

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, GEOCIÊNCIAS E SAÚDE COLETIVA – IGESC
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

JORDANA ALVES VIEIRA

Análise geoespacial dos sinistros de trânsito no perímetro urbano do município de Monte
Carmelo - MG

Monte Carmelo
2025

JORDANA ALVES VIEIRA

Análise geoespacial dos sinistros de trânsito no perímetro urbano do município de Monte
Carmelo - MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geografia, Geociências e Saúde
Coletiva da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel, em Engenharia
de Agrimensura e Cartográfica.

Área de concentração: Transportes e SIG

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Luciany Oliveira
Seabra

Monte Carmelo

2025

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

V658 Vieira, Jordana Alves, 2002-
2025 Análise geoespacial dos sinistros de trânsito no
perímetro urbano do município de Monte Carmelo - MG
[recurso eletrônico] / Jordana Alves Vieira. - 2025.

Orientadora: Luciany Oliveira Seabra.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Modo de acesso: Internet.
Inclui bibliografia.

1. Agrimensura. I. Seabra, Luciany Oliveira,1974-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia.
Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.
III. Título.

CDU: 528

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2: Gizele

Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

JORDANA ALVES VIEIRA

Análise geoespacial dos sinistros de trânsito no perímetro urbano do município de Monte
Carmelo - MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geografia, Geociências e Saúde
Coletiva da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel, em Engenharia
de Agrimensura e Cartográfica.

Área de concentração: Transportes e SIG

Orientadora: Prof.^a Dr^a. Luciany Oliveira
Seabra

Monte Carmelo, 14 de abril de 2025.

Banca Examinadora:

Prof^a. Dra. Luciany Oliveira Seabra (Orientadora)
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof^a. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva (Membro convidado)
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Prof^a. Dra. Camilla Miguel Carrara Lazzarini (Membro convidado)
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

RESUMO

Os sinistros de trânsito vêm aumentando a cada ano e tornando-se umas das principais preocupações do poder público, por sua responsabilidade na elaboração de políticas públicas para a melhoria da segurança viária. Este trabalho buscou analisar a ocorrência dos sinistros de trânsito no perímetro urbano de Monte Carmelo/MG, abordando o impacto dos fatores físicos sobre a segurança viária. Uma das principais ferramentas utilizadas foi o Sistema de Informação Geográfica, com o intuito de analisar os padrões pontuais utilizando o estimador de intensidade de Kernel, através de mapas temáticos. Os mapas produzidos possibilitaram a identificação dos locais com pontos críticos no município, além também, de identificar um dos principais fatores geradores que geraram esses sinistros, sendo o principal, o fator humano. A análise revelou que as principais áreas com maior concentração de sinistros se localizam no centro da cidade e nos bairros ao seu redor. Esse resultado está associado a uma maior concentração das principais atividades comerciais e de prestação de serviço do município, como também residências familiares, o que acaba resultando em uma maior circulação de pedestres e automóveis. Os resultados mostram também que um dos principais fatores geradores de sinistros de trânsito foi o fator humano, a falta de atenção é a principal causa presumida, evidenciando a necessidade de campanhas educativas. O fator viário, indicou a necessidade de melhorias na sinalização, na iluminação e nas condições do pavimento das vias. Por fim, o presente trabalho se propôs a elaborar propostas de melhorias consideradas de baixo custo visando contribuir para a segurança viária de Monte Carmelo. As implementações dessas propostas são de curto a médio prazo, com o intuito de mitigar ou até mesmo eliminar os sinistros de trânsito, em alguns pontos.

Palavras-chave: sinistros de trânsito; sistema de informações geográficas; mapas temáticos; pontos críticos.

ABSTRACT

Traffic accidents have been increasing every year and have become one of the main concerns of the government, due to its responsibility in developing public policies to improve road safety. This study sought to analyze the occurrence of traffic accidents in the urban perimeter of Monte Carmelo/MG, addressing the impact of physical factors on road safety. One of the main tools used was the Geographic Information System, with the aim of analyzing the specific patterns using the Kernel intensity estimator, through thematic maps. The maps produced allowed the identification of locations with critical points in the municipality, in addition to identifying one of the main generating factors that generated these accidents, the main one being the human factor. The analysis revealed that the main areas with the highest concentration of accidents are located in the city center and in the surrounding neighborhoods. This result is associated with a greater concentration of the main commercial and service activities in the municipality, as well as family residences, which ends up resulting in a greater circulation of pedestrians and cars. The results also show that one of the main factors generating traffic accidents was the human factor, with lack of attention being the main presumed cause, highlighting the need for educational campaigns. The road factor indicated the need for improvements in signage, lighting and road surface conditions. Finally, this study aimed to develop proposals for improvements considered low cost, aiming to contribute to the road safety of Monte Carmelo. The implementation of these proposals is short to medium term, with the aim of mitigating or even eliminating traffic accidents in some areas.

Keywords: traffic accidents; geographic information system; thematic maps; critical points.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1- Classificação dos tipos de sinistros.....	14
Figura 1 - Ilustração da classificação quanto aos tipos de sinistros.....	15
Quadro 2 - Classificação quanto a gravidade da vítima.....	16
Figura 2 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.....	17
Figura 3 - Estimador de intensidade de distribuição de pontos.....	19
Figura 4 - Mapa de Localização.....	22
Figura 5 - Delimitação dos bairros do município de Monte Carmelo/MG – 2022.....	23
Figura 6 - Fluxograma das etapas metodológicas.....	24
Figura 7 - Configuração da ferramenta Matriz de distância.....	27
Figura 8 - Configuração da ferramenta Mapa de Calor.....	31
Figura 9 - Quantidade de Sinistros de Trânsito no Perímetro Urbano de Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).....	34
Figura 10 - Geoespecialização dos sinistros de trânsito de Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).....	35
Figura 11 – Intensidade de ocorrência sinistros de trânsito de Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).....	36
Quadro 3 - Número de sinistros por bairro.....	37
Quadro 4 - Sinistros por dia da semana.....	38
Quadro 5 - Análise dos bairros e dias da semana mais afetados.....	38
Quadro 6 – Número de sinistros por causa presumida.....	39
Quadro 7 – Número de sinistros por fatores geradores de sinistros de trânsito.....	40
Figura 12 – Distribuição espacial dos fatores geradores de sinistros de trânsito em Monte Carmelo (2022 a maio de 2024).....	41
Figura 13 - Comparaçao entre as distribuições geoespaciais dos fatores geradores de sinistros de trânsito em Monte Carmelo (2022 a maio de 2024).....	42
Figura 14 - Mapa de calor da intensidade de sinistros de trânsito causados pelo fator humano em Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).....	43
Figura 15 - Mapa de calor da intensidade de sinistros de trânsito causados pelo fator viário em Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).....	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 JUSTIFICATIVA	11
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1 Acidentes de trânsito.....	12
4.2 Sistemas de Informações Geográficas	16
4.3 Análise espacial	18
4.4 Políticas públicas para redução dos sinistros de trânsito	20
5 MATERIAIS E MÉTODOS	22
5.1 Área de estudo	22
5.2 Material.....	22
5.2.1 Dados dos sinistros de trânsito	22
5.2.2 Dados vetoriais	23
5.3 Método	24
5.3.1 Revisão Bibliográfica.....	24
5.3.2 Obtenção dos dados	25
5.3.3 Organização e tabulação dos dados	25
5.3.4 Geoespecialização dos dados	26
5.3.5 Definição do raio de Influência (<i>Kernel</i>).....	26
5.3.6 Identificação de pontos críticos	30
5.3.7 Elaboração de mapas temáticos	32
5.3.8 Elaboração de propostas	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
7 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, mais de 3,5 mil pessoas perdem a vida todos os dias em acidentes de trânsito, o que equivale a quase 1,3 milhão de mortes evitáveis e cerca de 50 milhões de feridos anualmente (Organização Pan-Americana da Saúde, 2021). Para Santos, Gobbi e Ferreira (2005), o aumento dos acidentes de trânsito no Brasil é um fenômeno preocupante, pois as consequências, tanto em termos de perdas humanas quanto econômicas, são substanciais, uma vez que muitos desses acidentes deixam sequelas permanentes.

Para Cabral, Souza e Lima (2011), este aumento dos acidentes de trânsito está relacionado a rápida urbanização e motorização dos países em desenvolvimento que não seguiu a engenharia de transportes adequada e muito menos os programas que proveem a educação, a prevenção de riscos e repressão das infrações. Leal (2023, p. 7) também afirma que “o acelerado processo de urbanização, o crescimento populacional expressivo, o aumento do número de veículos e a ingestão alcoólica são fatores que contribuem para o alto índice de acidentes de trânsito no Brasil”.

Levando em consideração a importância do tema, visando reduzir os sinistros de trânsito, o Governo Federal criou iniciativas como Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito e o Programa Vida no Trânsito. Ambos os projetos visam a redução de mortes no trânsito, orientando os gestores de trânsito em todo o país sobre as melhores práticas de gestão e educação no trânsito.

No entanto, além da educação no trânsito, é fundamental estudar e identificar fatores físicos que impactam na segurança viária. Fatores como a infraestrutura das vias, a sinalização vertical e horizontal, o comprimento das vias, e a qualidade do pavimento exercem um papel crucial no deslocamento, ou seja, vias bem projetadas, com sinalização adequada e pavimento em boas condições, oferecem melhores condições de tráfego, contribuindo diretamente para a redução de sinistros.

Dessa forma, a identificação desses fatores pode ser realizada a partir da análise de pontos críticos, ou seja, locais com alta concentração de sinistros no espaço urbano. Nesse contexto, o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) representa uma ferramenta essencial, pois permite mapear e analisar os sinistros, geoespacializar as ocorrências, bem como classificá-los, o que facilita a identificação desses pontos críticos e dos possíveis fatores que contribuem para a sua incidência.

Um estudo sobre as ocorrências dos sinistros de trânsito em Monte Carmelo é relevante, especialmente devido à ausência de pesquisas publicadas anteriores sobre o tema no município,

que, por ser de pequeno porte, ainda carece de investigações nessa área. Além disso, a pesquisa busca avaliar a situação atual da segurança viária, contribuindo para um melhor entendimento do cenário local. Por fim, a pesquisa permitirá a elaboração de mapas temáticos que facilitarão a análise detalhada da segurança viária e tomada de decisão de técnicos e gestores públicos, no planejamento de políticas públicas visando a segurança no trânsito em Monte Carmelo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo utilizar o Sistema de Informações Geográficas (SIG) para geoespecializar e classificar os sinistros de trânsito que ocorreram no perímetro urbano de Monte Carmelo/MG.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar o melhor raio de influência que seria usado no perímetro urbano de Monte Carmelo;
- Identificar a localização dos pontos críticos dos sinistros de trânsito utilizando o mapa de calor;
- Identificar os fatores que contribuíram para o maior número de ocorrências nestes pontos críticos;
- Propor melhorias para a segurança viária no perímetro urbano de Monte Carmelo.

3 JUSTIFICATIVA

Segundo o Carvalho, C. H. R (2020, p. 18), “os acidentes de trânsito no Brasil matam cerca de 45 mil pessoas por ano e deixam mais de 300 mil pessoas com lesões graves”. Considerada uma das principais causas de morte no mundo, essa questão é também uma das maiores preocupações para o poder público e para os moradores em geral (Bergamaschi, 2010).

Ainda que seja impossível calcular o valor da perda um ser humano ou ainda os danos e traumas sofridos, tanto pelas vítimas de acidentes de trânsito, mas também por seus familiares, existe os custos que afetam de maneira direta as famílias das vítimas, assim como a sociedade em geral (Carvalho, C. H. R., 2020). De acordo com a matéria publicada pela Agência Estadual de Notícias do Governo do Paraná (2024), “os acidentes de trânsito geraram um custo de R\$ 36 milhões ao SUS apenas entre 2022 e 2023”.

Considerando o exposto, o estudo sobre os sinistros de trânsito é de extrema importância para a definição de estratégias visando a segurança viária, uma vez que busca reduzir a ocorrência de sinistros e garantir maior proteção para todos os usuários das vias.

Neste contexto, na literatura encontram-se diversos trabalhos voltados para a análise da geoespecialização dos sinistros de trânsito, evidenciando a relevância dessa abordagem na identificação de pontos críticos e na formulação de políticas públicas voltadas à melhoria da segurança viária. Entre os estudos, destacam-se o de Carvalho, L. O. (2020), Lopes (2020) e Salles (2020), além de outros estudos que serão mencionados no decorrer deste trabalho.

Vale destacar que, até o presente momento, não existem publicações de estudos sobre sinistros de trânsito em Monte Carmelo, o que reforça a importância deste trabalho por ser o primeiro que irá ser realizado no município, buscando contribuição para a segurança viária local.

O uso do SIG permite a geoespecialização, classificação e a identificação dos pontos críticos onde os sinistros ocorreram com maior frequência possibilitando assim a criação de produtos cartográficos para análises detalhadas. Essas análises possibilitam aos responsáveis pelo planejamento do trânsito e tomadores de decisão técnicos e gestores públicos, a visualização de cenários e definição de medidas preventivas eficazes para reduzir o número de ocorrências de sinistros, bem como melhorar a segurança dos usuários nas vias.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Acidentes de trânsito

A desordem do crescimento urbano, somado ao aumento acelerado do número de veículos em circulação implicam aos pedestres estar mais expostos ao elevado volume de veículos automotores, como resultado, houve o aumento de acidentes de trânsito, identificadas como uma das causas mais influentes da morbimortalidade (Salles, 2020). Inclusive a elevada mortalidade por acidentes de trânsito representa um problema de Saúde Pública tanto no Brasil quanto em diversos países do mundo. No que diz respeito a saúde pública, segundo Salles (2020, p. 29):

os custos econômicos e sociais dos acidentes de trânsito são elevados e decorrem, entre outros fatores, das despesas médico-hospitalares; da perda de capacidade de produção do acidentado (temporária ou definitivamente); dos danos causados aos veículos, ao mobiliário urbano e à propriedade de terceiros; das despesas previdenciárias; de processos judiciais; de resgate de vítimas e remoção de veículos, e do impacto familiar pelo ente acidentado (Salles, 2020, p. 29).

Conforme Salles (2020), essa elevada mortalidade por acidentes é predominantemente constituída por jovens, em especial do sexo masculino. Umas das principais mortes entre crianças e jovens adultos com idade entre 5 a 29 anos é o acidente de trânsito, além disso, mais de 50% das fatalidades no trânsito envolvem usuários vulneráveis, tais como pedestres, ciclistas e motociclistas, ademais, as estatísticas ainda apontam que os homens são os mais afetados, com probabilidade três vezes maior de acidentes de trânsito em comparação às mulheres (Organização Mundial da Saúde, 2023, tradução nossa).

