar o volume de tráfego com os acidentes foi utilizado método de variáveis instrumentais. O objetivo era medir a elasticidade entre volume de tráfego e colisões.

O artigo conclui que o número de colisões é diretamente reduzido pela redução no volume de tráfego, mas que, ao mesmo tempo, foi observada uma maior velocidade dos veículos por causa das ruas mais vazias, o que aumentou a severidade dos incidentes. O estudo também estima que a redução dos prejuízos causada pela redução dos acidentes é inferior ao prejuízo material e humano causado pelo aumento na severidade dos acidentes no mesmo período.

- Artigo 7 - Association of Human Mobility with Road Crashes for Pandemic-Ready Safer Mobility: A New York City case Study

O trabalho de Dong et al (2022) se propôs a estudar a relação entre mobilidade e os acidentes de trânsito, na cidade de Nova Iorque, para uma mobilidade mais segura.

Para os dados coletados e para as variáveis escolhidas, foi escolhido o período entre dia 1 de março de 2020 até 4 de dezembro do mesmo ano. Essas variáveis são: o tempo entre colisões, obtido do Sistema de Gerenciamento dos Acidentes de Trânsito; dados de mobilidade, como índice de distanciamento social, obtidos da plataforma de análise do impacto da COVID-19; dados socioeconômicos foram obtidos do Departamento do Trabalho e, por último, variáveis climáticas foram obtidas da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica.

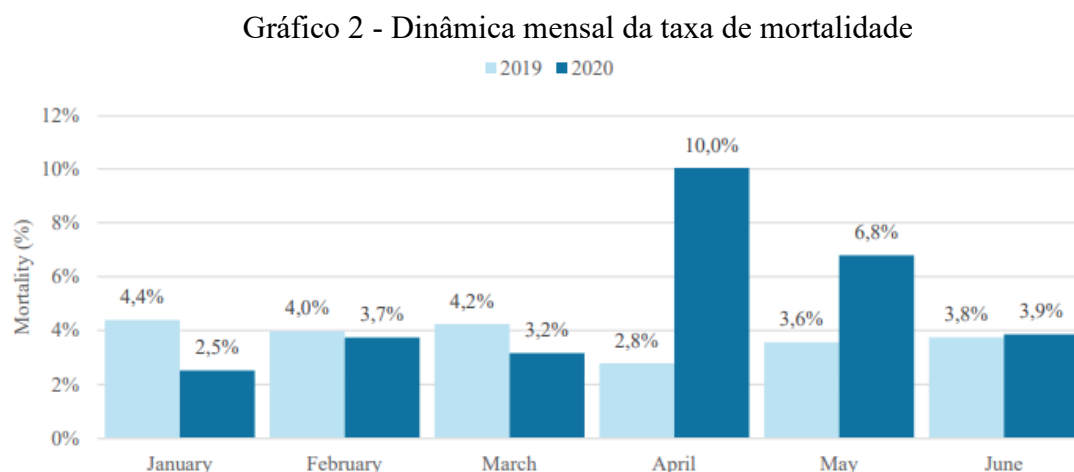
No modelo de análise de sobrevida usado três funções estão envolvidas: a função de sobrevida, a função de risco e a função de risco cumulativa. As distribuições que melhor se ajustaram aos dados foram a exponencial e a Weibull.

- Artigo 8 - Changes in Transport Behavior and Road Traffic Injuries in Moscow During the COVID-19 Crisis

O artigo de Kirilina (2022) teve como objetivo analisar as mudanças no comportamento do trânsito e as lesões causadas por acidentes de trânsito em Moscou, capital e maior cidade russa, durante o período da pandemia de COVID-19.

Os dados de volume de tráfego foram coletados do Centro de Organização do Tráfego do Governo de Moscou, os dados relacionados aos acidentes foram retirados da Superintendência Estadual de Segurança Viária. O período observado foi o entre os meses de janeiro e junho, para o ano de 2015 até o ano de 2020.

Como observado em estudos realizados em outras cidades, o volume de tráfego diminuiu durante os períodos de *lockdown*, assim como a quantidade de acidentes registrados, mas houve um aumento na velocidade média dos veículos, assim como um aumento no percentual de vítimas fatais por acidente, como exibido nos dados do gráfico a seguir, para o período entre abril e junho.



Fonte: Kirilina (2022)

- Artigo 9 - COVID-19 Lockdown and Reduction of Traffic Accidents in Tarragona province, Spain

O trabalho de Saladié et al (2020) se propôs a estudar a redução nos acidentes de trânsito durante período de *lockdown* na província espanhola de Tarragona, com aproximadamente 800 000 habitantes.

Os dados dos acidentes de trânsito foram obtidos da Diretoria Geral de Resgate, Prevenção e Combate a Incêndio da Catalunha. Os acidentes registrados apenas pelos

departamentos de polícia não foram incluídos, mas os acidentes mais graves estão todos incluídos. Já os dados de volume de tráfego foram fornecidos pelo Ministério Espanhol de Transportes, coletados através de sinais de celular.

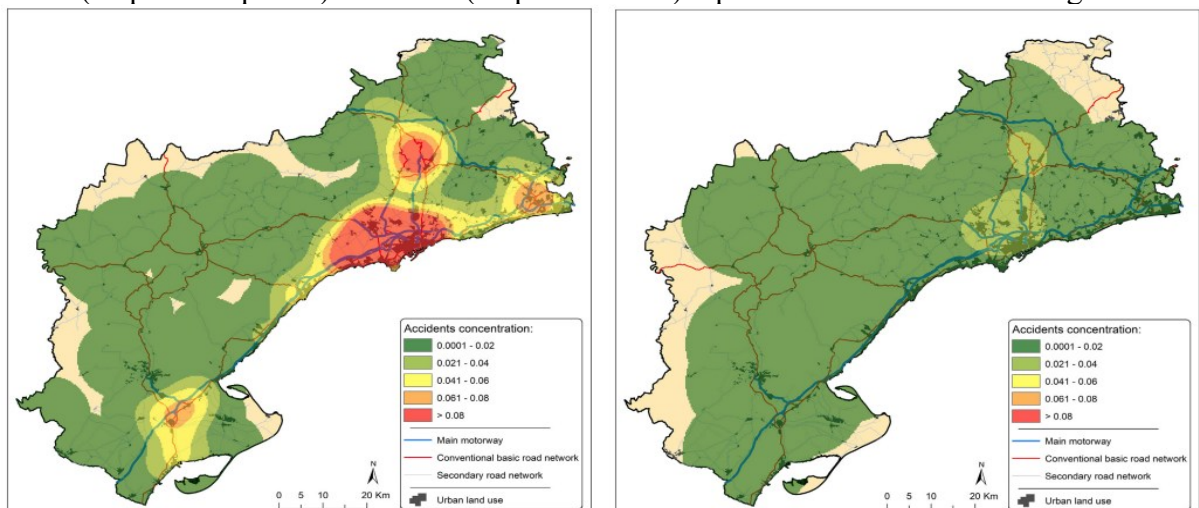
As variáveis utilizadas dos relatórios dos acidentes foram: data do incidente, município, código das estradas para acidentes interurbanos, nomes das ruas para acidentes urbanos, número de vítimas feridas ou presas e coordenadas UTM.

A série temporal escolhida cobriu o período entre 3 de fevereiro e 26 de abril de 2020. As seis primeiras semanas desse período correspondem às seis últimas semanas antes do primeiro *lockdown*, já as seis semanas seguintes são as primeiras desse *lockdown*. Dados para o mesmo período de 2018 e 2019 foram coletados também para que fosse feito um estudo comparativo.

O teste do qui-quadrado foi aplicado para analisar se as diferenças na distribuição dos acidentes tinha alguma significância estatística ou se tratava de uma variação normal. O mesmo teste foi aplicado à variação da severidade dos acidentes.

Por fim, para analisar os padrões espaciais da distribuição de acidentes, foram feitos mapas de calor, mostrando altas e baixas concentrações de acidentes para cada período, utilizando a técnica da estimativa de densidade kernel e georreferenciamento.

Figura 5 - Mapas de concentração de acidentes de trânsito na província de Tarragona antes (mapa da esquerda) e durante (mapa da direita) o primeiro *lockdown* nessa região.



Fonte: adaptado de Saladié et al (2020)

- Artigo 10 - Efeito do Isolamento Social na Mortalidade em Acidentes de Trânsito no Estado de São Paulo

O artigo de Caldas e Guerreiro (2021) teve como objetivo analisar o efeito do isolamento social, promovido pela pandemia de COVID-19, nos dados de mortalidade relacionados aos acidentes de trânsito no Brasil.

Os dados utilizados na análise dos acidentes para o período estudado, entre dezembro de 2019 a junho de 2021, foram retirados da base do Infosiga do Governo do Estado de São Paulo e do Denatran.

Foram criadas duas hipóteses nulas: uma de que os óbitos na distribuição de frequências de dias para cada intervalo não apresentaram diferenças significativas e a outra de que o tipo de veículo envolvido no acidente não apresentou diferenças na distribuição de frequência de dias para o intervalo de óbitos.

Para a primeira hipótese nula foi realizado um teste não-paramétrico Qui-quadrado para as frequências obtidas de óbitos, com intervalo de confiança de 95%, comparando as frequências esperadas com as observadas, o que demonstrou que apenas para o primeiro trimestre de pandemia a hipótese pode ser rejeitada.

Tabela 2 - Testes Qui-quadrado para cada trimestre de pandemia com referência no trimestre anterior à pandemia

	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre	5º Trimestre
Quantidade de Dias	92	91	90	89	91
χ	15.53	11.73	2.71	7.21	12.39
α	95%	95%	95%	95%	95%
N	7	7	7	7	7
χ crítico	14.07	14.07	14.07	14.07	14.07
Hipótese Nula	Rejeitada	Aceita	Aceita	Aceita	Aceita

Fonte: Caldas e Guerreiro (2021)

Para a segunda foi feito o mesmo teste mencionado antes, a fim de investigar onde houve alterações da frequência esperada, com relação aos modos de transporte, apresentando que apenas para ciclistas e pedestres a hipótese pode ser rejeitada.

Tabela 3 - Testes Qui-quadrado para cada tipo de veículo no primeiro trimestre de pandemia com referência no trimestre imediatamente anterior à pandemia

	Automóvel	Motocicleta	Bicicleta	Pedestre
χ	6.75	7.19	16.50	43.19
α	95%	95%	95%	95%
N	6	8	4	9
χ crítico	12.59	15.51	9.49	16.92
Hipótese Nula	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita

Fonte: Caldas e Guerreiro (2021)

- Artigo 11 - Global impact of COVID-19 pandemic on road traffic collisions

O trabalho de Yasin et al. (2021) se propôs a estudar o impacto global da pandemia de COVID-19 nos acidentes de trânsito em rodovias, para, a partir disso, dar recomendações sobre como melhorar a segurança viária durante a pandemia.

Uma revisão narrativa foi feita sobre os efeitos da pandemia nos acidentes de trânsito publicados em inglês, usando *PubMed*, *Scopus* e *Google Scholar*, sem restrição de data, e os dados foram sumarizados no artigo.

Alguns dos efeitos observados foram: redução de congestionamentos variando entre 25% e 75% nos países estudados; aumento no excesso de velocidade entre 13% a 64% em metrópoles, efeito causado pela redução no volume de tráfego e redução do congestionamento; redução no número de acidentes de trânsito entre 23% a 84%, dependendo do país analisado; variação na severidade dos acidentes, sendo bem variável de país para país, porém com maior destaque para os aumentos percentuais em alguns locais como em Madri (470%), Chicago (292%), por exemplo.

- Artigo 12 - How did the COVID-19 pandemic affect road crashes and crash outcomes in Alabama?

O artigo de Adanu et al (2021) teve como objetivo analisar o efeito da pandemia de COVID-19 nos acidentes de trânsito no estado do Alabama, Estados Unidos, e nas consequências desses acidentes, para que governantes pudessem utilizar as observações na

criação de políticas de segurança viária para novas ondas da pandemia atual ou para futuros possíveis *lockdowns* decorrentes de outras pandemias.

Os dados de acidentes e volume de tráfego foram obtidos do Ambiente de Relatórios de Análise Crítica (CARE) da Universidade do Alabama. Esses dados foram selecionados para as 28 primeiras semanas dos anos de 2018, 2019 e 2020. Os dados foram separados também em dados anteriores a 11 de março e os posteriores, do período pandêmico; também entre acidentes envolvendo apenas um veículo ou múltiplos veículos, para ambos os períodos.

Esse estudo utilizou dois métodos: o logit multinominal de classe latente (LC-MNL) e o de parâmetros aleatórios com heterogeneidade, a fim de levar em conta a heterogeneidade não observada nos relatórios, mas que afetam, por exemplo, a severidade dos acidentes. Também foram utilizadas 3 categorias para severidade de ferimentos causados: ferimentos graves, ferimentos leves e acidentes sem ferimentos, apenas com danos materiais.

Foi visto que o número de acidentes diminuiu nas primeiras semanas após o decreto do *lockdown*, em comparação com os dados dos anos anteriores para o mesmo período, porém o número de óbitos se mostrou similar, o que revelou um aumento da severidade dos acidentes durante o *lockdown*, principalmente devido a fatores como aumento em excessos de velocidade e o não uso do cinto de segurança no período.

- Artigo 13 - Impact of COVID-19 on Traffic Safety from the “Lockdown” to the “New Normal”: A Case Study of Utah

O trabalho de Gong et al. (2023) se propôs a estudar o impacto da pandemia de COVID-19 na segurança viária no estado de Utah, condado de Salt Lake, analisando o período desde a fase de *lockdown* até a fase chamada de “novo normal”, a qual estamos no seu início.

A seguir as variáveis principais foram analisadas dos dados coletados para o condado de Salt Lake: dados de acidentes de janeiro de 2019 a abril de 2022, coletados do Sistema Numérico do Departamento de Transportes de Utah (UDOT); fatores relacionados à pandemia, coletados do Departamento de Saúde de Utah; dados de tráfego, como volume e velocidade, também do UDOT; condições meteorológicas, coletadas de uma estação meteorológica do aeroporto mais próximo, o Aeroporto Internacional da Cidade de Salt Lake.

Para modelagem da frequência de acidentes foi utilizado o modelo binomial negativo, para a severidade dos acidentes foi utilizado o modelo binário logit e os testes t de Welch e Pairwise foram utilizados para investigar efeitos indiretos de outros fatores não relacionados à pandemia nos modelos estatísticos.

A frequência de acidentes foi significativamente reduzida no condado para o início do período de *lockdown*, porém a frequência foi subindo conforme as restrições foram diminuindo. A severidade dos acidentes aumentou devido a aumento de velocidade, descuido com o uso do cinto de segurança, mas também foi sendo reduzido até níveis próximos aos anteriores.

- Artigo 14 - Impact of COVID-19 on Traffic Volume, Violations, and Crashes in Fortaleza, Brazil

O artigo de Sobreira et al (2022) teve como objetivo analisar o impacto da pandemia de COVID-19 no volume de tráfego, infrações e acidentes de trânsito na cidade de Fortaleza, capital e maior cidade do estado brasileiro do Ceará.

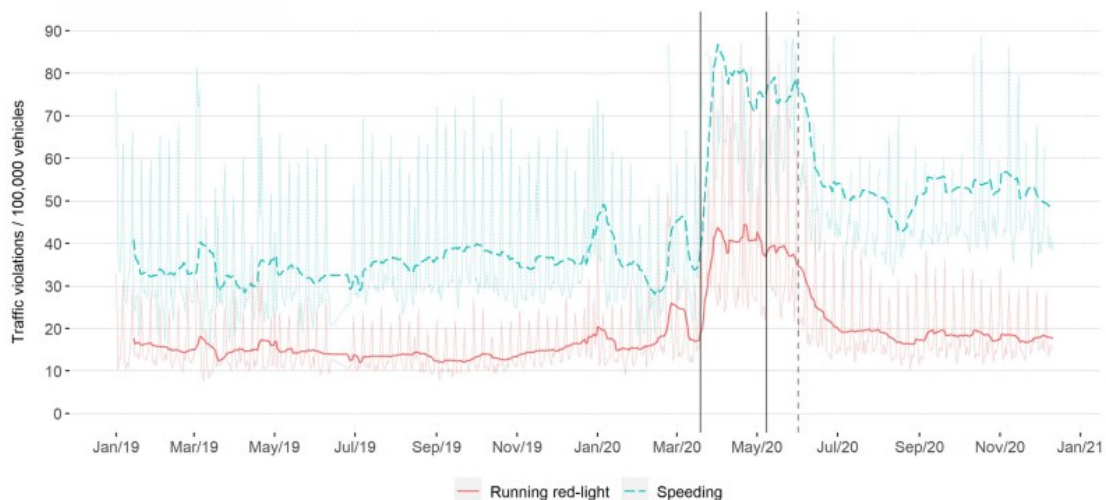
Os dados de tráfego foram coletados de um banco de dados que reúne dados de câmeras automatizadas de fiscalização de tráfego instaladas em diversas áreas da cidade, que fazem principalmente o papel de fiscalizar o cumprimento dos limites de velocidade e dos semáforos. Esse sistema é composto por 130 pontos de monitoramento de velocidade e 92 pontos de monitoramento de avanço no sinal vermelho. Os dados de acidentes foram coletados do Departamento de Transporte de Fortaleza e esses dados foram segmentados em: acidentes com óbito, acidentes com feridos, acidentes com vulneráveis feridos (ciclistas e pedestres) e acidentes envolvendo motociclistas.

A variação percentual no volume de tráfego em 2020 foi calculada pela diferença entre os volumes de 2020 e 2019, divididos pelo volume de referência, que é o de 2019. Para cada uma das quatro variáveis relacionadas a acidentes foram especificados modelos de regressão binomial negativa e regressão de Poisson.

Os autores concluíram que houve uma redução no tráfego de até 50%; houve um aumento de até 2,56 vezes nas infrações relacionadas a excesso de velocidade e avanço no sinal vermelho; aumento na severidade dos acidentes, principalmente levando em conta os acidentes envolvendo pedestres e ciclistas.

Enquanto para outras variáveis estudadas os valores foram retornando ao longo do tempo para a tendência de antes da pandemia, a taxa de registros de excesso de velocidade e avanço em sinal vermelho permaneceram entre 14% e 44% acima dos valores de referência. O motivo teorizado pelos autores foi a aplicação das resoluções 782 e 805 do Contran, que prorrogavam os prazos para expedição, recursos e pagamento das multas aplicadas na pandemia.

Gráfico 3 - Taxas diárias de infrações de trânsito para avanços no sinal vermelho e excesso de velocidade



Fonte: adaptado de Sobreira et al (2022)

- Artigo 15 - Impact of the COVID-19 pandemic on road traffic accident forecasting in Poland and Slovakia

O trabalho de Jurkovic et al (2022) se propôs a estudar o impacto da pandemia de COVID-19 sobre a previsão de acidentes de trânsito na Polônia e Eslováquia, comparando os dados observados com os dados previstos a partir do estudo da tendência desses dados.

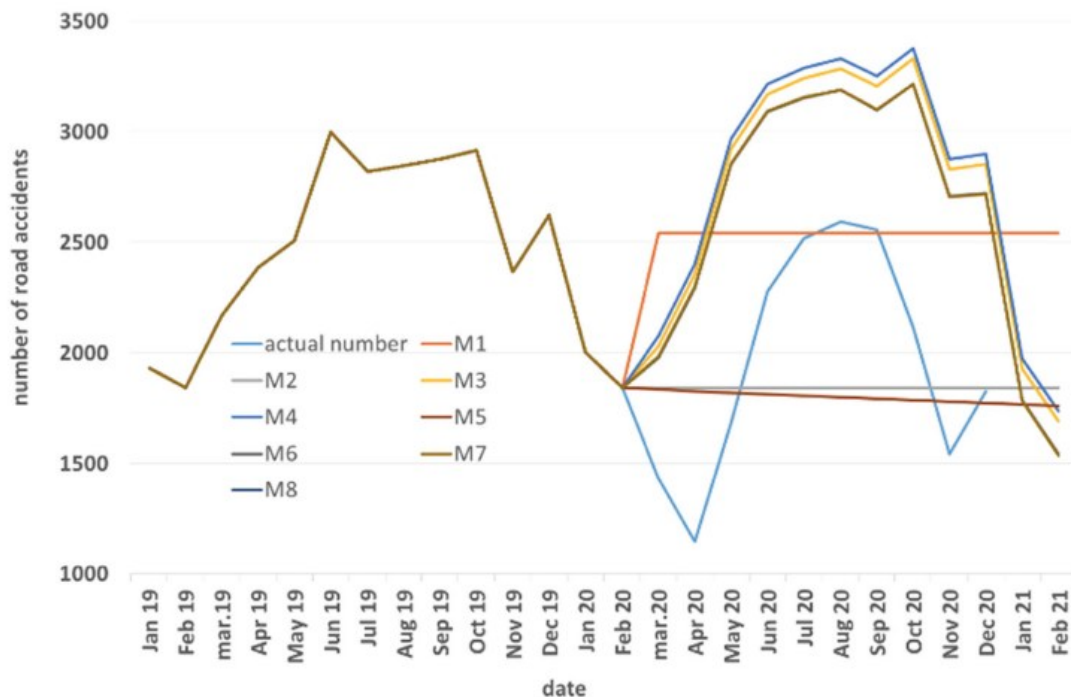
Os dados históricos dos acidentes para a Polônia e Eslováquia foram obtidos dos Departamentos de Polícia de cada país. Para a Polônia os dados mensais foram encontrados para as datas a partir de 2001 e para a Eslováquia a partir de 2012.

Um teste estatístico foi feito para comparar as flutuações nos números de acidentes mensalmente ao longo dos anos cujos dados foram obtidos para o estudo. Várias regressões lineares foram feitas, utilizando diferentes métodos, para que se fossem obtidos os dados de

previsão para os próximos anos num cenário hipotético sem pandemia e para o cenário atual com o efeito da pandemia. Os modelos lineares que apresentaram os menores erros percentuais de média calculados foram os escolhidos.

A previsão do número de acidentes foi feita no software Statistica, assim como cálculos de média ponderada e erros médios. Foi concluído que o número de acidentes foi reduzido em até 33%

Gráfico 4 - Comparativo do número de acidentes de trânsito na Polônia, usando dados observados e previsões calculadas



Fonte: Jurkovic et al (2022)

- Artigo 16 - Impacts of COVID-19 Pandemic Lockdown on Road Safety in Bangladesh

O artigo de Islam et al (2023) teve como objetivo analisar o impacto do período de *lockdown* da pandemia de COVID-19 em Bangladesh, o oitavo país mais populoso do planeta, comparando os índices observados com os previstos.

Os dados utilizados nesse artigo foram coletados do Instituto de Pesquisa de Acidentes (ARI), um instituto governado pela Universidade de Engenharia e Tecnologia de Bangladesh. A série de dados usada foi obtida do intervalo entre janeiro de 2016 e maio de

2020. Os dados dessa série foram divididos pelas divisões administrativas de Bangladesh para que fosse possível uma melhor visualização dos impactos causados em diferentes partes do país.

O modelo Sazonal Autorregressivo Integrado de Médias Móveis (SARIMA) foi usado para modelar os dados de número de acidentes, feridos e óbitos para cada divisão administrativa. O modelo segue uma série de processos que culminam na previsão dos dados com base nos dados dos anos anteriores.

Após os cálculos dos dados previstos, foi observado que para duas divisões os valores ficaram evidentemente abaixo dos valores esperados para um período hipotético sem pandemia, mas para demais divisões os valores permaneceram próximos; foi observado também que houve muitos registros de excesso de velocidade e de acidentes envolvendo pedestres, estando as causas dessas duas observações diretamente relacionadas.

- Artigo 17 - Road Crashes in Adelaide Metropolitan Region, the Consequences of COVID-19

O trabalho de Soltani, Azmoodeh e Qadijolaie (2023) se propôs a estudar as consequências da pandemia de COVID-19 sobre os acidentes de trânsito na região metropolitana de Adelaide, que contém a cidade homônima que é a quinta mais populosa da Austrália.

Dados detalhados de acidentes e outros dados complementares como dados sociodemográficos foram obtidos da Agência Australiana de Estatística (ABS) e do Diretório de Dados do Governo Sul-Australiano (Data.SA). Os dados de acidentes foram coletados para um período de quatro anos, 2019 a 2021.

O Modelo Linear Generalizado (GLM) foi usado para determinar a frequência com a qual os acidentes sofreram variações antes e depois do início da pandemia. A Regressão Geograficamente Ponderada de Poisson (GWPR) foi também utilizada para determinar como a conexão entre o número de acidentes e outras variáveis variam nos bairros do censo.

O estudo concluiu que diferentes regiões geográficas da área metropolitana tiveram diferenças nas variações de incidência de acidentes e na severidade desses incidentes, e que isso pode ser explicado pelas diferenças nas próprias estradas, comportamento e perfil dos motoristas, volume de tráfego e congestionamento em cada região.

