

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Gabriela Amorim de Araújo

**INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA VIÁRIA NA FREQUÊNCIA DE SINISTROS:
ESTUDO EM ALGUNS TRECHOS DE PISTA SIMPLES DA BR-381 EM MINAS
GERAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Belo Horizonte – MG

2026

Gabriela Amorim de Araújo

**INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA VIÁRIA NA FREQUÊNCIA DE SINISTROS:
ESTUDO EM ALGUNS TRECHOS DE PISTA SIMPLES DA BR-381 EM MINAS
GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Atividade de projeto final de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Tuler de Oliveira
Coorientador: Prof. Dr. Agmar Bento Teodoro

Araújo, Gabriela Amorim de.
A663a Influência da geometria viária na frequência de sinistros : estudo em alguns trechos de pista simples da BR-381 em Minas Gerais / Gabriela Amorim de Araújo. – 2026.
68 f. : il.
Orientador: Marcelo Tuler de Oliveira.
Coorientador: Agmar Bento Teodoro.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Graduação em Engenharia de Transportes, Belo Horizonte, 2026.

Bibliografia.

1. Rodovias. 2. Engenharia rodoviária. 3. Segurança no trânsito. 4. Acidentes de trânsito. I. Oliveira, Marcelo Tuler de. II. Teodoro, Agmar Bento. III. Título.

CDD: 625.7



FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC Nº 8 / 2026 - CETR (11.51.07)

Nº do Protocolo: 23062.035374/2026-64

Belo Horizonte-MG, 08 de julho de 2026.

Gabriela Amorim de Araújo

**INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA VIÁRIA NA FREQUÊNCIA DE SINISTROS: ESTUDO EM ALGUNS
TRECHOS DE PISTA SIMPLES DA BR-381 EM MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Atividade de Projeto Final de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em 18 de junho de 2026

Banca examinadora:

Dr. Marcelo Tuler de Oliveira — Orientador

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Dr. Agmar Bento Teodoro — Coorientador

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Dr. André Henrique Campos Teixeira

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Esp. Danielle Saranh Galdino Duarte Garcia

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

BELO HORIZONTE

2026

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 10:57)

AGMAR BENTO TEODORO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 3685785

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 11:22)

ANDRE HENRIQUE CAMPOS TEIXEIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 2089478

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 10:57)

DANIELLE SARANH GALDINO DUARTE GARCIA
PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO
DET (11.55.11)
Matrícula: 1099775

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 13:05)

MARCELO TULER DE OLIVEIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 1218244

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **8**, ano: **2026**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC**, data de emissão:
08/07/2026 e o código de verificação: **9a89aa7414**

AGRADECIMENTOS

Para todas as realizações há um momento certo; existe sempre um tempo apropriado para todo o propósito debaixo do céu. (Eclesiastes 3:1)

Agradeço inicialmente a Deus pelo dom da vida, pela graça e por me permitir a capacidade de chegar até aqui.

Aos meus pais, meu agradecimento e amor aos que foram meus primeiros professores, e que não pouparam esforços para que eu chegasse até aqui.

À minha mãe Arlene, que me ensinou a ler e me auxiliou em todos os momentos até aqui, me deu todo o apoio possível. Sua força, carinho e compreensão que sempre foi fundamental nessa caminhada.

Ao meu pai Jeozadaque, a quem segui os passos para profissão, que me trouxe pela primeira vez ao CEFET quando era professor do curso de Estradas e me deixou correr pela rampa e comer espaguete. Durante a graduação, me buscou depois das aulas a noite, independente do cansaço do dia, e por acreditar que sempre fui capaz.

Agradeço a minha irmã e amiga Julinha, pelo companheirismo e apoio durante toda essa caminhada, por estar aqui vibrando em cada conquista.

Ao meu namorado, Iago Manancezzi, que somou em minha vida e em minha graduação por todos esses anos. Agradeço o carinho, apoio, paciência, por ter sido minha dupla em todos os trabalhos e na vida.

Aos professores Marcelo Tuler de Oliveira e Agmar Bento Teodoro, pela orientação, ensinamentos e sabedoria compartilhada. As orientações enriqueceram o desenvolvimento deste trabalho e minha visão acadêmica e profissional. Muito obrigada por acreditarem no meu potencial.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais que se comprometeram com o ensino e a formação dos futuros engenheiros.

A meus familiares que de alguma forma acreditaram que fosse possível, agradeço a compreensão, e incentivo durante toda a caminhada. Com orgulho, me torno a primeira engenheira da família.

Aos colegas e amigos que fiz durante esses anos na instituição, espero encontrá-los no mercado de trabalho.

ARAUJO, Gabriela A. **Influência da geometria viária na frequência de sinistros: Estudo em alguns trechos de pista simples da BR-381 em Minas Gerais**. 2026. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2026.

RESUMO

A segurança viária constitui um dos principais desafios do sistema de transportes brasileiro uma vez que os sinistros figuram entre as principais causas de morte no mundo todo. A geometria viária influencia diretamente a distância de visibilidade, a segurança nas ultrapassagens e velocidade operacional permitida. A pesquisa CNT de Rodovias indica que mais da metade das estradas brasileiras apresentam algum tipo de inadequação geométrica. É possível observar que devido a relevância da geometria para a segurança viária, acredita-se que uma avaliação do traçado horizontal existente pode auxiliar na redução de sinistros. Tendo em vista o contexto apresentado, o objetivo deste estudo, é determinar se existe uma relação entre locais com ocorrência de sinistros na BR-381 e a geometria da rodovia. Para alcançar o objetivo traçado foi realizado um levantamento e análise dos registros de sinistros na rodovia BR-381 disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal. Em seguida, os dados levantados foram tratados a partir de conceitos da análise multicritério, para a seleção dos trechos de estudo. A escolha destes locais foi baseada na maior ou menor densidade de sinistros de cada trecho. Desta forma, tais trechos correspondem a sequências de curvas e foram avaliados quanto a seção transversal, velocidade regulamentada e sua geometria. A análise da geometria horizontal foi utilizada para a avaliação dos trechos existentes possibilitando determinar se as velocidades praticadas estão de acordo com o traçado geométrico.

Palavras-chave: BR-381; Geometria Viária; Segurança Viária; Sinistros de trânsito;

ARAUJO, Gabriela A. **Influence of road geometry on accident frequency: A study of some single-lanes sections of the BR-381 highway in Minas Gerais.** 2026. 68 f. Undergraduate Final Report. Transportation Engineering. Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG), 2026.

ABSTRACT

Road safety represents one of the main challenges for the Brazilian transportation system, as road traffic crashes rank among the leading causes of death worldwide. Road geometry directly influences sight distance, overtaking safety, and the permitted operating speed. The CNT Highway Survey indicates that more than half of Brazilian roads exhibit some type of geometric inadequacy. Given the relevance of geometry to road safety, it is believed that an evaluation of the existing horizontal alignment can assist in reducing crashes. Considering this context, the objective of this study is to determine whether a relationship exists between crash locations on the BR-381 highway and the road geometry. To achieve this objective, data on crash records on the BR-381 highway, provided by the Federal Highway Police (PRF), were collected and analyzed. Subsequently, the gathered data was processed using multi-criteria analysis concepts to select the study segments. The choice of these locations was based on the higher or lower crash density of each segment. Consequently, these segments correspond to sequences of curves and were evaluated regarding their cross-section, posted speed limits, and geometry. The horizontal geometry analysis was used to evaluate the existing segments, making it possible to determine whether operating speeds are consistent with the geometric alignment.