Para Ferraz *et al.* (2023), as motocicletas e bicicletas apresentam maior risco de envolvimento devido ao veículo ser menor e de apenas duas rodas, sempre está sujeito à perda da estabilidade lateral, o que pode causar uma queda e até mesmo desvio de trajetória, além disso, é ainda, conduzido muitas vezes por jovens que tendem a apresentar um comportamento de maior risco.

De acordo com o Lima *et al.* (2008), os acidentes de trânsito decorrem de causas multifatoriais como; o desenvolvimento urbano descontrolado, das condições inadequadas da engenharia de tráfego, dos comportamentos inadequados dos condutores dos veículos e dos pedestres, condições inadequadas da frota de veículos e por fim, condições meteorológicas desfavoráveis.

A NBR 10.697 de 2018 passou por uma revisão e foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), esta revisão, diz respeito a redefinição dos termos técnicos usados para dar nome aos incidentes de trânsito. Dessa forma, a norma corrige a expressão “acidente de trânsito”, por “sinistro de trânsito”, e revoga o entendimento de sinistro “não premeditado” (Associação Brasileira de Medicina de Tráfego, 2021).

De acordo com a ABNT (2020):

Sinistros de trânsito é 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 (ABNT, 2020, p. 1).

Para a ABNT (2020), os principais fatores que geram sinistros de trânsito podem ser classificados em 5 categorias: externos, humanos, operacionais, veiculares e viários. Os fatores externos, são aqueles que prejudicam a segurança do trânsito e estão fora da via, como por exemplo as condições climáticas, ambientais, da natureza, objetos ou animais. Os fatores humanos, dizem respeito ao comportamento do ser humano como condutor, passageiro ou pedestre.

Já os fatores operacionais envolvem o mau posicionamento ou amarração de carga bem como a adequação dessas cargas com as especificações do veículo. Os fatores veiculares estão relacionados a uma falha no veículo, negligência na manutenção ou defeito de fabricação. Por fim os fatores viários, são aqueles relacionados às características da via ou à sua sinalização, que podem apresentar deficiências. Todos esses fatores, combinados ou isoladamente, são responsáveis pelos sinistros de trânsito (ABNT, 2020).

De acordo com a ABNT (2020), há quatro fatores adicionais que contribuem para a ocorrência de sinistros de trânsito: legislação, fiscalização, equipamentos e educação. Esses fatores influenciam o aumento de acidentes quando há ausência, insuficiência ou ineficiência em cada um deles.

Dessa forma, pode-se encontrar vários tipos de acidentes, conforme estabelecidos pela ABNT (2020), destacam-se os tipos de atropelamentos, capotamento, choque, colisões e engavetamento, dentre outros, cuja definição específica de cada um dos tipos está organizada no Quadro 1.

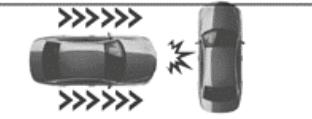
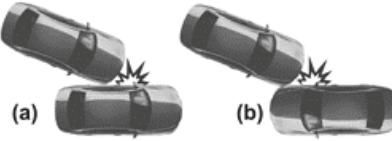
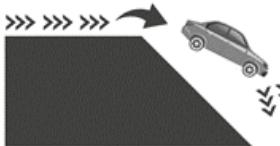
Quadro 1- Classificação dos tipos de sinistros.

Atropelamento de animal(is)	Sinistro de trânsito em que animal(is) sofre(m) o impacto de um veículo em movimento
Atropelamento de pessoa(s)	Sinistro de trânsito em que pessoa(s) sofre(m) o impacto de um veículo em movimento
Capotamento	Sinistro de trânsito em que o veículo gira sobre si mesmo, em qualquer sentido, ficando em algum momento com as rodas para cima, imobilizando-se em qualquer posição
Choque	Sinistro de trânsito em que há impacto de um veículo contra qualquer objeto fixo ou objeto móvel sem movimento
Colisão	Sinistro de trânsito em que um veículo em movimento sofre o impacto de outro veículo também em movimento
Colisão frontal	Colisão que ocorre quando os veículos transitam em sentidos opostos, na mesma direção, colidindo frontalmente
Colisão lateral	Colisão que ocorre lateralmente, quando os veículos transitam na mesma direção, podendo ser no mesmo sentido ou em sentidos opostos
Colisão transversal	Colisão que ocorre transversalmente, quando os veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente
Colisão traseira	Colisão que ocorre na frente contra traseira ou na traseira contra traseira quando os veículos transitam no mesmo sentido ou em sentidos opostos, podendo pelo menos um deles estar em marcha a ré
Engavetamento	Sinistro de trânsito em que há impacto entre três ou mais veículos, em um mesmo sentido de circulação, resultando de uma sequência de colisões traseiras, laterais ou transversais
Queda	Sinistros de trânsito em que há impacto em razão de queda livre do veículo, queda de pessoas ou cargas transportadas em razão do movimento do veículo
Tombamento	Sinistro de trânsito em que o veículo sai de sua posição normal, imobilizando-se sobre uma de suas laterais, sua frente ou sua traseira
Outros sinistros de trânsito	Qualquer sinistro de trânsito que não se enquadre nas definições anteriores
Sequência	Combinação dos sinistros de trânsito definidos anteriormente que correm em sequência no mesmo evento

Fonte: ABNT (2020, p. 5).

A Figura 1 ilustra a classificação dos diferentes tipos de sinistros de trânsito, facilitando a compreensão de como esses eventos ocorrem.

Figura 1 - Ilustração da classificação quanto aos tipos de sinistros.

Colisão Traseira	
Colisão Frontal	
Colisão Transversal	
Colisão lateral no mesmo sentido (a) e em sentido contrário (b)	
Choque	
Atropelamento de animal	
Atropelamento de pessoa	
Tombamento	
Capotamento	
Engavetamento	
Queda	
Sequência	

Fonte: Ferraz *et al.* (2023, p. 55).

Segundo o Ferraz *et al.* (2023), existe ainda, a classificação dos acidentes quanto à gravidade de sua ocorrência, como também a classificação de acordo com o estado das vítimas. A classificação utilizada para caracterizar os sinistros quanto à gravidade, indicada pela ABNT (2020), para pesquisas de sinistros de trânsito, considera três categorias de sinistros: Sem

vítimas (apenas danos materiais); com vítimas não fatais (feridos); com vítimas fatais. A classificação quanto a gravidade da vítima pode ser encontrada no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação quanto a gravidade da vítima.

Fatal	Vítima que venha a falecer em razão das lesões e/ou em decorrência do sinistro de trânsito, no momento do sinistro de trânsito ou até 30 dias após a sua ocorrência
Não Fatal	Vítima com lesões ou não, decorrentes do sinistro de trânsito, que não venha a óbito em até 30 dias após a sua ocorrência
Grave	Vítima cujas lesões sofridas causem incapacidade temporária ou permanente para as ocupações habituais, implicando dar entrada em hospital ou cuidado de especialistas
Leve	Vítima cujas lesões sofridas causem incapacidade temporária ou permanente para as ocupações habituais, implicando ou não em dar entrada em hospital

Fonte: ABNT (2020, p. 4).

Para Ferraz *et al.* (2023), a justificativa das definições implantadas se dá pela importância de se reduzir a sinistralidade, visto que a eficácia de qualquer medida depende do tipo de sinistro que se deseja evitar.

Como dito anteriormente, existem diversos fatores que podem contribuir para a ocorrência de acidentes de transito com vítimas, fatores associados a situação das vias, ao condutor do veículo, aos fenômenos naturais e outros que ao serem analisados a partir de um banco de dados organizados por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), pode-se observar quais desses fatores que direta ou indiretamente irão contribuir para sua ocorrência, direcionando assim ações mais efetivas na resolução de problemas pontuais (Nascimento; Sousa; Guedes, 2017).

4.2 Sistemas de Informações Geográficas

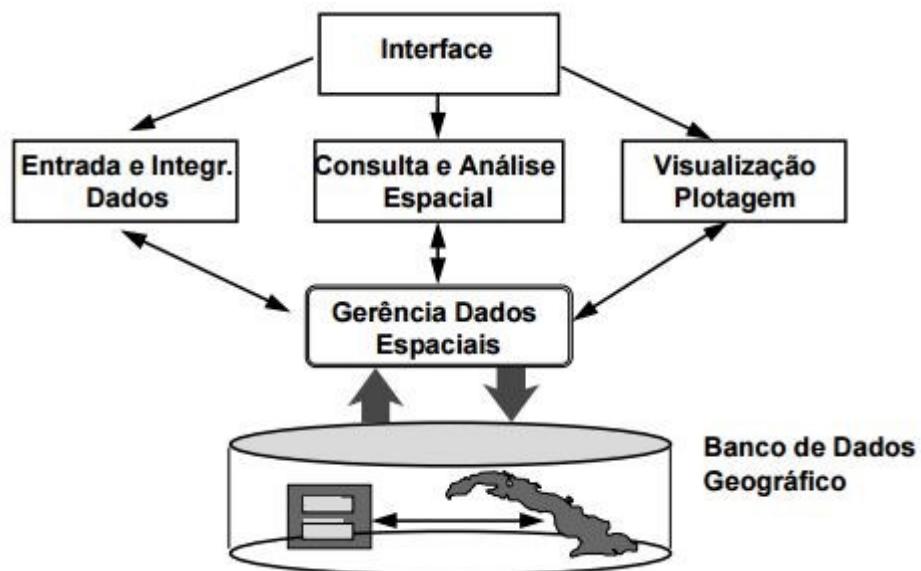
Ao longo dos anos, os SIG's vêm se consolidado cada vez mais com uma tecnologia necessária na caracterização os fenômenos espaciais, particularmente na área de transporte, o SIG tornou-se um instrumento essencial no desenvolvimento de sistemas de segurança do trânsito, dessa forma, sendo capaz de caracterizar e diagnosticar espacialmente o comportamento dos acidentes no trânsito (Gomes, 2008).

Câmara *et al.* (1996, p. 3), citam que:

Sistemas de Informação Geográfica, ou abreviadamente SIGs, são sistemas de informação construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável para tratá-los. Dados geográficos são coletados a partir de diversas fontes e armazenados via de regra nos chamados bancos de dados geográficos (Câmara *et al.* 1996, p. 3).

O SIG é composto pelos seguintes componentes: Interface com o usuário, entrada e a integração de dados, funções para processamento gráfico e de imagens; visualização e plotagem, além do armazenamento e recuperação de dados. Estes elementos podem ser visualizados na Figura 2, nela é possível verificar a relação hierárquica entre eles (Câmera *et al.*, 2004).

Figura 2 - Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.



Fonte: Câmera *et al.*, (2004, p. 24).

Para Câmara *et al.* (2004), os componentes de um SIG estão organizados de forma hierárquica, sendo o primeiro nível, a interface que define como o sistema será operado e controlado, no nível intermediário abriga os mecanismos de processamento de dados espaciais que são eles, a entrada de dados, a edição, a análise, visualização e saída. Por fim, na camada interna do SIG, encontra-se o banco de dados geográficos, responsável pelo armazenamento e recuperação dos dados espaciais.

Conforme apresentado, o SIG proporciona acesso a diversas informações que quando combinadas possibilitam ao usuário realizar a espacialização, o cruzamento de dados, a análise

futura dos produtos gerados, como mapas temáticos, ou seja vai desde o planejamento de atividades até a sua fase de execução, permitindo inclusive o monitoramento, demonstrando-se, assim, uma ferramenta muito eficaz (Lopes, 2020).

Para Zaidan (2017), os SIGs podem ser classificados como uma das geotecnologias que pertencem a área do geoprocessamento, sendo o geoprocessamento um conjunto de técnicas de métodos teóricos e computacionais voltados para a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, com o objetivo de produzir novos dados, informações espaciais georreferenciadas.

Leite (2011), considera que a geotecnologia é uma das funções do sensoriamento remoto, da cartografia digital, da topografia aplicada e do SIG, sendo assim, uma junção das técnicas que trabalham com a coleta, armazenamento, manipulação, análise e descrição das informações geográficas.

As geotecnologias têm se mostrado um instrumento bastante eficaz nos estudos de fenômenos, especialmente na análise de sinistros de trânsito, uma vez que é possível obter informação espacial dos sinistros a partir do geoprocessamento, evidenciando os locais de risco e criando análise exploratória da sua geoespecialização e de seus atributos, que são informações elementares para tomada de decisões dos órgãos responsáveis pela gestão eficaz do trânsito (Matsumoto, 2011).

4.3 Análise espacial

Um dos principais desafios para entender questões importantes em diversas áreas do conhecimento, é a compreensão da distribuição espacial dos dados relacionados aos fenômenos no espaço geográfico. Portanto, a análise espacial busca medir as propriedades e relações considerando a localização do fenômeno em estudo (Câmara *et al.*, 2004). Esta análise é dividida em: análise de padrões pontuais, análise de superfície e análise de áreas com contagens e taxas agregadas.

Na análise de padrões pontuais, o fenômeno em estudo são caracterizados como pontos localizados no espaço, e o foco do estudo são a sua localização específica. O objetivo principal da análise é estudar a distribuição espacial destes pontos, para a identificar se os eventos observados possuem algum padrão, se é aleatório ou ainda apresenta aglomerados (Câmara *et al.*, 2004). Neste trabalho será abordado o dado de eventos ou padrões pontuais.

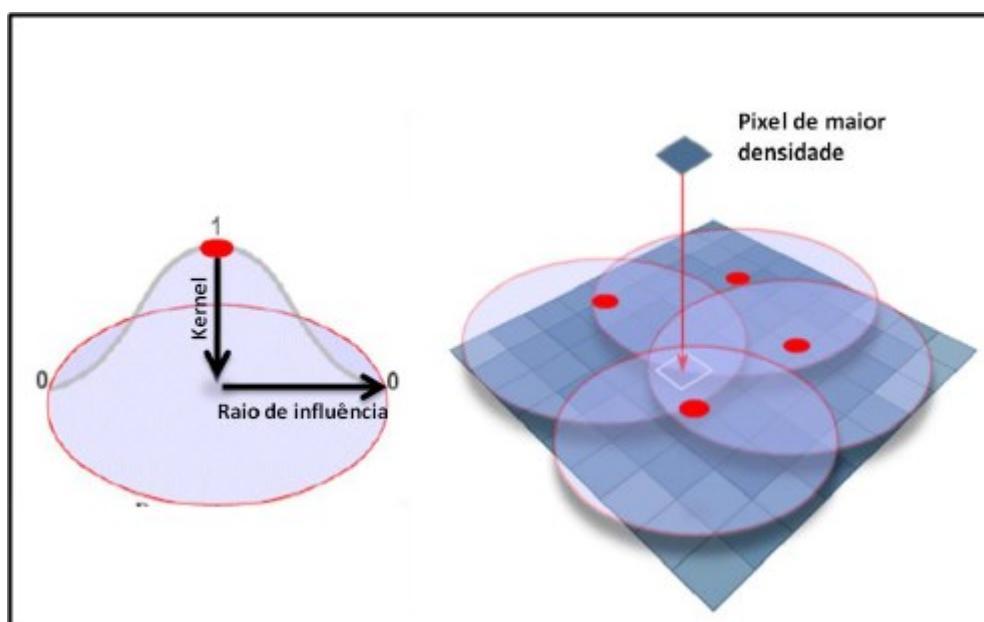
A análise de superfície, é extraído uma amostra do todo, no qual, ela pode estar regularmente ou irregularmente distribuída, assim, o objetivo principal de estudo é reconstruir a superfície da qual se retirou e mediu as amostras.