Os *lockdowns* reduziram em cerca de 7% a frequência de acidentes, com destaques negativos para áreas em regiões empresariais e industriais, porém variações positivas para regiões verdes e recreativas.

- Artigo 18 - Road Safety Status During COVID-19 Pandemic: Exploring Public and Road Safety Expert's Opinions

O artigo de Alhajyaseen et al (2021) teve como objetivo analisar a segurança viária durante a pandemia de COVID-19, explorando a opinião pública e opiniões de especialistas sobre o assunto.

Os dados desse artigo vêm dos questionários aplicados ao público e aos especialistas consultados, assim como de dados de acidentes e infrações de trânsito coletados do Comitê Nacional de Segurança Viária do Estado do Catar. Esses dados de acidentes foram escolhidos para o período entre janeiro de 2015 e dezembro de 2020.

Os questionários para o público foram aplicados a residentes do Catar que possuíam carteira de motorista e os questionários para especialistas foram aplicados aos participantes de um webinar internacional.

Assim como outros estudos, esse demonstrou que o número de acidentes registrados durante a pandemia, principalmente nos primeiros meses de *lockdown* foram bem abaixo da média dos anos anteriores, porém a taxa de óbitos, de gravemente feridos e de infrações de trânsito subiu.

Os especialistas, no geral, concordaram que as estradas se tornaram mais seguras, mas que os motoristas se tornaram menos cumpridores das leis e menos atentos. Já o público respondeu que tanto a segurança, comportamento e congestionamento melhoraram na pandemia, porém essa percepção não condiz com os dados observados.

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO REFERENCIAL TEÓRICO

A partir da Revisão Bibliográfica Sistemática foi possível encontrar artigos e estudos relacionados ao tema dissertação, os quais serviram de base no desenvolvimento da metodologia, para análises comparativas de resultados, assim como para apontar demais textos que foram referenciados na etapa da Revisão Narrativa.

A etapa da Revisão Bibliográfica Narrativa consistiu na conceituação de temas e termos relevantes ao estudo com base nos artigos selecionados na Revisão Sistemática, assim como em livros relevantes nas suas respectivas áreas.

Esse capítulo objetiva ser fundamentação da Metodologia, o capítulo a seguir, assim como esclarecer os principais conceitos e métodos utilizados para o leitor da dissertação.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

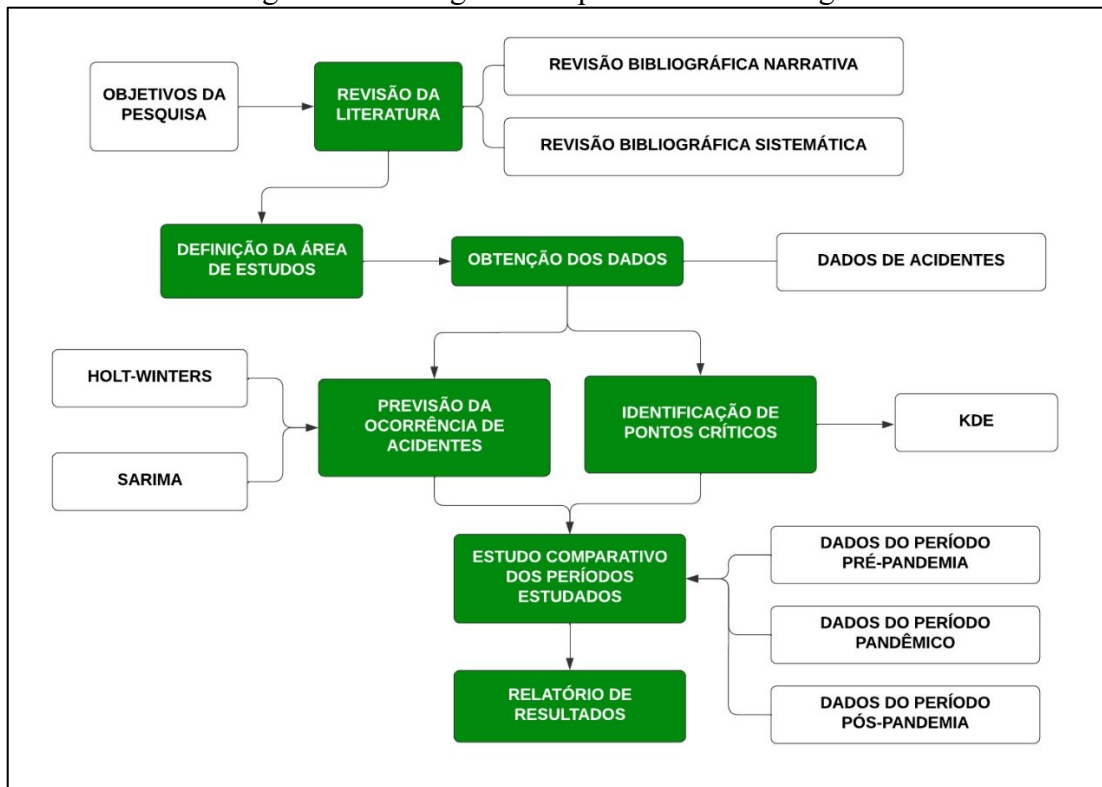
A metodologia foi construída tendo como base o Estudo de Caso e a Pesquisa Quantitativa. O primeiro é um tipo de pesquisa que, segundo Silva e Menezes (2001), é o estudo de um ou poucos objetos para seu amplo e detalhado conhecimento. Já a Pesquisa Quantitativa, segundo a mesma fonte, considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações, que está bastante relacionado aos estudos que se utilizam de índices estatísticos.

Outra classificação que se aplica a essa pesquisa é que ela é aplicada, pois “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas”.

3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

A figura a seguir ilustra as etapas definidas para a realização desse estudo, desde a etapa da revisão bibliográfica até obtenção dos resultados e das respostas para os questionamentos que motivaram o estudo. Este fluxograma apresenta as etapas do estudo, que serão posteriormente detalhadas nos subtópicos do capítulo:

Figura 6 – Fluxograma do processo metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O referencial teórico foi a primeira parte desse estudo. Nessa etapa o próprio tema da pesquisa foi mais bem definido. O referencial foi dividido em duas partes: a revisão bibliográfica narrativa e a revisão bibliográfica sistemática.

A maior parte da revisão narrativa foi feita de início, mas a pesquisa de autores de relevância nos temas tratados na pesquisa se faz necessária durante todas as etapas do trabalho, então essa seção foi sendo atualizada até a conclusão do estudo.

Após definido o tema da pesquisa, uma série de etapas de pesquisa e análises dos resultados, obtidos em bases de dados selecionados, foram seguidas. Resultando em uma lista de artigos mais coerentes com o tema, cujos métodos e resultados foram resumidamente descritos

A área de estudo foi definida como sendo as rodovias federais do estado de Santa Catarina, no qual a UFSC está inserida, e as rodovias estaduais não foram incluídas por questões de disponibilidade desses dados.

Os dados das rodovias federais foram obtidos do portal de dados abertos de acidentes dos registros da PRF. Todos os anos são publicados os dados categorizados por pessoa e por

ocorrência, mas, para o objetivo do trabalho, os dados por ocorrência possuem dados mais relevantes.

A primeira parte do estudo de caso tratou do detalhamento do modelo utilizado para estimativa da ocorrência de acidentes, com inclusão dos métodos preditivos selecionados, tratamento dos dados, bibliotecas utilizadas no script escrito em Python para o cálculo e apresentação dos resultados.

A segunda parte do método foi sobre o modelo de identificação de pontos críticos. A seleção dos dados e importação para Sistema de Informação Geográfica foram explicados, assim como a clusterização realizada e representação gráfica, para posterior exportação como imagem para apresentação.

Na última parte, foram apresentados os resultados da aplicação dos modelos selecionados. Os principais meios escolhidos para esse fim foram os gráficos, mapas e tabelas. Após essa apresentação, tendo como referência os objetivos da pesquisa, foram então analisados e discutidos os resultados encontrados, para finalização do estudo de caso.

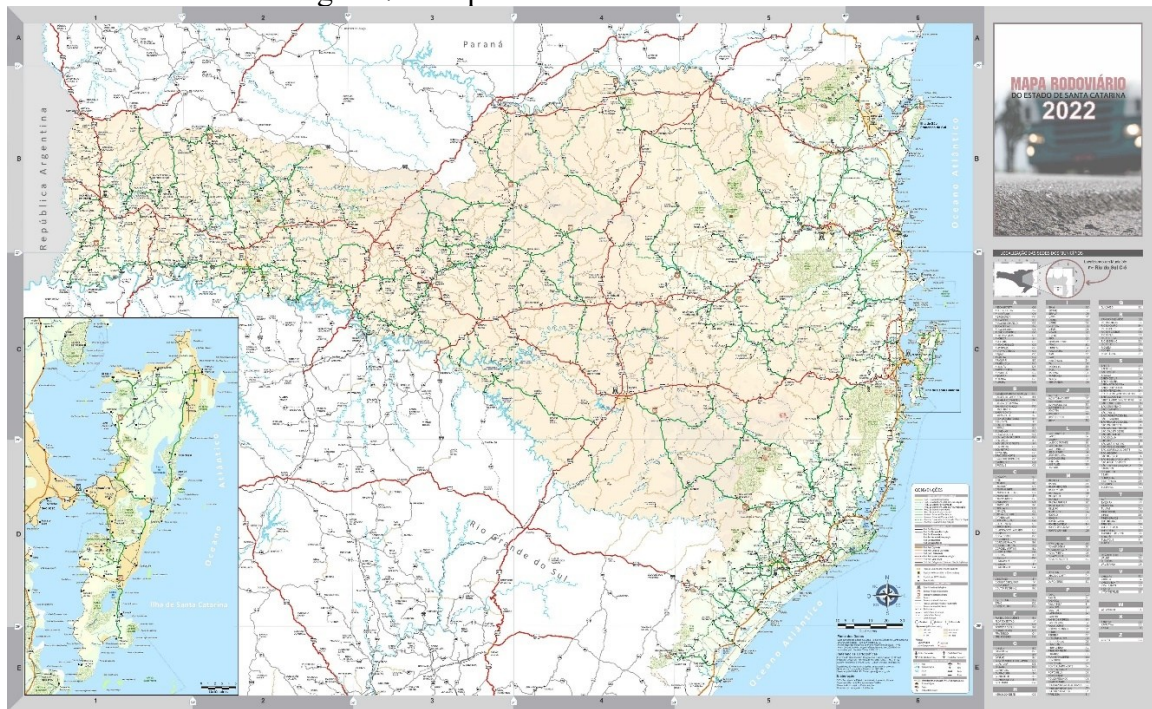
Os dados abertos de acidentes obtidos da base da PRF continham algumas inconsistências nos registros de latitude e longitude das ocorrências e tiveram que passar por tratamento, o que pode levantar um questionamento sobre a precisão do georreferenciamento desses dados, o que afeta diretamente o estudo dos pontos críticos.

Os métodos selecionados para a previsão dos índices de acidentes não são multivariados, não considerando, por exemplo, variações no volume de tráfego durante o período.

3.3 DELIMITAÇÕES

Após análise dos estudos encontrados na fase da revisão bibliográfica sistemática e escolha do método de estudo de caso para a realização pesquisa, a área de estudo foi definida como o estado de Santa Catarina, mais especificamente as rodovias federais desse estado.

Figura 7 - Mapa rodoviário de Santa Catarina



Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade de Santa Catarina (2022)

Com o objetivo de realizar um estudo mais detalhado e com melhores possibilidades de apresentação dos dados georreferenciados para uma região menor, também levando em consideração o tempo disponível e delimitações utilizadas em outros trabalhos similares, foram escolhidas apenas as rodovias federais do estado de Santa Catarina, também por indisponibilidade de dados das rodovias estaduais.

As rodovias federais de Santa Catarina que serão estudadas nesse trabalho são a BR-101, 116, 153, 158, 163, 280, 282, 376, 470 e 480.

Dados de volume de tráfego foram buscados para trazer mais informações aos modelos, com a possibilidade de trazer resultados mais completos, porém os dados encontrados são bastante dispersos e até poderiam ser usados em estudos mais focados em municípios específicos, porém não são dados suficientes para todos os trechos e datas estudadas nessa dissertação.

4 ESTUDO DE CASO

O seguinte estudo de caso objetivou a definição e aplicação de um modelo de previsão de ocorrência de acidentes e de um modelo de identificação de pontos críticos em rodovias para verificar os impactos dos períodos de restrição de tráfego na área de estudo e se houve persistência nessa influência do período pandêmico nos índices de acidentes posterior a esse intervalo de tempo.

4.1 OBTENÇÃO DOS DADOS

Dados de acidentes de anos anteriores foram necessários para os métodos utilizados na análise do impacto da pandemia. Assim como em outros estudos lidos durante a revisão bibliográfica, nos quais dados de instituições governamentais foram utilizados, os dados usados nesse trabalho foram extraídos dos Dados Abertos da Polícia Rodoviária Federal (2024).

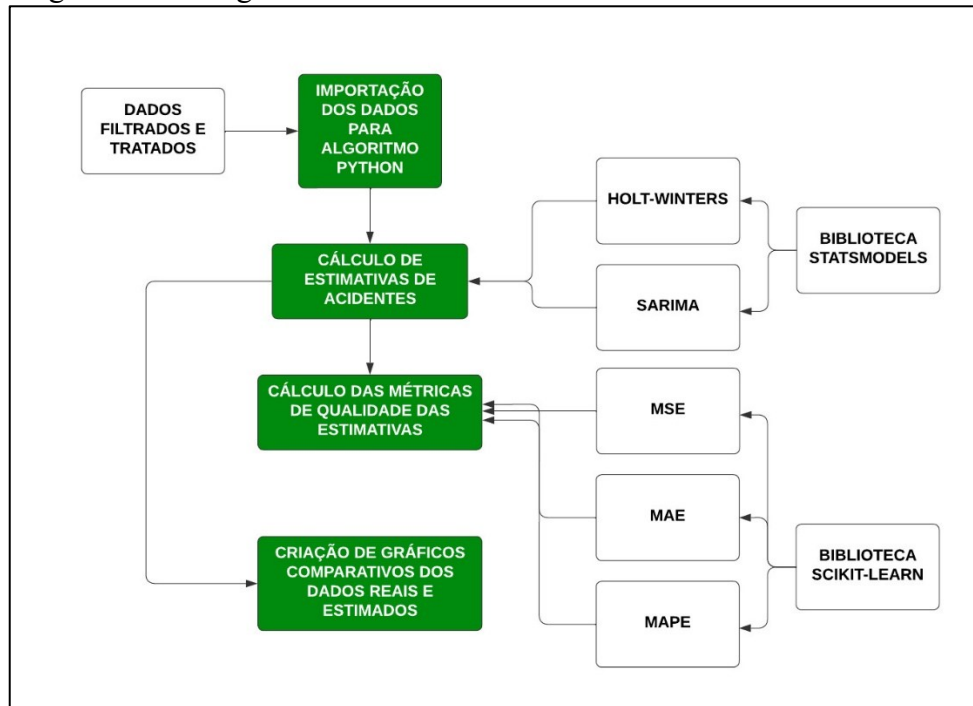
A partir das ocorrências registradas pela PRF, relatórios dos dados dos acidentes ocorridos em rodovias federais são organizados em bancos de dados e publicados anualmente. Essas informações são disponibilizadas em formato *csv* em dois tipos: dados separados por ocorrência ou por indivíduo envolvido no acidente. No caso desse trabalho, foram utilizados os relatórios anuais com dados georreferenciados separados por ocorrências, nos quais cada ocorrência é apresentada em uma linha da tabela e detalhada nas colunas.

4.2 MODELO DE PREVISÃO DE OCORRÊNCIA DE ACIDENTES

Para verificar a hipótese de que a pandemia ocasionou impactos permanentes na mobilidade, impactando também os índices de acidentalidade do estado de Santa Catarina, alguns passos foram necessários. Os métodos utilizados para o estudo dessa tendência foram os algoritmos Holt-Winters, também chamado Método de Suavização Exponencial, e SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*), em português: Média Móvel Integrada Autorregressiva Sazonal), métodos esses utilizados em artigos selecionados

na revisão, como o estudo de Jurkovic et al (2022) e o de Sekadakis et al (2021). Um esquema simplificado dessa etapa é exibido no fluxograma abaixo:

Figura 8 – Fluxograma do método de cálculo das estimativas de acidentes



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

As ocorrências foram filtradas pelo estado de Santa Catarina e limitadas para um período de oito anos (2016-2023), aproximadamente quatro anos antes da pandemia e quatro anos após o início desse período. Números de ocorrências, de vítimas fatais, levemente feridos, gravemente feridos, foram agrupados por mês de cada ano selecionado para melhorar a visualização dos dados.

Esses registros foram então utilizados no cálculo da tendência dos índices de acidentalidade através de algoritmos escritos na linguagem de programação *Python*. O *Python*, resumidamente, segundo sua própria página oficial na internet (2024) é uma linguagem de programação orientada a objetos, que incorpora dados dinâmicos de alto nível e suporta múltiplos paradigmas de programação.

Os dados mensais inseridos nos modelos preditivos foram do período entre janeiro de 2016 até fevereiro de 2020, considerando que a pandemia se iniciou no mês de março, e foram inseridos para os quatro conjuntos de variáveis selecionadas. Os algoritmos geraram os dados de previsão para cada variável a partir de março de 2020 e calcularam também alguns

índices de qualidades das regressões, exportando os dados previstos para outra planilha resultado.

Os índices ou métricas de qualidade utilizadas foram o MAE, MSE e MAPE, índices que também foram mencionados e utilizados nos trabalhos citados como referência.

Como realizado no estudo de Jurkovic et al (2022), mais de um modelo de suavização exponencial de Holt-Winters foi utilizado. Quatro combinações diferentes foram testadas: tendência aditiva, sazonalidade aditiva, amortecida; tendência aditiva, sazonalidade aditiva, não amortecida; tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, amortecida; tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, não amortecida.

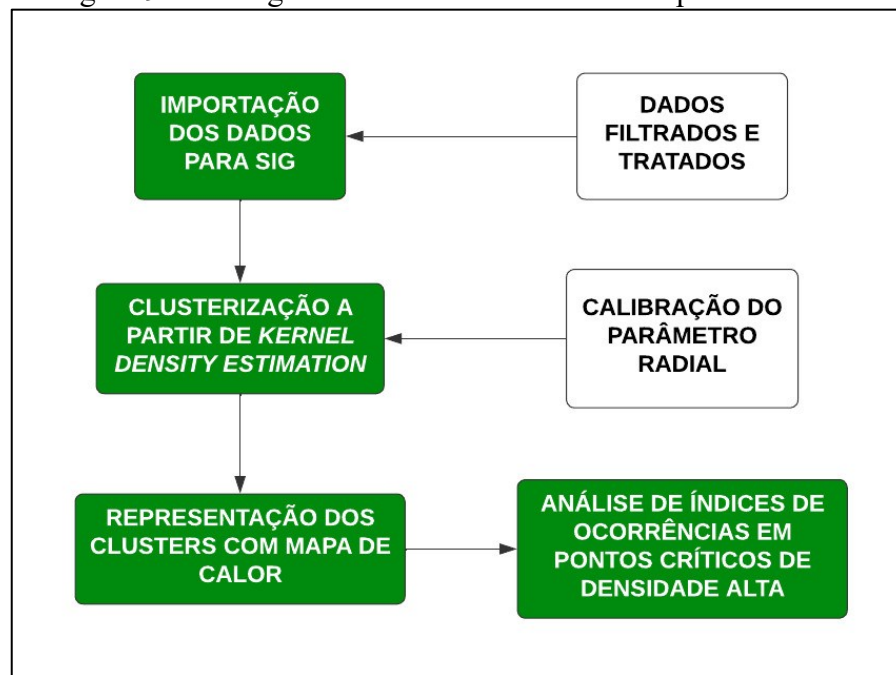
A biblioteca Pandas, de análise e manipulação de dados, foi utilizada na importação dos dados de acidentes oriundos de uma planilha. A partir da biblioteca *Statsmodels*, que provê classes e funções para estimativa de modelos estatísticos, foi feita a importação do método Holt-Winters, assim como do SARIMA. Já da biblioteca Scikit-Learn, um kit de ferramentas de *machine learning* para o Python, foram utilizados os métodos de cálculo de erro, que serviram como métricas de qualidade dos modelos de previsão aplicados.

A partir dos algoritmos citados, os dados projetados para a situação hipotética sem pandemia para o período (2020-2023) foram comparados aos dados reais de acidentes registrados nos anos pós pandemia. Um gráfico para cada grupo de dados das variáveis foi então gerado, com dados observados e projeções na escala mensal.

4.3 MODELO DE IDENTIFICAÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS

Com o objetivo de analisar a variação dos pontos de risco nas rodovias federais de Santa Catarina, assim como verificar se essas variações persistiram, foram necessárias algumas etapas. Um esquema simplificado dessa etapa é exibido no fluxograma abaixo:

Figura 9 – Fluxograma do método de cálculo de pontos críticos



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Inicialmente, uma pesquisa foi realizada, utilizando as palavras-chave dos artigos, de acordo com a proposta, para encontrar estudos anteriores relacionados e entender quais os dados e metodologia utilizados, assim como os resultados esperados.

Foi decidido que dados de 2019 a 2023 seriam utilizados para análise da variação dos pontos de risco, levando em conta que as medidas de restrição de tráfego foram mais intensas e respeitadas durante o ano de 2020, sendo observado um relaxamento nessas medidas após esse período, como mostrado por Moraes (2021).

Os dados do ano de 2019 foram então utilizados como referência do antigo padrão de pontos de risco, os dados de 2020 e 2023 foram utilizados para representar a variação desde a implementação das medidas de restrição até a gradual redução dessas restrições.

Dados de acidentes de anos anteriores foram necessários para o cálculo dos pontos de risco nas rodovias federais. Assim como nos outros estudos citados, nos quais dados de instituições governamentais foram utilizados, os dados utilizados nesses trabalhos foram obtidos dos Dados Abertos da PRF (2024).

Os relatórios publicados anualmente com todos os registros realizados de ocorrências em rodovias federais contém coordenadas geográficas que localizam cada ocorrência, assim como também contém o número da rodovia e o Km no qual o acidente ocorreu. Essas foram as principais informações utilizadas nessa análise.

Além dos dados de localização disponibilizados nas planilhas de ocorrências são exibidas também as seguintes variáveis: id, data, dia da semana, horário, uf (unidade federativa), município, causa do acidente, tipo de acidente, classificação, fase do dia, sentido na via, condição (clima), tipo de pista, traçado da via, uso do solo (urbano ou rural), pessoas envolvidas, mortos, feridos leves, feridos graves, ileso, ignorados, feridos (total), veículos.

O método utilizado nesse trabalho foi o *Kernel Density Estimation* (KDE) para identificar os *hotspots*, ou pontos críticos, nas rodovias federais de Santa Catarina. A representação dessa densidade calculada foi feita através de um mapa de calor.

Durante a importação dos dados, foi verificado que nem todas as informações de coordenadas seguiam o mesmo padrão de notação, sendo necessário normalizar esses números para que pudessem representar corretamente as localizações registradas nas ocorrências. Não foram identificadas ocorrências sem o registro dos dados de coordenadas para o período estudado.

Assim como definido no estudo de Ghadi e Török (2017), apenas ocorrências com vítimas gravemente feridas e/ou fatais foram consideradas inicialmente, focando mais em pontos de alta frequência de acidentes graves e menos em pontos como alta frequência de acidentes de baixa gravidade. Tendo sido identificado que ainda sim os pontos críticos não eram bem definidos, o estudo passou a considerar apenas acidentes com óbitos.

Na comparação feita nesse mesmo estudo de 2017, foi enfatizado que estradas com diferentes características como velocidade média de tráfego, volume de tráfego ou número de faixas merecem diferentes tratamentos para um cálculo mais preciso, porém no caso de uma análise mais ampla, que visa entender a distribuição dos pontos críticos em todo um estado, não houve esse tipo de ponderações para considerar essas variações características dos trechos estudados, como foram feitos em estudos para áreas menores como cidades, que muito mais limitados espacialmente.

Os dados tratados foram então importados para o cálculo dos pontos de risco utilizando o *software* QGIS, que é um SIG de código aberto. Um Sistema de Informação Geográfica (SIG), ou GIS em inglês, pode ser definido como: “um sistema computacional para capturar, armazenar, consultar, analisar e exibir dados geoespaciais” (Chang, 2018).

O modelo foi aplicado aos dados para os anos definidos (2019, 2020 e 2023), porém foi observado que, para inclusão de ocorrência de acidentes com vítimas gravemente feridas, mas sem óbitos, às demais ocorrências com óbitos, as áreas críticas não ficaram bem demarcadas nos resultados preliminares. Os dados de acidentes sem óbitos foram então

removidos e o método KDE foi novamente aplicado ao novo conjunto de dados apenas para acidentes fatais.