Keywords: BR-381; Road Geometry; Road Safety; Traffic Crashes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Sinistros de Trânsito.....	18
Figura 2 - Elementos constituintes Curva Circular Simples.....	21
Figura 3 - Elementos constituintes curva com transição.	22
Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos no tratamento de locais críticos.	29
Figura 5 - Trecho BR-381/MG.....	30
Figura 6 - Fases a serem seguidas pelo método proposto.	32
Figura 7 - Fluxograma Análise Multicritério	37
Figura 8 - Localização dos pontos na rodovia.....	40
Figura 9 – Demonstração dos sinistros desconsiderados.	41
Figura 10 – Mapa de densidade de sinistros.....	50
Figura 11 - Trechos selecionados para estudo.	51
Figura 12 - Seção transversal tipo do primeiro trecho selecionado.....	52
Figura 13 – Levantamento sinalização do primeiro trecho selecionado.	52
Figura 14 - Velocidades primeiro trecho selecionado.....	53
Figura 15 – Seção transversal tipo do segundo trecho selecionado	54
Figura 16 - Levantamento sinalização do segundo trecho selecionado.	55
Figura 17 - Velocidades segundo trecho selecionado.....	56
Figura 18 - Localização curvas trecho 1.....	57
Figura 19 – Localização curvas trecho 2.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – valores máximos admissíveis de coeficientes de atrito transversal.....	24
Tabela 2 - Valores dos raios mínimos em função das taxas máximas de superelevação (em metros).....	25
Tabela 3 - Valores de Raio acima dos quais a superelevação é dispensável.....	25
Tabela 4 - Velocidade diretrizes em função da classe de projeto e relevo.....	26
Tabela 5 – Variáveis da planilha “Agrupados por pessoa – Todas as causas e tipos de acidentes”.....	34
Tabela 6 – Classificação da relevância considerados nos tipos dos acidentes.....	38
Tabela 7 - Pesos considerados para os tipos de acidentes	38
Tabela 8 – Pesos considerados classificação acidentes.....	38
Tabela 9 - Matriz Multicritério.	39
Tabela 10 - Exemplo planilha de análise.....	41
Tabela 11 - Tabela de curvas trecho 1.....	57
Tabela 12 - Raios mínimos para o trecho 1.....	58
Tabela 13 - Análise das velocidades trecho 1.....	58
Tabela 14 - Tabela de curvas trecho 2.....	59
Tabela 15 – Análise das velocidades trecho 2	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de sinistros por ano.....	46
Gráfico 2 – Quantitativo de sinistros por tipo.....	47
Gráfico 3 – Classificação de sinistros de peso 3.....	48
Gráfico 4 – Classificação de sinistros de peso 2.....	49
Gráfico 5 – Classificação de sinistros de peso 1.....	49

LISTA DE SIGLAS

ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANTT.....	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BAT.....	Boletim de Acidente de Trânsito
CEFET-MG.....	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CNT.....	Confederação Nacional de Transportes
CTB.....	Código de Trânsito Brasileiro
DER-SP.....	Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo
DNIT.....	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GEIPOIT.....	Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes
IBGE.....	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAI.....	Lei de Acesso à Informação
LPAT.....	Laudo Pericial de Acidente de Trânsito
LPST.....	Laudo Pericial de Sinistro de Trânsito
MG.....	Minas Gerais
MT.....	Ministério dos Transportes
NBR.....	Norma Brasileira
OMS.....	Organização Mundial da Saúde
ONU.....	Organização das Nações Unidas
PNATRANS.....	Plano Nacional de Redução de mortes de Lesões no Trânsito
PRF.....	Polícia Rodoviária Federal
SIG.....	Sistema de Informação Geográfica
UNICAMP.....	Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Problema	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	14
2.3. Justificativa	14
3. REVISÃO DA LITERATURA	15
3.1. Sinistros de Trânsito	15
3.2. Geometria Viária	18
3.2.1. Alinhamento horizontal	20
3.2.2. Raio mínimo e Superelevação	23
3.3. Velocidade e sinistros	25
3.4. Identificação de Segmentos críticos	27
3.5. Rodovia BR-381	30
4. METODOLOGIA	32
4.1. Sistematização da metodologia	32
4.2. Coleta e tratamento dos dados de sinistros	33
4.2.1. Tratamento dos dados	35
4.2.2. Análise Multicritério	36
4.2.3. Aplicação da Análise	39
4.3. Seleção dos trechos	42
4.3.1. Mapa de densidade e seleção dos trechos	42
4.4. Levantamento e análise da geometria	43
4.4.1. Cadastro da sinalização e estrutura existente	43
4.4.2. Levantamento da geometria	43

4.4.3.	Análise da geometria.....	44
5.	RESULTADOS.....	46
5.1.	Análise da sinistralidade registrada.....	46
5.2.	Análise da densidade dos sinistros e seleção dos trechos	49
5.2.1.	Seleção dos trechos.....	50
5.3.	Caracterização dos trechos selecionados.....	51
5.3.1.	Trecho 1	51
5.3.2.	Trecho 2	53
5.4.	Análise da geometria.....	56
5.4.1.	Geometria trecho 1.....	56
5.4.2.	Geometria trecho 2.....	59
5.4.3.	Considerações finais sobre a geometria	61
6.	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS.....	65

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo expõe e contextualiza os fatores relacionados com sinistros de trânsito e sua relação com a geometria das vias e a velocidade do veículo.

Complementarmente, é apresentada uma justificativa para a escolha do tema, assim como o objetivo geral e objetivos específicos esperados da pesquisa, definidos com base das análises que fundamentam e justificam a realização deste trabalho.

1.1. Problema

De acordo com a Pesquisa da Confederação Nacional dos Transportes (CNT) de Rodovias, a geometria da via influencia diretamente a distância de visibilidade, a segurança nas ultrapassagens e a velocidade operacional permitida. Rodovias com boas condições geométricas reduzem significativamente o risco de acidentes, sobretudo em trechos de curvas e aclives (CNT, 2024).

No que diz respeito à geometria das vias, a Pesquisa CNT de Rodovias de 2024 aponta que apenas 34,8% da extensão avaliada está classificada como Ótimo ou Bom, enquanto 65,2% apresentam algum tipo de inadequação geométrica, classificados como Regular, Ruim ou Péssimo. A pesquisa ainda ressalta que a Geometria da Via é um componente que influencia diretamente a probabilidade de ocorrência de acidentes e indica a necessidade de investimentos em readequação geométrica para mitigar o risco de sinistros.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) os acidentes de trânsito figuram dentre as principais causas de morte no mundo todo, destacando-se como a principal quando se trata de jovens de 15 a 29 anos (OMS, 2018). Ratificando a importância desse tema, a ONU lançou em 2011 a Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020, na qual governos de todo o mundo, inclusive o brasileiro, se comprometeram a implementar novas medidas para prevenir os acidentes no trânsito (OMS, 2015).