A análise de áreas com contagens, são relacionados a dados de levantamento populacionais (censos), e que originalmente se referem a indivíduos localizados em pontos específicos do espaço (Câmara *et al.*, 2004). Segundo Queiroz (2003, p. 24), “Os objetivos da análise de dados em áreas são identificar a existência de padrões de distribuição espacial, de áreas críticas e de tendências espaciais de crescimento, auxiliando o entendimento da ocorrência de determinado fenômeno”.

Segundo Gomes (2008, p. 64), “As ferramentas de análise de padrões pontuais permitem caracterizar as concentrações espaciais e temporais, identificar a existência de conglomerado espacial e estimar a intensidade pontual dos acidentes de trânsito.” O estimador de intensidade de Kernel, faz uma análise do comportamento dos padrões dos pontos, que fornece uma visão geral da intensidade pontual do evento na área de interesse (Gomes, 2008).

Para estimar a intensidade dos pontos a função bi-dimensional é ajustada sobre os eventos considerados, gerando uma superfície onde o valor reflete a intensidade das amostras por unidade de área. A função contabiliza todos os pontos dentro do raio de influência (Figura 3), e os pondera com base na distância de cada ponto até a localização de interesse (Câmara; Carvalho, 2004).

Figura 3 - Estimador de intensidade de distribuição de pontos.



Fonte: Bergamaschi, (2010, p. 43)

Seja u_1, \dots, u_n localizações de n eventos compreendidos em uma região A e que u represente uma localização genérica cujo valor será estimado. Logo, o estimador de intensidade será computado a partir dos m eventos $\{u_i, \dots, u_{i+m-1}\}$, pertencentes a um raio de tamanho τ em torno de u e da distância d entre a posição e a i-ésima amostra (Câmara; Carvalho, 2004). O estimador de intensidade de *Kernel* pode ser expresso como:

$$\hat{\lambda}_\tau(u) = \frac{1}{\tau^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d(u_i, u)}{\tau}\right), \quad d(u_i, u) \leq \tau, \tau \geq 0 \quad (1)$$

onde:

$\hat{\lambda}_\tau$: estimador de intensidade,

τ : comprimento do raio,

k: função de interpolação,

$d(u_i, u)$: distância euclidiana entre a i-ésima posição e a j-ésima amostra.

Cabe ressaltar que a variação para o raio de busca influenciará na superfície gerada, ou seja, conforme estabelecido a extensão para o raio de busca, o estimador de intensidade irá gerar para um raio muito pequeno uma superfície descontínua, ou no caso contrário, de um raio de tamanho excessivo, uma superfície muito suavizada (Câmara; Carvalho, 2004).

Dessa forma, o uso do Kernel para a identificação de pontos críticos em estudos de sinistros de trânsito é essencial. Os produtos gerados por essa ferramenta fomentam análises que auxiliam técnicos e gestores públicos na tomada de decisões eficazes, permitindo a elaboração de políticas públicas voltadas à redução e eliminação dos sinistros de trânsito, além de garantir vias mais seguras para todos os usuários.

4.4 Políticas públicas para redução dos sinistros de trânsito

Como apresentado, as mortes de sinistros de trânsito são bastante significativas, por isso, torna-se fundamental intensificar políticas públicas voltadas não só para a redução dos sinistros de trânsito, mas também para a diminuição da severidade desses sinistros.

Neste sentido, o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (Pnatrans), criado pela Lei 13.614/2018, tem como objetivo orientar os gestores de trânsito no Brasil a

implementarem ações voltadas à redução de mortes e lesões no trânsito. Alinhado à Nova Década de Segurança no Trânsito, promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU), o plano estabelece como meta redução de pelo menos metade do índice de mortes no trânsito por cem mil habitantes, em um período de dez anos, com base no índice apurado em 2020, (Ministério dos Transportes, 2022).

O Programa Vida no Trânsito (PVT), criado pelo Ministério da Saúde, em colaboração com estados e municípios do Brasil, fundamenta-se, principalmente, em uma abordagem integrada de governança e gestão entre diferentes setores, como trânsito, transporte, segurança, planejamento urbano, e educação (Ministério da Saúde, [ca. 2022]). Entre suas principais contribuições estão a efetivação de leis, mobilização de recursos, qualificação da informação para ações de específicas e oportunas, e o cuidado completo com as vítimas, abrangendo desde o atendimento pré-hospitalar até a reabilitação (Ministério da Saúde, [ca. 2022]).

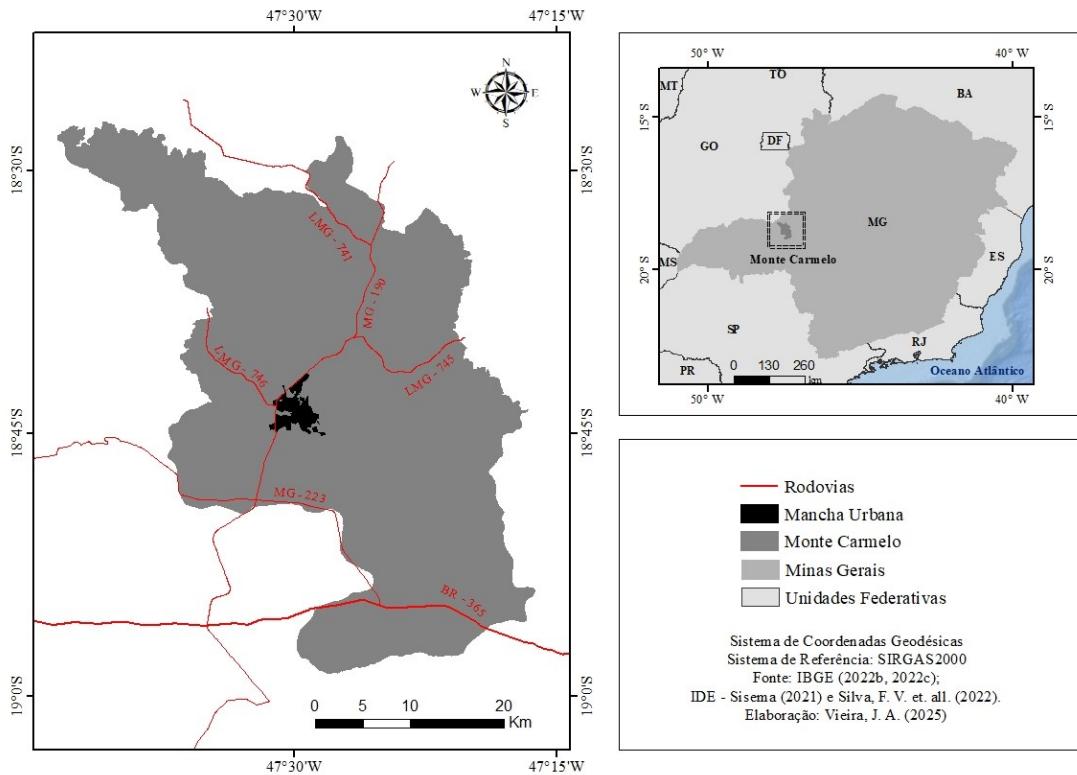
Enfatiza-se também a importância da educação contínua no trânsito, que pode ser promovida por meio de campanhas educativas nas escolas, essas campanhas devem incentivar o uso de equipamentos de segurança, como capacete e cinto de segurança, e também alertar sobre os riscos do consumo de álcool ao dirigir e o desrespeito às normas de trânsito, como ultrapassagens em locais proibidos e excesso de velocidade. Por fim, é essencial conscientizar não apenas crianças e jovens, mas também os motoristas (Carvalho, L. O., 2020).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

A área de estudo deste trabalho compreende a zona urbana de Monte Carmelo (Figura 4), município localizado no Estado de Minas Gerais, pertencente à mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba e na Microrregião de Patrocínio, além disso, o município ainda conta com uma população de 47.267 habitantes, e apresenta uma densidade demográfica de 35,51 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022a).

Figura 4 - Mapa de Localização.



Fonte: A autora (2024).

5.2 Material

5.2.1 Dados dos sinistros de trânsito

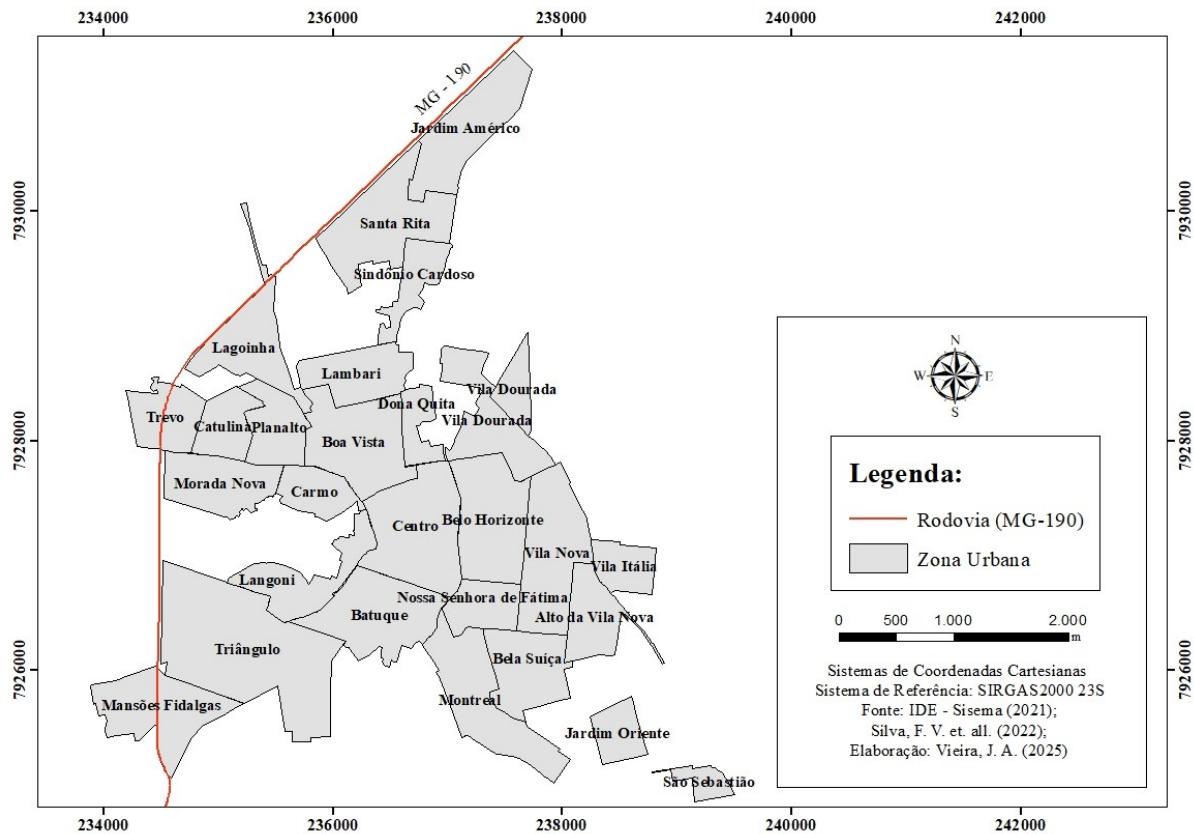
Os dados referentes aos sinistros de Monte Carmelo disponibilizados pela Polícia Militar de Patrocínio, contempla os sinistros de trânsito ocorridos desde o dia 1 de janeiro de 2022 á 24 de maio de 2024.

5.2.2 Dados vetoriais

Foram utilizados dados vetoriais das Unidades Federativas do Brasil e os dados vetoriais do limite municipal de Monte Carmelo, ambos disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022b, 2022c) no site do órgão, e os dados vetoriais das rodovias que circundam o município foram disponibilizados pela Infraestrutura de dados Espaciais (IDE) – Sisema (2021).

A base cartográfica do município utilizada que contempla o limite do município foi elaborada por ex-alunos do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia como proposta de uma nova delimitação dos bairros em 2022, que pode ser visualizado na Figura 5 (Silva *et all.*, 2022).

Figura 5 - Delimitação dos bairros do município de Monte Carmelo/MG – 2022.



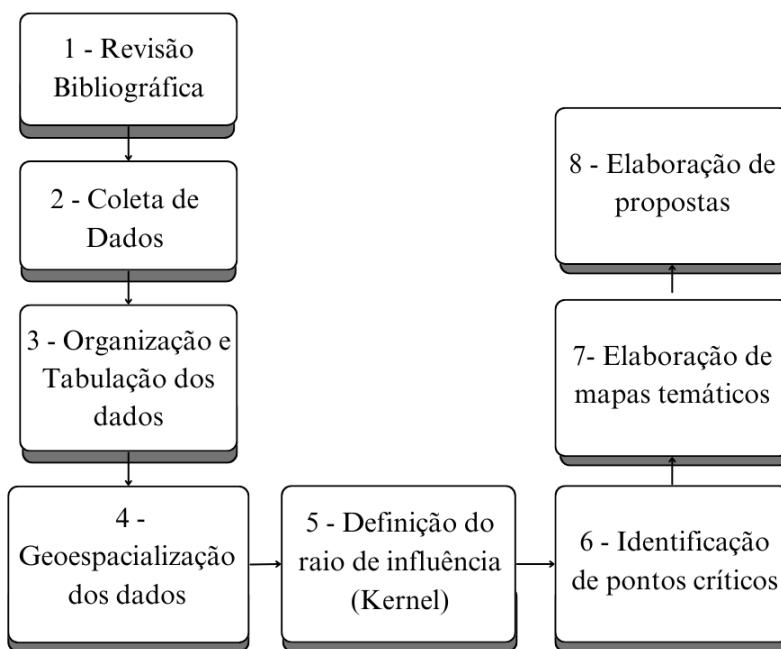
Fonte: A autora (2025).

A proposta da nova delimitação (Figura 5) surge devido à falta de leis e documentos que delimitem precisamente os limites dos bairros do município (Silva *et all.*, 2022). Por fim, os dados vetoriais da malha viária de Monte Carmelo foram disponibilizados por Cunha Filho (2022).

5.3 Método

A metodologia do trabalho está apresentada no Fluxograma (Figura 6), e foi dividida em etapas enumeradas de 1 a 8, sendo 1 – Revisão Bibliográfica, 2 - Coleta de Dados, 3 – Organização e Tabulação dos dados, 4 – Geoespecialização dos dados, 5 - Definição do raio de influência, 6 – Identificação de pontos críticos, 7 - Elaboração de mapas temáticos e 8 – Elaboração de propostas.