De início, foi atribuído um valor de raio de 1 km na parametrização do cálculo, porém, além de resultar em um mapa de calor com visualização prejudicada para a escala adotada e pelo próprio método de cadastro das ocorrências, localizados geograficamente por quilômetro, os pontos identificados nessa configuração não apontaram resultados claros.

Em seguida, foi testada a parametrização para um raio de 10km. Os mapas de calor gerados mostraram mais claramente as principais zonas de concentração de acidentes nessa configuração.

Alguns ajustes foram realizados na representação gráfica das categorias do mapa de calor para aprimorar a visualização dos dados. Primeiro que, pelas distintas amplitudes de concentrações para cada ano, as categorias geradas automaticamente possuíam intervalos diferentes, o que atrapalhava a visualização dos dados do ano de 2020, com concentrações mais baixas em média.

Para resolver a variação na escala de cores por ano, os intervalos para o ano de 2019 foram utilizados como base e as categorias foram fixadas para os mesmos intervalos de densidade e cores nos três anos.

Com o objetivo de aprofundar a análise espaçotemporal dos principais pontos críticos, demais características além da densidade, como veículos envolvidos, tipo de acidente, foram analisados para os diferentes anos.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.4.1 Previsão da Ocorrência de Acidentes

Os modelos e dados estimados serão descritos nessa seção. Os métodos Holt-Winters e SARIMA foram utilizados na projeção dos dados das quatro variáveis selecionadas: número de acidentes registrados, número de vítimas gravemente feridas, número de vítimas levemente feridas e número de óbitos. Os dados do período de 2016 a 2019 foram usados para gerar as séries de dados de previsão para período posterior, de 2020 a 2023. Como citado no capítulo de metodologia, quatro combinações diferentes de parametrizações foram testadas: tendência aditiva, sazonalidade aditiva, amortecida (HOLT1); tendência aditiva, sazonalidade aditiva,

não amortecida (HOLT2); tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, amortecida (HOLT3); tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, não amortecida (HOLT4).

4.4.1.1 Número de Acidentes

A primeira variável utilizada nos cálculos preditivos foi a do número de acidentes. A partir dos Dados Abertos da PRF, filtrados pelo estado de Santa Catarina, foram contadas todas as ocorrências registradas para o período estudado e agrupadas por mês.

Foram calculadas as projeções com o algoritmo SARIMA e para as quatro combinações de configurações do Holt-Winters.

A Tabela 5, a seguir, exibe os índices de qualidade dos modelos gerados para os dados de número de acidentes.

Tabela 4 – Índices de qualidade dos modelos de previsão de dados de número de acidentes

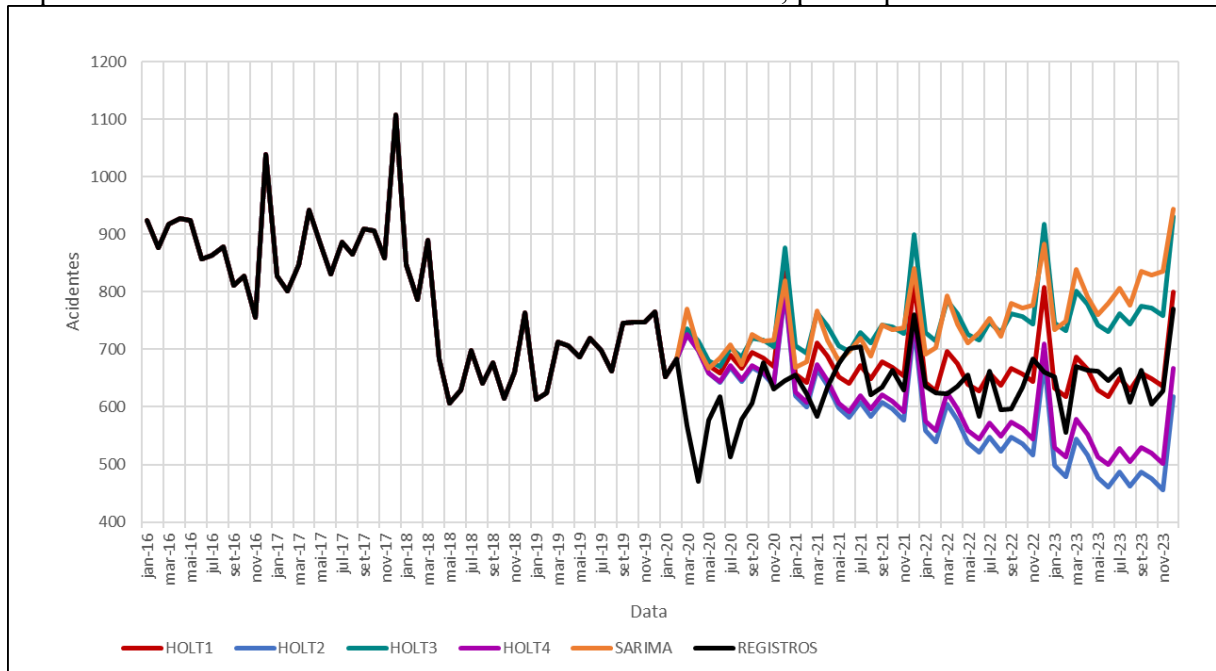
Índice	HOLT1	HOLT2	HOLT3	HOLT4	SARIMA
MAE	130,62	198,63	122,68	131,57	131,57
MSE	26369,00	49746,17	22029,23	24195,95	24195,95
MAPE	15,60%	24,64%	15,38%	16,60%	16,60%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Os métodos HOLT1 e HOLT3 apresentaram os níveis mais baixos de erro nas métricas calculadas, porém o HOLT 3 (de tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, amortecida) teve um melhor ajuste.

O gráfico abaixo exibe os valores observados de acidentes a cada mês, desde 2016 ao final do ano de 2023, comparados aos dados de estimativa.

Gráfico 5 – Comparativo entre registros de acidentes em rodovias federais e dados de previsões utilizando os métodos Holt-Winters e SARIMA, para o período de 2016 a 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Apesar dos valores verificados na tabela de erros calculados, no Gráfico 5 o HOLT1 exibe um ajuste visual melhor, com tendência à estabilidade da média dos acidentes, como foi registrado na segunda metade do período. O período de grande queda nas ocorrências devido à pandemia, principalmente no primeiro semestre de 2020, ocorreu fora das tendências e variações sazonais, de forma que nenhum dos modelos foi capaz de obter um bom ajuste para esse período de queda extraordinária.

4.4.1.2 Número de Acidentes com Óbitos

A segunda variável utilizada nos cálculos preditivos foi a do número de óbitos causados pelos acidentes no período. A partir dos Dados Abertos da PRF, filtrados pelo estado de Santa Catarina, foram contados todos os óbitos em cada ocorrência e os dados foram agrupados por mês.

Foram calculadas as projeções com o algoritmo SARIMA e para as quatro combinações de configurações do Holt-Winters.

A Tabela 6, a seguir, exibe os índices de qualidade dos modelos gerados para os dados de número de acidentes.

Tabela 5 - Índices de qualidade dos modelos de previsão de dados de número de óbitos

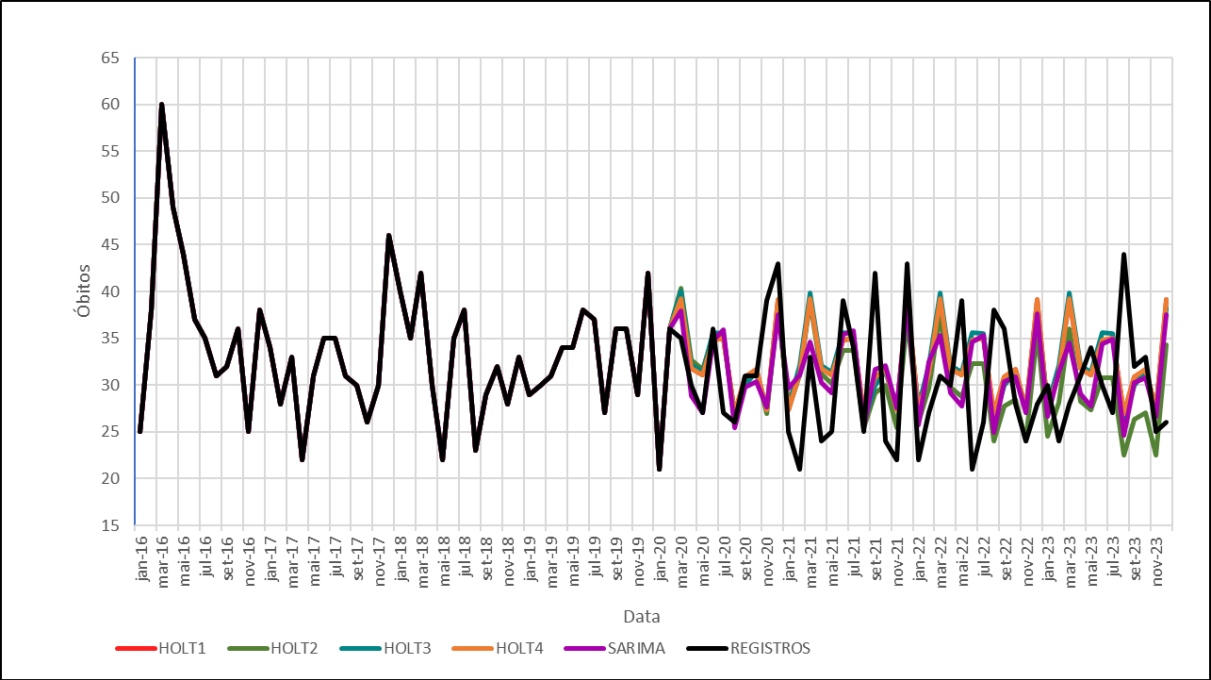
Índice	HOLT1	HOLT2	HOLT3	HOLT4	SARIMA
MAE	6,00	6,28	5,95	6,00	6,30
MSE	50,93	58,17	52,05	50,93	54,92
MAPE	19,04%	19,21%	18,94%	19,04%	19,54%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Os métodos HOLT1 e HOLT4 apresentaram os níveis mais baixos de erro nas métricas calculadas, de forma que a avaliação visual dos ajustes pode auxiliar na diferenciação das estimativas.

O gráfico abaixo exhibe os valores observados de óbitos a cada mês, desde 2016 ao final do ano de 2023, comparados aos dados de estimativa.

Gráfico 6 - Comparativo entre número de acidentes com óbitos em rodovias federais e dados de previsões utilizando os métodos Holt-Winters e SARIMA, para o período de 2016 a 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Como pode ser observado no Gráfico 6 e nos dados do Apêndice D, foi obtido o mesmo ajuste para ambos os métodos com erro mais baixo, de forma que eles se sobrepõem no gráfico.

Uma grande queda nos índices com relação às estimativas não foi registrada no primeiro semestre, na mesma magnitude observada no gráfico de ocorrências. Os acidentes

fatais então continuaram acontecendo aproximadamente em níveis esperados apesar da redução do volume de tráfego.

4.4.1.3 Número de Acidentes com Vítimas Gravemente Feridas

A próxima variável utilizada nos cálculos preditivos foi a do número de acidentes com vítimas gravemente feridas nos acidentes do período. A partir dos Dados Abertos da PRF, filtrados pelo estado de Santa Catarina, foram contadas essas vítimas em cada ocorrência e os dados foram agrupados por mês.

Foram calculadas as projeções com o algoritmo SARIMA e para as quatro combinações de configurações do Holt-Winters.

A Tabela 7, a seguir, exhibe os índices de qualidade dos modelos gerados para os dados de número de acidentes.

Tabela 6 - Índices de qualidade dos modelos de previsão de dados de número de acidentes com vítimas gravemente feridas

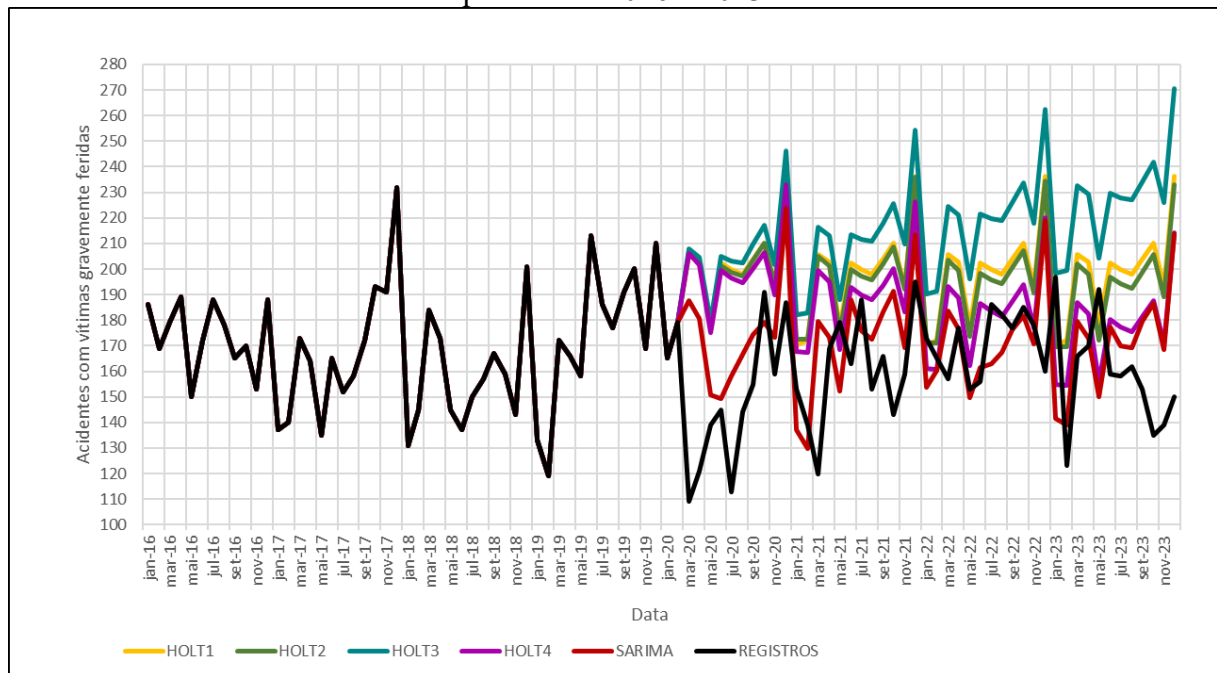
Índice	HOLT1	HOLT2	HOLT3	HOLT4	SARIMA
MAE	34,45	33,18	49,39	30,01	26,39
MSE	1920,18	1811,55	3353,01	1413,27	1126,30
MAPE	22,89%	22,06%	32,16%	19,62%	16,82%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O SARIMA apresentou para essa série um erro bem abaixo dos demais. Outras variantes do Holt-Winters apresentaram desempenho similar entre si, mas não próximos a ele.

O gráfico abaixo exhibe os valores observados de acidentes a cada mês, desde 2016 ao final do ano de 2023, comparados aos dados de estimativa.

Gráfico 7 - Comparativo entre registros de acidentes com vítimas gravemente feridas em rodovias federais e dados de previsões utilizando os métodos Holt-Winters e SARIMA, para o período de 2016 a 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

No Gráfico 7, assim como esperado pelos menores índices de erro na Tabela 7, o ajuste do SARIMA se mostrou mais eficiente. O ajuste foi inclusive mais eficiente no período de maior redução nos registros de ocorrências, já mencionado, do primeiro semestre de 2020, apesar de que os registros se mantiveram numa tendência bem abaixo das tendências de todos os modelos.

4.4.1.4 Número de Acidentes com Vítimas Levemente Feridas

A última variável utilizada nos cálculos preditivos foi a do número de acidentes com vítimas levemente feridas nos acidentes do período. A partir dos Dados Abertos da PRF, filtrados pelo estado de Santa Catarina, foram contadas essas vítimas em cada ocorrência e os dados foram agrupados por mês.

Foram calculadas as projeções com o algoritmo SARIMA e para as quatro combinações de configurações do Holt-Winters.

A Tabela 8, a seguir, exhibe os índices de qualidade dos modelos gerados para os dados de número de acidentes.

Tabela 7 - Índices de qualidade dos modelos de previsão de dados de número de acidentes com vítimas levemente feridas

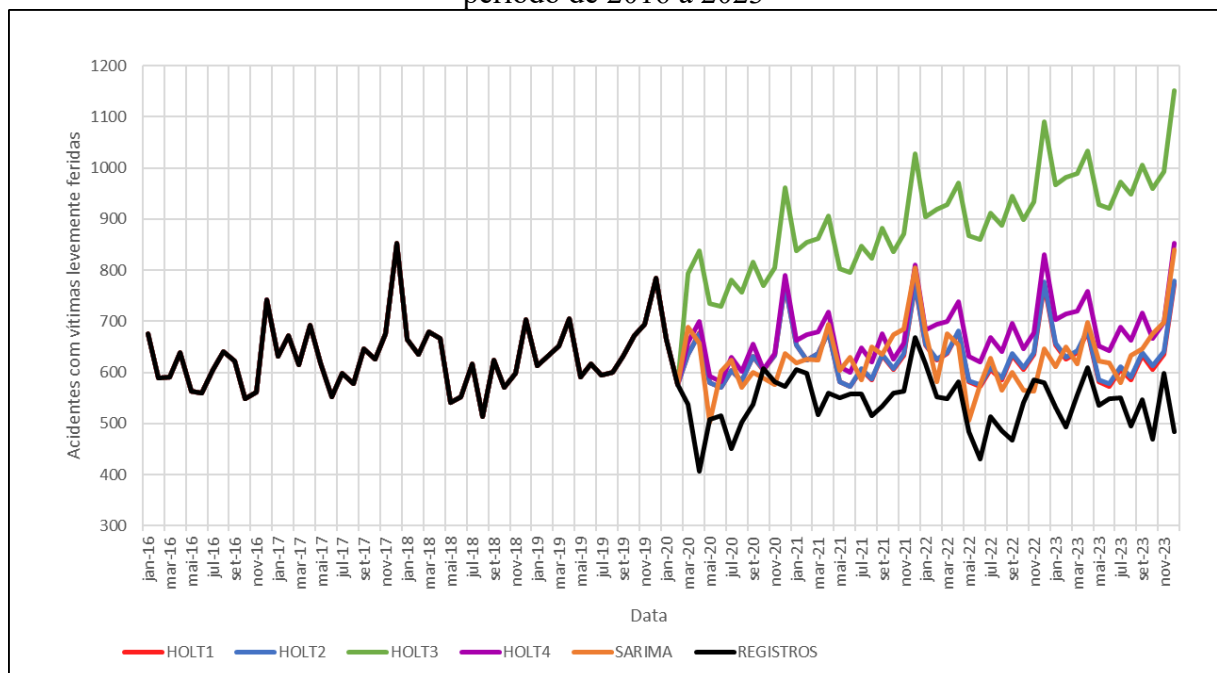
Índice	HOLT1	HOLT2	HOLT3	HOLT4	SARIMA
MAE	64,83	64,32	267,98	74,89	63,80
MSE	7148,81	7119,55	83141,67	10191,35	7298,03
MAPE	10,15%	10,09%	43,73%	12,16%	10,15%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O método SARIMA obteve o índice mais baixo para o MAE, porém o HOLT2 obteve um desempenho melhor quanto ao MSE e MAPE.

O gráfico abaixo exhibe os valores observados de acidentes a cada mês, desde 2016 ao final do ano de 2023, comparados aos dados de estimativa.

Gráfico 8 - Comparativo entre registros de acidentes com vítimas levemente feridas em rodovias federais e dados de previsões utilizando os métodos Holt-Winters e SARIMA, para o período de 2016 a 2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Como exibido no Gráfico 8, apesar dos índices de erro próximos, o ajuste do SARIMA foi o mais eficiente visualmente, assim como para os dados de acidentes com vítimas gravemente feridas, sendo o que melhor estimou principalmente nos períodos de queda sazonal. Assim como no caso anterior, o valor médio para os últimos anos da série ficou abaixo de todas as tendências calculadas pelos cinco modelos.

4.4.1.5 Discussão dos Resultados de Previsões de Ocorrência de Acidentes

Os métodos demonstraram níveis similares de performance na maioria dos casos para cada série de dados, como pode ser observado nos gráficos comparativos e tabelas de índice de qualidade, exceto para o caso do método HOLT2 (tendência aditiva, sazonalidade aditiva, não amortecida) na série de número total de ocorrências, e para o HOLT3 (tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, amortecida) nas série de dados de ocorrências com vítimas levemente feridas e na série de ocorrências com gravemente feridos.

Dos três índices de qualidade utilizados, dois são dimensionais (MAE e MSE) e um deles adimensional (MAPE). O MAE representa de uma forma mais concreta qual a margem de erro presente nas estimativas. Por exemplo, na Tabela 5 para o método HOLT3, têm-se um erro médio de 122,68 ocorrências, para um valor estimado que varia entre cerca de 700 a 900 ocorrências como visualizado no Gráfico 5. O MSE, mais sensível a *outliers* e valores extremos foi utilizado juntamente ao MAE para análise do método mais bem ajustado, enquanto o MAPE forneceu um fator qualitativo referencial sobre o erro que independe da dimensão e magnitude dos números nas séries temporais, de forma que é possível comparar os MAPEs de cada uma das séries, mesmo que tenham grandezas diferentes. A seguir, a tabela exhibe os melhores ajustes em cada um dos casos.

Tabela 8 - Índices de qualidade dos modelos mais bem ajustados às séries de dados analisadas

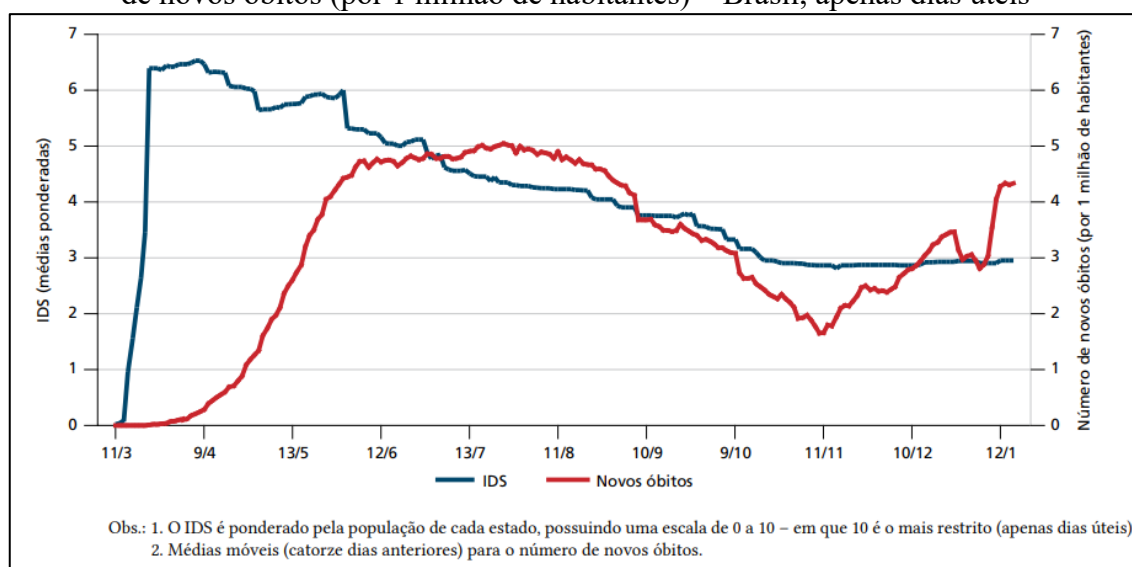
Índice	OCORRÊNCIAS (HOLT3)	ÓBITOS (HOLT3)	G. FERIDAS (SARIMA)	L. FERIDAS (SARIMA)
MAE	122,68	5,95	26,39	63,80
MSE	22029,23	52,05	1126,30	7298,03
MAPE	15,38%	18,94%	16,82%	10.15%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Para a série de dados da quantidade de acidentes registrados, os cinco métodos usados na estimativa dos dados, para o período entre 2020 e 2023, demonstraram tendências descendentes ou ascendentes. Os dados registrados pela PRF demonstram que o número de acidentes para o período manteve a variação sazonal, com a permanência dos picos de registros nos fins de ano, porém com uma desaceleração da redução dos registros que vinha sendo observada nos anos anteriores. O índice se manteve mais alto do que o esperado para duas das estimativas realizadas e abaixo do modelo que apresentou menor erro.

O período entre março e outubro de 2020 se destacou entre os demais da pandemia, no qual os dados foram observados bem abaixo de todas as tendências. Nesse período foram registrados os valores mais baixos em todo o período de estudo, entre 2016 e 2023, com 470 acidentes no mês de abril e 513 acidentes no mês de julho. Esse período coincide com os meses nos quais foi observado os maiores índices de medidas de distanciamento social para este período e coincide com o período aproximado da primeira onda (Moraes, 2021) como detalhado no Gráfico 5.