No contexto nacional, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015) levantou que no ano de 2014 ocorreram 169.163 acidentes nas estradas federais fiscalizadas pela Polícia Rodoviária Federal (PRF), com 4% dos acidentes com vítimas

fatais; 37% vítimas feridas; e 59% foram acidentes sem vítimas. Sendo aproximadamente 463 acidentes e 23 mortes por dia, com o Estado de Minas Gerais apresentando o maior número de acidentes e mortes. Segundo a série histórica de dados gerais de sinistros PRF, no ano de 2024, foram registrados 73.156 acidentes nas rodovias federais, apresentando uma significativa redução de 43%.

Além do valor imensurável da perda dessas vidas e do impacto na renda familiar das vítimas, esses acidentes acarretam custos ao Estado brasileiro na ordem de bilhões. Somente no primeiro semestre do ano de 2024, estima-se que os custos decorrentes de acidentes e mortes registrados em rodovias federais atingiram o montante de R\$ 8,91 bilhões (CNT, 2024).

A segurança viária constitui um dos principais desafios do sistema de transportes brasileiro, especialmente em rodovias com elevado volume de tráfego e condições geométricas heterogêneas. Nas últimas décadas, o país tem avançado na melhoria de infraestrutura e nas políticas públicas voltadas à redução de sinistros de trânsito, alinhando-se às recomendações internacionais de abordagem sistêmica para um trânsito seguro, assim como a como a instituição do Plano Nacional de Redução de mortes de Lesões no Trânsito (PNATRANS).

Diante disso, este trabalho busca investigar a relação entre a geometria viária e a ocorrência de sinistros em trechos da BR-381, com base em dados abertos da Polícia Rodoviária Federal sobre registros de sinistralidades e na análise de parâmetros geométricos obtidos por geoprocessamento. A relevância do estudo reside na necessidade de identificar trechos críticos e compreender como elementos geométricos, como raios de curvatura, superelevação e traçado horizontal, influenciam diretamente a segurança dos usuários.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Determinar se existe uma relação entre os alguns locais com maior ocorrência de sinistros na BR-381 com a geometria da via. Com base em uma análise cruzada da localização dos sinistros será determinado uma área de influência com base na proximidade com curvas e a sua geometria.

2.2. Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a geometria da via no trecho de pista simples, a partir de levantamento com o uso dos softwares *Autodesk Civil 3D* e *QGIS*.
- Analisar a locação dos dados de sinistros da rodovia, obtido com base em dados públicos disponibilizados por órgãos competentes.
- Verificar a relação entre a localização dos sinistros e a geometria viária.

2.3. Justificativa

Diante do problema apresentado no Item 1.1, percebe-se que a geometria da via é um dos fatores determinantes para a segurança viária, constituindo um pilar essencial para garantir a adequada trafegabilidade dos usuários. Conforme apontado pelo Prof. Dr. Diógenes Cortijo Costa, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP (2024) uma parte considerável das rodovias brasileiras apresenta traçados inadequados sob a ótica da física aplicada, pois muitas delas foram originalmente abertas por animais e carroças em seus percursos naturais. Com exceção de algumas grandes rodovias, como a Presidente Castello Branco e a Presidente Dutra, a maior parte das vias localizadas em regiões serranas brasileiras não possui projeto ou desenho geométrico formal.

O manual de projetos geométricos de rodovias rurais do extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1999), define que, o traçado é composto por tangentes e concordâncias horizontais, que podem ser chamadas também de curvas horizontais, e para estas, determinam parâmetros para a definição de raios mínimos para curvas horizontais em vias, de acordo com a velocidade. A inconformidade com estes parâmetros interfere na dirigibilidade da via, conforto para os usuários e sua segurança.

Assim, o trabalho busca responder: As curvas horizontais da rodovia em estudo estão de acordo com os parâmetros de velocidade normatizadas? Qual é o impacto, para segurança viária, do descumprimento do limite regulamentado nas curvas horizontais considerando a relação entre velocidade de projeto?

3. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura tem a intenção de apresentar conceitos básicos e fundamentais, de modo a orientar e guiar o entendimento do tema e relevância do trabalho. As definições foram elaboradas com base em manuais, normas técnicas e trabalhos acadêmicos que tratam sobre o tema estudado. Aqui serão abordados assuntos como (I) sinistros de trânsito, (II) Geometria viária, (III) Velocidade e sinistros, (IV) identificação de segmentos críticos e (V) rodovia BR-381.

3.1. Sinistros de Trânsito

A Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), define na NBR 10697:2020 sinistro 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 (ABNT, 2020, p.5).

Nesta norma, também são apresentadas variações, do tipo sem vítima, com vítima não fatal, com vítima fatal e incidente de trânsito, que não há vítima ou dano material, mas traga prejuízo ao trânsito, via ou meio ambiente.

Por meio da lei 14.599/23, foram realizadas alterações no Código de trânsito Brasileiro (CTB), precisamente no Anexo 1, que passou a substituir o termo “acidente” por “sinistro de trânsito”, com definição alinhada a previamente definida pela ABNT. Portanto, bibliografias produzidas antes desta alteração, tendem a empregar o termo “acidente de trânsito”.

A classificação dos tipos de sinistros de acordo com características diferentes visa definir ações que podem ser implementadas para minimizar a sinistralidade de acordo com causas similares, baseado na norma NBR 10697, Ferraz et al. (2023), classifica os tipos de sinistros de acordo como descrito a seguir:

- **Colisão traseira:** ocorre na frente contra a traseira ou na traseira contra a traseira, quando os veículos transitam no mesmo sentido ou em sentidos opostos, podendo pelo menos um deles estar em marcha ré. Ocorre, em geral,

quando o veículo que está à frente freia bruscamente, ou se locomove com velocidade muito baixa, e o veículo de trás, por estar muito próximo e/ou com velocidade muito alta, não consegue frear a tempo e colide com o da frente.

- **Colisão frontal:** Ocorre quando os veículos transitam em sentidos opostos, na mesma direção, colidindo frontalmente. Ocorre, em geral, quando um dos veículos invade a pista destinada ao tráfego no sentido oposto em razão de ultrapassagem imprudente ou perda de controle da direção em razão de um ou mais dos seguintes fatores: curva fechada, excesso de velocidade, foco de atenção desviado, cochilo, defeito do veículo, problema na pista etc.
- **Colisão transversal:** Ocorre transversalmente, quando os veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente. Ocorre, comumente, em cruzamentos viários quando um dos veículos avança inadvertidamente um sinal de “Pare” ou “Dê a Preferência”, ou o sinal vermelho de um semáforo. Este tipo de sinistro é o equivalente ao denominado de abalroamento transversal.
- **Colisão lateral:** Ocorre lateralmente, quando os veículos transitam na mesma direção, podendo ser no mesmo sentido ou em sentidos opostos. Ocorre, em geral, quando um dos veículos não percebe a presença de outro que está ao seu lado e invade a faixa contígua, seja para ultrapassar outro veículo que está à frente, fazer uma conversão ou simplesmente mudar de faixa. Também pode ocorrer quando um dos veículos invade parcialmente a pista contrária. Este tipo de sinistro é o equivalente ao denominado de abalroamento lateral.
- **Choque:** Há o impacto de um veículo contra qualquer objeto fixo ou objeto móvel sem movimento. Ocorre comumente quando o condutor perde o controle do veículo e sai da pista em razão de um ou mais dos seguintes fatores: curva fechada, excesso de velocidade, foco de atenção desviado, cochilo, defeito do veículo, problema na pista etc.
- **Atropelamento de animal:** Animal(is) sofre(m) o impacto de um veículo em movimento. Ocorre devido à presença de animais na via e/ou à falta de cuidado do condutor, ou perda de controle do veículo e saída da pista devido a um ou mais dos seguintes fatores: curva fechada, excesso de velocidade, foco de atenção desviado, cochilo, defeito do veículo, problema na pista etc.