Figura 6 - Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: A autora (2024).

5.3.1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica feita buscou por estudos voltados para os sinistros de trânsito, bem como a ABNT (2020), para compreender melhor as terminologias usadas para caracterizar cada tipo de sinistro (Quadro 1 e Quadro 2) e identificar os possíveis fatores que contribuem para a ocorrência desses danos. Neste sentido também foi feita uma revisão das principais políticas públicas para a redução dos sinistros de trânsito, sendo uma delas o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (Pnatrians), criado pela Lei 13.614/2018.

Além disso, foram também considerados estudos voltados para a análise geoespacial dos dados de sinistros de trânsito incluindo uma revisão sobre as técnicas mais utilizadas para

a identificação de pontos críticos, a estimativa de densidade de Kernel é predominante. Essa revisão serviu de suporte para a análise da geoespecialização dos sinistros de trânsito e elaboração dos mapas temáticos em Monte Carmelo.

5.3.2 Obtenção dos dados

Os dados de sinistro de trânsito do município de Monte Carmelo foram obtidos a partir de um ofício enviado para a polícia militar, solicitando as informações para a elaboração do presente estudo. Os dados foram disponibilizados em uma planilha do Excel.

Os dados vetoriais utilizados no trabalho foram obtidos por meio dos *downloads* feitos diretamente dos sites do IBGE e do IDE-Sisema. Eles foram disponibilizados em arquivos compactados em formato *zip* e, ao extraí-los, estavam no formato *shapefile*. Esses dados vetoriais representam os limites das Unidades Federativas do Brasil e o limite municipal de Monte Carmelo em forma de polígonos, que delimitam suas áreas geográficas e indicam a sua localização no espaço.

Já as rodovias que passam pelo município são representadas por linhas, que indicam o traçado das vias sobre o território. Os dados vetoriais do limite dos bairros da malha viária do município foram disponibilizados por Cunha Filho (2022), também no formato *shapefile*.

5.3.3 Organização e tabulação dos dados

Após a obtenção dos dados dos sinistros de trânsito, foi realizada uma análise do banco de dados disponível, por meio do *software* Excel. Foram excluídos os sinistros de trânsito que não ocorreram dentro dos limites do perímetro urbano de Monte Carmelo, para atender o objetivo do trabalho de analisar apenas os sinistros registrados na área urbana do município.

Em seguida, os dados foram organizados em tabelas e quantificados. As tabelas foram elaboradas com a quantidade de sinistros por ano, e, gerou-se um gráfico, para o melhor entendimento de como os dados se comportaram durante esses anos. Os dados de sinistros ainda foram organizados e quantificados em sinistros por bairro, o que permitiu identificar os bairros que tiveram maior ocorrência dos sinistros.

Ademais, os sinistros ainda foram quantificados por causa presumida, o que nos fornece a informação da possível causa daqueles sinistros. Através da quantificação dos sinistros por causa presumida, foi possível classificar por fator gerador de sinistros, classificação adotada

pela ABNT (2020), essa classificação e quantificação serviu para identificar os principais fatores geradores de sinistros do perímetro urbano do município de Monte Carmelo.

As cores utilizadas no Quadro 6 correspondem à sua categoria e quantidade no Quadro 7. Assim, os fatores geradores são representados pelas seguintes cores: vermelho para fatores humanos, laranja para outras categorias, amarelo para fatores viários, verde para fatores externos à via e azul para fatores operacionais.

5.3.4 Geoespecialização dos dados

Para a geoespecialização, os dados dos sinistros foram importados como tabelas (CSV) no software QGIS 3.22.8, por meio da ferramenta “Criar camada a partir de um arquivo de texto delimitado”. Ao utilizar essa ferramenta, o software adiciona automaticamente uma camada de pontos a partir desse arquivo importado.

Em seguida, essa camada foi transformada para o formato *shapefiles* (SHP) por meio da ferramenta “Salvar como”, também disponível no QGIS. Esse recurso permite salvar o arquivo importado em diferentes formas, sendo escolhido, neste caso, o formato *shapefile*. Esse formato é utilizado para dados vetoriais que possibilita armazenar a forma, a posição e ainda as características de feições geográficas, como pontos, que, neste caso, foram utilizados para representar os sinistros de trânsito.

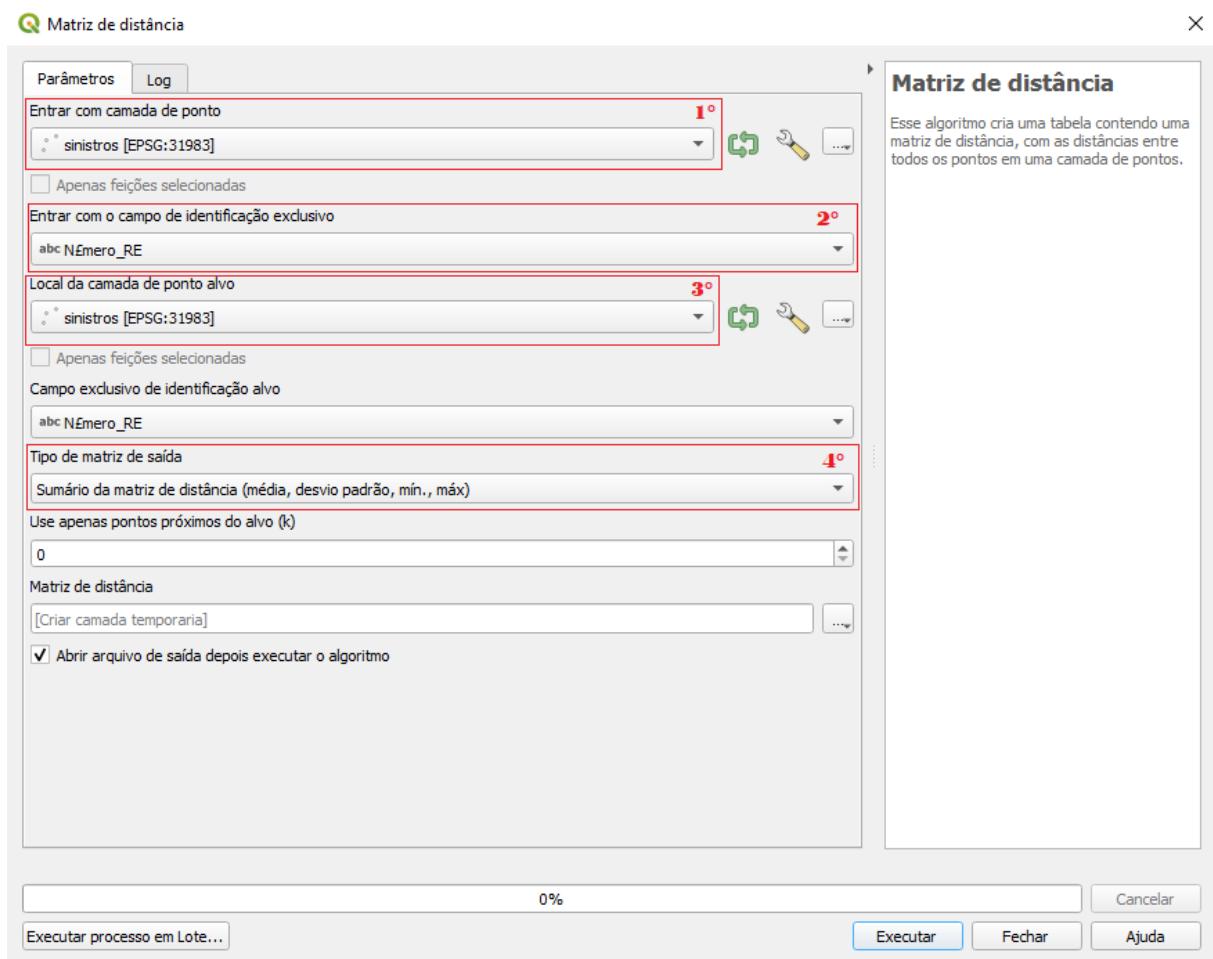
Os dados já possuíam coordenadas geográficas, que posteriormente foram transformadas em coordenadas cartesianas, para finalidade de medições de distâncias entre os sinistros que seriam utilizadas posteriormente. Além disso as coordenadas dos sinistros foram representadas por pontos na cor vermelha para melhor representação.

5.3.5 Definição do raio de Influência (*Kernel*)

Como o raio de influência depende do conjunto de dados (Kawamoto, 2012), a definição do raio neste trabalho foi baseada em uma análise estatística. Para isso, foi necessário calcular a distância entre os pontos (Equação 2), bem como a média (Equação 3), a variância (Equação 4), e o desvio padrão dessas distâncias (Equação 5).

Os cálculos estatísticos citados (matriz de distância, média, variância e desvio padrão) foram realizados a partir do algoritmo "Matriz de Distância" (Figura 7) do QGIS cuja equações citadas estão implementadas dentro do algoritmo.

Figura 7 - Configuração da ferramenta Matriz de distância



Fonte: QGIS (2022).

Como ilustrado na Figura 7, o primeiro passo constitui a inserção de uma camada vetorial de pontos, representada na caixa numerada como 1. Neste trabalho, a presente camada corresponde aos dados vetoriais dos sinistros de trânsito, representados por pontos. Cada ponto possui, em sua tabela de atributos, o seu código de identificação, bem como as coordenadas da localização exata daquele ponto.

Em seguida, na segunda caixa, foi fornecido o identificador único desses dados, ou seja, a coluna de identificação dos sinistros. Já a terceira etapa, correspondente a caixa 3, foi incluída automaticamente a camada de ponto alvo, que também se refere à camada dos sinistros de trânsito.

Por último, na quarta caixa, denominada, “Tipo de matriz de saída” foi escolhida selecionar a opção “Sumário da matriz de distância (média, desvio padrão, mínimo., máximo)”, responsável pelo cálculo das estatísticas. Vale ressaltar que cada uma dessas inserções foi

indispensável para configurar de forma correta a ferramenta e obter os resultados esperados para a análise.

Visando identificar propostas de melhorias de baixo custo, para mitigar a ocorrência dos sinistros de trânsito, os fatores geradores considerados nas análises foram os fatores humanos e viários. Esse processo foi feito três vezes: a primeira para calcular a matriz de distância de todos os sinistros de trânsito, a segunda para os sinistros de trânsito gerados pelo fator humano e a terceira para os sinistros de trânsito causados pelo fator viário. Após a realização dos procedimentos, o resultado é exportado em formato *XLSX*, formato de arquivo do *software Excel* que armazena planilhas eletrônicas.

A seguir serão apresentadas as fórmulas implementadas no algoritmo que foram utilizadas para determinação do raio:

$$dAB = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} \quad (2)$$

onde,

dAB : Distância entre dois pontos;

X e Y : São as coordenadas dos pontos que se deseja calcular a distância.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (3)$$

\bar{X} : Média da amostra;

X_i : Valor analisado;

n : Tamanho da amostra.

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n} \quad (4)$$

onde,

σ^2 : Variância;

X_i : Valor analisado;

\bar{X} : Média da amostra;

n: Tamanho da amostra.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (5)$$

onde,

σ : Desvio padrão;

X_i : Valor analisado;

\bar{X} : Média da amostra;

n: Tamanho da amostra.

Posteriormente, realizou-se o cálculo da média das médias e a média dos desvios padrões nas próprias planilhas que foram geradas anteriormente para posteriormente fazer o cálculo do raio. Para o cálculo do raio, realizou-se uma subtração e adição da média das distâncias de cada um dos pontos com a média do desvio padrão, visando aproximar um valor adequado para os pontos pela Equação 6 (Rizzatti *et al.*, 2020).

$$R = \bar{X} \pm \bar{X}\sigma \quad (6)$$

onde,

R: Raio de influência;

\bar{X} : Média da distância média;

$\bar{X}\sigma$: Média do desvio padrão.

Ao realizar o cálculo do raio para todos os sinistros de trânsito e para os sinistros gerados pelo fator humano, notou-se que os menores valores, não geravam descontinuidade, ou seja, a variação dos dados ocorria de forma ininterrupta, mantendo uma transição amena entre os resultados analisado. Além disso, os raios menores evidenciaram um bairro que possuía uma maior concentração de sinistros

Do contrário, os maiores valores suavizaram excessivamente os dados, ocultando um dos bairros que foi ponto crítico de ocorrência dos sinistros, conduzindo assim em interpretações errôneas da ocorrência dos sinistros. Dessa forma, o raio escolhido para gerar o

mapa de calor de kernel do sinistro total foi 749,86 metros e o raio dos sinistros de trânsito gerados pelo fator humano foi de 712,14 metros.

No cálculo do raio para os sinistros gerados pelo fator viário, observou-se que o menor valor acabou gerando descontinuidade uma vez que os sinistros causados por esse fator estão distribuídos com uma distância maior um do outro. Do contrário, o maior raio não suavizou a imagem e evidenciou as regiões que tiveram realmente uma maior concentração de sinistros. Dessa forma, o raio escolhido para gerar o mapa de calor de kernel dos sinistros gerados pelo fator viário foi de 2787,51 metros.