Gráfico 9 - Índice de medidas legais de distanciamento social (médias ponderadas) e número de novos óbitos (por 1 milhão de habitantes) – Brasil, apenas dias úteis



Fonte: Adaptado de Moraes (2021)

Em segundo, para a série de dados do número de óbitos causados pelos acidentes registrados, os valores estimados para todos os métodos tenderam a uma estabilização, como realmente foi observado nos registros, sem muita diferença entre os índices de qualidade calculados para cada um deles. A partir de uma análise visual da sobreposição dos dados também não é óbvia qual a melhor estimativa e isso se reflete no comparativo dos indicadores da Tabela 8, que mostra que o ajuste para essa série teve os maiores índices de erro. A estabilização no número de registros visualizada já havia sido observada no período entre 2016 e 2019.

É evidente que a observação de um número estável de óbitos registrados em um período no qual o número de acidentes caiu, assim como o volume de tráfego, demonstrou um

aumento na taxa de vítimas fatais por acidente desde 2016, como observado também em outros estudos (Adanu et al, 2021; Caldas, 2021).

Em seguida, para a série de dados das vítimas gravemente feridas nos acidentes registrados, os dados estimados para todos os métodos previam quantidades mais elevadas de registros do que o que foi observado.

O período entre março e outubro de 2020, assim como observado para os dados do número de acidentes, apresentou uma queda significativa, com os valores mais baixos registrados em todo o período de estudo, entre 2016 e 2023, com 109 vítimas gravemente feridas no mês de março e 113 no mês de julho.

Por último, para a série de dados das vítimas levemente feridas nos acidentes registrados, os dados estimados para os métodos adotados apresentaram também tendências mais elevadas do que o que foi observado. O método SARIMA foi o que melhor se ajustou aos períodos de maior variação sazonal, como visto no Gráfico 8, de forma que isso se refletiu nos menores índices de erro entre os modelos nas quatro séries, conforme a Tabela 8.

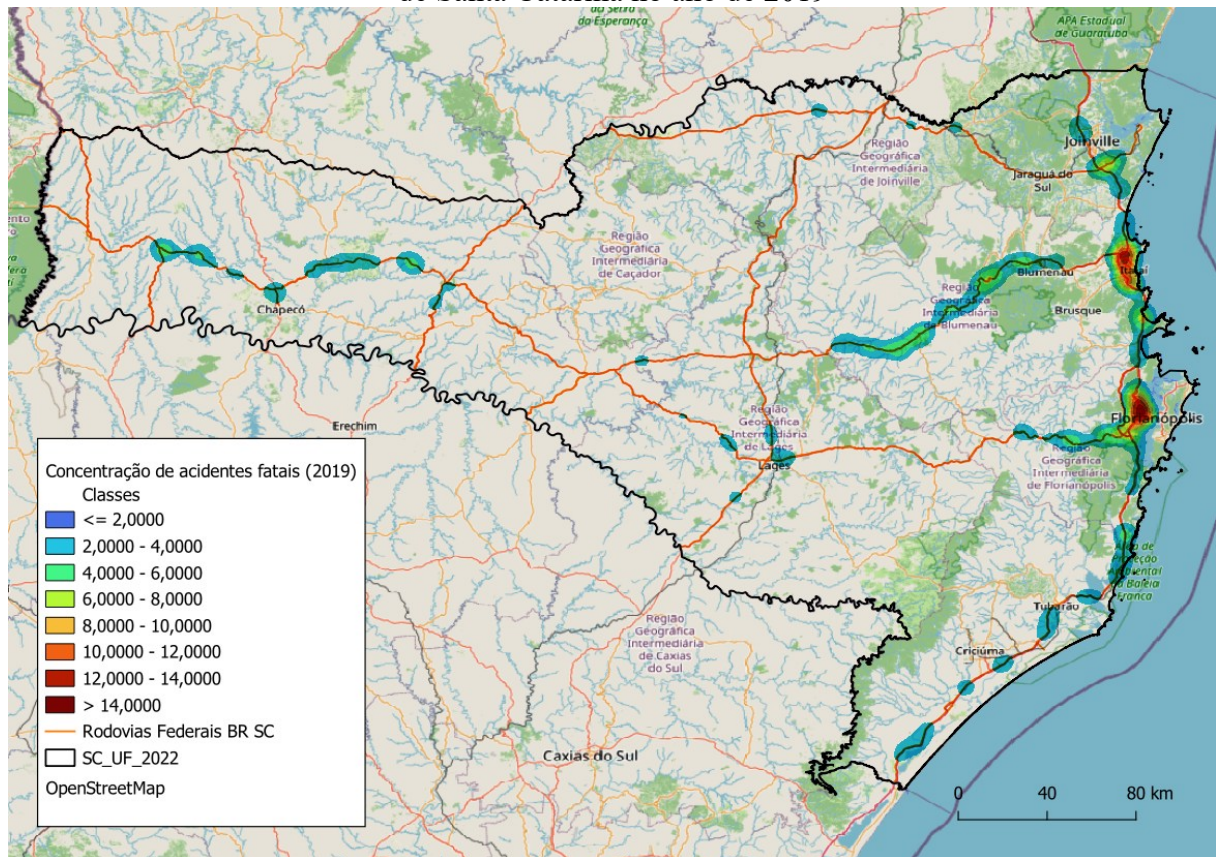
4.4.2 Identificação De Pontos Críticos

4.4.2.1 Resultados

Foi feita a clusterização dos dados georreferenciados a partir da Estimativa de Densidade Kernel, conforme detalhado na metodologia. Os agrupamentos foram representados a partir de Mapas de Calor categorizados em níveis de densidade. As Figuras a seguir representam cartograficamente os *clusters* encontrados para os anos de 2019, 2020 e 2023. Os agrupamentos, no contexto desse trabalho, são pontos ou regiões críticas de ocorrência de acidentes com vítimas fatais, conforme representado nas Figura 10, 11 e 12 a seguir:

A primeira figura representa a distribuição e concentração de acidentes com vítimas fatais em rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2019, utilizada como referência para avaliação da situação dos pontos críticos antes da pandemia.

Figura 10 - Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2019

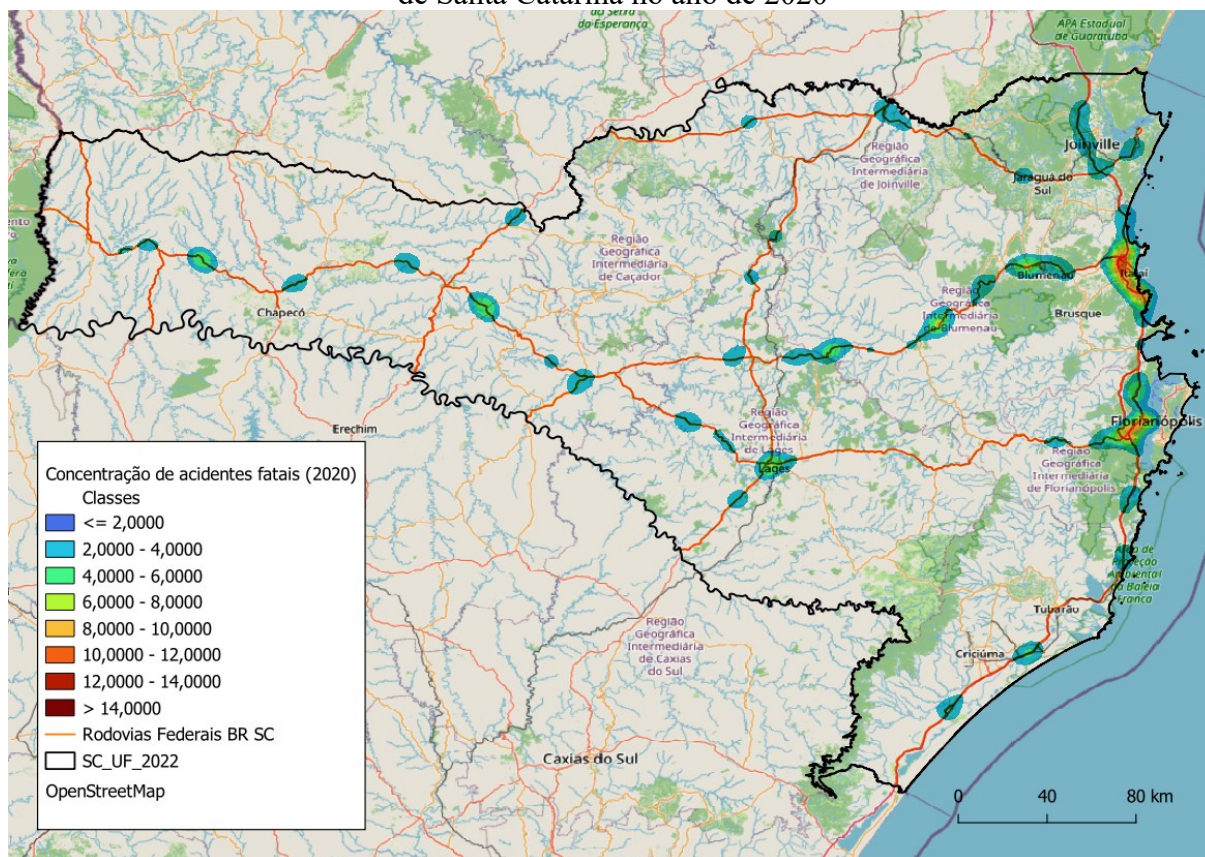


Fonte: Próprio autor (2025)

Nesse primeiro mapa geral, já é possível perceber os principais pontos de concentração de acidentes fatais ao longo da BR 101. As zonas de concentração com densidade abaixo de 2 foram ocultadas, pois preenchem longos trechos das rodovias, de forma que são irrelevantes para o estudo de pontos críticos em trechos mais curtos e até dificultam a identificação visual das zonas com maior concentração de acidentes.

O mapa da Figura 11 representa a distribuição e concentração de acidentes com vítimas fatais em rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2020, utilizada como referência para análise da situação dos pontos críticos durante a pandemia, por ter sido o ano com maiores índices de distanciamento social.

Figura 11 - Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2020

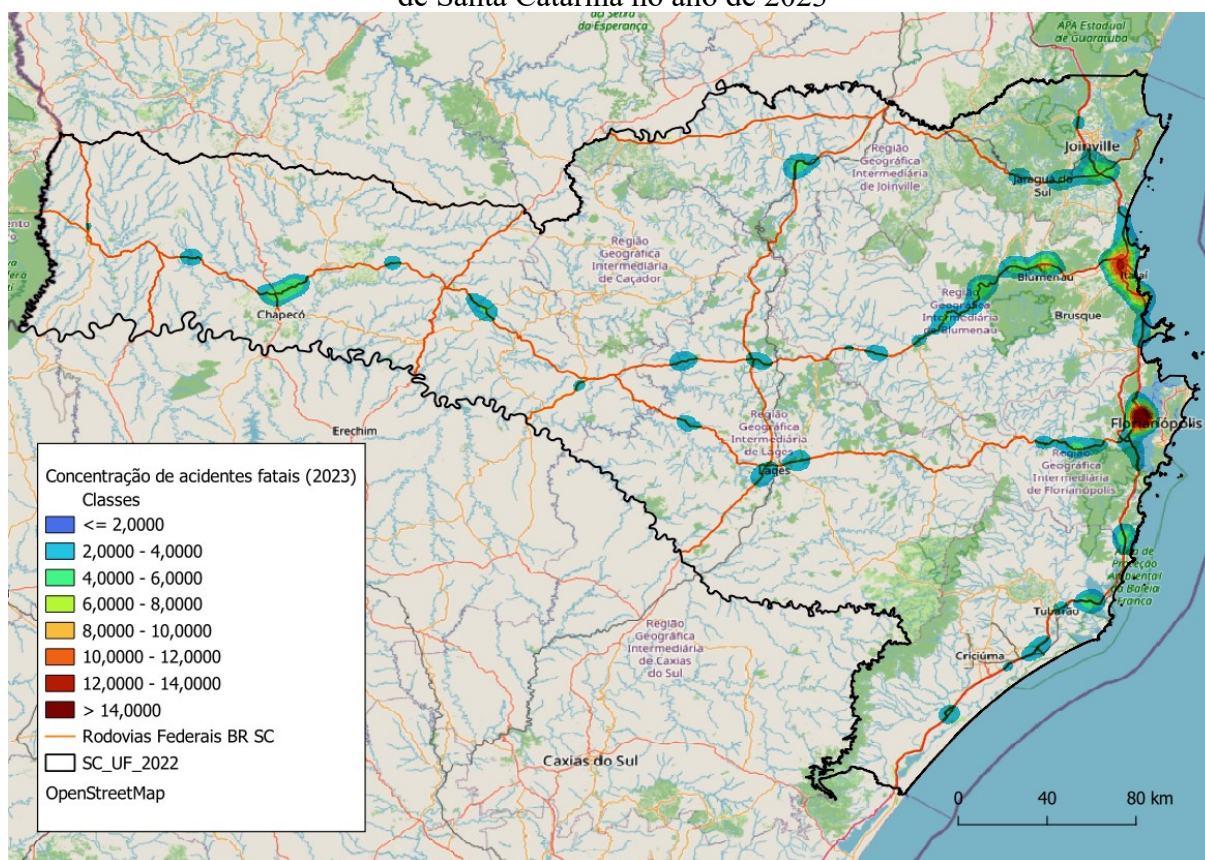


Fonte: Próprio autor (2025)

Os dados de 2020 mostram uma intensa redução da densidade das ocorrências nas regiões que mostraram as maiores concentrações nos dados 2019. Mesmo assim, há o surgimento de outros pontos de concentração mais baixa em trechos do interior do estado em 2020, nos quais não foram observados pontos críticos em 2019. No primeiro mapa, os pontos críticos estavam mais próximos, no segundo eles aparecem mais espalhados nas rodovias.

O terceiro mapa da Figura 12 representa a distribuição e concentração de acidentes com vítimas fatais em rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2023. Os dados desse período são a referência para avaliação da situação dos pontos críticos pós pandemia, em um ano no qual as medidas governamentais de distanciamento social já haviam sido quase totalmente revogados ou já não eram obedecidos pela população.

Figura 12 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais de Santa Catarina no ano de 2023



Fonte: Próprio autor (2025)

As altas concentrações da escala, que haviam sumido ou diminuído no segundo mapa reaparecem no terceiro mapa, novamente ao longo da BR 101.

A partir dos mapas de calor apresentados, foi possível identificar as regiões de maior concentração de acidentes e elas foram analisadas individualmente para a verificação da sua variação, também levando em conta a relevância local ou nível populacional das cidades.

As regiões selecionadas foram Blumenau, Chapecó, Imbituba/Tubarão, Itajaí/Camboriú, Joinville/Jaraguá do Sul, Lages, Região Metropolitana de Florianópolis, Rio do Sul.

Mapas locais foram gerados também com a representação dos acidentes em cada uma das regiões (nos Apêndices E ao L). Esses mapas regionais são recortes dos três mapas exibidos anteriormente com a exibição adicional de cada ocorrência com vítimas fatais como um ponto.

4.4.2.2 Discussão dos Resultados de Identificação De Pontos Críticos

Com base nos resultados obtidos para o cálculo da densidade de acidentes, foi possível identificar principais pontos de concentração de acidentes no estado, assim como alguns pontos críticos intermediários e outros menos relevantes.

Ao analisar as densidades de cada uma das regiões destacadas, foi possível gerar a tabela seguir, na qual é observada a variação da densidade máxima observada em cada uma delas nos anos analisados.

Tabela 9 – Variação dos índices de densidade máxima dos pontos críticos principais das regiões analisadas no Estado de Santa Catarina

Região	Densidade Máxima (acidentes com vítimas fatais num raio de 10km)		
	2019	2020	2023
Blumenau	6 - 8	6 - 8	6 - 8
Chapecó	4 - 6	4 - 6	4 - 6
Imbituba/Tubarão	4 - 6	4 - 6	4 - 6
Itajaí/Camboriú	12 - 14	10 - 12	12 - 14
Joinville/Jaraguá do Sul	6 - 8	4 - 6	6 - 8
Lages	2 - 4	6 - 8	4 - 6
R. M. de Florianópolis	> 14	8 - 10	> 14
Rio do Sul	4 - 6	6 - 8	4 - 6

Fonte: Próprio autor (2025)

Na maioria das regiões analisadas foi vista uma queda na densidade de acidentes com vítimas fatais durante o início da pandemia em 2020, porém em algumas outras não foi verificado o comportamento esperado.

Em Blumenau, a densidade máxima verificada não variou durante a pandemia, porém a localização dos trechos críticos variou ao longo dos anos. Com a área de maior densidade de acidentes se concentrando mais próxima ao centro urbano a partir de 2020. Apesar disso, ainda é possível visualizar que menos áreas de concentração de acidentes existiram em 2020 com relação a 2019 e 2023, conforme o mapa no Apêndice E.

Em Chapecó também houve estabilidade durante a pandemia, depois um aumento da densidade no ano de 2023, no trecho entre Chapecó e Xaxim, de acordo com os mapas no Apêndice F.

Na região de Rio do Sul, a densidade máxima aumentou durante a pandemia, mas variou a localização entre o município de Rio do Sul e Lontras, como representado no

Apêndice L. De forma similar, na região de Lages, foi observado um aumento na densidade durante a pandemia, com uma variação da localização das periferias para o centro da cidade, então de volta para as periferias após a pandemia, conforme o Apêndice J.

A sudeste, na região de Imbituba e Tubarão, também foi observada uma estabilidade, assim como em Chapecó e Blumenau, de acordo com o Apêndice G.

A região de Joinville/Jaraguá do Sul seguiu um padrão próximo ao das regiões de Florianópolis e Itajaí, com uma queda na densidade observada durante a pandemia, porém um retorno ao índice de 2019 nos anos seguintes, como visto no apêndice I.

Por último, sobre as regiões com maiores densidades de ocorrência de acidentes: região de Itajaí/Camboriú e Região Metropolitana de Florianópolis.

Em 2020, os pontos críticos sobre Balneário Camboriú e Itajaí/Navegantes ficaram em níveis mais próximos, com uma queda nas ocorrências em Itajaí, porém, para os anos de 2019 e 2023 é possível observar que o ponto crítico principal é localizado no limite entre Itajaí e Navegantes, com a densidade de acidentes tendo retornado em 2023 aos mesmos níveis de 2019, conforme o Apêndice H. Nesse ano de 2020, o ponto crítico em Itajaí acabou tendo uma densidade de acidentes fatais maior que a Região Metropolitana de Florianópolis.

No primeiro ano da pandemia, de acordo com o mapa no Apêndice K, foi observada uma grande redução na densidade de ocorrência de acidentes, com um ponto crítico entre São José e Palhoça, 3 categorias abaixo que o maior ponto nos outros anos, e outro ponto menos relevante ao norte de Biguaçu, desconectado da região de alta concentração. O ponto crítico de concentração de acidentes entre Águas Mornas e Rancho Queimado também teve redução na densidade de acidentes fatais.

Porém, em 2019 e 2023, o que é observado é uma grande área de alta concentração de acidentes entre o norte de Palhoça e o Biguaçu, sobre toda a área urbana de São José e parte dos bairros de Florianópolis no continente. Houve relativa queda na densidade de acidentes fatais em Palhoça e Biguaçu em 2023, com relação a 2019, o que diminui a área da região mais densa, concentrada sobre São José.

Além da densidade de acidentes fatais, outros índices foram verificados para regiões com maiores concentrações de acidentes, foram eles: dia da semana, fase do dia, causa do acidente, tipo do acidente. E as regiões de estudo: Blumenau, Itajaí/Camboriú, Joinville/Jaraguá do Sul, Região Metropolitana de Florianópolis.

A BR 470 se encontra em duplicação em diversos trechos próximos a Blumenau, o que pode mudar o perfil do tipo de acidente ao diminuir a chance de acontecer colisões

frontais, mas no período de estudo a maior parte dessa rodovia consistia em pistas simples, com apenas uma faixa em cada sentido. Para todos os anos estudados, conforme Tabela 10, foram encontrados maior concentração dos acidentes nos finais de semana e na segunda-feira.

Tabela 10 – Dia da semana, causa do acidente e tipo de acidente predominantes por ano na região de estudo de Blumenau

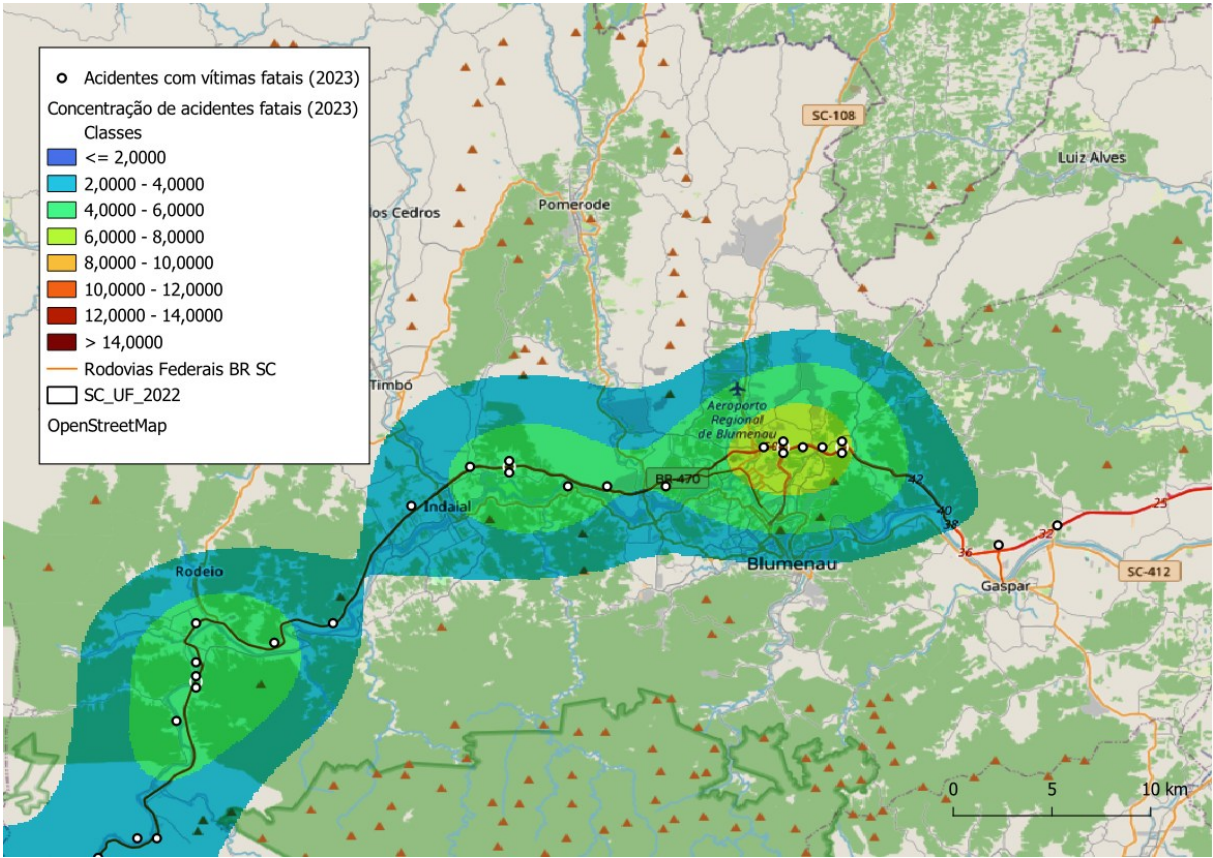
Ano	Dia da Semana	Fase do dia	Causa do Acidente	Tipo de Acidente	Ocorrências
2019	Segunda-feira	Pleno dia	Falta de atenção do condutor	Colisão Frontal	23
2020	Domingo	Plena noite	Desobediência às normas de trânsito	Colisão Frontal	21
2023	Sábado	Pleno dia	Transitar na contramão	Colisão Frontal	26

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Durante o ano de 2020 houve uma predominância de acidentes em plena noite (57%), que nos outros anos correspondeu a 39% e 30% das ocorrências em 2019 e 2023, relacionado à diminuição do tráfego pelas restrições nas atividades de serviços, comércio e estudo. Os demais índices não demonstraram variações, com causas e tipos de acidentes predominantes similares.

A Figura 10, abaixo representa a distribuição e densidade dos acidentes na região no ano de 2023. As demais representações dos outros anos são exibidas no Apêndice E.

Figura 13 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais no entorno de Blumenau/SC no ano de 2023



Fonte: Próprio autor (2025)

Na BR 101, nos trechos que cruzam as cidades de Itajaí, Balneário Camboriú e demais cidades vizinhas, foi observada uma alteração no perfil do tipo de acidente fatal predominante. Essa mudança se mostrou persistente para o último ano verificado (2023). De acordo com os dados na Tabela 11, assim como para a região anterior, foram encontrados maior concentração dos acidentes nos finais de semana e na segunda-feira.