- **Atropelamento de pessoa:** Pessoa(s) sofre(m) o impacto de um veículo em movimento. Ocorre devido à falta de cuidado do pedestre e/ou do condutor, ou perda de controle do veículo e saída da pista devido a um ou mais dos seguintes fatores: curva fechada, excesso de velocidade, foco de atenção desviado, cochilo, defeito do veículo, problema na pista etc.
- **Tombamento:** O veículo sai de sua posição normal, imobilizando-se sobre uma de suas laterais, sua frente ou sua traseira. Pode ocorrer em razão de uma colisão, choque ou saída da pista e queda sobre uma superfície situada em plano inferior ou, ainda, subida ou queda em um talude.
- **Capotamento:** O veículo gira sobre si mesmo, em qualquer sentido, ficando em algum momento com as rodas para cima, imobilizando-se em qualquer posição. As causas são, em geral, as mesmas do tombamento, porém mais acentuadas.
- **Engavetamento:** Há o impacto de três ou mais veículos, em um mesmo sentido de circulação, resultando de uma sequência de colisões traseiras, laterais ou transversais. Ocorre, em geral, quando os veículos não mantêm uma distância de segurança que seja compatível com a velocidade, condições da pista e/ou condições ambientais. Nesse caso, uma colisão entre dois veículos pode desencadear colisões múltiplas, caracterizando o sinistro denominado engavetamento. É mais comum acontecer quando a pista está lisa (devido à chuva, neve, presença de óleo ou gelo etc.) e/ou quando a visibilidade é baixa por causa de nevoeiro.
- **Queda:** Há impacto em razão de queda livre do veículo, queda de pessoas ou cargas transportadas em razão do movimento do veículo. Ocorre, em geral, devido ao transporte inadequado de cargas, desequilíbrio de passageiros no interior de um ônibus devido a movimentos bruscos, queda de ocupante de motocicleta etc.
- **Sequência:** Combinação dos sinistros de trânsito anteriormente definidos, que ocorrem em sequência no mesmo evento.
- **Outros** - sinistros de trânsito que não se enquadram em nenhum dos tipos anteriores. Exemplos: veículo que teve o para-brisa quebrado por uma pedra solta lançada pelas rodas de outro veículo; veículo que se incendiou etc.

Figura 1 - Tipos de Sinistros de Trânsito.

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).

3.2. Geometria Viária

O projeto geométrico de uma estrada é entendido por “processo de correlacionar os seus elementos físicos com as características de operação, frenagem, aceleração, condições de conforto, etc.” (Pontes Filho, 1998).

A respeito dos manuais que instruem a acerca, o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP), em suas Notas Técnicas de Projeto Geométrico nota que os primeiros manuais de abrangência nacional datam os anos 70, destacando-se o Manual de Projeto de Engenharia Rodoviária e as Instruções para o Projeto Geométrico de Rodovias Rurais. A versão mais recente e difundida é o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999).

Para melhor compreensão dos conceitos levantados neste trabalho, serão adotadas as definições presentes nesse manual, publicado em 1999 pelo extinto Departamento Nacional de estradas de Rodagem (DNER).

- **Eixo:** linha de referência, cujo alinhamento sequencial projetado no plano horizontal define o traçado em planta, ou seja, a ele são referidos os elementos planimétricos da via.
- **Faixa de Rolamento:** faixa longitudinal da pista, designada e projetada para uma fila de veículos em movimento contínuo.
- **Greide:** perfil do eixo de rotação da pista referido à superfície acabada do pavimento. Neste caso, também é especificado como greide de pavimentação. Quando o perfil do eixo de rotação for referido à plataforma terraplenada, é especificado como greide de terraplenagem.
- **Perfil:** linha que representa de forma contínua a situação altimétrica de um alinhamento sobre uma superfície plana.
- **Perfil do Terreno:** perfil de uma linha (por exemplo, o eixo ou um bordo da pista) disposta sobre a superfície terrestre.
- **Plataforma:** parte da rodovia compreendida entre os limites externos dos passeios ou entre os pés de corte e cristas de aterro, incluindo os dispositivos necessários à drenagem da pista.
- **Projeto Geométrico:** projeto que define detalhadamente os aspectos geométricos de uma via.
- **Seção Transversal Tipo:** seção transversal constante empregada repetitivamente em trechos contínuos de rodovias ou ramos.
- **Superelevação:** declividade transversal em um único sentido de que a pista é dotada em curvas, com caimento orientado para o centro (lado interno) da curva, com o objetivo de contrabalançar a atuação da aceleração centrífuga.

- **Terceira Faixa:** consiste em uma faixa auxiliar acrescida lateralmente à pista do lado direito no sentido ascendente, destinada ao tráfego de veículos lentos, objetivando melhorar a fluência de operação mediante obras de relativo baixo custo que adiem investimentos de grande vulto. Aplica-se a designação tanto a pistas de mão dupla como de mão única.
- **Velocidade diretriz ou velocidade de projeto:** é a maior velocidade com que um trecho viário pode ser percorrido com segurança, quando o veículo estiver submetido apenas às limitações impostas pelas características geométricas. É a velocidade selecionada para fins de projeto, da qual se derivam os valores mínimos de determinadas características físicas diretamente vinculadas à operação e ao movimento dos veículos.

Tendo conhecimento dos conceitos levantados, a elaboração de um projeto geométrico consiste inicialmente na definição do traçado de uma rodovia. “Define-se traçado de uma rodovia como o alinhamento espacial que representa o eixo principal da via, em planta e em perfil, em função do qual são definidos os outros componentes da via” (Pimenta et. Al, 2017, p.11).