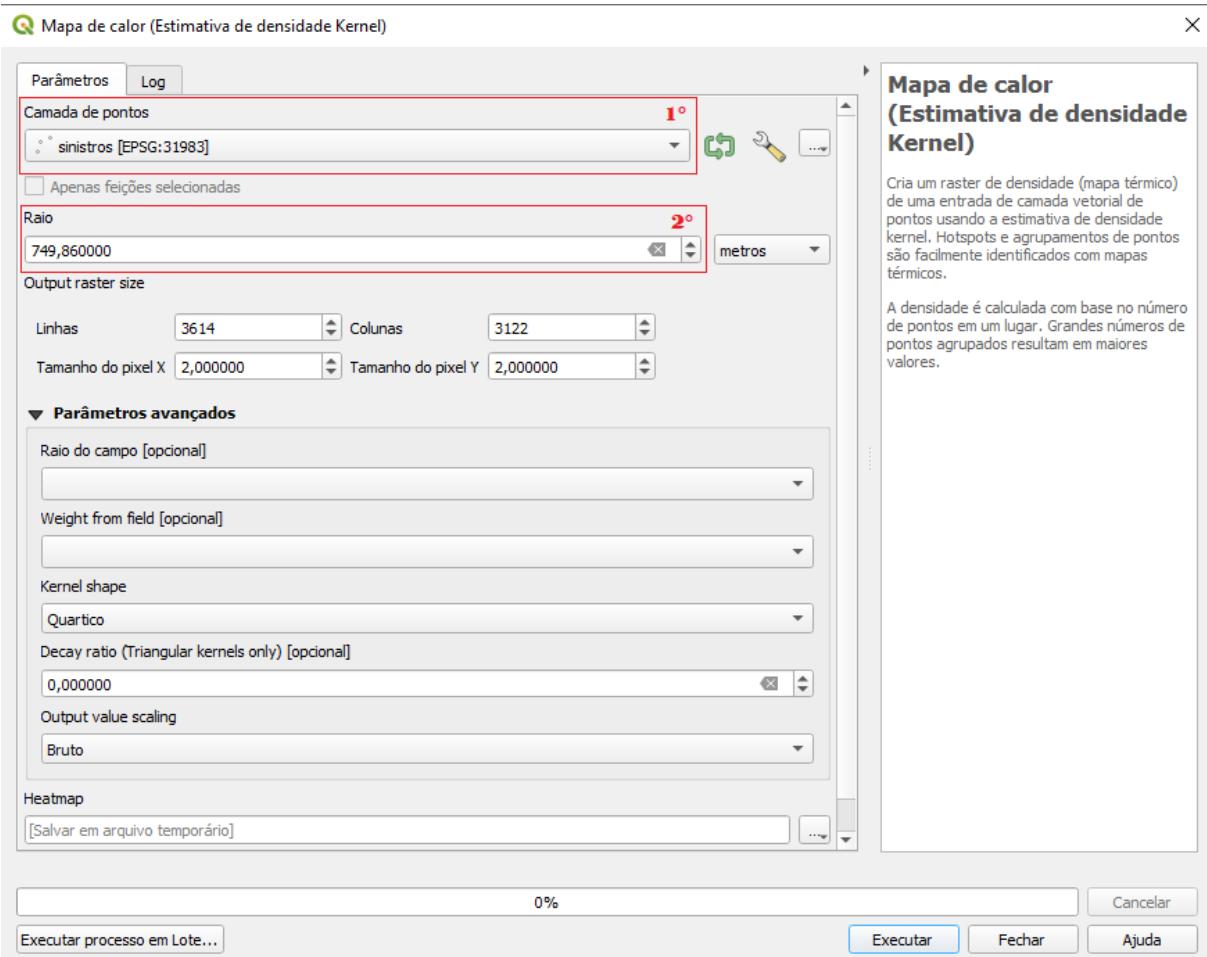
5.3.6 Identificação de pontos críticos

Levando em conta que os sinistros de trânsito estão relacionados a padrões pontuais, para a identificação de pontos críticos utilizou-se a ferramenta do QGIS “Mapa de calor (Estimativa de Densidade de Kernel)”.

Essa ferramenta utiliza o estimador de densidade de *Kernel* para gerar uma imagem *raster* de densidade a partir de uma camada de vetorial de pontos de entrada. A imagem raster resultante é formada por pixels, sendo que cada pixel contém um valor que representa sua informação específica. Neste caso, os pixels indicam a intensidade dos sinistros de trânsito em cada ponto.

Assim, para realizar a densidade de *Kernel* no QGIS 3.22.8, utilizou-se a ferramenta “Mapa de calor (Estimativa de densidade de Kernel)”, como mostra a Figura 8, no qual foi acessado pela caixa de ferramentas de processamento.

Figura 8 - Configuração da ferramenta Mapa de Calor



Fonte: QGIS (2022).

Como ilustrado na Figura 8, foi necessário inserir também uma camada vetorial de pontos, na caixa enumerada com o 1. Neste trabalho, a presente camada corresponde aos dados vetoriais dos sinistros de trânsito, como já dito no item 5.3.5. Na segunda caixa, forneceu-se o raio que seria utilizado para o procedimento. Nesta etapa, as informações fornecidas para o software também foram indispensáveis para configurar a ferramenta e obter os resultados esperados.

Esse processo foi feito três vezes: a primeira para gerar a densidade de Kernel de todos os sinistros de trânsito, a segunda para os sinistros de trânsito gerados pelo fator humano e a terceira para os sinistros de trânsito causados pelo fator viário. Todos os dados analisados são referentes ao período de 2022 a maio de 2024. Os raios utilizados foram: 749,86 metros para sinistros totais, 712,14 metros para sinistros de trânsito causados por fator humano e 2.787,51 metros para sinistros decorrentes de fatores viários. Esses valores foram calculados no item 5.3.5.

Com os *rasters* gerados, eles foram importados no software ArcGIS 10.8. Nele, estabeleceu-se um total de 5 classes para os *rasters* referentes a todos os sinistros de trânsito e para aqueles gerados pelo fator humano. Como o fator viário apresentou um menor volume de dados registrados, definiu-se o número de 3 classes para o *raster* correspondente ao fator viário.

Essa classificação foi realizada com o objetivo de estabelecer classes para os dados que representassem níveis diferentes de intensidade dos sinistros de trânsito. Para a realização dessa classificação foi utilizada a caixa de ferramenta “*Classified*” do ArcGis 10.8. Além disso, essa classificação foi realizada pelo método “*Jenks*” de quebras naturais, utilizando também o software *ArcGIS* 10.8, que melhor se adequou aos dados. Esse método tem como vantagem a representação e o escalonamento natural da série de dados, agrupando-os quanto a semelhança (Matsumoto; Catão; Guimarães, 2017).

Posteriormente, essas classes estabelecidas receberam cores distintas, permitindo visualizar com clareza a intensidade dos sinistros em cada área da imagem *raster*. Esse processo serviu para facilitar a interpretação dos dados e a identificação de áreas com maior ou menor concentração de pontos críticos.

5.3.7 Elaboração de mapas temáticos

Após a identificação dos pontos críticos com o uso da ferramenta Mapa de Calor (Estimativa de densidade de Kernel), iniciou-se a elaboração dos mapas temáticos no software *ArcGIS* 10.8. Mediante os mapas, foi possível visualizar de forma clara e objetiva a distribuição e intensidade dos sinistros de trânsito. As cores e formas utilizadas foram pensadas para que fosse possível a distinção entre os diferentes tipos de sinistros quando eles foram geoespecializados.

A variação das cores quentes, como o vermelho, laranja e o amarelo, foi aplicada para indicar a alta e média concentração de sinistros em uma determinada região, enquanto a variação das cores frias, como os tons de verdes e, em alguns casos, os de azul, foram empregados para representar áreas com uma menor concentração de ocorrências.

5.3.8 Elaboração de propostas

As propostas de melhorias foram pensadas e elaboradas com o intuito de aprimorar a prevenção e mitigação dos sinistros de trânsito. Essas propostas foram baseadas nas análises

dos resultados obtidos através da tabulação dos dados e através dos mapas de calor, que identificaram os principais pontos críticos de ocorrências dos sinistros e os principais fatores que corroboraram.

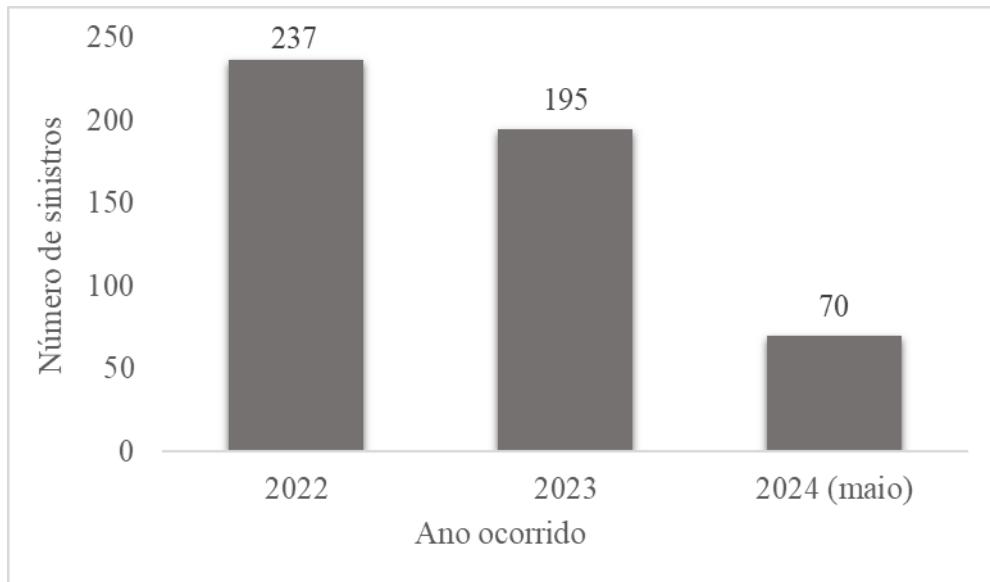
Além disso, as propostas também foram baseadas no livro “Segurança no Trânsito” por Ferraz *et al.* (2023), que carrega em sua literatura ações para a redução da sinistralidade viária, e a política nacional de segurança no trânsito, bem como, a Lei Nº 9.503 que Institui o Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997).

Neste sentido, o livro aborda a importância das boas práticas e educação no trânsito, do uso dos equipamentos de segurança, como o capacete e o cinto de segurança, como também a importâncias das manutenções nos veículos e, ainda, das infraestruturas viárias, como vias sinalização, iluminação de qualidade e extensão e pavimento de qualidade. Outro aspecto a ser considerado é a fiscalização viária e o papel dos gestores públicos nesse âmbito.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do banco de dados disponibilizado pela Polícia Militar de Patrocínio, foi possível analisar que no período de 1 de janeiro 2022 a 24 de maio de 2024, foram registrados 660 sinistros de trânsito no município de Monte Carmelo/MG. No entanto, considerando o objetivo deste estudo, foram excluídos 158 sinistros ocorridos fora do perímetro urbano, o que representa 23,94% do total. Dessa forma, restaram 502 sinistros ocorridos no perímetro urbano, correspondendo a 76,06% do total. Na Figura 9 é possível visualizar o número de sinistros ocorridos em cada ano.

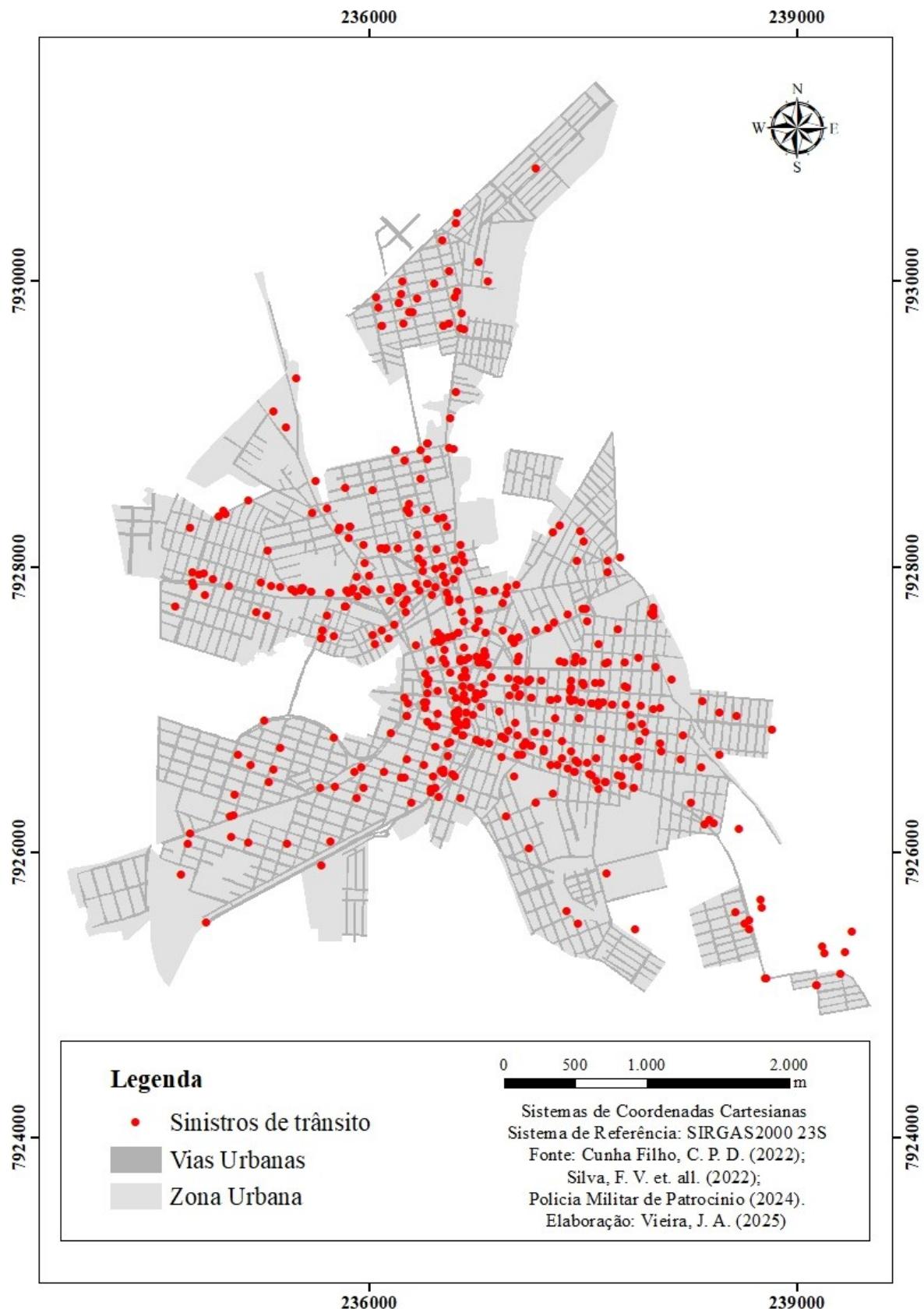
Figura 9 - Quantidade de Sinistros de Trânsito no Perímetro Urbano de Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).



Fonte: Adaptado de Polícia Militar de Patrocínio (2024).

Como pode ser observado os dados na Figura 9, no decorrer desses 2 anos e 5 meses o número de sinistros diminuiu a cada ano. Em 2022, foram registrados 237 sinistros de trânsito, enquanto que em 2023 esse número caiu para 195 casos registrados, o que representa uma redução de aproximadamente 17,72% em relação ao ano anterior, além disso de 1 de janeiro a 24 maio de 2024, foram registrados 70 sinistros. A ocorrência espacial dos sinistros de trânsito ocorridos no período do estudo está apresentada na Figura 10.