Tabela 11 – Dia da semana, causa do acidente e tipo de acidente predominantes por ano na região de estudo de Itajaí/Camboriú

Ano	Dia da Semana	Fase do dia	Causa do Acidente	Tipo de Acidente	Ocorrências
2019	Domingo	Plena noite	Falta de atenção do condutor	Colisão Traseira	51
2020	Sábado	Plena noite	Falta de atenção do condutor	Atropelamento de Pedestre	48
2023	Segunda-feira	Plena noite	Ausência de reação do condutor	Atropelamento de Pedestre	48

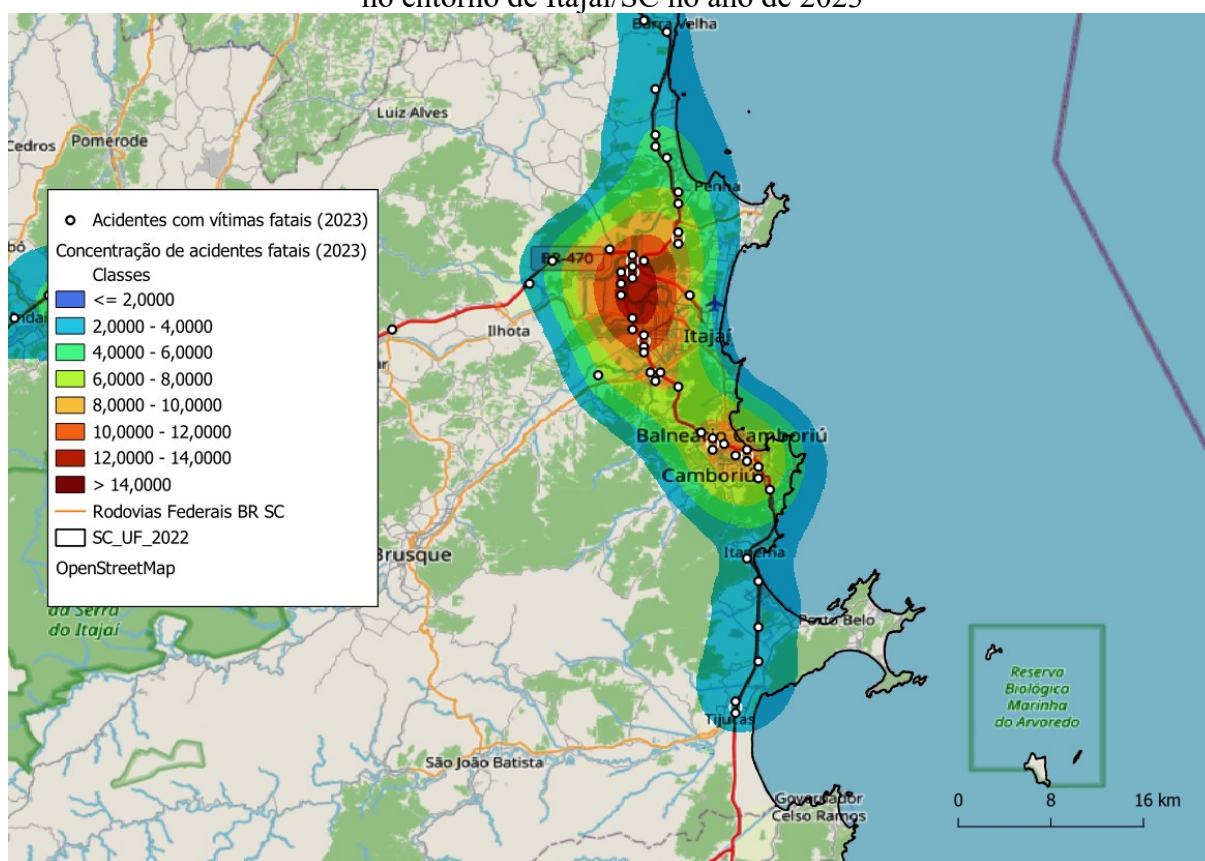
Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Não foi vista mudança na fase do dia na qual ocorrem mais acidentes fatais, assim como também a causa permaneceu similar, tendo apenas uma mudança na nomenclatura utilizada e as ocorrências também não demonstraram queda para o ano de 2020.

Apesar do tipo mais recorrente de acidente na região do recorte na Figura 11 ser atropelamento de pedestres, na área de maior concentração de acidentes (categoria de 10,6623 a 12,1855 acidentes num raio de 10km), nos trechos próximos à ponte sobre o Rio Itajaí-açu, o tipo mais recorrente de acidente continua sendo de colisões laterais, transversais e traseiras, a maioria sendo causada por erro humano.

A Figura 11, abaixo representa a distribuição e densidade dos acidentes na região no ano de 2023. As demais representações dos outros anos são exibidas no Apêndice H.

Figura 14 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais no entorno de Itajaí/SC no ano de 2023



Fonte: Próprio autor (2025)

No cruzamento entre a BR280 e a BR101, próximo à Zona Sul de Joinville existe um trevo completo, uma intercessão em desnível pela qual os veículos trafegam. Nos trechos dessas duas rodovias que ficam nos arredores dessa intercessão foram registrados o maior

número de acidentes para os anos de 2019 e 2023. Para o ano de 2020, a maior concentração foi verificada ao longo da BR101 ao norte de Joinville, prevalecendo sobre a quantidade de acidentes fatais na BR280, não duplicada nos anos estudados, na qual são registradas comumente mais ocorrências com fatalidades.

A partir da conclusão da duplicação da BR280 deverá ser observada uma alteração no tipo de acidente, com a redução das fatalidades causadas por colisões frontais.

Para todos os anos estudados, conforme a Tabela 12, não foi encontrado um padrão claro com relação ao dia da semana no qual a maioria dos acidentes ocorreram.

Tabela 12 – Dia da semana, causa do acidente e tipo de acidente predominantes por ano na região de estudo de Joinville/Jaraguá

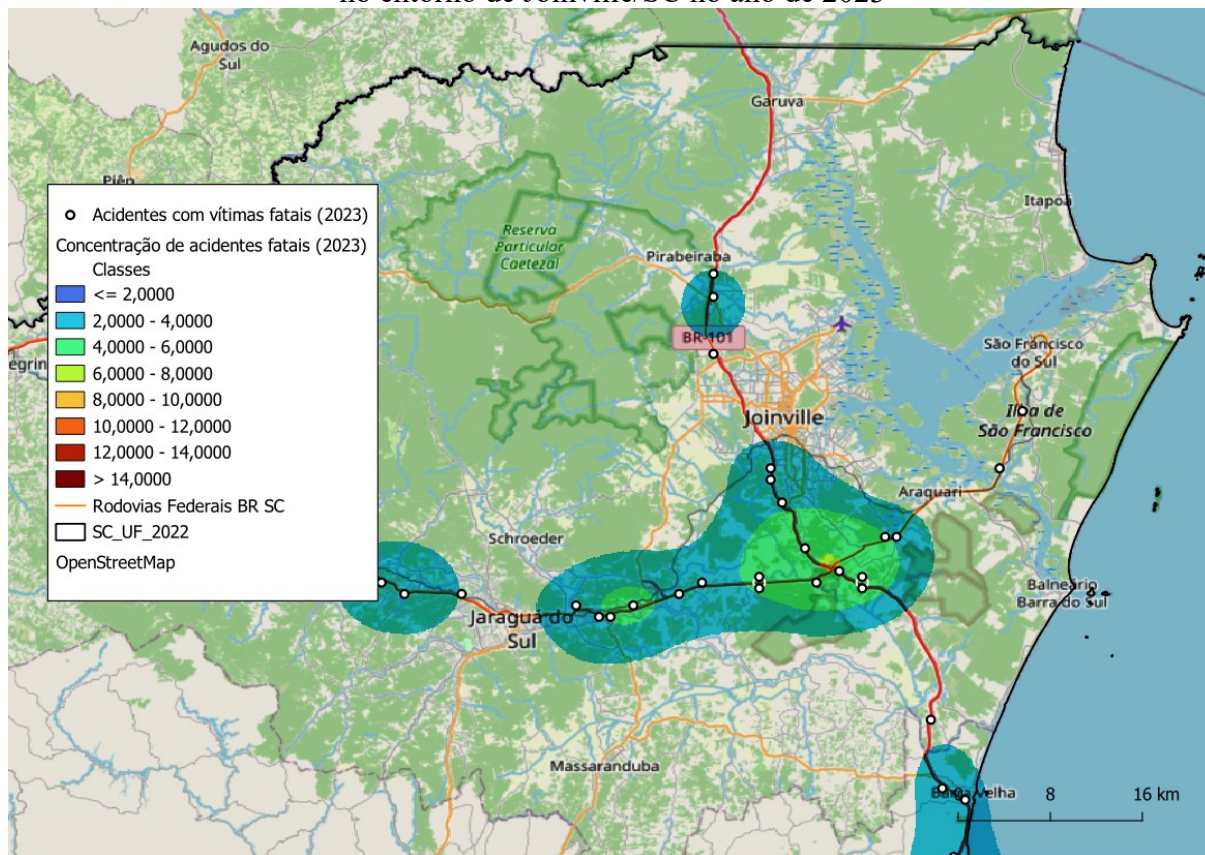
Ano	Dia da Semana	Fase do dia	Causa do Acidente	Tipo de Acidente	Ocorrências
2019	Segunda-feira	Plena noite	Falta de atenção do condutor	Atropelamento de Pedestre	25
2020	Domingo	Plena noite	Falta de atenção do condutor	Colisão Frontal	25
2023	Quinta-feira	Plena noite	Trafegar na contramão	Colisão Frontal	27

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Para todo o período analisado houve uma predominância de acidentes em plena noite, que nos outros. O tipo de acidente com fatalidades mais observado em 2019, o valor de referência para antes da pandemia, foi o de atropelamento de pedestres, tendo se tornado o de colisão frontal a partir do primeiro ano de pandemia.

A Figura 12, abaixo representa a distribuição e densidade dos acidentes na região no ano de 2023. As demais representações dos outros anos são exibidas no Apêndice I.

Figura 15 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais no entorno de Joinville/SC no ano de 2023



Fonte: Próprio autor (2025)

A BR 101, nos trechos que atravessam as cidades de Palhoça, São José e Biguaçu, assim como a BR 282, que possui um pequeno trecho entre São José e bairros de Florianópolis no continente, fazem parte da área na qual está a maior concentração de acidentes fatais do estado de Santa Catarina.

Para todos os anos cujos dados foram analisados, conforme Tabela 13, foram encontrados maior concentração dos acidentes nos finais de semana e na segunda-feira.

Tabela 13 – Dia da semana, causa do acidente e tipo de acidente predominantes por ano na região de estudo da Região Metropolitana de Florianópolis

Ano	Dia da Semana	Fase do dia	Causa do Acidente	Tipo de Acidente	Ocorrências
2019	Domingo	Plena noite	Desobediência às normas de trânsito pelo condutor	Atropelamento de pedestre	52
2020	Sábado, Domingo	Plena noite	Falta de atenção do pedestre	Atropelamento de pedestre	36

2023	Sexta, Sábado, Pleno dia Segunda-feira	Ausência de reação do condutor	Colisão com objeto	41
------	---	--------------------------------------	-----------------------	----

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Durante o ano de 2020, apesar da queda expressiva no número de ocorrências com vítimas fatais, os principais índices de acidentes analisados não apresentaram um padrão muito diferente dos demais anos, exceto pelo fato de que a causa principal dos atropelamentos nesse ano foram da falta de atenção do pedestre, evidentemente causada pela menor densidade de tráfego, assim como relatado em outros trabalhos citados na revisão bibliográfica.

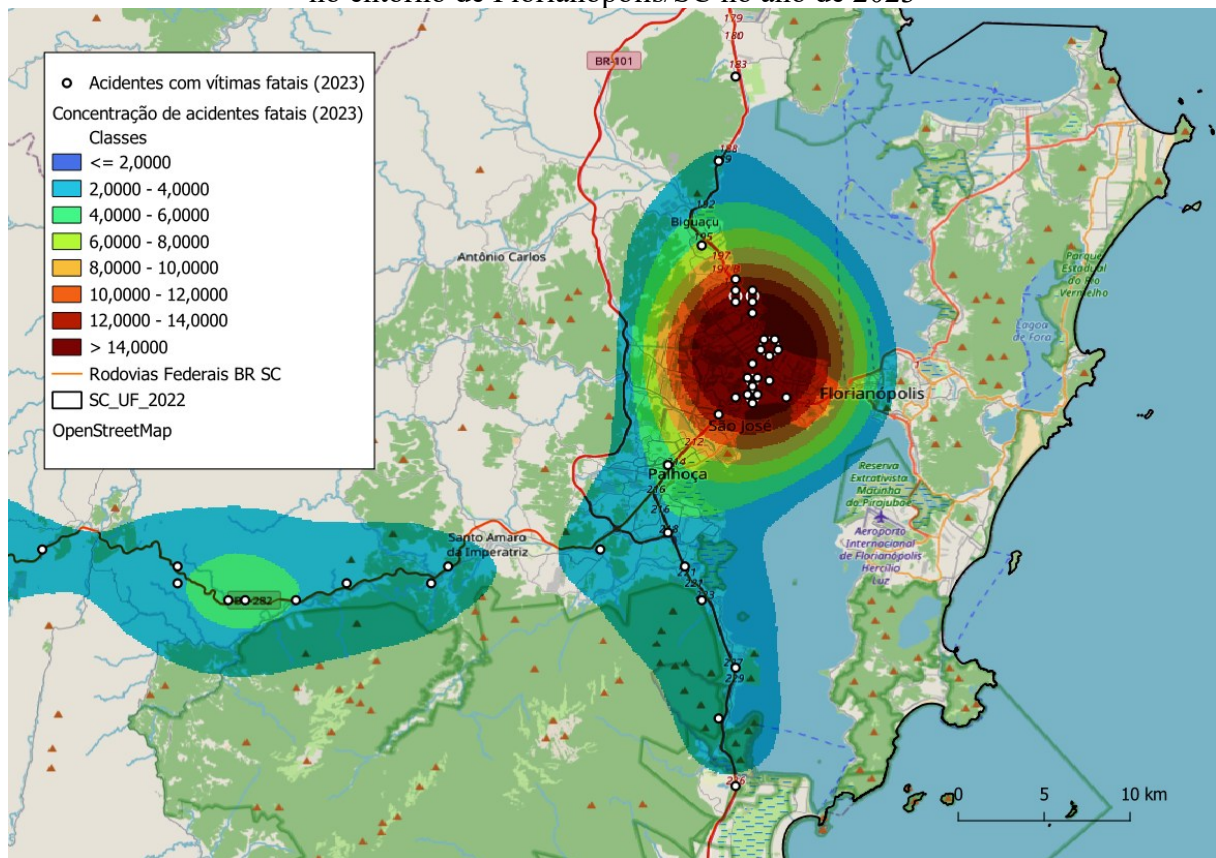
Apesar da mudança geral no tipo predominante de acidente, no ponto de maior densidade de ocorrências, sobre a região de São José, o tipo principal continua sendo atropelamento de pedestres, o que mostra uma queda nos atropelamentos registrados nos demais trechos.

Os acidentes em pleno dia passaram a ser maioria, passando de 40% em 2019 e 2020 a 48% em 2023. Não há evidência, dessa forma, de que a mudança no padrão se deu por mudanças no comportamento dos motoristas durante a pandemia, mas que essa alteração se deu devido a outras variáveis que não são as analisadas no estudo.

Uma observação que deve ser feita sobre a causa desses acidentes é que, diferente do tipo de acidente, que é um dado mais objetivo, a causa do acidente pode ser, muitas vezes, dependente de fontes como relatos de testemunhas ou da interpretação dos agentes de segurança que avaliam a ocorrência e fazem o registro.

A Figura 14, a seguir representa a distribuição e densidade dos acidentes na região no ano de 2023. As demais representações dos outros anos são exibidas no Apêndice K.

Figura 16 – Mapa de calor de densidade de acidentes com vítimas fatais nas rodovias federais no entorno de Florianópolis/SC no ano de 2023



Fonte: Próprio autor (2025)

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

Com o objetivo de definir um modelo preditivo e de clusterização georreferenciado para avaliar o impacto dos períodos de restrição de tráfego na pandemia de COVID-19 nas Rodovias Federais do Estado de Santa Catarina, a metodologia proposta foi seguida e aplicada aos dados coletados.

Levando em consideração os três possíveis cenários esperados, foi visto que nenhum deles foi observado para todos os índices analisados e para as regiões estudadas na análise de variação dos pontos críticos. A pandemia teve diferentes efeitos em diferentes índices ou regiões.

O modelo preditivo, composto por variações do Holt-Winters e pelo SARIMA, gerou resultados a partir de uma série temporal para quatro diferentes índices propostos: número de acidentes totais, número de acidentes com vítimas levemente feridas, número de acidentes

com vítimas gravemente feridas e número de acidentes com vítimas fatais. O maior impacto observado nos registros até o fim do período de estudo foi para o índice do número de vítimas levemente feridas e gravemente feridas, sendo o impacto nesses índices favorável ao argumento de que o impacto da COVID nos acidentes se deu, não apenas nos anos de restrição de tráfego, mas também contribuiu para uma redução nesses índices além do previsto pelo modelo. Estudos com a inclusão de outras variáveis são necessários para confirmar quais outros fatores além da pandemia podem ter influenciado na queda do índice para um patamar abaixo do esperado.

Uma redução foi também observada para o período entre março e outubro de 2020 no índice de número de acidentes registrados, mas não houve uma variação fora do esperado para os anos subsequentes. Para esse índice, foi visto que a COVID causou um impacto por poucos meses, mas não provocou uma mudança permanente na tendência.

Proporcionalmente ao número de acidentes ocorridos em 2020, o número de óbitos foi elevado e foi visto um aumento apesar da redução dos acidentes ao longo dos anos, assim como mencionado por estudos relacionados feitos em outros países, que recomendaram uma redução na velocidade das vias para situações atípicas de redução do volume de tráfego, com o objetivo de combater o abuso da velocidade em vias com diversas faixas e baixa densidade de tráfego. (Sekadakis et al, 2021)

Dessa forma, pode-se dizer que a COVID impactou também apenas durante o período de restrições de tráfego no número de acidentes fatais, nesse caso de forma negativa, diferente dos três índices anteriormente mencionados, mas o impacto não foi observado após isso, visto que os registros tenderam a uma estabilidade.

A clusterização, feita pelo método KDE e representada por mapas de calor também demonstrou diferentes impactos quantitativos nas regiões do estado analisadas, porém apenas no período de restrições de tráfego. Ainda assim, como foi verificado a partir do estudo com o modelo preditivo, nem mesmo no primeiro semestre de 2020 foi observada uma queda expressiva no número de mortes por acidentes no estado. Isso demonstra que nem mesmo a redução no volume de tráfego nesse período foi capaz de reduzir as mortes por acidentes.

A partir desses resultados é possível chegar à conclusão de que as ocorrências com vítimas fatais apenas ocorreram de forma mais dispersa em diversos trechos do estado e não verdadeiramente diminuíram como pode dar a entender pela análise isolada do mapa de calor do ano de 2020.

Para a análise do número de ocorrências com vítimas fatais, a junção dos resultados do método preditivo e dos resultados da clusterização trouxe uma explicação mais completa e fiel à realidade, sendo que o gráfico quantitativo isolado não demonstra impacto visível e o mapa de calor isolado parece demonstrar redução nos óbitos.

É importante destacar que os resultados discutidos possuem alguns fatores limitadores, como por exemplo a falta de informações sobre possíveis alterações na infraestrutura ou traçados de trechos que possam ter piorado ou melhorado a segurança viária em algumas dessas regiões, mas é possível observar que o período de pandemia impactou de diferentes formas em cada uma das regiões, como também foi observado nos estudos de Blazquez e Sauer-Brand (2022) e de Saladié et al. (2020). Nos locais nos quais foi possível obter dados de alterações na infraestrutura, essas alterações foram incluídas nas discussões.

Ainda sobre limitações, a própria questão da delimitação geográfica da pesquisa é uma das limitações da pesquisa que podem ser citadas. Apesar de ser uma limitação necessária quando se tem o objetivo de um maior detalhamento do estudo e entendimento das especificidades do estado estudado, a delimitação geográfica é um ponto positivo para o objetivo de analisar e desenvolver políticas para a região.

Outra limitação relevante foi das variáveis consideradas no impacto das variações dos índices de accidentalidade no período da pandemia. Alguns estudos citam que esse tipo de dado é afetado por diversas variáveis, mas, para o objetivo desse estudo, foi considerado como principal responsável por esse impacto a diminuição do volume de tráfego resultante da implementação de medidas de distanciamento social e *lockdown* no estado de Santa Catarina.

Os estudos que utilizaram a clusterização utilizando *Kernel Density Estimation* (KDE) e representação com mapa de calor em rodovias federais não se aprofundaram nos impactos de diferentes parametrizações do modelo na visualização dos pontos críticos, então não é certo que os parâmetros utilizados foram os mais precisos o possível, porém os resultados obtidos foram coerentes com a distribuição vista ao representar de forma georreferenciada os acidentes com vítimas fatais no QGIS.

Testes foram feitos para raios de maiores e menores magnitudes, de forma que raios muito maiores acabavam unindo regiões de concentração de acidentes que estavam muito distantes, tornando a representação irrelevante, e raios muito menores apresentavam densidades máximas baixíssimas em centenas de pontos espalhados por todo o estado, também tornando impossível identificar concentrações principais.

O estudo das áreas concentradoras de acidentes suporta um melhor entendimento do problema de segurança viária em uma região ao unir os métodos preditivos e de clusterização. É esperado que, a partir desse e de outros estudos relacionados se possa ter um melhor entendimento dos impactos da pandemia no tráfego viário e dos locais mais carentes de atenção para a mitigação de acidentes, servindo de suporte para o planejamento de ações de melhoria da qualidade do tráfego em situações regulares ou excepcionais.

O período da pandemia de COVID-19 é um evento recente na história, sobre o qual muitos estudos ainda serão conduzidos, para avaliar todos os impactos gerados e para identificar erros e acertos nas ações tomadas com o objetivo de minimizar os danos causados por uma pandemia dessa magnitude. Na área de engenharia de tráfego também importa conhecer as medidas mais efetivas para lidar com a gestão do tráfego em diferentes situações e conhecer como os índices são afetados por elas, para prosseguir em busca da minimização dos prejuízos causados pelos acidentes de trânsito aos indivíduos e à sociedade.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

A análise realizada levou em conta unicamente uma variável por vez e essa é uma limitação do método, por isso é sugerido estudar, em trabalhos futuros, o efeito de outras variáveis sobre os resultados encontrados, como o do volume de tráfego ou mudanças na infraestrutura, para complementar a análise sobre as alterações constatadas.

Outra possibilidade é separar os acidentes por tipos de veículos, como motocicletas, ou bicicletas, como feito no estado de São Paulo (Caldas, 2021). O tipo de veículo é indicado nos relatórios de acidentes por pessoa envolvida, mas não no relatório por ocorrência, utilizado neste trabalho.

Também para entender mais a fundo a especificidade da variação dos pontos críticos na região de Florianópolis, um estudo específico é necessário, que leve em conta também dados de rodovias estaduais, que não foram contemplados nesse artigo pela dificuldade na sua acessibilidade e transparência, mas entender os pontos críticos na Ilha de Florianópolis com certeza poderia melhorar muito a visão sobre a distribuição espaçotemporal dos acidentes na região metropolitana.

É necessário, além disso, um estudo nos próximos meses ou anos sobre o impacto do trecho alternativo da BR 101, chamado de “Contorno Viário de Florianópolis”, que deverá alterar os índices de acidentes na região metropolitana. Um alto investimento foi feito

objetivando a melhora no tráfego do trecho urbano da rodovia federal entre Biguaçu e Palhoça, mas uma análise dos dados coletados, a partir da liberação do tráfego no contorno viário, irá mostrar os efeitos práticos dessa obra de infraestrutura quanto à segurança viária.