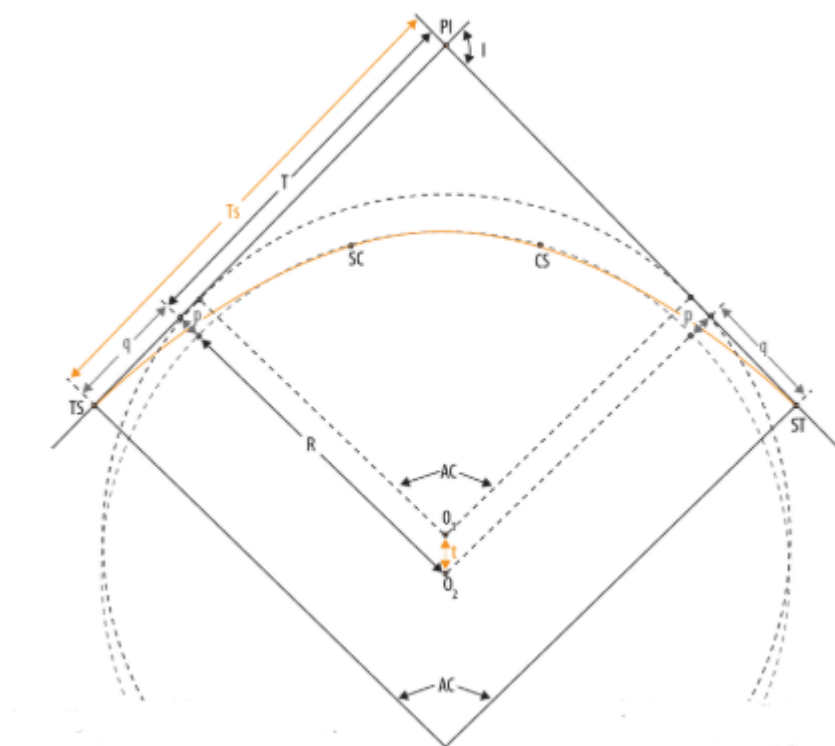
3.2.1. Alinhamento horizontal

Pontes Filho (1998) menciona que a apresentação de um projeto em planta consiste na disposição de uma série de alinhamentos retos concordados pelas curvas de concordância horizontal. Os trechos retos, ou sejam situados entre duas curvas de concordância, são denominados tangentes. Em seu manual, o DNER (1999) levanta que o traçado deve ser contínuo, evitando trechos de tangentes excessivamente longos e curvas com desenvolvimento curto e tanto quanto possível, deve ser empregada curva de transição.

Para esta concordância, há três tipos de curvas conforme demonstrado suas geometrias: (DNER, 1999; Pontes Filho, 1998; Pimenta et. Al, 2017; Alves et al., 2023)

- **Curva circular simples:** os dois trechos em tangente são ligados somente por um arco de círculo, a geometria e os elementos constituintes desta curva estão apresentadas na Figura 2.

Figura 3 - Elementos constituintes curva com transição.



Fonte: Tuler e Saraiva (2014).

Onde: O1: centro original da curva circular, O2: centro deslocado da curva circular; t : distância de deslocamento do centro; q : complemento da tangente T ; p : complemento do raio R ; AC: ângulo central da curva; I : ângulo de deflexão das tangentes; T : tangente externa da curva circular; T_s : tangente externa da curva de transição; PI: ponto de interseção das tangentes; TS: ponto de início da curva; SC: ponto de início do ramo circular; CS: ponto de término do ramo circular; ST: ponto de término da curva.

Devido a importância das curvas de transição, o DNER apresenta considerações detalhadas quanto a sua forma. A vantagem do uso de transição é explicada por fornecer uma trajetória natural para os veículos em que a força centrífuga cresce gradualmente na passagem da tangente para curva circular, reduzindo a tendência de atingir a faixa de tráfego adjacente e tende a uniformizar e velocidade. De modo complementar, Pontes Filho (1998) apresenta que de acordo com experiência há curvas especiais de transição que melhor atendem as necessidades técnicas, sendo mais amplamente utilizadas inclusive no Brasil a espiral de Cornu, sendo preferencialmente simétricas.

O comprimento mínimo da transição é definido pela equação 1, apresentada a seguir:

$$L_s = 0,036 \times \frac{V^3}{R} \quad (1)$$

Onde: L: comprimento mínimo da curva de transição (m); V: velocidade diretriz definida no projeto (km/h); R: raio adotado (m).

Pontes Filho (1998) define o raio da curva como o raio do arco de círculo empregado na concordância. O valor empregado a este elemento é selecionado de acordo com as características técnicas da rodovia e topografia da região. Peixoto (2024), adiciona que a segurança em curvas horizontais depende deste raio, que deve assegurar estabilidade em curva, que garante que os veículos possam manter o controle sem derrapar.

3.2.2. Raio mínimo e Superelevação

Segundo o DNER (1999), os valores mínimos para estes raios representam os menores valores que as curvas podem ser percorridas com a velocidade diretriz e com a taxa máxima de superelevação, mantendo conforto e segurança para o usuário. Com base nesse valor, recomenda-se sempre que possível, a utilização de valores superiores aos mínimos, pois estes indicam condições limite do projeto.

Os valores de raio são definidos considerando as forças atuantes sobre o veículo ao percorrer a curva, que está sujeito a ação da força centrífuga, a qual é contrabalanceada pelo atrito entre os pneus e superfície da rodovia. Os valores mínimos para os raios são calculados a partir da equação 2, apresentada a seguir:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + f_{max})} \quad (2)$$

De modo análogo, a velocidade ideal para uma curva de raio específico pode ser determinada pela equação 3, apresentada a seguir:

$$V = \sqrt{127 \cdot R(e_{max} + f_{max})} \quad (3)$$

Onde: $R_{\min}$: Raio da curva (m); V : Velocidade diretriz (km/h); $e_{\max}$: máxima taxa de superelevação adotada (m/m); $f_{\max}$: máximo coeficiente de atrito transversal admissível entre o pneu e pavimento.

Os valores dos coeficientes de atrito transversal a serem empregados na determinação dos raios mínimos em diferentes velocidades são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – valores máximos admissíveis de coeficientes de atrito transversal

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: DNER (1999), adaptado pela autora (2026).

Baseado nas mesmas forças atuantes responsáveis pela definição dos raios mínimos, a superelevação é a inclinação transversal necessária em curvas, em função do raio de curvatura e velocidade do veículo (Pontes Filho, 1998). Nos trechos em tangente da rodovia, a seção transversal da via apresenta abaulamento com inclinações variando de 1 a 3% do eixo para os bordos, destinado a escoamento das águas. Nos trechos em curva, a seção transversal se apresenta inclinada para o bordo interno da curva no valor da superelevação.

Baseado no mesmo princípio da Equação 2, onde se determina o raio mínimo da curva, Pontes Filho (1998), apresenta uma variação que determina a superelevação de acordo com o raio, velocidade e coeficiente de atrito, conforme a equação 4 a seguir:

$$e = \frac{V^2}{127} \cdot \frac{1}{R} - f \quad (4)$$

Onde: e : taxa de superelevação (m/m); V : Velocidade diretriz (km/h); R : Raio da curva (m) e f : coeficiente de atrito transversal admissível entre o pneu e pavimento.

Os valores máximos de superelevação variam entre 4% e 12%, contudo, na instrução de projetos, o DER-SP (2005), sustenta que o uso das taxas de 10% e 12% mesmo que admissíveis, não são recomendados. Valores superiores a esse limite são

inadequados devido a dificuldades construtivas, de manutenção e operação de veículos lentos. Deste modo, o órgão indica adotar prioritariamente os seguintes valores de taxa máxima de superelevação:

- **$e_{\text{máx}} = 8\%$** em rodovias de padrão intermediário ou elevado. De acordo com diversos órgãos rodoviários, este é o valor máximo para taxa de superelevação, pois tal limite tende a reduzir a probabilidade que condutores mais lentos sejam submetidos por efeito da força peso, a deslocamentos transversais em direção à parte interna da curva, o que pode exigir esforços excessivos e afetar a dirigibilidade;
- **$e_{\text{máx}} = 6\%$** em projetos condicionados por urbanização adjacente e frequentes interseções, que provoquem redução da velocidade média;
- **$e_{\text{máx}} = 4\%$** em situações extremas, com intensa ocupação de solo adjacente e reduzida possibilidade para variar as declividades transversais da pista, sem vias marginais.