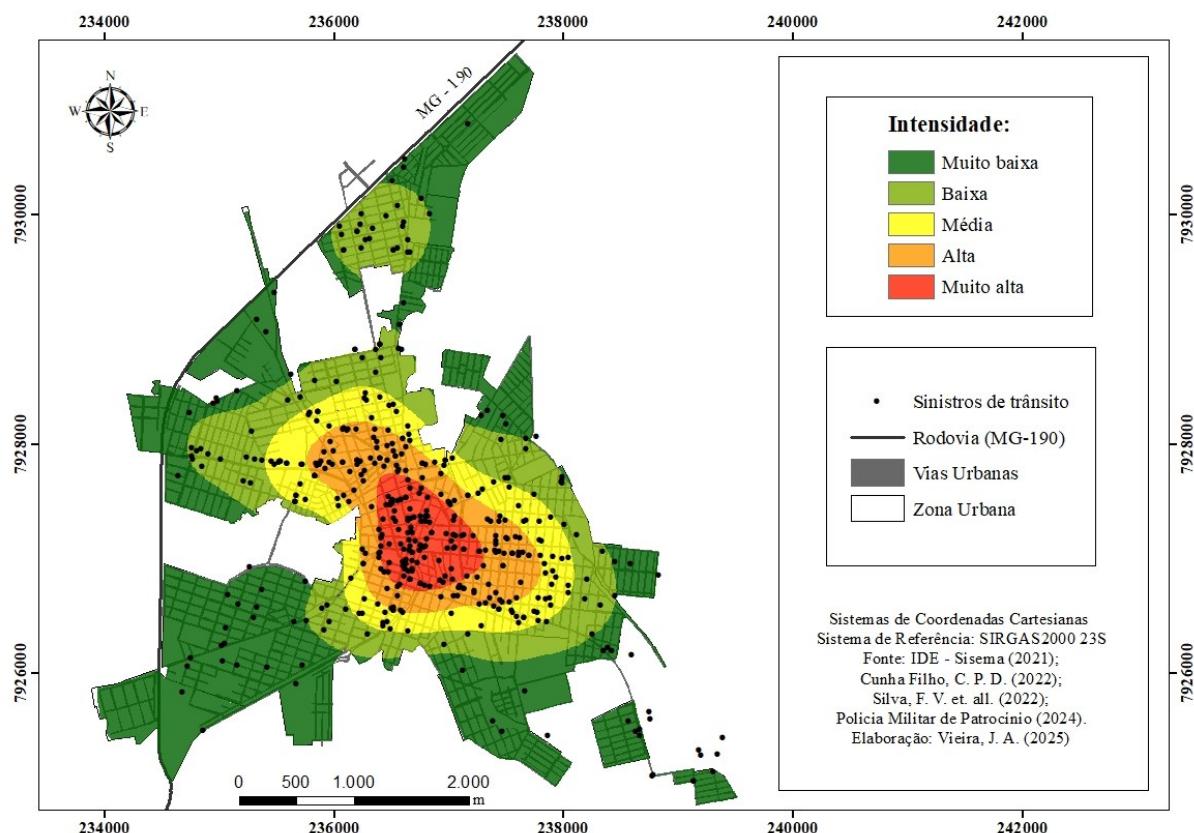
Figura 10 - Geoespacialização dos sinistros de trânsito de Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).



Fonte: A autora (2025).

As informações apresentadas na Figura 10 verifica-se a geoespecialização dos sinistros de trânsito ocorridos nas vias urbanas do município de Monte Carmelo. Na Figura 11 está apresenta uma visualização desses dados indicando as regiões com ocorrências com maior ou menor intensidades.

Figura 11 – Intensidade de ocorrência sinistros de trânsito de Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).



Fonte: A autora (2025).

O mapa de calor (Figura 11) gerado através do estimador de intensidade de Kernel, forneceu uma visão clara e objetiva da distribuição e intensidade dos sinistros de trânsito. As áreas com intensidade alta e muito altas estão indicadas pelas cores laranja e vermelha respectivamente, áreas com média intensidade indicadas na cor amarela e áreas com baixa ou muito baixa intensidade indicadas pela cor verde clara e verde escuro respectivamente.

A análise da densidade pontual dos sinistros de trânsito mostra que as áreas com maior concentração de sinistros estão no centro da cidade e nos bairros ao seu redor, como Boa Vista, Belo Horizonte, Nossa Senhora de Fátima, Batuque e Vila Nova. Essa maior concentração ocorre porque esses bairros abrigam tanto residências familiares quanto as principais atividades

comerciais e de prestação de serviço do município, como a prefeitura, bancos, supermercados, escolas, restaurantes, farmácias entre outros.

A concentração de estabelecimentos comerciais e de serviços atrai o fluxo elevado de pessoas e veículos, aumentando a movimentação e, o provável risco de sinistros. No Quadro 3 é apresenta a quantidade de sinistros por bairro, destacando aqueles com as maiores quantidades e de concentração das ocorrências.

Quadro 3 - Número de sinistros por bairro.

Sinistros por bairro	
Bairro	Número de sinistros
Centro	117
Boa Vista	70
Belo Horizonte	33
Nossa Senhora de Fátima	30
Batique	26
Vila Nova	26
Santa Rita de Cassia	23
Outros bairros	177
Total	502

Fonte: Adaptado de Polícia Militar de Patrocínio (2024).

Ao analisar os dados do Quadro 3, é possível verificar que o bairro Centro lidera o quadro com cerca de 117 sinistros seguido pela Boa vista com 70 sinistros, reforçando a justificativa que as áreas com maior fluxo de pessoas e veículos tendem a registrar maior ocorrência. Além disso, a soma de sinistros desses 7 principais bairros resulta em 325 sinistros, o que representa mais de 60% do total, indicando que os sinistros estão concentrados em poucos bairros, o que reforça a necessidade de medidas específicas nessas áreas. Entretanto, os restantes 177 sinistros, dispersos nos outros bairros da cidade, reforçam a importância de que as medidas preventivas seja, abrangentes e não devem se limitar apenas ao centro e bairros adjacentes, uma vez que cada ocorrência é significativo e merece atenção para ser evitada ou ainda eliminada.

Vale ressaltar, que o bairro Santa Rita não se localiza próximo ao bairro centro e mesmo assim apresentou um número significativo de sinistros de trânsito, isso pode-se dar ao fato que o bairro estar localizado ao lado da rodovia MG-190, que dá acesso ao município, gerando assim um grande volume de veículos circulando diariamente. Além disso, o excesso de velocidade também pode ser um fator contribuinte, já que muitos motoristas tendem a manter a velocidade da rodovia ao entrarem no município. Outro aspecto que se pode analisar dentro

do banco de dados disponível, é a ocorrências desses sinistros quanto ao dia da semana (Quadro 4).

Quadro 4 - Sinistros por dia da semana

Sinistros por dia da semana	
Dia da semana	Nº de sinistros
Domingo	51
Segunda	70
Terça - feira	69
Quarta - feira	58
Quinta - feira	67
Sexta - feira	92
Sábado	95
Total	502

Fonte: Adaptado de Polícia Militar de Patrocínio (2024).

Como pode ser observado nos dados apresentados no Quadro 4, o sábado, a sexta – feira e a segunda-feira, são os três dias da semana com maior número de sinistros ocorridos durante esses 2 anos e 5 meses. A soma dos sinistros ocorridos nesses três dias, resulta em 257 sinistros, o que é equivalente a mais de 50% do total dos sinistros. Além disso, foi feito um quadro relacionando os sinistros ocorridos nesses três dias, com os sinistros ocorridos nos bairros com maior ocorrência de sinistros (Quadro 5).

Quadro 5 - Análise dos bairros e dias da semana mais afetados.

Bairro/Dia da semana	Segunda - feira	Sexta- feira	Sábado
Centro	21	22	19
Boa Vista	11	12	8
Belo Horizonte	4	6	4
Nossa Senhora de Fátima	5	4	3
Batuque	5	6	5
Vila Nova	2	4	5
Santa Rita de Cassia	2	3	7

Fonte: Adaptado de Polícia Militar de Patrocínio (2024).

Ao analisar o Quadro 5, observa-se que o bairro centro possui a maior ocorrência de sinistros nos três dias analisados, com números bem significativos. O maior valor foi na sexta – feira com 22 sinistros registrados. Esse número pode estar associado ao fim do expediente do trabalho e aumento do fluxo das pessoas com a finalidade de lazer devido ao fim da semana e o segundo dia com maior ocorrência é a segunda – feira com o registro de 21 sinistros, que

também pode estar associado ao retorno das atividades de trabalho devido ao aumento de pessoas circulando na região.

Nota-se também, que no bairro Boa Vista acontece o mesmo, porém com menos sinistros, a sexta – feira com maior número de sinistros, 12 sinistros, a segunda – feira em segundo lugar com 11 sinistros, e o sábado com menor número com 8 sinistros.

O bairro Vila Nova, apresenta um menor número de sinistros registrados dentre os três dias. Esse dado pode estar associado fato de o bairro ser mais residencial e com menor fluxo de pessoas e automóveis circulando naquela região quando comparado as regiões mais centrais e com maior número de sinistros registrados.

Para entender melhor os fatores geradores dos sinistros de trânsito o banco de dados contempla uma coluna nomeada de “Causa presumida”, nela é possível encontrar causas como: animal na pista, avanço de sinal, defeito de sinalização, defeito no veículo, dentre outros que podem ser encontrados no Quadro 6.

Quadro 6 – Número de sinistros por causa presumida

Causa presumida	Número de sinistros
Animal na pista	7
Aquaplanagem	1
Avanço de Sinal	17
Conduta Inadequada do Pedestre	3
Contramão de direção	10
Defeito na sinalização	3
Defeito no Veículo	8
Derrapagem	9
Desobedecer a parada obrigatória	28
Dirigir embriagado/alcoolizado	22
Dirigir sob efeito droga ilícita	1
Dormir ao volante	3
Falta de Atenção	259
Ignorado	2
Má visibilidade	33
Não dar preferência	5
Não manter distância de segurança	7
Outras motivações/causas	1
Outras causas relacionadas ao trânsito	62
Retorno em local proibido	4
ultrapassagem forcada	6
Ultrapassagem proibida	2

velocidade incompatível	9
Total	502

Fonte: Adaptado de Polícia Militar de Patrocínio (2024).

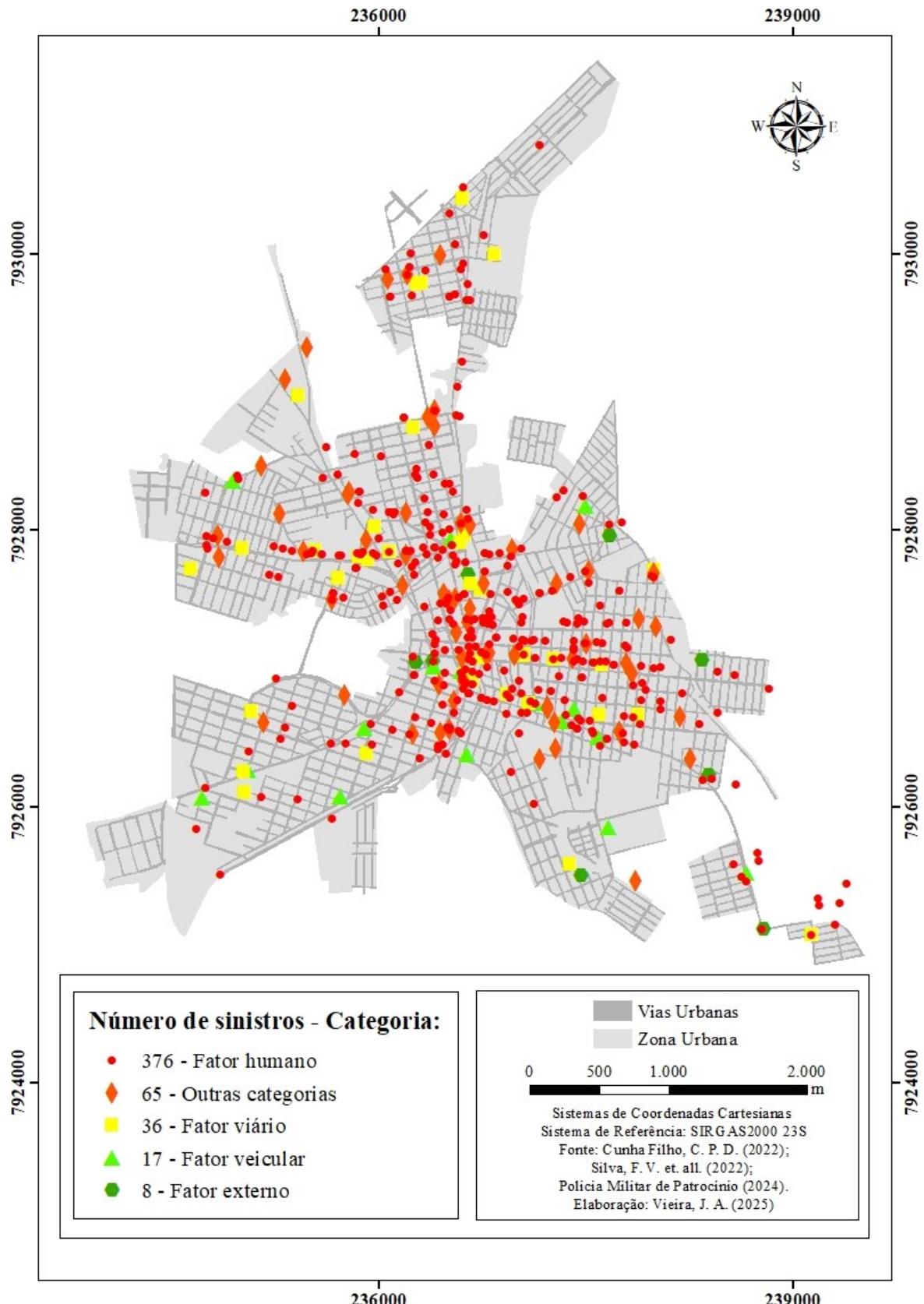
De acordo com a ABNT (2020), os principais fatores que geram sinistros de trânsito podem ser classificados em cinco categorias: externos, humanos, operacionais, veiculares e viários. Dessa forma, as causas presumidas apresentadas no Quadro 6 foram classificadas dentro dessas categorias, com exceção das causas presumidas nomeadas como “ignorado”, “outras motivações/causas” e “outras causas relacionadas ao trânsito”, que foram classificadas como “Outras categorias”, pois não se encaixavam em nenhuma das classificações definidas pela ABNT (2020). Desse modo, o número de sinistros de trânsito por fatores geradores de trânsito pode ser visualizado no Quadro 7 e na Figura 12.

Quadro 7 – Número de sinistros por fatores geradores de sinistros de trânsito.