Figura 17 – Representação do Contorno Viário de Florianópolis/SC e pontos relevantes de referência (2023)



Fonte: G1/NSCTV (2018)

REFERÊNCIAS

- ADANU, Emmanuel Kofi et al. **How did the COVID-19 pandemic affect road crashes and crash outcomes in Alabama?**. Accident Analysis & Prevention, v. 163, p. 106428, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106428>. Acesso em 17 mar. 2023.
- ALHAJYASEEN, Wael KM et al. **Road safety status during COVID-19 pandemic: exploring public and road safety expert's opinions**. International journal of injury control and safety promotion, v. 29, n. 2, p. 135-151, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17457300.2021.1962915>. Acesso em: 17 mar.2023.
- AL HAMAMI, M.; MATISZIW, T. C. **Measuring the spatiotemporal evolution of accident hot spots**. Accident; analysis and prevention, v. 157, n. 106133, p. 106133, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697. Pesquisa de sinistros de trânsito – Terminologia**. Rio de Janeiro. ABNT. P. 20. 2020.
- BBC. *Covid-19: Pfizer/BioNTech vaccine judged safe for use in UK*. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/health-55145696>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- BOBERMIN, Mariane. FERREIRA, Sara. **Exploratory Analysis of Crashes on Rural Roads Using a clustering-Based Segmentation Method**. Anais de Congresso. 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET.
- CALDAS, Renan César Silva; GUERREIRO, Thais de Cassia Martinelli. **Efeito Do Isolamento Social Na Mortalidade Em Acidentes De Trânsito Do Estado De São Paulo**. São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais35/documentos/2021/Tr%C3%A1fego%20Urbano%20e%20Rodovi%C3%A1rio/Seguran%C3%A7a%20Vi%C3%A1ria%20II%20-%20Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20e%20Modelagem%20do%20Desempenho%20da%20Seguran%C3%A7a%20Vi%C3%A1ria/4_181_AC.pdf. Acesso em 17 mar. 2023.
- CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Frente Parlamentar de Mobilidade Urbana discute os impactos da pandemia no Transporte Urbano Municipal**. 2021. Disponível em: <https://www.cmf.sc.gov.br/imprensa/0/pesquisa/1/0/101>.
- CAPPELLARI, Paolo; WEBER, Bryan S. **An analysis of the New York City traffic volume, vehicle collisions, and safety under COVID-19**. Journal of safety research, v. 83, p. 57-65, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.08.004>. Acesso em 17 mar. 2023.
- CHAND, Sai et al. **A descriptive analysis on the impact of COVID-19 lockdowns on road traffic incidents in Sydney, Australia**. International journal of environmental research and public health, v. 18, n. 21, p. 11701, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph182111701>. Acesso: 17 mar. 2023.
- CHANG, Kang-Tsung. **Introduction to geographic information systems. 9th edition**. Boston: McGraw-Hill, 2018.

COOK, Deborah J.; MULROW, Cynthia D.; HAYNES, R. Brian. *Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions*. *Annals of internal medicine*, v. 126, n. 5, p. 376-380, 1997.

DE HAAS, M.; FABER, R.; HAMERSMA, M. *How COVID-19 and the Dutch ‘intelligent lockdown’ change activities, work and travel behaviour: Evidence from longitudinal data in the Netherlands*. *Transportation research interdisciplinary perspectives*, v. 6, n. 100150, p. 100150, 2020.

DEPARTAMENTO DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. **Dados Abertos - Acidentes**. Disponível em: <https://portal.prf.gov.br/dados-abertos-acidentes>. Acesso em: 05 jul. 2022.

DONG, N., ZHANG, J., LIU, X., XU, P., WU, Y., & WU, H. *Association of human mobility with road crashes for pandemic-ready safer mobility: A New York City case study*. *Accident Analysis & Prevention*, 165, 106478.2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106478>. Acesso em: 17 mar. 2023.

DOS SANTOS, A. M. et al. **Spatio-temporal analysis of accident hotspots on federal highways in the state of Goiás, Brazil**. *GeoJournal*, v. 87, n. 5, p. 3839–3854, 2022.

FEIZIZADEH, B.; OMARZADEH, D.; SHARIFI, A.; RAHMANI, A.; LAKES, T.; BLASCHKE, T. *A GIS-Based Spatiotemporal Modelling of Urban Traffic Accidents in Tabriz City during the COVID-19 Pandemic*. *Sustainability* 2022, 14, 7468. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14127468>. Acesso em 18 jul. 2023.

G1. **Obras do Contorno Viário da Grande Florianópolis são retomadas em ritmo normal, diz concessionária**. 2018. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2018/12/03/obras-do-contorno-viario-da-grande-florianopolis-sao-retomadas-em-ritmo-normal-diz-concessionaria.ghtml>>. Acesso em: 03 dez. 2018.

GHADI, Maen; TÖRÖK, Árpád. **Comparison different black spot identification methods**. *Transportation research procedia*, vol. 27, p. 1105–1112, 2017. DOI 10.1016/j.trpro.2017.12.104. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.104>>.

GODOY, P. F., BLAZQUEZ, C., & SAUER-BRAND, K. *Análisis espacial del efecto de la pandemia por COVID-19 en los accidentes de tránsito en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar, Chile*. *20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education Caribbean Conference for Engineering and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient Inclusive and Sustainable Actions"*, LACCEI 2022 Disponível em: <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.41>. Acesso em 18 jul. 2023.

GONG, Y., LU, P., & YANG, X. T. *Impact of COVID-19 on traffic safety from the “Lockdown” to the “New Normal”: A case study of Utah*. *Accident Analysis & Prevention*, 184, 106995. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.106995>. Acesso em 17 mar. 2023.

GOUVEA, Lauro Alan Peixoto. **Elaboração de Taxas de Geração de Viagens para Terminais Rodoviários de Passageiros: Estudos de Caso no Sul do Brasil**. 2022. 118p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2022.

HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. ***Data Mining: Concepts and Techniques***. 3 ed. 740 p. 2012. DOI: 10.1016/C2009-0-61819-5.

HARA, Y.; YAMAGUCHI, H. ***Japanese travel behavior trends and change under COVID-19 state-of-emergency declaration: Nationwide observation by mobile phone location data. Transportation research interdisciplinary perspectives***, v. 9, n. 100288, p. 100288, 2021.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. ***Forecasting: principles and practice. 2nd edition***. OTexts. 292 p. 2018. Disponível em: < <https://otexts.com/fpp2/>>. Acesso em 23 de abril de 2025.

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***. IPEA: Brasília, 2020. 26 p. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10075/1/td_2565.pdf>

ISLAM, S., HUQ, A. S., IQRA, S. H., & TOMAL, R. S. ***Impacts of COVID-19 Pandemic Lockdown on Road Safety in Bangladesh***. Sustainability, 15(3), 2675. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su15032675>>. Acesso em: 17. mar. 2023

JURKOVIC, M., GORZELANCZYK, P., KALINA, T., JAROS, J., & MOHANTY, M. ***Impact of the COVID-19 pandemic on road traffic accident forecasting in Poland and Slovakia***. Open Engineering, 12(1), 578-589. 2022. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2022-0370/html>. Acesso em: 17 mar. 2023.

KAESEMODEL, Luciano. ***Método Georreferenciado de Identificação de Trechos Concentradores de Acidentes para Suporte à Tomada de Decisão em Relação à Fiscalização dos Limites de Velocidade em Rodovias***. 2021. 184p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2021.

KIRILINA, N. A. ***Changes in transport behaviour and road traffic injuries in Moscow during the Covid-19 crisis***. Transportation research procedia, 60, 520-527. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.12.067>. Acesso em: 17 mar. 2023.

KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. ***Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering***. EBSE: 2007. 65 p. Disponível em: https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf. Acesso em 16 ago. 2022.

KUMAR, P.; JAIN, J. K.; SINGH, G. ***Accident prediction modelling for expressways: a review***. IOP conference series. Materials science and engineering, v. 1236, n. 1, p. 012011, 2022.

LE QUÉRÉ, C. et al. ***Temporary reduction in daily global CO2 emissions during the COVID-19 forced confinement***. Nature Climate Change, v. 10, p. 647–653, 2020.

LIU, Z. et al. **Near-real-time monitoring of global CO2 emissions reveals the effects of the COVID-19 pandemic.** Nature Communications, v. 11, 2020.

MASSON, Daiane Denise et al. **Efeitos e tendências para a mobilidade urbana por conta da pandemia do Covid-19: o caso de nova Serrana-MG.** In: Anais XXXIV Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes da ANPET. Digital. 2020. p. 312-323.

MORAES, Rodrigo Fracalossi. *A segunda onda na pandemia (mas não do distanciamento físico): covid-19 e políticas de distanciamento social dos governos estaduais no Brasil.* Repositório do Conhecimento do IPEA, Diretoria de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais. Nota Técnica n. 31. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10442>>. Acesso em: 06 mar. 2024.

NAKADA, L. Y. K.; URBAN, R. C. **COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil.** Science of The Total Environment, v. 730, 2020.

NGUYEN, T. et al. **The influence of COVID-19 pandemic on PM2.5 air quality in Northern Taiwan from Q1 2020 to Q2 2021.** Journal of Environmental Management, v. 343, 2023.

PATHAK, A., CHANDRASEKARAN, S., & ANNAMALAI, B. *Analysis of Motor Vehicle Accidents: Comparison Between Before and During the COVID-19 Lockdown in Maharashtra, India.* Transportation Research Record, 0(0). 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/03611981221089936>. Acesso em 17 mar. 2023.

PEREIRA, Hugo Alexander Martins. **Método de Análise de Sistemas de Transporte Público Urbano em Cidades de Médio Porte: Estudo de Caso em São José dos Pinhais/PR.** 2021. 106p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2021.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **General Python FAQ.** Disponível em: <https://docs.python.org/3/faq/general.html>. Acesso em: 6 nov. 2024.

QUINTYNE. K. I. et al. **COVID-19 transport restrictions in Ireland: impact on air quality and respiratory hospital admissions.** Public Health, v. 198, 2021.

RUDKE, A.P.; et al. **How mobility restrictions policy and atmospheric conditions impacted air quality in the State of São Paulo during the COVID-19 outbreak.** Environmental Research, Internacional, v. 198, n. 1, p. 1-15, 2021.

SALADIÉ, Ò., BUSTAMANTE, E., & GUTIÉRREZ, A. *COVID-19 lockdown and reduction of traffic accidents in Tarragona province, Spain.* Transportation research interdisciplinary perspectives, 8, 100218. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100218>. Acesso em: 17 mar. 2023.

SANTOS, Daniel; SAIAS, José; QUARESMA, Paulo; NOGUEIRA, Vítor Beires. **Machine learning approaches to traffic accident analysis and hotspot prediction.** Computers, vol. 10, no. 12, p. 157, 2021. DOI 10.3390/computers10120157. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/computers10120157>.

SEKADAKIS, M., KATRAKAZAS, C., MICHELA2RAKI, E., KEHAGIA, F., & YANNIS, G. *Analysis of the impact of COVID-19 on collisions, fatalities and injuries using time series forecasting: The case of Greece. Accident; analysis and prevention*, 162, 106391. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106391>. Acesso em 17 mar. 2023.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muskat. **Metodologia da Pesquisa e Eleaboração e Dissertação. 3. ed.** Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p.

SOBREIRA, L. T. P., LUNA, M. D. S. D., CUNTO, F., & HELLINGA, B. *Impact of COVID-19 on traffic volume, violations, and crashes in Fortaleza, Brazil*. Journal of transportation engineering, Part A: Systems, 148(10), 04022080. 2022. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/epdf/10.1061/JTEPBS.0000738>. Acesso em: 17 mar. 2023.

SOLTANI, A., AZMOODEH, M., & QADIKOLAEI, M. R. *Road crashes in Adelaide metropolitan region, the consequences of COVID-19*. Journal of Transport & Health, 101581. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jth.2023.101581>. Acesso em: 17 mar. 2023.

SOUZA, A et al. **Variations in the tropospheric concentration of NO₂ in the central west of Brazil, MS, and their relationship with the COVID-19**. Air Quality, Atmosphere & Health, v. 15, p. 1169–1182, 2022.

STEELE, Brian; CHANDLER, John; REDDY, Swarna. **Algorithms for Data Science**. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2018.

SZENASI, Sandor; CSIBA, Peter. **clustering algorithm in order to find accident black spots identified by gps coordinates**. A14th GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264635564_clustering_Algorithm_in_Order_to_Find_Accident_Black_Spots_Identified_By_GPS_Coordinates.

TAMAKLOE, R.; PARK, D. Factors influencing fatal vehicle-involved crash consequence metrics at spatio-temporal hotspots in South Korea: application of GIS and machine learning techniques. **International journal of urban sciences**, v. 27, n. 3, p. 483–517, 2023.

TIAN, X. et al. **Assessing the impact of COVID-19 pandemic on urban transportation and air quality in Canada**. Science of the Total Environment, v. 765, 2021.

THOMAZI, Kenia Rúbia. **Elaboração de Modelos de Previsão de Acidentes de Trânsito em Rodovias Rurais de Pista Simples do Estado de Santa Catarina com Base no Highway Safety Manual (HSM)**. 2018. 172p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action**. 2018. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>. Acesso em 17 mai. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO global air quality guidelines**. 2021. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1>>. Acesso em 17 mai. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Road Traffic Injuries**. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>>. Acesso em 18 jul. 2022.

YASIN, Y. J., GRIVNA, M., & ABU-ZIDAN, F. M. **Global impact of COVID-19 pandemic on road traffic collisions**. World journal of emergency surgery, 16, 1-14. 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13017-021-00395-8>. Acesso em: 17 mar. 2023.

YUAN, Tengfei; ZENG, Xiaoqing; SHI, Tongguang. **Identifying urban road black spots with a novel method based on the Firefly clustering Algorithm and a geographic information system**. Sustainability, vol. 12, no. 5, p. 2091, 2020. DOI 10.3390/su12052091. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/su12052091>.

YEUNG, J. **Pandemic lockdowns improved air quality in 84% of countries worldwide, report finds**. Project Planet. CNN. 2021. Disponível em: <https://edition.cnn.com/2021/03/16/health/world-air-quality-report-intl-hnk-scn/index.html>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ZHANG, Q. et al. **Impact of the emergency response to COVID-19 on air quality and its policy implications: Evidence from 290 cities in China**. Journal of Cleaner Production, v. 279, 2021.

**APÊNDICE A – NÚMERO DE ACIDENTES OBSERVADO E PREVISTO ATRAVÉS
DO MÉTODO HOLT-WINTERS E SARIMA**

DATA	REGISTROS	HOLT1	HOLT2	HOLT3	HOLT4	SARIMA
01/01/2016	925					
01/02/2016	876					
01/03/2016	918					
01/04/2016	928					
01/05/2016	924					
01/06/2016	857					
01/07/2016	864					
01/08/2016	879					
01/09/2016	812					
01/10/2016	827					
01/11/2016	756					
01/12/2016	1039					
01/01/2017	827					
01/02/2017	801					
01/03/2017	848					
01/04/2017	942					
01/05/2017	883					
01/06/2017	831					
01/07/2017	887					
01/08/2017	865					
01/09/2017	910					
01/10/2017	906					
01/11/2017	858					
01/12/2017	1107					
01/01/2018	847					
01/02/2018	786					
01/03/2018	890					
01/04/2018	683					
01/05/2018	607					
01/06/2018	630					
01/07/2018	698					
01/08/2018	641					
01/09/2018	677					
01/10/2018	615					
01/11/2018	661					
01/12/2018	764					
01/01/2019	613					
01/02/2019	625					
01/03/2019	713					

01/04/2019	707					
01/05/2019	686					
01/06/2019	720					
01/07/2019	699					
01/08/2019	662					
01/09/2019	746					
01/10/2019	748					
01/11/2019	748					
01/12/2019	765					
01/01/2020	652					
01/02/2020	684					
01/03/2020	568	731,55	725,90	736,70	726,16	770,34
01/04/2020	470	707,81	698,65	714,89	698,25	701,89
01/05/2020	577	671,70	658,65	680,70	659,19	666,54
01/06/2020	618	658,84	642,18	671,04	644,38	685,17
01/07/2020	513	690,17	669,14	703,71	671,82	708,31
01/08/2020	578	667,15	643,61	686,30	647,29	672,94
01/09/2020	607	695,15	668,44	719,01	671,59	725,57
01/10/2020	677	685,20	656,69	715,83	660,37	714,99
01/11/2020	631	670,66	638,40	704,19	641,41	716,88
01/12/2020	646	834,43	800,12	877,25	806,08	819,56
01/01/2021	656	657,61	618,99	706,88	625,52	668,14
01/02/2021	623	642,30	600,35	693,85	607,84	678,57
01/03/2021	583	711,36	665,23	763,75	673,06	766,78
01/04/2021	634	688,21	637,97	741,40	645,49	715,46
01/05/2021	676	652,67	597,97	706,67	606,79	680,61
01/06/2021	702	640,37	581,50	696,47	592,33	697,15
01/07/2021	705	672,23	608,46	728,62	620,11	720,07
01/08/2021	622	649,74	582,93	710,69	595,93	688,34
01/09/2021	635	678,25	607,76	742,90	620,57	743,09
01/10/2021	663	668,79	596,01	739,22	609,69	733,80
01/11/2021	630	654,73	577,72	727,09	591,06	736,82
01/12/2021	761	818,97	739,45	899,67	756,07	841,35
01/01/2022	636	642,59	558,31	728,83	575,84	691,65
01/02/2022	625	627,72	539,67	715,34	558,49	703,69
01/03/2022	623	697,21	604,55	784,79	624,04	793,44
01/04/2022	636	674,47	577,29	761,99	596,80	743,75
01/05/2022	655	639,33	537,29	726,82	558,42	710,53
01/06/2022	583	627,42	520,82	716,19	544,28	728,70
01/07/2022	662	659,66	547,79	747,93	572,38	753,23
01/08/2022	595	637,54	522,26	729,58	548,51	723,12
01/09/2022	596	666,40	547,08	761,39	573,47	779,48
01/10/2022	634	657,30	535,33	757,31	562,90	771,81
01/11/2022	684	643,57	517,05	744,79	544,59	776,45

01/12/2022	660	808,13	678,77	916,99	709,90	882,59
01/01/2023	653	632,07	497,63	745,78	529,98	734,51
01/02/2023	555	617,51	479,00	731,92	512,93	748,17
01/03/2023	670	687,29	543,87	801,01	578,79	839,54
01/04/2023	664	664,85	516,61	777,86	551,85	791,46
01/05/2023	662	629,99	476,61	742,34	513,76	759,86
01/06/2023	646	618,35	460,14	731,38	499,92	779,65
01/07/2023	666	650,86	487,11	762,78	528,32	805,80
01/08/2023	608	628,99	461,58	744,11	504,75	777,30
01/09/2023	663	658,10	486,40	775,59	529,99	835,28
01/10/2023	605	649,24	474,65	771,21	519,71	829,23
01/11/2023	627	635,75	456,37	758,38	501,68	835,48
01/12/2023	771	800,53	618,09	930,28	667,29	943,24

HOLT1: Tendência aditiva, sazonalidade aditiva, amortecida

HOLT2: Tendência aditiva, sazonalidade aditiva, não amortecida

HOLT3: Tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, amortecida

HOLT4: Tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, não amortecida

SARIMA: Modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonal

**APÊNDICE B – NÚMERO DE ACIDENTES COM VÍTIMAS LEVEMENTE
FERIDAS OBSERVADO E PREVISTO ATRAVÉS DO MÉTODO HOLT-WINTERS
E SARIMA**

DATA	REGISTROS	HOLT1	HOLT2	HOLT3	HOLT4	SARIMA
01/01/2016	675					
01/02/2016	590					
01/03/2016	591					
01/04/2016	639					
01/05/2016	563					
01/06/2016	560					
01/07/2016	605					
01/08/2016	640					
01/09/2016	623					
01/10/2016	548					
01/11/2016	562					
01/12/2016	742					
01/01/2017	632					
01/02/2017	672					
01/03/2017	615					
01/04/2017	693					
01/05/2017	619					
01/06/2017	552					
01/07/2017	598					
01/08/2017	579					
01/09/2017	647					
01/10/2017	626					
01/11/2017	676					
01/12/2017	852					
01/01/2018	664					
01/02/2018	635					
01/03/2018	679					
01/04/2018	667					
01/05/2018	541					
01/06/2018	552					
01/07/2018	617					
01/08/2018	513					
01/09/2018	624					
01/10/2018	570					
01/11/2018	599					
01/12/2018	704					
01/01/2019	614					
01/02/2019	632					

01/03/2019	652					
01/04/2019	705					
01/05/2019	591					
01/06/2019	617					
01/07/2019	595					
01/08/2019	601					
01/09/2019	631					
01/10/2019	673					
01/11/2019	694					
01/12/2019	785					
01/01/2020	665					
01/02/2020	577					
01/03/2020	537	636,04	634,88	794,15	659,43	687,85
01/04/2020	407	677,66	676,70	837,73	698,85	656,90
01/05/2020	509	579,95	579,29	735,25	592,22	503,22
01/06/2020	515	571,41	571,11	728,54	581,40	602,77
01/07/2020	451	604,72	604,70	780,06	628,81	623,55
01/08/2020	503	583,83	584,30	756,69	601,35	570,61
01/09/2020	538	631,96	632,45	814,93	655,54	601,05
01/10/2020	607	604,77	605,47	768,84	605,41	589,42
01/11/2020	581	633,29	633,93	804,18	636,73	575,54
01/12/2020	573	771,14	771,87	962,28	790,84	636,42
01/01/2021	605	653,11	652,91	837,91	662,49	618,21
01/02/2021	599	624,35	624,44	853,85	674,47	625,17
01/03/2021	518	637,09	637,21	862,18	678,87	623,31
01/04/2021	560	678,67	679,04	905,55	718,34	694,26
01/05/2021	550	580,92	581,63	802,85	611,76	603,28
01/06/2021	557	572,34	573,45	795,94	600,99	629,98
01/07/2021	558	605,62	607,04	847,23	648,45	584,99
01/08/2021	516	584,70	586,64	823,63	621,04	649,82
01/09/2021	533	632,79	634,79	881,65	675,28	635,02
01/10/2021	559	605,57	607,80	835,33	625,20	674,55
01/11/2021	563	634,06	636,26	870,43	656,56	684,36
01/12/2021	668	771,88	774,20	1028,30	810,72	804,11
01/01/2022	616	653,82	655,25	903,68	682,43	678,60
01/02/2022	552	625,03	626,77	919,37	694,45	581,90
01/03/2022	548	637,75	639,55	927,46	698,91	676,00
01/04/2022	581	679,30	681,37	970,58	738,43	652,83
01/05/2022	485	581,53	583,96	867,62	631,90	505,40
01/06/2022	430	572,93	575,79	860,45	621,18	576,69
01/07/2022	514	606,19	609,37	911,48	668,68	628,53
01/08/2022	486	585,24	588,97	887,62	641,33	565,41
01/09/2022	467	633,31	637,12	945,37	695,62	600,80

01/10/2022	541	606,07	610,14	898,78	645,59	565,75
01/11/2022	585	634,55	638,60	933,61	677,00	563,30
01/12/2022	580	772,35	776,54	1091,21	831,21	646,70
01/01/2023	532	654,27	657,58	966,32	702,97	611,06
01/02/2023	494	625,47	629,11	981,73	715,05	650,22
01/03/2023	556	638,16	641,89	989,53	719,56	617,24
01/04/2023	609	679,70	683,71	1032,37	759,13	697,63
01/05/2023	536	581,91	586,30	929,13	652,65	622,82
01/06/2023	549	573,30	578,12	921,67	641,98	617,87
01/07/2023	551	606,54	611,71	972,41	689,54	579,52
01/08/2023	496	585,58	591,31	948,26	662,24	634,08
01/09/2023	546	633,64	639,46	1005,72	716,58	647,01
01/10/2023	470	606,39	612,48	958,84	666,60	676,52
01/11/2023	598	634,85	640,93	993,37	698,07	698,02
01/12/2023	485	772,64	778,87	1150,67	852,33	839,47

HOLT1: Tendência aditiva, sazonalidade aditiva, amortecida

HOLT2: Tendência aditiva, sazonalidade aditiva, não amortecida

HOLT3: Tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, amortecida

HOLT4: Tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, não amortecida

SARIMA: Modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonal

**APÊNDICE C – NÚMERO DE ACIDENTES COM VÍTIMAS GRAVEMENTE
FERIDAS OBSERVADO E PREVISTO ATRAVÉS DO MÉTODO HOLT-WINTERS
E SARIMA**

DATA	REGISTROS	HOLT1	HOLT2	HOLT3	HOLT4	SARIMA
01/01/2016	186					
01/02/2016	169					
01/03/2016	179					
01/04/2016	189					
01/05/2016	150					
01/06/2016	172					
01/07/2016	188					
01/08/2016	178					
01/09/2016	165					
01/10/2016	170					
01/11/2016	153					
01/12/2016	188					
01/01/2017	137					
01/02/2017	140					
01/03/2017	173					
01/04/2017	164					
01/05/2017	135					
01/06/2017	165					
01/07/2017	152					
01/08/2017	158					
01/09/2017	172					
01/10/2017	193					
01/11/2017	191					
01/12/2017	232					
01/01/2018	131					
01/02/2018	145					
01/03/2018	184					
01/04/2018	173					
01/05/2018	145					
01/06/2018	137					
01/07/2018	150					
01/08/2018	157					
01/09/2018	167					
01/10/2018	159					
01/11/2018	143					
01/12/2018	201					
01/01/2019	133					