Com base nos pontos levantados, são apresentados os valores de raio mínimo em relação a superelevação e os valores de raio quais a partir de a superelevação é dispensável.

Tabela 2 - Valores dos raios mínimos em função das taxas máximas de superelevação (em metros).

e _{máx} (%)	Velocidade Diretriz (km/h)									
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
4	30	60	100	150	205	280	355	465	595	755
6	25	55	90	135	185	250	320	415	530	665
8	25	50	80	125	170	230	290	375	475	595

Fonte: DNER (1999), adaptado pela autora (2026).

Tabela 3 - Valores de Raio acima dos quais a superelevação é dispensável.

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
R (m)	170	300	500	700	950	1200	1550	1900	2300	2800

Fonte: DNER (1999), adaptado pela autora (2026).

3.3. Velocidade e sinistros

O Manual de Projetos e Práticas Operacionais do DNIT (2010) afirma que a determinação adequada da velocidade de projeto é um dos passos iniciais do

planejamento e desenvolvimento de qualquer rodovia, uma vez que todos os critérios de projeto e operação são influenciados por esse parâmetro. Além disso, é fundamental considerar as velocidades efetivamente praticadas pelos condutores. Ferraz et al. (2023) ressaltam que o uso de velocidades inapropriadas contribui significativamente tanto para a ocorrência quanto para a severidade dos sinistros de trânsito.

A definição das classes da rodovia, norteiam algumas definições para o projeto dela, como o número de faixas, largura de faixas, largura de acostamento, rampa máxima, entre outros. A indicação da velocidade condicionada ao relevo também é apresentada na Tabela 4, deste modo, a geometria horizontal deve estar adequada para a velocidade proposta para essa classe. O DNER resalta que essa classificação não é absoluta, podendo estar condicionada a existência de programas específicos regionais.

Tabela 4 - Velocidade diretrizes em função da classe de projeto e relevo

Classe de Projeto	Velocidades diretrizes para projeto (km/h)		
	Relevo		
	Plano	Ondulado	Montanhoso
Classe 0	120	100	80
Classe I	100	80	60
Classe II	100	70	50
Classe III	80	60	40
Classe IV	80-60	60-40	40-30

Fonte: DNER (1999), adaptado pela autora (2026).

Peixoto (2024) aponta que as causas dos acidentes rodoviários podem ser agrupadas em inabilidade na condução dos veículos, fatores veiculares ou fatores relacionados à infraestrutura rodoviária. Dentre as causas de maior letalidade, destacam-se o excesso de velocidade e a redução da capacidade de resposta ao volante, sobretudo em situações de fadiga ou uso de substâncias psicoativas. Nesse contexto, a prática de velocidades seguras é um dos pilares do conceito de sistemas seguros, influenciando diretamente o risco de ocorrência e a gravidade dos sinistros. Em velocidades elevadas, qualquer anormalidade pode levar à perda de controle direcional, aumentando substancialmente a probabilidade de acidentes graves ou fatais.

Em geral, a ocorrência dos sinistros está associada a presença simultânea de fatores desfavoráveis em um local específico, tecnicamente denominados “fatores contribuintes”. Tais fatores pertencem a três grandes grupos: fator viário-ambiental, fator veicular e fator humano (Haddon, 1968)

O fator viário ambiental abrange as características da infraestrutura viária e as condições ambientais. Já o fator veicular remete às especificações dos veículos. Já o fator humano, diz respeito ao comportamento dos usuários da via (motorista, pedestre, ciclista). Segundo o Austroads (1994) o grupo fator humano é o que mais contribui para ocorrência os acidentes.

A velocidade constitui o principal fator de risco comportamental para lesões no trânsito (OMS, 2015). Diversas são as causas para que os motoristas trafeguem em velocidades superiores aos limites legais estabelecidos para a via. Contudo, a violação desses limites aumenta a probabilidade de colisão e a gravidade das lesões associadas ao acidente (Fleiter & Watson, 2006). No sentido contrário, pode-se afirmar que velocidades mais baixas tendem a reduzir significativamente o risco de um acidente fatal (Rosen & Sander, 2009). Corroborando com esse entendimento Elvik & Vaa (2004) constataram em seus estudos que o excesso de velocidade colabora para um número substancial de lesões e, se o número de condutores que excedem os limites de velocidade for reduzido, é provável que haja diminuição tanto na probabilidade como na gravidade dos acidentes.

Ferraz et al. (2023) ainda destaca que, segundo a experiência observada, quanto mais severas as penalidades previstas na legislação para os infratores das leis de trânsito (multas elevadas, recolhimento da habilitação, retenção do veículo, detenção etc.), menor tende a ser a quantidade de sinistros e de vítimas por sinistro. Esse efeito ocorre porque há maior uso de equipamentos de segurança, menor incidência de direção perigosa, redução do excesso de velocidade, entre outros fatores.

3.4. Identificação de Segmentos críticos

A análise dos dados de sinistros e a provável identificação de suas causas constituem o primeiro passo para a adoção de medidas preventivas que reduzam o número e a gravidade dos acidentes de trânsito (Santos e Raia Júnior, 2006 apud GEIPOT, 1998).

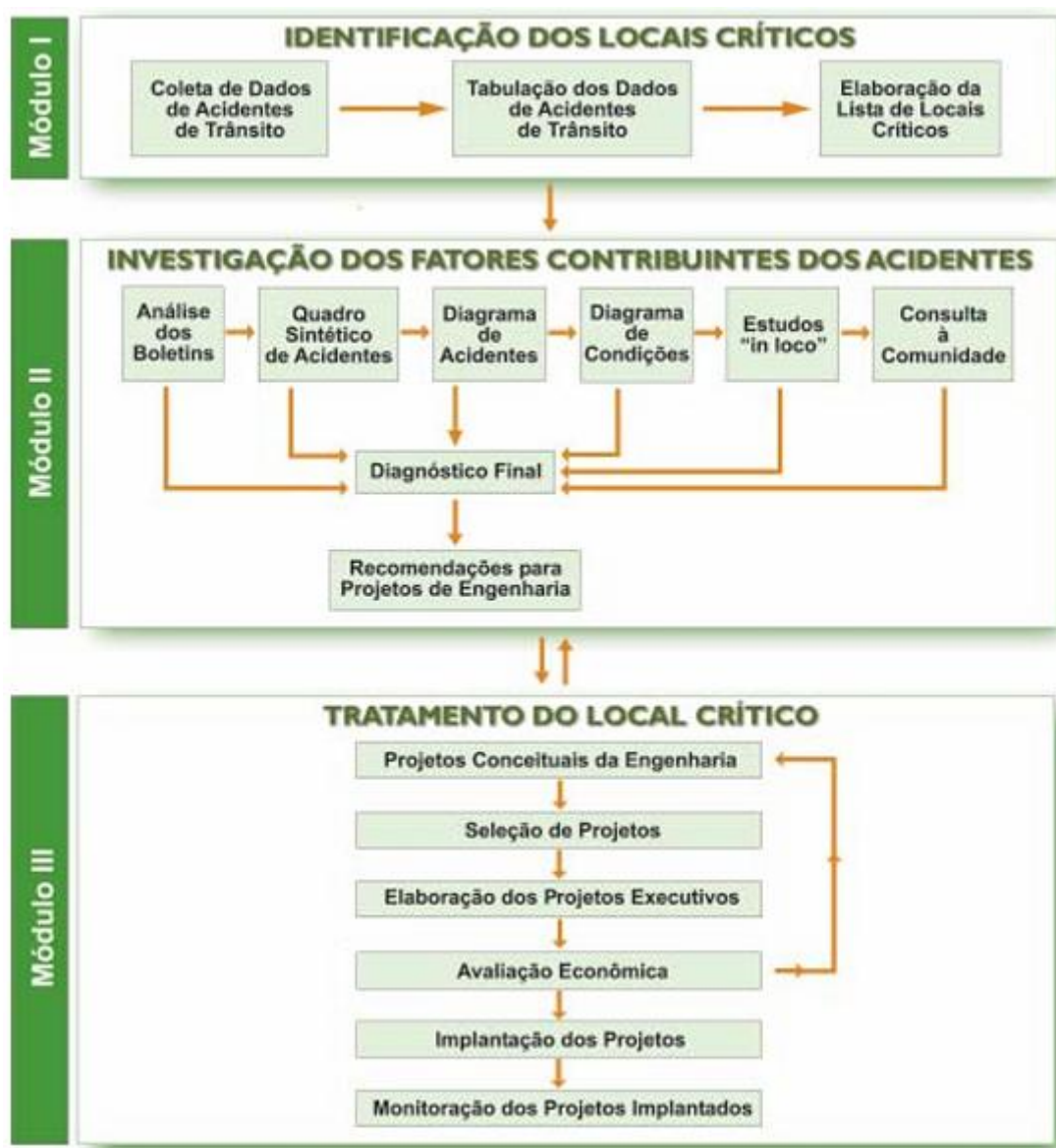
Em vista disso, o Ministério dos Transportes (MT), por meio do Programa de Redução de Acidentes (PARE), instituiu, em 2002 o Manual de Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito.