Classificação dos fatores geradores de sinistros		
Fatores	Número de sinistros	Porcentagem (%)
Fator humano	376	74,90
Outras categorias	65	12,95
Fator viário	36	7,17
Fator veicular	17	3,39
Fator externo	8	1,59
Fator operacional	0	0,00

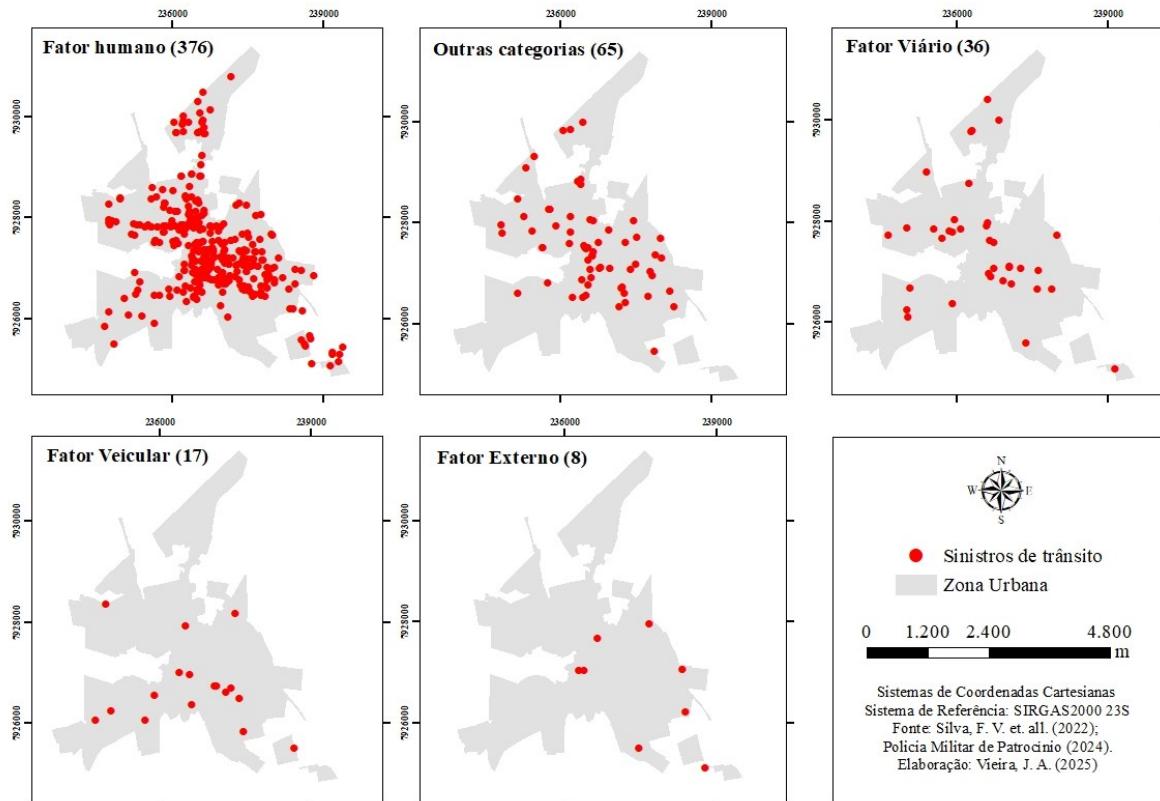
Fonte: Adaptado de Polícia Militar de Patrocínio (2024).

Figura 12 – Distribuição espacial dos fatores geradores de sinistros de trânsito em Monte Carmelo (2022 a maio de 2024).



Fonte: A autora (2025).

Figura 13 - Comparação entre as distribuições geoespaciais dos fatores geradores de sinistros de trânsito em Monte Carmelo (2022 a maio de 2024).

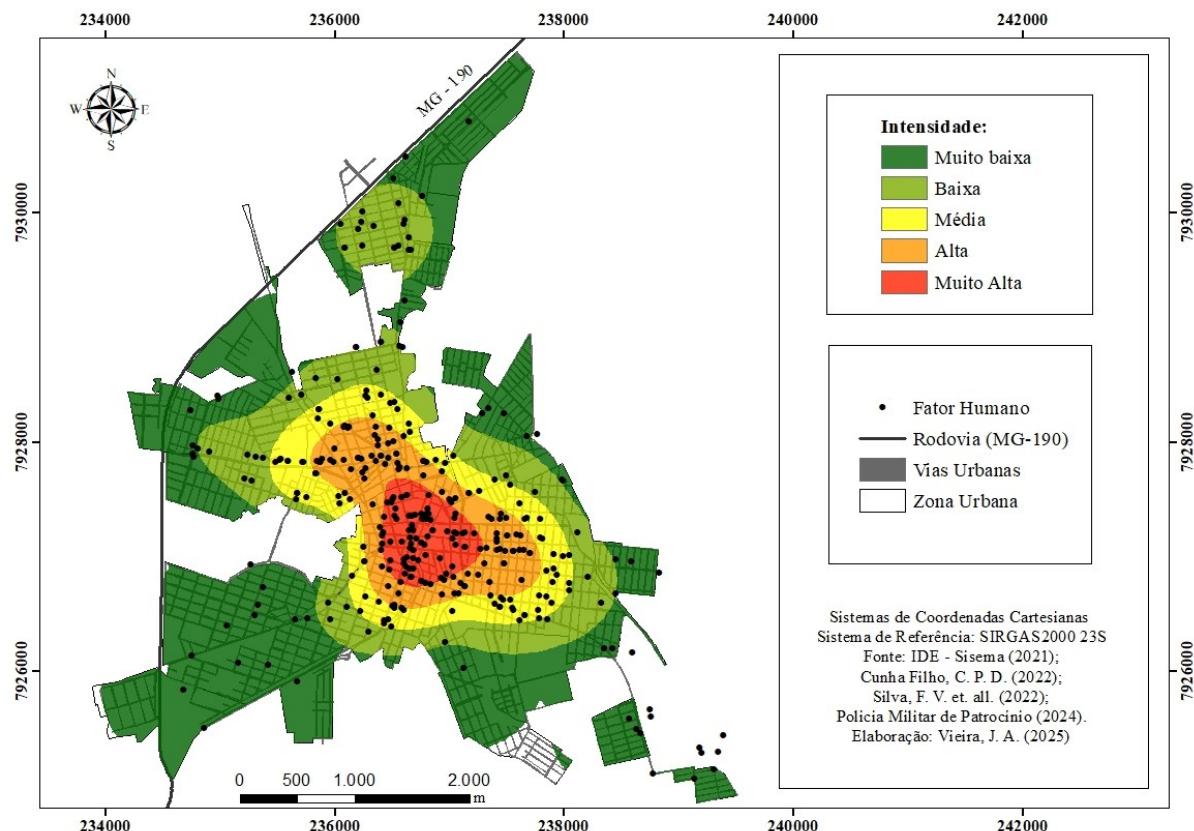


Fonte: A Autora (2025).

Ao analisar o Quadro 7 e as Figuras 12 e 13, é possível concluir que aproximadamente 75% dos fatores geradores de sinistros de trânsito em Monte Carmelo estão relacionados ao fator humano, confirmando o que foi visto na literatura sobre o tema, no diz que os erros dos condutores de veículos, pedestres ou ciclistas são a principal causa dos sinistros. Além disso, dentro dessa categoria “Fator humano”, um dado particularmente muito preocupante é que 259 sinistros foram causados por falta de atenção, o que equivale a aproximadamente a aproximadamente 69% dos sinistros de fator humano e 51,6% do total geral de sinistros.

Esse dado destaca a importância de iniciar campanhas educativas e ações voltadas à conscientização dos motoristas, pedestres e ciclistas sobre a necessidade e a importância de ter atenção no trânsito. Na Figura 14 é apresentado o Mapa de calor da intensidade de sinistros de trânsito causados pelo fator humano em Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).

Figura 14 - Mapa de calor da intensidade de sinistros de trânsito causados pelo fator humano em Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).



Fonte: A autora (2025).

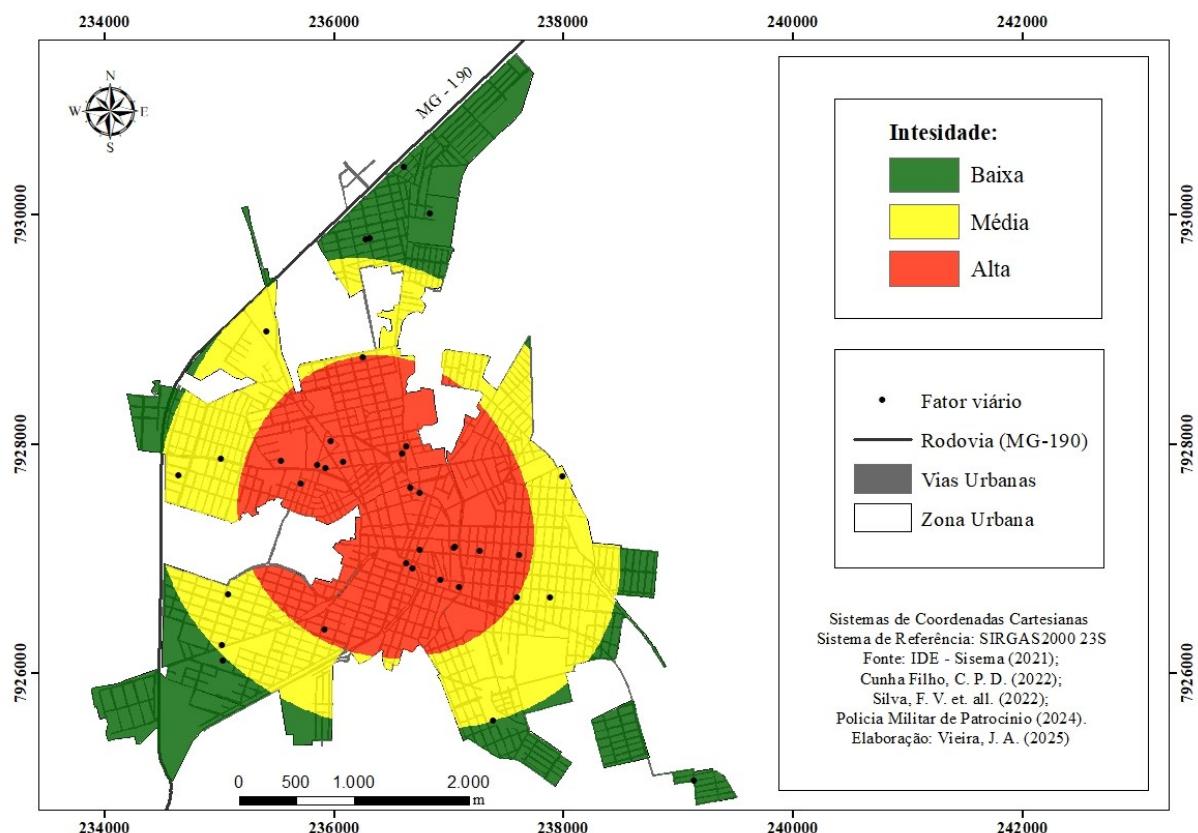
O mapa apresentado na Figura 14 é bastante similar ao mapa apresentado na Figura 11, essa semelhança se dá ao fato de que o fator humano é responsável por mais de 50% dos sinistros de trânsito, conforme dito anteriormente. Logo, os principais focos de calor desses sinistros também estão concentrados no centro da cidade e nos bairros ao seu redor, além do bairro Santa Rita, localizado próximo à rodovia MG-190. A alta incidência dos sinistros relacionados ao fator humano está diretamente associado ao intenso fluxo de veículos e pedestres nessas áreas, especialmente na região central e bairros ao redor, onde há maior concentração dos comércios e atividade urbanas.

Em segundo lugar, como mostrado os dados do Quadro 7 e nas Figuras 12 e 13, está o Fator Outras Categorias, que apresenta 65 sinistros, o que corresponde a 12,95% do total geral de sinistros. Essa categoria merece atenção especial, pelo fato de englobar causas que não se encaixam dentro dos padrões da ABNT, mas que, mesmo assim, ocupam a segunda posição entre os fatores que geram os sinistros. Portanto, é de extrema relevância realizar uma melhor investigação de quais são essas motivações, a fim de propor soluções mais específicas que possam amenizar os danos associados a esses casos.

O fator viário vem em terceiro lugar, com 36 sinistros, correspondendo a 7,17% do total geral (Quadro 7, Figuras 12 e 13). Defeito na sinalização e má visibilidade entraram nessa categoria, como causas de sinistros relacionados à via. Esses pontos são também bem importantes, pois a sinalização, tanto vertical quanto horizontal, quando irregulares ou com falhas, podem levar a confusões ou decisões inadequadas por partes dos motoristas, pedestres e ciclistas, aumentando, assim, o risco de colisões, capotamento e atropelamentos.

Ademais, a ausência de faixas de pedestres, ciclovias, e calçadas podem resultar em sinistros, já que os usuários mais vulneráveis da via, como os pedestres e ciclistas, são forçados a compartilhar o espaço com carros, caminhões, ônibus e outros veículos de grande porte, o que também pode aumentar o risco de atropelamentos. A Figura 15 apresenta Mapa de calor da intensidade de sinistros de trânsito causados pelo fator viário em Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).

Figura 15 - Mapa de calor da intensidade de sinistros de trânsito causados pelo fator viário em Monte Carmelo/MG (2022 a maio de 2024).



Fonte: A autora (2025).

O mapa de calor apresentado na Figura 15, ilustra uma diferença na quantidade de sinistros em relação ao mapa da Figura 14, mas ainda assim, as áreas com maior concentração

são o centro e os bairros ao seu redor. Nota-se também que os pontos fora da área em vermelho apresentam uma maior dispersão entre os sinistros, o que indica problemas pontuais que requerem de melhorias no sistema viário do município, seja na sinalização, na iluminação ou no pavimento das vias.

Os fatores veiculares, externos e operacionais, apresentados no Quadro 7 e nas Figuras 12 e 13, quando somados resultam em 25 sinistros, o que equivale a 4,98% do total geral. Ao abordar o fator veicular, ainda que represente um percentual menor dos sinistros de trânsito, vale ressaltar a carência de inspeções veiculares regulares e conscientização sobre a manutenção preventiva dos veículos. O fator externo, que resultou em apenas 8 sinistros, indica que os fatores externos como as condições climáticas e os animais na pista não são as principais causas dos sinistros registrados pela polícia, mas ainda assim devem ser levados em consideração no planejamento de soluções para diminuir os danos causados por esses sinistros.

O fator operacional não registrou nenhum sinistro, o que pode indicar que os sinistros ocorridos não foram classificados da forma correta na hora de registrar os sinistros. Levando em consideração os principais fatores geradores de sinistros de trânsito mencionados, pode-se pensar em possíveis propostas de intervenções de baixo custo com finalidades de diminuir ou até se possível eliminar esses sinistros. Uma delas são as campanhas preventivas de educação no trânsito, que podem ser feitas tanto em escolas, quanto em praças públicas com a intenção de alcançar um grande público de todas as idades buscando a conscientização das leis de trânsito e o comportamento adequado no trânsito. Para Ferraz *et al.* (2023), o ensino teórico e prático das leis e regras no trânsito são de suma importância, e deve ser aprimorado e contínuo em todos os níveis da escola, seja na pré-escola, no fundamental, médio e superior.

Ademais, Ferraz *et al.* (2023), por exemplo, cita ações com resultados satisfatórios que podem ser utilizadas para evitar os sinistros, como, combinar campanhas de conscientização e aumentar a fiscalização viária, além disso, as mensagens transmitidas pelas campanhas devem ser apelativas e de forte impacto com o intuito de sensibilizar as pessoas e estimular a mudança de comportamento no trânsito e do mesmo modo, as campanhas com foco específico no tipo de comportamento que se deseja mudar também são estratégias com resultados satisfatório. No caso de Monte Carmelo, por exemplo, se faz necessário promover campanhas que incentivem a maior atenção no trânsito, uma vez que a principal causa dos sinistros registrados foi a falta de atenção. Além disso, a polícia deve ter uma maior atenção ao registrar corretamente o fator ou fatores causados pelos sinistros, a fim de reduzir o número de ocorrência de sinistros de trânsito que foram classificados em “Outras Causa”, e assim, possibilitar a formulação de soluções mais eficazes para eliminar esses sinistros.