01/02/2019	119					
01/03/2019	172					
01/04/2019	166					
01/05/2019	158					
01/06/2019	213					
01/07/2019	186					
01/08/2019	177					
01/09/2019	191					
01/10/2019	200					
01/11/2019	169					
01/12/2019	210					
01/01/2020	165					
01/02/2020	179					
01/03/2020	109,00	205,61	206,62	207,89	206,16	187,62
01/04/2020	121,00	202,67	202,63	204,72	201,72	180,70
01/05/2020	139,00	177,33	176,63	179,54	175,28	150,65
01/06/2020	145,00	202,40	201,38	205,11	199,59	149,25
01/07/2020	113,00	199,71	198,63	203,21	196,41	158,00
01/08/2020	144,00	198,07	197,13	202,55	194,47	166,60
01/09/2020	155,00	204,00	203,38	209,64	200,29	174,41
01/10/2020	191,00	210,30	210,13	217,22	206,61	179,00
01/11/2020	159,00	193,24	193,63	201,54	189,67	173,44
01/12/2020	187,00	236,35	237,39	246,09	233,00	223,88
01/01/2021	153,00	170,25	172,59	182,02	167,70	137,01
01/02/2021	139,00	172,02	172,59	182,96	167,37	129,79
01/03/2021	120,00	205,61	205,12	216,30	199,47	179,49
01/04/2021	169,00	202,67	201,12	213,11	195,05	173,19
01/05/2021	179,00	177,33	175,12	187,92	168,63	152,18
01/06/2021	163,00	202,40	199,87	213,48	192,96	188,10
01/07/2021	188,00	199,71	197,12	211,56	189,80	175,83
01/08/2021	153,00	198,07	195,63	210,89	187,88	172,48
01/09/2021	166,00	204,00	201,87	217,97	193,72	183,37
01/10/2021	143,00	210,30	208,63	225,53	200,05	191,14
01/11/2021	159,00	193,24	192,13	209,84	183,14	169,38
01/12/2021	195,00	236,35	235,89	254,38	226,48	213,49
01/01/2022	173,00	170,25	171,08	190,29	161,21	153,77
01/02/2022	165,00	172,02	171,09	191,22	160,90	160,48
01/03/2022	157,00	205,61	203,61	224,54	193,02	183,45
01/04/2022	177,00	202,67	199,62	221,34	188,61	176,70
01/05/2022	153,00	177,33	173,62	196,13	162,21	149,77
01/06/2022	156,00	202,40	198,37	221,68	186,56	161,39
01/07/2022	186,00	199,71	195,62	219,75	183,41	162,82
01/08/2022	182,00	198,07	194,12	219,07	181,52	167,25
01/09/2022	177,00	204,00	200,37	226,12	187,37	176,14

01/10/2022	185,00	210,30	207,12	233,68	193,72	181,84
01/11/2022	178,00	193,24	190,62	217,97	176,83	170,64
01/12/2022	160,00	236,35	234,38	262,49	220,19	218,88
01/01/2023	197,00	170,25	169,58	198,39	154,93	141,45
01/02/2023	123,00	172,02	169,58	199,31	154,64	139,08
01/03/2023	166,00	205,61	202,10	232,61	186,78	179,48
01/04/2023	170,00	202,67	198,11	229,39	182,39	173,03
01/05/2023	192,00	177,33	172,11	204,17	156,01	149,95
01/06/2023	159,00	202,40	196,86	229,71	180,38	177,42
01/07/2023	158,00	199,71	194,11	227,76	177,25	169,92
01/08/2023	162,00	198,07	192,61	227,06	175,37	169,27
01/09/2023	153,00	204,00	198,86	234,10	181,24	179,46
01/10/2023	135,00	210,30	205,62	241,63	187,61	186,52
01/11/2023	139,00	193,24	189,12	225,91	170,74	168,43
01/12/2023	150,00	236,35	232,87	270,42	214,12	213,98

HOLT1: Tendência aditiva, sazonalidade aditiva, amortecida

HOLT2: Tendência aditiva, sazonalidade aditiva, não amortecida

HOLT3: Tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, amortecida

HOLT4: Tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, não amortecida

SARIMA: Modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonal

**APÊNDICE D – NÚMERO DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS OBSERVADO
E PREVISTO ATRAVÉS DO MÉTODO HOLT-WINTERS E SARIMA**

DATA	REGISTROS	HOLT1	HOLT2	HOLT3	HOLT4	SARIMA
01/01/2016	25					
01/02/2016	38					
01/03/2016	60					
01/04/2016	49					
01/05/2016	44					
01/06/2016	37					
01/07/2016	35					
01/08/2016	31					
01/09/2016	32					
01/10/2016	36					
01/11/2016	25					
01/12/2016	38					
01/01/2017	34					
01/02/2017	28					
01/03/2017	33					
01/04/2017	22					
01/05/2017	31					
01/06/2017	35					
01/07/2017	35					
01/08/2017	31					
01/09/2017	30					
01/10/2017	26					
01/11/2017	30					
01/12/2017	46					
01/01/2018	40					
01/02/2018	35					
01/03/2018	42					
01/04/2018	30					
01/05/2018	22					
01/06/2018	35					
01/07/2018	38					
01/08/2018	23					
01/09/2018	29					
01/10/2018	32					
01/11/2018	28					
01/12/2018	33					
01/01/2019	29					
01/02/2019	30					
01/03/2019	31					

01/04/2019	34					
01/05/2019	34					
01/06/2019	38					
01/07/2019	37					
01/08/2019	27					
01/09/2019	36					
01/10/2019	36					
01/11/2019	29					
01/12/2019	42					
01/01/2020	21					
01/02/2020	36					
01/03/2020	35,00	39,25	40,40	40,09	39,25	37,91
01/04/2020	30,00	31,82	32,65	32,22	31,82	28,84
01/05/2020	27,00	31,09	31,65	31,41	31,09	27,01
01/06/2020	36,00	34,82	35,15	35,61	34,82	34,74
01/07/2020	27,00	35,03	35,15	35,50	35,03	35,92
01/08/2020	26,00	26,95	26,90	26,02	26,95	25,46
01/09/2020	31,00	30,85	30,65	29,99	30,85	29,77
01/10/2020	31,00	31,72	31,40	31,50	31,72	30,42
01/11/2020	39,00	27,33	26,90	27,46	27,33	27,61
01/12/2020	43,00	39,18	38,65	38,25	39,18	37,48
01/01/2021	25,00	27,35	27,47	27,73	27,35	29,65
01/02/2021	21,00	31,30	31,07	32,06	31,30	31,09
01/03/2021	33,00	39,25	38,95	39,82	39,25	34,64
01/04/2021	24,00	31,81	31,20	32,09	31,81	30,29
01/05/2021	25,00	31,09	30,20	31,34	31,09	29,17
01/06/2021	39,00	34,82	33,70	35,57	34,82	35,45
01/07/2021	34,00	35,02	33,70	35,48	35,02	35,78
01/08/2021	25,00	26,95	25,45	26,02	26,95	25,49
01/09/2021	42,00	30,85	29,20	29,98	30,85	31,64
01/10/2021	24,00	31,72	29,95	31,50	31,72	32,04
01/11/2021	22,00	27,33	25,45	27,46	27,33	27,59
01/12/2021	43,00	39,18	37,20	38,25	39,18	38,68
01/01/2022	22,00	27,35	26,02	27,73	27,35	25,71
01/02/2022	27,00	31,30	29,62	32,06	31,30	32,44
01/03/2022	31,00	39,24	37,50	39,82	39,24	35,35
01/04/2022	30,00	31,81	29,75	32,09	31,81	29,16
01/05/2022	39,00	31,09	28,75	31,34	31,09	27,76
01/06/2022	21,00	34,82	32,25	35,57	34,82	34,61
01/07/2022	26,00	35,02	32,25	35,48	35,02	35,27
01/08/2022	38,00	26,95	24,00	26,02	26,95	24,91
01/09/2022	36,00	30,85	27,75	29,98	30,85	30,34
01/10/2022	28,00	31,72	28,50	31,50	31,72	30,84

01/11/2022	24,00	27,33	24,00	27,46	27,33	27,04
01/12/2022	28,00	39,18	35,75	38,25	39,18	37,65
01/01/2023	30,00	27,35	24,57	27,73	27,35	26,69
01/02/2023	24,00	31,30	28,17	32,06	31,30	31,35
01/03/2023	28,00	39,24	36,05	39,82	39,24	34,51
01/04/2023	31,00	31,81	28,30	32,09	31,81	29,04
01/05/2023	34,00	31,09	27,30	31,34	31,09	27,75
01/06/2023	30,00	34,82	30,80	35,57	34,82	34,37
01/07/2023	27,00	35,02	30,80	35,48	35,02	34,90
01/08/2023	44,00	26,95	22,55	26,02	26,95	24,58
01/09/2023	32,00	30,85	26,30	29,98	30,85	30,29
01/10/2023	33,00	31,72	27,05	31,50	31,72	30,75
01/11/2023	25,00	27,33	22,55	27,46	27,33	26,69
01/12/2023	26,00	39,18	34,30	38,25	39,18	37,49

HOLT1: Tendência aditiva, sazonalidade aditiva, amortecida

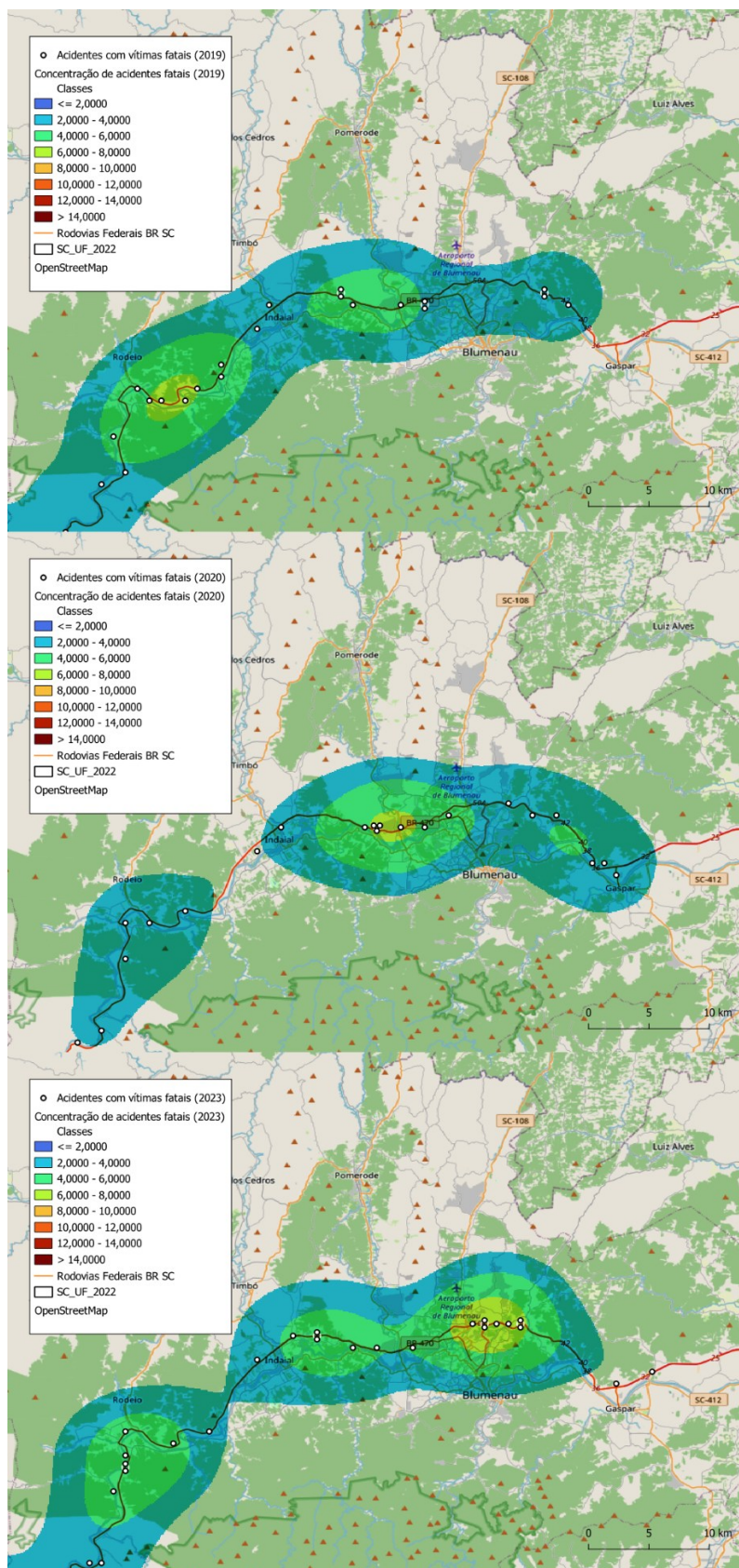
HOLT2: Tendência aditiva, sazonalidade aditiva, não amortecida

HOLT3: Tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, amortecida

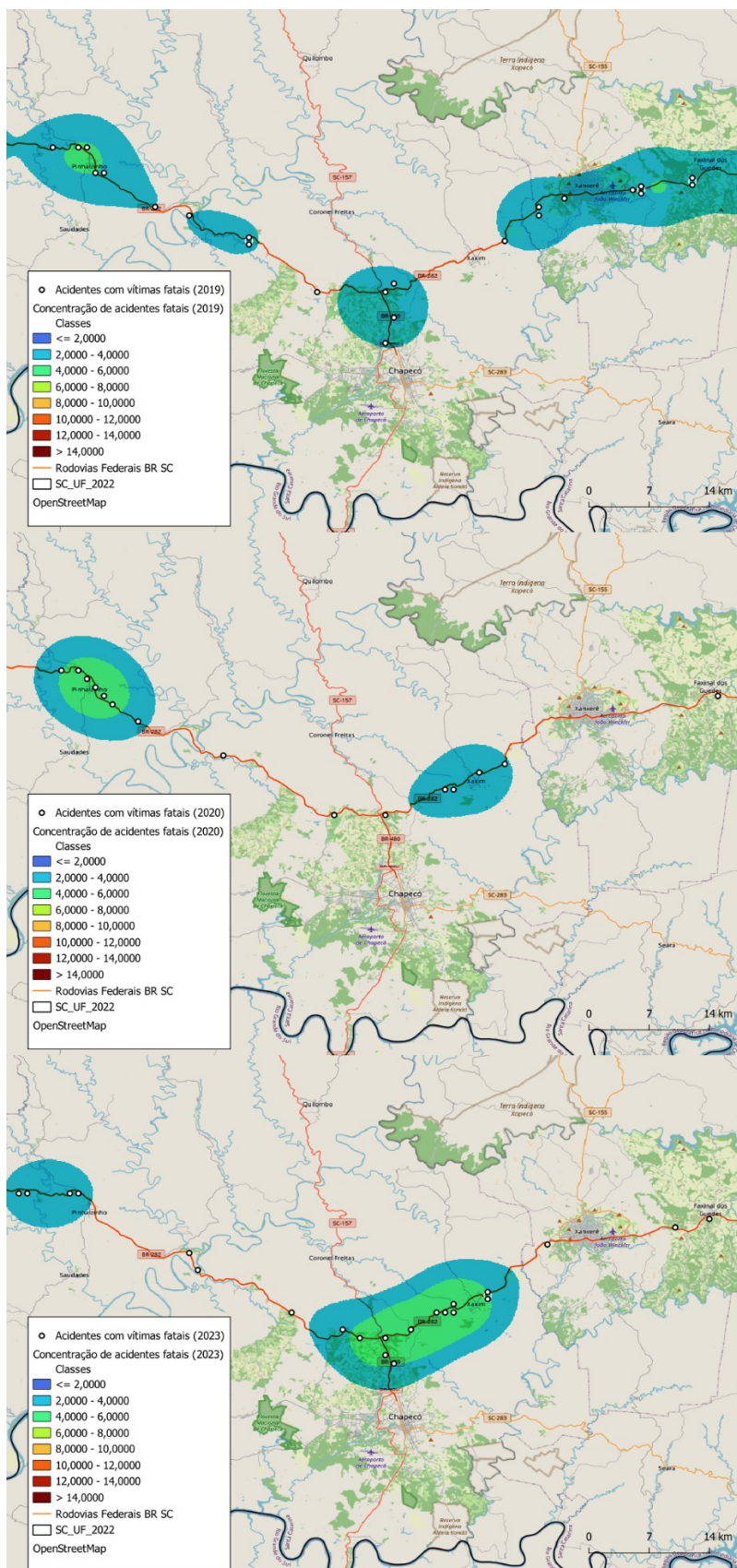
HOLT4: Tendência multiplicativa, sazonalidade aditiva, não amortecida

SARIMA: Modelo autorregressivo integrado de médias móveis sazonal

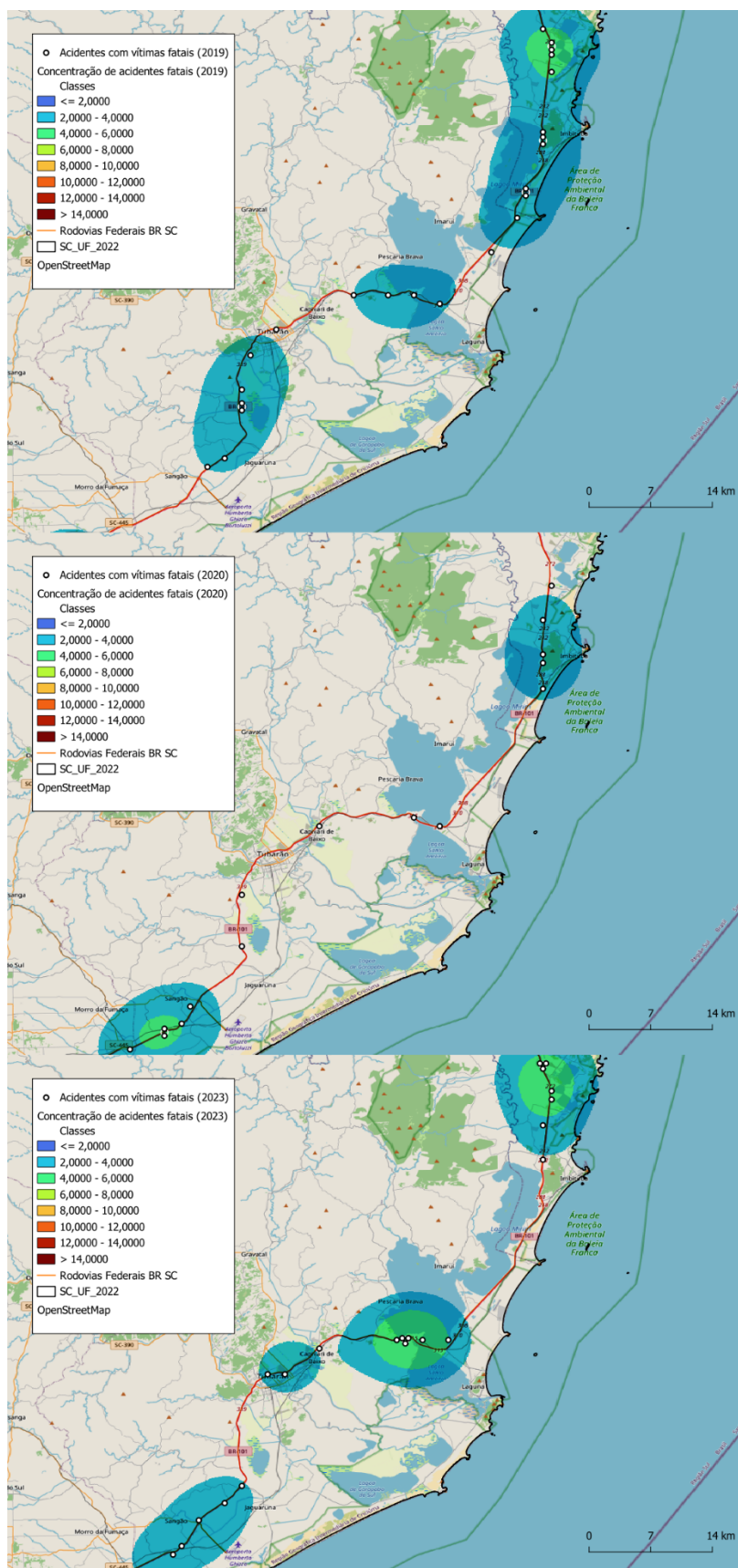
APÊNDICE E – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE BLUMENAU (ANOS 2019, 2020, 2023)



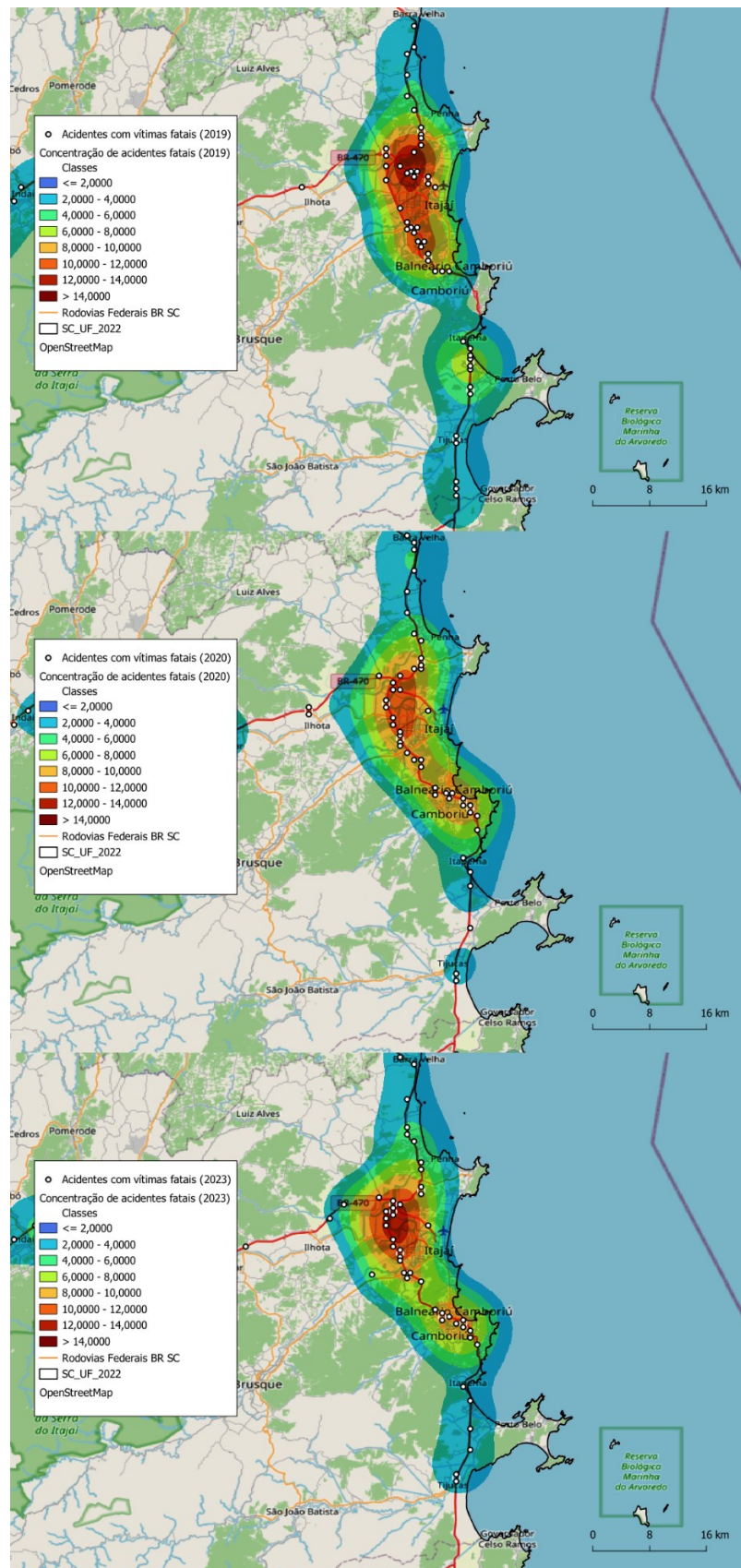
APÊNDICE F – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE CHAPECÓ (ANOS 2019, 2020, 2023)