MT (2002) identifica segmentos críticos como “extensões de vias urbanas ou de rodovias onde ocorrem frequências elevadas de acidentes” e destaca que esses trechos devem ser tratados como um todo, incluindo áreas adjacentes. De modo semelhante, Santos e Raia Júnior (2006) definem locais críticos como “aquele que apresenta índice de acidentes igual ou superior a um critério pré-estabelecido, independentemente do tipo de acidente, de usuários, ou da solução adotada, podendo ser definido por métodos numéricos ou estatísticos”.

O Ministério dos transportes (2002), também discorre sobre a experiência brasileira, que normalmente busca tratar sinistros de forma imediata, sem um estudo apurado dos trechos e fatores que contribuíram para as ocorrências de trânsito, o que nem sempre apresenta resultados quanto a redução de acidentes, uma vez que trechos que recebem intervenção imediata muitas vezes não se correspondem a pontos críticos.

O programa PARE, apresenta a metodologia para a identificação dos trechos críticos em termos de acidentes de trânsito, investigação dos fatores contribuintes e tratamento do local crítico, com o fluxo apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos no tratamento de locais críticos.



Fonte: Ministério dos Transportes, 2002.

Como pode ser visto na Figura 4, a identificação dos locais críticos é uma etapa fundamental, realizada com os dados disponíveis sobre acidentes de trânsito. Para isso, são aplicadas técnicas e métodos para a identificação destes pontos. Segundo Goes (1983), todos os métodos baseiam-se em que acidentes, tendem a se acumular em determinados locais, e isto poderia ser identificado e evidenciaríamos locais com padrões considerados anormais. Os métodos podem ser classificados como numéricos, estatísticos ou baseados em técnica de conflitos.

De acordo com o manual anteriormente citado, os métodos numéricos são os mais simples e identificam os locais críticos a partir do cálculo de indicadores. Esses valores

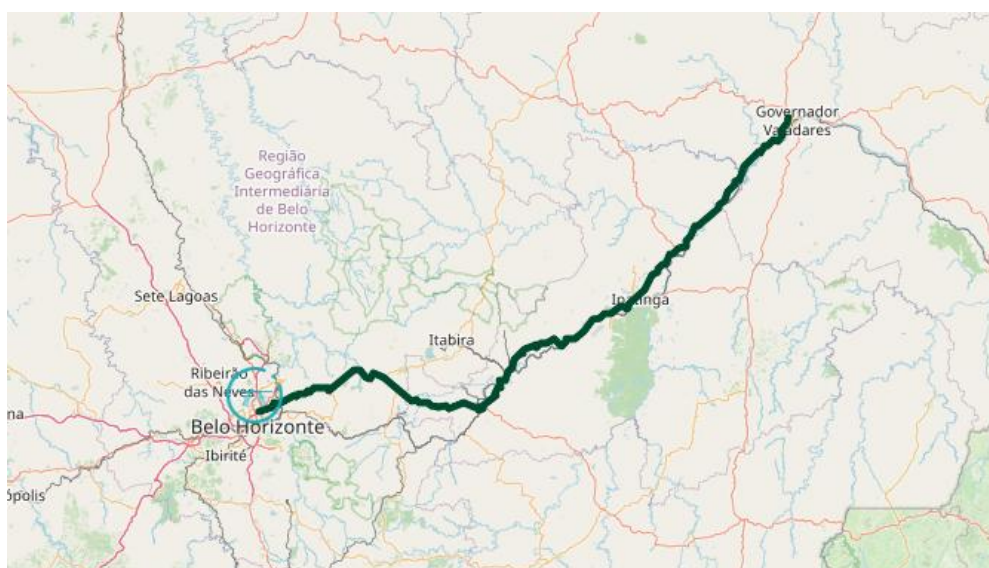
são comparados com um valor previamente estabelecido pela equipe técnica, os locais críticos serão declarados aqueles cujos indicadores calculados sejam maiores que este valor. Para este método, será considerado de acordo com o número de acidentes em uma seção da malha em um período estabelecido. São definidos como locais críticos aqueles com quantidade de acidentes superior à média aritmética das ocorrências registradas em cada um dos trechos analisados. Este método tem como vantagem a sua praticidade e baixo custo de execução.

3.5. Rodovia BR-381

Segundo a Biblioteca central do IBGE, a história da rodovia BR-381 data ao século XVII quando conquistadores bandeirantes, nos atuais estados de São Paulo e Minas Gerais a procura de esmeraldas. O caminho original orientou o traçado da rodovia que atualmente é reconhecida como Fernão Dias. A BR-381 atualmente liga os estados brasileiros do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo.

O objeto em estudo principal, é a BR-381/MG apelidada de “Rodovia da Morte” devido ao elevado número de sinistros registrados ao longo dos anos. Segundo o Ministério dos Transportes (2024) sua construção é datada em 1952, com inauguração em 1960, ligando inicialmente Belo Horizonte a João Monlevade. Possuindo um trecho altamente sinuoso em áreas de risco geológico, pista simples na maior parte do percurso, e que apresentou um alto índice de sinistros desde a sua implantação.

Figura 5 - Trecho BR-381/MG.



Fonte: ANTT (2025), adaptado pela autora (2026).