Levando em consideração os sinistros causados pelo fator viário, tem-se como proposta a melhoraria da sinalização viária, tanto vertical como horizontal. Neste sentido, as ações compreendem o aumento do número de faixa de pedestre, o reforço da visibilidade das linhas de demarcação das faixas de pedestres, melhorias na iluminação das vias, a instalação de placas de sinalização e limite de velocidade, ou ainda emprego de dispositivos para a redução de velocidade, em especial em avenidas e ruas com maior fluxo de pedestres e veículos, como também na entrada do município pela rodovia MG – 190.

Ainda que os fatores veiculares e externos tenham correspondido a uma menor quantidade em relação aos outros fatores, é de extrema importância não negligenciar esses sinistros e buscar melhorias para mitigá-los. Para prevenção de sinistro causados pelo fator veicular, faz-se necessário o aperfeiçoamento dos equipamentos de segurança, como cinto de segurança, cadeiras especiais para crianças e capacete, e a manutenção dos veículos, pontos muito importantes que vem ser abordados nas campanhas educativas. Para Ferraz *et al.* (2023), quando aperfeiçoados, os equipamentos de segurança e os sistemas de freio, direção, suspensão, estabilização e luzes externas, são essenciais para prevenir os sinistros de trânsito.

Problemas como, pneus lisos ou defeituosos, freios desregulares, faróis queimados, limpador do para-brisa com defeito, a falta de buzina e ainda os espelhos retrovisores deficientes, dentre outros são problemas críticos que podem contribuir para os sinistros, logo a manutenção adequada dos veículos podem contribuir de forma positiva para a redução da sinistralidade (Ferraz *et al.*, 2023).

Na prevenção de sinistros causados pelo fator externo que podem ser causados tanto por animais na pista ou ações climáticas como a chuva, a atenção no trânsito é de suma importância. Ademais, é essencial respeitar os limites de velocidade e ainda estar com a manutenção do veículo em dia. Neste contexto, as campanhas educativas também podem desempenhar um papel importante na conscientização dos motoristas. Além disso, as vias também devem estar bem iluminadas para que possa garantir a boa visibilidade de animal na pista, árvores, pedras ou qualquer objeto que possa causar sinistro da pista. O pavimento também deve estar em boas condições, sem defeitos, e a sinalização vertical e horizontal também precisam estar conservados para melhorar a segurança viária.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como finalidade identificar os principais geradores dos sinistros de trânsito em Monte Carmelo, além de possibilitar uma melhor compreensão dessas ocorrências. Visto que, o uso do estimador de densidade de kernel forneceu uma visão mais clara e objetiva da distribuição e da intensidade dos sinistros de trânsito. Ressaltamos que os pontos críticos localizados nas Figuras 11, 14 e 15, se refere ao centro da cidade e nos bairros ao seu redor, sendo essas as áreas com maior fluxo de pessoas e veículos devido a presença de comércio e de atividades humanas.

Com base nos resultados foi possível observar os principais fatores geradores de sinistros de trânsito, sendo eles: o fator humano, ocasionado pela falta de atenção e evidenciando a necessidade de campanhas educativas e o fator viário, ressaltando a necessidade de melhorias na sinalização, iluminação e pavimento das vias.

O trabalho ainda se propôs a contribuir com propostas que possam ajudar na diminuição ou até mesmo na eliminação dos sinistros de trânsito no município de Monte Carmelo, visando melhorar a segurança viária local através de campanhas educativas de segurança no trânsito; investimento na infraestrutura viária, por meio de melhorias na sinalização, iluminação e no pavimento das vias. Desta forma, as informações apresentadas neste estudo visam auxiliar na elaboração de planos de melhorias de segurança viária desenvolvidas pelos gestores públicos do município.

Vale destacar que o SIG foi de suma importância e eficácia para o melhor entendimento dos dados, pois com ele foi possível visualizar a distribuição espacial dos dados e a sua concentração, ou seja, os pontos críticos dos sinistros, através da ferramenta de estimador de densidade de Kernel. Com base nos resultados obtidos pela ferramenta, foi possível realizar os mapas de calor dos sinistros de trânsito, que foram essenciais para a discussão e entendimento do trabalho.

Em suma, os objetivos do trabalho foram alcançados, uma vez que a metodologia apresentada resultou em produtos cartográficos que poderão ser utilizados pelo poder público como ferramenta para tomada de decisão que buscam mitigar ou eliminar a ocorrência dos sinistros de trânsito em Monte Carmelo.

Visando contribuir com futuros trabalhos recomenda-se utilizar dados de ocorrências anteriores e posteriores ao ano estudado, com a finalidade de criar uma série histórica dos sinistros de trânsito para garantir conclusões mais consistentes em relações aos pontos críticos de ocorrência dos sinistros, de forma que permita o poder público adotar medidas de redução

dos sinistros de trânsito. No mais, aconselha-se estudar a contagem volumétrica de tráfego e de pedestres para entender melhor o impacto do fluxo dos veículos nos locais com maior ocorrência dos sinistros e possivelmente um comparativo dos padrões de sinistros de trânsito ocorridos em Monte Carmelo com outros municípios de porte semelhantes para entender os fatores específicos que geraram esses sinistros.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MEDICINA DE TRÁFEGO. ABNT muda terminologia e adota a expressão sinistro de trânsito para qualificar incidentes no tráfego. 2021.

Portal: ABRAMET. Disponível em: <https://www.abramet.com.br/noticias/abnt-muda-terminologia-e-adota-a-expressao-sinistro-de-transito-para-qualificar-incidentes-no-trafego/>. Acesso em: 31 jul. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10697: Pesquisa de sinistros de trânsito: Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. Disponível em: <https://www.abramet.com.br/repo/public/commons/ABNT%20NBR10697%202020%20Acidentes%20de%20Transito%20Terminologia.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm. Acesso em: 9 fev. 2025.

BERGAMASCHI, R. B. SIG aplicado a segurança no trânsito: estudo de caso no município de Vitória – ES. 2010. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010. Disponível em: <https://geografia.ufes.br/pt-br/2010>. Acesso em: 3 set. 2024.

CABRAL, A. P.; SOUZA, W. V.; LIMA, M. L. Serviço de Atendimento Móvel de Urgência: Um observatório dos acidentes de transportes terrestre em nível local. **Rev. Bras. Epidemiol.**, Recife, v. 14, n. 1, p. 3-14, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2011000100001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/8LhNwspBCYhPpHmZByvMrcP/?lang=pt>. Acesso em: 13 ago. 2024.

CÂMARA, G. et al. Análise espacial e geoprocessamento. In: DRUCK, S. (ed.). et al. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. cap. 1, p. 1-26. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>. Acesso em: 5 set. 2024.

CÂMARA, G. et al. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Rio de Janeiro: INPE, 1996. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>. Acesso em: 5 set. 2024.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise espacial de eventos. In: DRUCK, S. (ed.). et al. **Análise espacial de dados geográficos** Brasília: EMBRAPA, 2004. cap. 2, p. 1-15. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>. Acesso em: 5 set. 2024.

CARVALHO, C. H. R. de. Custos dos acidentes de trânsito no Brasil: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do Ipea sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias. **Texto para Discussão**, Brasília, v. 2565, p. 1-26, jun. 2020. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10075/1/td_2565.pdf. Acesso em: 12 ago. 2024.

CARVALHO, L. O. **Análise da ocorrência de sinistros de trânsito envolvendo pedestre na cidade de Cachoeira do Sul**. 2020. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia de Transportes e Logística) – Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/26048>. Acesso em: 3 set. 2024.

CUNHA FILHO, C. P. da. **[Base cartográfica de Monte Carmelo]**. Destinatário: Jordana Alves Vieira. [S.I], 12 fev. 2025, 1 mensagem eletrônica. Enviada por WhatsApp.

FERRAZ, A. C. P. C. et al. **Segurança no trânsito**. 3. ed. Curitiba: Ed. dos Autores, 2023. Disponível em: <https://eesc.usp.br/comunicacao-admin/wp-content/uploads/2024/04/Livro-Seguranca-no-Transito.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2024.

GOMES, R. de J. **Análise espacial dos acidentes de trânsito do município de Vitória utilizando sistema de informações geográficas**. 2008. 171 f. Dissertação (Mestre em Ciências, na área de concentração em Transportes) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008. Disponível em: <https://engenhariacivil.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGEC/disserta%C3%A7%C3%B5es-defendidas?page=2&sort=asc&order=Data%252520de%252520defesa>. Acesso em: 5 set. 2024.

IBGE. **Cidades e Estados**: Monte Carmelo. 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/monte-carmelo.html>. Acesso em: 7 set. 2024.

IBGE. **Malhas territoriais**: Brasil – Unidades da Federação. [Rio de Janeiro], 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 7 set. 2024.

IBGE. **Malhas territoriais**: Minas Gerais – Municípios. [Rio de Janeiro], 2022c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 7 set. 2024.

IDE SISEMA. **Sistema de transporte**: rodovias estaduais e federais de Minas Gerais. [Belo Horizonte], 2021. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 7 set. 2024.

KAWAMOTO, M. T. **Análise de técnicas de discriminação espacial com padrões pontuais e aplicações a dados de acidentes de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro-SP**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, Bocaturu, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/7bc33291-7a83-487e-8ce5-b97d91fa9252>. Acesso em: 10 set. 2024.

LEAL, V. A. M. **Perfil e mapeamento dos acidentes de trânsito fatais- óbito no local, na unidade Francisco Beltrão/PR entre 2010 e 2020**. 2023.60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas à Saúde) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2023. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/7016>. Acesso em: 13 ago. 2024.

LEITE, M. E. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento do uso do solo urbano e da dinâmica de favela em cidade média: o caso de Montes Claros/MG**. 2011. 288 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15937>. Acesso em: 9 set. 2024.

LIMA, L. M. de O *et al.* Fatores condicionantes da gravidade dos acidentes de trânsitos nas rodovias brasileiras. **Texto para Discussão**, Brasília, v. 1344, p. 7-25, jun. 2008. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1597/1/TD_1344.pdf. Acesso em: 12 ago. 2024.

LOPES, S. de A. **Análise de acidentes de trânsito com uso de sig e geoestatística: estudo de caso da cidade de Palmas – TO.** 2020. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Tocantis, Palmas, 2020. Disponível em: <http://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/1895>. Acesso em: 7 set. 2024.

MATSUMOTO, P. S. S. **Acidentes de trânsito em Presidente Prudente – SP:** aplicação de estatística espacial. 2011. 144 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2011. DOI:10.13140/RG.2.2.19065.26728. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308033848_ACIDENTES_DE_TRANSITO_EM_PRESIDENTE_PRUDENTE_-_SP_APPLICACAO_DE_ESTATISTICA_ESPACIAL. Acesso em: 9 set. 2024.

MATSUMOTO, P. S. S.; CATÃO, R. C.; GUIMARÃES, R B. Mentiras com mapas na Geografia da Saúde: métodos de classificação e o caso da base de dados de LVA do SINAN e do CVE. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, [s. l.], v. 13, n. 26, p. 211 - 225, 7 dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia132618>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/39737>. Acesso em: 11 mar. 2025.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (Brasil). **Pnastrans**. [Brasília, DF], 31 maio 2022. Portal: Ministério dos Transportes. Disponível em<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/pntrans>. Acesso em: 7 set. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). **Programa vida no trânsito**. [Brasília, DF], [ca. 2022]. Portal: Ministério da Saúde. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svs/vigilancia-de-doencas-cronicas-nao-transmissiveis/vigilancia-dos-acidentes-e-violencias/pvt>. Acesso em: 7 set. 2024.

NASCIMENTO, A. A.; SOUSA, B. P.; GUEDES, L. S. Uso de Geotecnologias na Especialização dos Acidentes de Trânsito com Vítimas no Perímetro Urbano de Araguaína - TO, Ano de 2015. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaína, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2017. Disponível em: <https://revista.unitpac.com.br/itpac/issue/view/34>. Acesso em: 5 set. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Lesões causadas pelo trânsito**. [S. l.], 2023. Portal: OMS. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>. Acesso em: 18 ago. 2024.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **OMS lança década de ação pela segurança no trânsito 2021-2030**. [S. l.], 2021. Portal: OPAS. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/28-10-2021-oms-lanca-decada-acao-pela-seguranca-no-transito-2021-2030>. Acesso em: 12 ago. 2024.

PARANÁ. Governo. Agência Estadual de Notícias. **Acidentes de trânsito geraram custo de R\$ 36 milhões ao SUS apenas entre 2022 e 2023**. Paraná, 2024. Portal: Agência Estadual de

Notícias. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Accidentes-de-transito-geraram-custo-de-R-36-milhoes-ao-SUS-apenas-entre-2022-e-2023>. Acesso em: 16 ago. 2024.

POLÍCIA MILITAR DE PATROCÍNIO. Solicitação dos dados para TCC. Destinatário: Luciany Seabra. [S. l.], 25 mai. 2024. 1 mensagem eletrônica. Enviada por *e-mail*.

QGIS. Versão 3.22.8. [S. l.: s.n.], 2022. Disponível em: <https://download.qgis.org/downloads/>. Acesso em: 22 fev. 2025.

QUEIROZ, M. P. Análise espacial dos acidentes de trânsito do município de Fortaleza. 2003. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/4859>. Acesso em: 10 set. 2024.

RIZZATTI, M. et. al. Mapeamento da covid-19 por meio da densidade de kernel. Santa Maria, v. 3, p. 1-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21166/metapre.v3i0.1312>. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/1312>. Acesso em: 11 set. 2024.

SANTOS, M. A. F.; GOBBI, W. A. de O.; FERREIRA, W. R. Análise temporal da morbi-mortalidade por acidentes de transporte no município de Uberlândia (MG): uma questão de saúde pública. **Caminhos de geografia**, v. 23, n. 16, p. 254 - 267, Uberlândia, 2005. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15464/8754>. Acesso em 15 ago. 2024.

SALLES, B. C. C. Espacialização dos acidentes de trânsito em Goiânia - GO nos anos de 2014, 2015 e 2016. 2020. 160 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.3906>. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/29484>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SILVA, F. V. et al. Delimitação político – administrativa dos bairros do município de Monte Carmelo – MG. In: CONGRESSO DE CADASTRO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL (COBRAC), 15, 2022, Florianópolis, **Anais** [...]. p. 1-8. Disponível em: www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2022/paper/view/950. Acesso em: 11 mar. 2025.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia – PPGEOPUFJF.** Juiz de Fora, v.7, n.2, p.195-201, 2017. DOI: <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2017.v7.18073>. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18073>. Acesso em: 8 set. 2024.