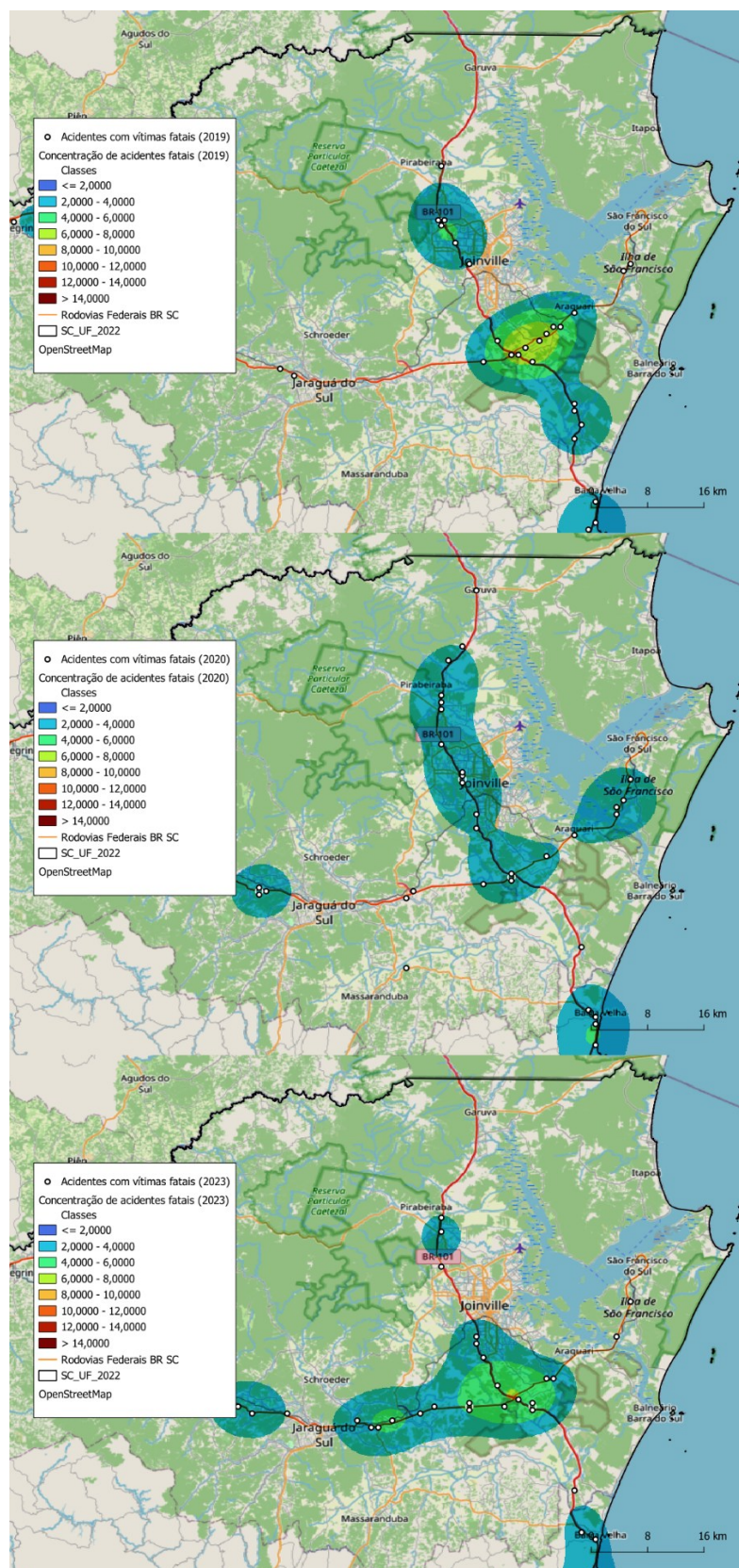
APÊNDICE G – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE IMBITUBA/TUBARÃO (ANOS 2019, 2020, 2023)



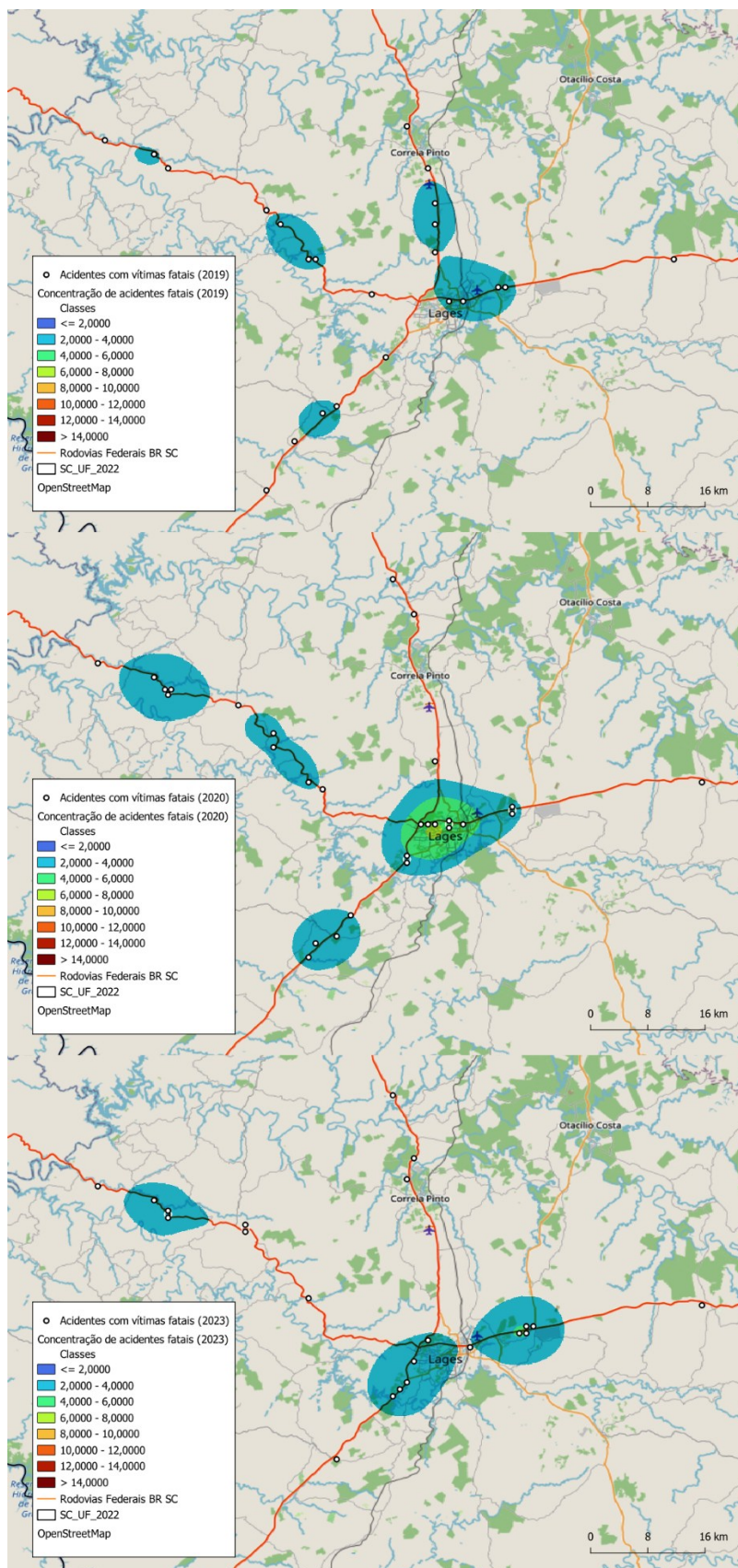
APÊNDICE H – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE ITAJAÍ/CAMBORIÚ (ANOS 2019, 2020, 2023)



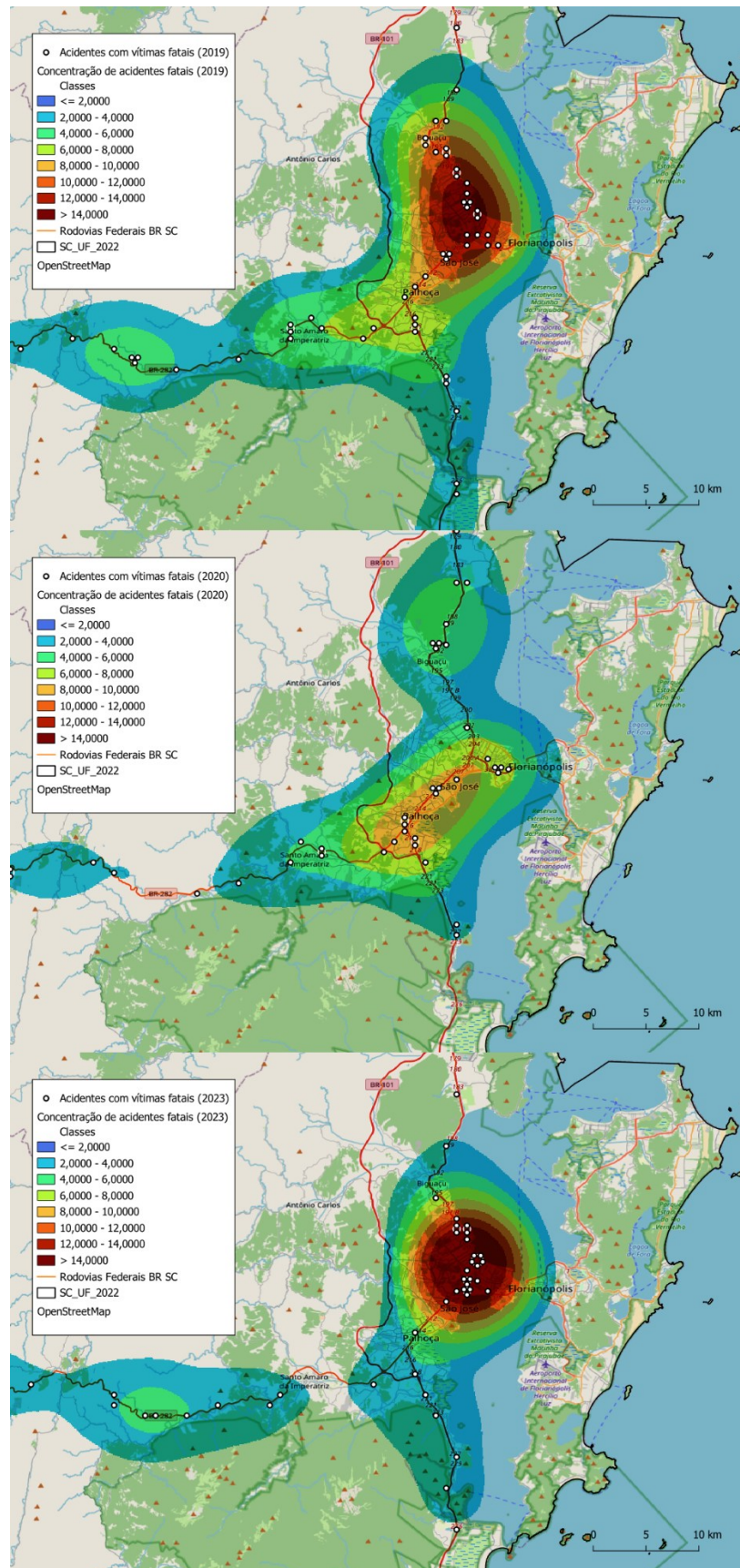
APÊNDICE I – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE JOINVILLE/JARAGUÁ DO SUL (ANOS 2019, 2020, 2023)



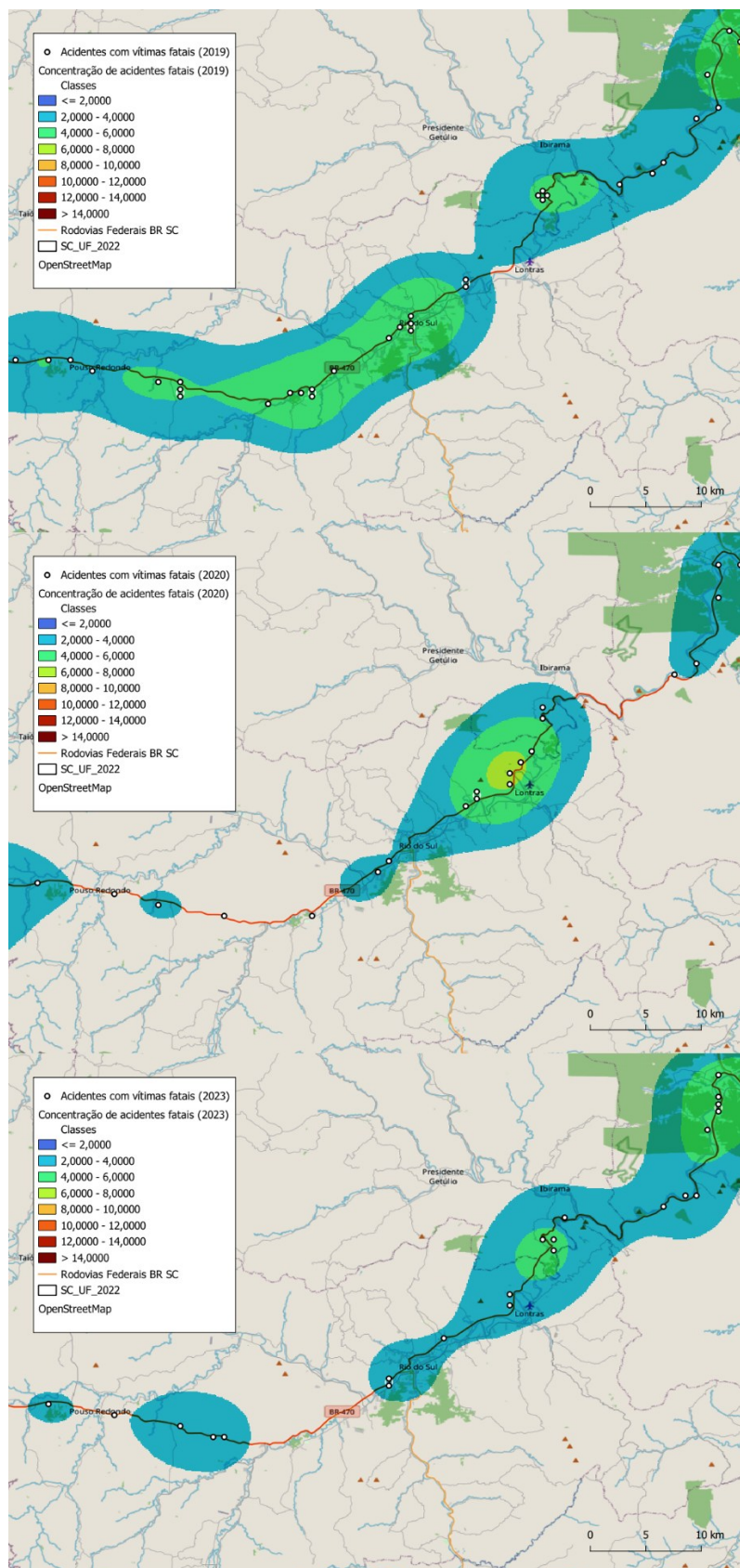
APÊNDICE J – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE LAGES (ANOS 2019, 2020, 2023)



APÊNDICE K – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS (ANOS 2019, 2020, 2023)



APÊNDICE L – DENSIDADE DE ACIDENTES COM VÍTIMAS FATAIS NA REGIÃO DE RIO DO SUL (ANOS 2019, 2020, 2023)



APÊNDICE M – FASES DA REVISÃO SISTEMÁTICA

Fase 1 – Planejamento da Revisão

Identificação da necessidade de uma revisão sistemática

A necessidade da elaboração dessa revisão sistemática surge de alguns fatores como: a universalidade dos principais temas desse estudo: pandemia e acidentes de trânsito, o que nos aponta que pesquisadores de diversos países e instituições devem produzir estudos relevantes sobre os temas.

Essa necessidade também surge da busca por métodos eficientes já utilizados em outros trabalhos para: identificar como mudanças na sociedade impactam nos índices de acidentalidade, analisar a tendência dos índices para calcular projeções e realizar comparativos dos dados; exibir os dados georreferenciados em mapas e gráficos.

Especificação das perguntas da pesquisa

A partir da identificação da necessidade de uma revisão sistemática, algumas perguntas são definidas para guiar a seleção dos estudos. As principais perguntas da pesquisa são:

- a) O período pandêmico alterou os hábitos da população catarinense a ponto de impactar na tendência dos índices de acidentalidade?
- b) Se sim, qual a magnitude desse impacto e sobre quais índices ele é mais perceptível?
- c) O impacto é uniforme por todo o estado e suas rodovias federais ou é mais perceptível em algumas regiões do estado que em outras?
- d) A magnitude desse impacto é equivalente ao percebido em outras regiões do país ou em outros países nos quais outros estudos foram desenvolvidos?
- e) Quais métodos georreferenciados são utilizados para tratar e exibir os dados coletados?

Desenvolvimento de um protocolo de revisão

O protocolo de revisão especifica as etapas que serão aplicadas para garantir que a revisão siga critérios padronizados que servirão para escolher os estudos a partir dos quais os dados serão extraídos, objetivando a ausência de qualquer viés por parte do condutor da pesquisa, que se justifica a partir do fato que os critérios de inclusão ou exclusão são explicitados no estudo. O protocolo contém as seguintes etapas:

- a) Identificação da justificativa da revisão;
- b) Especificação das perguntas da pesquisa;
- c) Escolha das bases de dados para pesquisa dos estudos;
- d) Escolha dos conjuntos de palavras-chave necessárias para encontrar os estudos relevantes;
- e) Definição do período e delimitação geográfica para escolha dos estudos;
- f) Seleção preliminar dos estudos encontrados nas pesquisas, a partir das palavras-chave e delimitações impostas aos resultados das pesquisas;
- g) Definição de critérios para seleção final dos estudos a partir da lista preliminar.

Fase 2 – Condução da Revisão

A segunda fase, após a fase de planejamento da revisão, é a fase na qual a revisão em si é feita, com a busca pelos estudos relevantes e a filtragem desses resultados, para que possam ser apresentados na terceira fase, o relatório da revisão.

Busca e seleção preliminar dos estudos

As bases de dados utilizadas nas buscas foram escolhidas a partir de pesquisas realizadas em dissertações de anos anteriores, escritas por discentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG), e disponibilizadas no Repositório Institucional da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), como de Kaesemodel (2021), Thomazi (2018); assim como a partir de indicações do orientador e demais docentes do programa.

As bases escolhidas foram: ANPET, CAPES, Google Acadêmico, Revista Transportes, *Science Direct*, *Scopus*, *TRID*.

As palavras-chave foram escolhidas com base nas perguntas da pesquisa: acidente, georreferenciado, pandemia, trânsito, isolamento.

Países no mundo inteiro foram afetados pela pandemia de COVID-19, no mesmo período, então não foram necessários filtros para delimitação geográfica ou período de tempo para pesquisas com a palavra-chave “pandemia”, mas os resultados foram limitados por idioma: espanhol, inglês e português. Para os resultados relacionados à análise de dados de acidentes georreferenciados foram considerados os trabalhos dos últimos 10 anos.

Analisando a aderência do título dos trabalhos à proposta da dissertação, foram escolhidos 46 estudos, listados na Tabela 1, resultando de uma seleção preliminar, objetivando eliminar trabalhos que não possuíam relação com as perguntas principais da pesquisa.

Tabela 14 - Número de resultados com título aderente para cada combinação de palavras-chave

GRUPOS DE PALAVRAS-CHAVE PESQUISADOS	BASES DE DADOS						
	ANPET	Google Acadêmico	Periódicos Capes	Revista Transportes	Science Direct	Scopus	TRID
Acidente, Trânsito e Georreferenciado	-	110	25	1	-	2	4
Acidente, Georreferenciado, Pandemia, Isolamento e Trânsito	-	1	-	-	-	-	-
Acidente, Pandemia e Trânsito	-	1560	60	-	1	48	35
Acidente, Isolamento e Trânsito	1	299	19	-	-	13	19

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Avaliação da qualidade dos estudos

Analisando a aderência do título e do resumo dos trabalhos à proposta da dissertação, foram escolhidos 18 estudos. Alguns trabalhos foram encontrados em mais de uma base de pesquisa, mas cada estudo só aparece no Quadro 2 uma única vez.

Sumarização dos dados

Na sumarização dos dados, os principais trabalhos, selecionados após as fases anteriores da segunda fase, são listados no Quadro 2:

Quadro 3 - Sumário dos estudos selecionados na revisão bibliográfica sistemática

Nº	Título	Ano	Autores	Fonte
01	<i>A Descriptive Analysis on the Impact of COVID-19 Lockdowns on Road Traffic Incidents in Sydney, Australia</i>	2021	Chand, S.; Yee, E.; Alsultan, A.; Dixit, V. V.	Artigo Publicado em Revista – <i>Environment Research and Public Health</i>
02	<i>A GIS-Based Spatiotemporal Modelling of Urban Traffic Accidents in Tabriz City during the COVID-19 Pandemic</i>	2022	Feizizadeh, B.; Omarzadeh, D.; Sharifi, A.; Rahmani, A.; Lakes, T.; Blaschke, T.	Artigo Publicado em Revista - Sustainability
03	<i>Análisis especial del efecto de la pandemia por COVID-19 em los accidentes de tránsito em las comunas de Valparaíso y Viña del Mar, Chile</i>	2022	Godoy, P. F.; Blazquez, C.; Sauer-Brand, K.	Artigo Publicado em Anais de Congresso – <i>International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology</i>
04	<i>Analysis of Motor Vehicle Accidents: Comparison Between Before and During the COVID-19 Lockdown in Maharashtra, India</i>	2022	Pathak, A. A.; Chandrasekara, S.; Annamalai, B.	Artigo Publicado em Revista – <i>Transportation Research Record</i>
05	<i>Analysis of the Impact of COVID-19 on Collisions, Fatalities and Injuries Using Time Series Forecasting: The Case of Greece</i>	2021	Sedakis, M.; Katrakazas, C.; Michelaraki, E.; Kehagia, F.; Yannis, G.	Artigo Publicado em Revista - <i>Accident Analysis and Prevention</i>

06	<i>An Analysis of The New York City Traffic Volume, Vehicle Collisions, and Safety Under COVID-19</i>	2022	Cappellari, P.; Weber, B. S.	Artigo Publicado em Revista – <i>National Safety Council</i>
07	<i>Association of Human Mobility with Road Crashes for Pandemic-Ready Safer Mobility: A New York City case Study</i>	2022	Dong, N.; Zhang, J.; Liu, X.; Xu, P.; Wu, Y.; Wu, H.	Artigo Publicado em Revista – <i>Accident Analysis and Prevention</i>
08	<i>Changes in Transport Behavior and Road Traffic Injuries in Moscow During the COVID-19 Crisis</i>	2021	Kirilina, N. A.	Artigo Publicado em Revista - <i>Procedia</i>
09	<i>COVID-19 Lockdown and Reduction of Traffic Accidents in Tarragona province, Spain</i>	2020	Saladié, O.; Bustamante, E.; Gutiérrez, A.	Artigo Publicado em Revista – <i>Transportation Research Interdisciplinary Perspectives</i>
10	Efeito do Isolamento Social na Mortalidade em Acidentes de Trânsito no Estado de São Paulo	2021	Caldas, R.C.S.; Guerreiro, T. C. M.	Artigo Publicado em Anais de Congresso - ANPET
11	<i>Global impact of COVID-19 pandemic on road traffic collisions</i>	2021	Yasin. Y. J.; Grivna. M.; Abu-Zidan. F. M.	Artigo Publicado em Revista – <i>World Journal of Emergency Surgery</i>
12	<i>How did the COVID-19 pandemic affect road crashes and crash outcomes in Alabama?</i>	2021	Adanu, K. E.; Brown, D.; Jones, S.; Parrish, A.	Artigo Publicado em Revista – <i>Accident Analysis & Prevention</i>
13	<i>Impact of COVID-19 on Traffic Safety from the “Lockdown” to the “New Normal”: A Case Study of Utah</i>	2023	Gong, Y.; Lu, P.; Yang, X. T.	Artigo Publicado em Revista – <i>Accident Analysis & Prevention</i>
14	<i>Impact of COVID-19 on Traffic Volume, Violations, and Crashes in Fortaleza, Brazil</i>	2022	Sobreira, L. T. P.; De Luna, M. S.; Cunto, F.; Hellinga, B.	Artigo Publicado em Revista – <i>Journal of Transportation Engineering</i>

15	<i>Impact of the COVID-19 pandemic on road traffic accident forecasting in Poland and Slovakia</i>	2022	Jurkovic, M.; Gorzelanczyk, P.; Kalina, T.; Jaros, J.; Mohanty, M.	Artigo Publicado em Revista – <i>Open Engineering</i>
16	<i>Impacts of COVID-19 Pandemic Lockdown on Road Safety in Bangladesh</i>	2023	Islam, S; Huq, A. S.; Iqra, S. H.; Tomal, R. S.	Artigo Publicado em Revista - <i>Sustainability</i>
17	<i>Road Crashes in Adelaide Metropolitan Region, the Consequences of COVID-19</i>	2023	Soltani, A.; Azmoodeh, M.; Qadikolaie, M. R.	Artigo Publicado em Revista – <i>Transport & Health</i>
18	<i>Road Safety Status During COVID-19 Pandemic: Exploring Public and Road Safety Expert's Opinions</i>	2021	Alhajyaseen, W. K. M.; Almkudat, A.; Hussain, Q.; Almallah, M.; Malki, M. A. A.; Singaravelu, J.; Zammataro, S.	Artigo Publicado em Revista – <i>Injury Control and Safety Promotion</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Fase 3 – Relatório da Revisão

A terceira fase, do relatório da revisão, serve para apresentar os trabalhos sumarizados e selecionados na segunda fase, assim como divulgar quais as conclusões tiradas da leitura desses trabalhos, os mais bem relacionados às perguntas definidas na primeira etapa dessa revisão sistemática.

A atividade de divulgação será plenamente concluída com a defesa desse trabalho de dissertação de mestrado e sua publicação junto à Universidade.

O relatório completo é apresentado no capítulo de Referencial Teórico.

Considerações Finais

Os estudos encontrados na revisão sistemática serão de grande contribuição para a construção do estudo conduzido e apresentado na dissertação, pois fornecem importantes

referências bibliográficas e metodológicas, assim como resultados já encontrados em outros estudos de caso que servirão de parâmetro para as discussões e avaliações sobre os resultados encontrados neste trabalho.