No ano de 2022, o Governo Federal por meio do Ministério dos transportes retomou as tratativas para a concessão do trecho localizado entre o entroncamento com a BR-262, no município de Sabará/MG na altura do quilômetro 450+540 até o entroncamento com a BR-116 na altura do quilometro 150, no município de Governador Valadares/MG à iniciativa privada, após tentativas anteriores que foram suspensas devido a entraves técnicos e financeiros. Em relatório divulgado, a rodovia é descrita e possui sua importância destacada pelo Ministério dos Transportes como:

Rodovia estratégica, com traçado sinuoso e alto índice de acidentes. Trata-se de trecho central de um sistema rodoviário de interligação entre os polos de consumo dos municípios de Governador Valadares e Belo Horizonte. Pelo trecho circulam produtos agrícolas, pecuários, mineração e industriais. (Ministério dos Transportes, 2024, p.2)

Para o programa, a ANTT informa que está previsto obras de duplicação, faixas adicionais, vias marginais, acessos, correções de traçado, estabilização de taludes, passarelas, pontos de ônibus, entre outros.

Atualmente, o trecho está sob responsabilidade do grupo 4UM Investimentos que saiu vencedora do certame em 29/08/2025, o grupo criou a concessionária “Nova 381” (MT, 2024).

4. METODOLOGIA

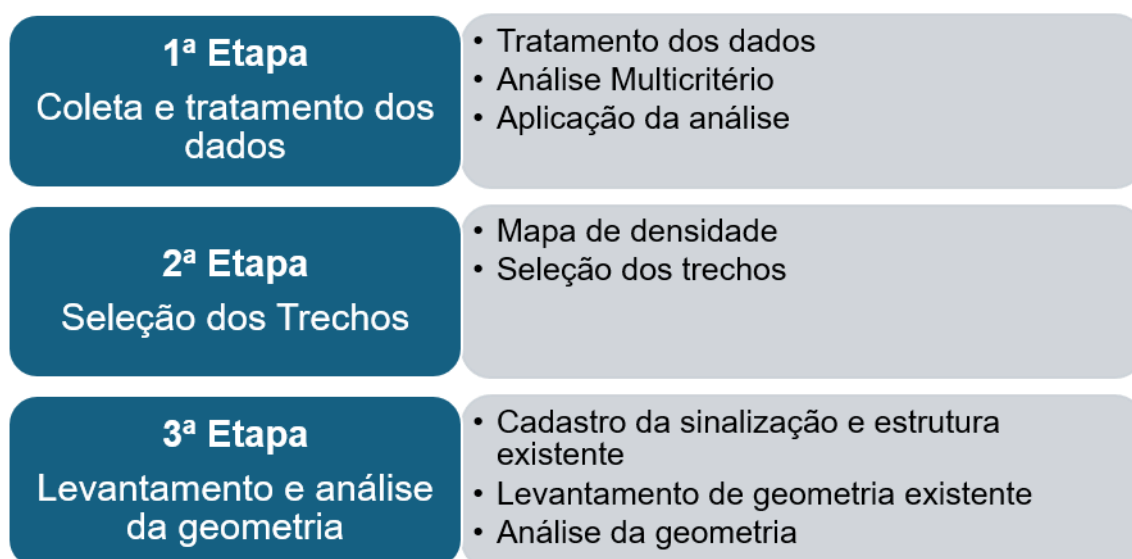
4.1. Sistematização da metodologia

Nesta seção, será apresentado o percurso metodológico percorrido para a realização desta pesquisa, bem como, a descrição de cada etapa.

Para a seleção e análise da geometria dos trechos em pista simples da rodovia BR-381/MG, inicialmente realizou-se o levantamento dos registros dos sinistros disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal considerando o trecho em estudo e o período dos anos de 2024 e 2025. Em seguida, os dados levantados foram tratados e estudados a partir de conceitos da análise multicritério, resultando na seleção dos trechos de estudo. Com base nos trechos selecionados, foi feito o levantamento da geometria horizontal e com base nos manuais vigentes da legislação brasileira, foi verificada a velocidade atual operada nesses trechos.

Assim, as etapas metodológicas desta pesquisa foram dispostas em: (i) Coleta e tratamento dos dados, (ii) Seleção dos Trechos (iii) Levantamento e análise da geometria, conforme apresentado na Figura 6, a seguir e descritos nos itens seguintes.

Figura 6 - Fases a serem seguidas pelo método proposto.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

4.2. Coleta e tratamento dos dados de sinistros

Sabendo-se que a rodovia BR-381 integra a malha rodoviária federal e está sob jurisdição da União, a disponibilização das informações relativas aos sinistros ocorridos fica a cargo da PRF, a qual as divulga em canais oficiais.

A disponibilização da Polícia Rodoviária Federal é feita em formato de dados abertos, que podem ser utilizados pelo governo ou sociedade de diversas formas, sem restrição de licenças, patentes ou mecanismos de controle (PRF, 2022). A disponibilização dos dados vai de encontro ao disposto na Lei de Acesso à informação (LAI), na Instrução Normativa SLTI nº 4, de 13 de abril de 2012 (que institui a Infraestrutura Nacional de Dados Abertos), no Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016 (que institui a Política de Dados Abertos no Executivo Federal), bem como dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Plano de Ação Nacional de Governo Aberto.

Os dados de sinistros são disponibilizados anualmente desde 2007 em formato de documento com extensão “.CSV”, com os dados agrupados por ocorrência ou pessoa. Para este trabalho, foi utilizado como base de dados as planilhas dos anos 2024 e 2025 com o documento “Agrupados por pessoa - Todas as causas e tipos de acidentes”. O Anuário publicado anualmente registra que, desde o ano de 2017, o registro e coleta dos dados é feito a partir de Boletim de Acidente de Trânsito (BAT) e a partir do Laudo Pericial de Sinistro de Trânsito (LPST) a depender das características do sinistro.

O Laudo Pericial de Sinistro de Trânsito (LPST) referente aos anos de 2024 e 2025 e o Laudo Pericial de Acidente de Trânsito (LPAT) referente ao ano de 2024 tratam-se de um mesmo documento oficial emitido pela PRF como resultado da perícia administrativa de sinistro de trânsito que é realizada por PRF designado para tal. Já a Declaração de Sinistro de Trânsito (DAT) é um documento emitido pela PRF, com elaboração feita pelo próprio usuário que esteja envolvido direto ou indiretamente na ocorrência de sinistros de trânsito, porém não é permitido para diversas opções a depender das características do sinistro.

A PRF também disponibiliza um documento nomeado “Dicionário de variáveis - Acidentes” com a versão considerada sendo válida a partir do ano de 2017 onde pelo

tipo de agregação dos dados, discrimina as variáveis que estão nas colunas da planilha e o que significam, como apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Variáveis da planilha “Agrupados por pessoa – Todas as causas e tipos de acidentes”.

ID Variável	Nome da Variável	Descrição
1	id	Variável com valores numéricos, representando o identificador do acidente.
2	pesid	Variável com valores numéricos, representando o identificador da pessoa envolvida.
3	data_inversa	Data da ocorrência no formato dd/mm/aaaa.
4	dia_semana	Dia da semana da ocorrência. Ex.: Segunda, Terça, etc.
5	horario	Horário da ocorrência no formato hh:mm:ss.
6	uf	Unidade da Federação. Ex.: MG, PE, DF, etc.
7	br	Variável com valores numéricos, representando o identificador da BR do acidente.
8	km	Identificação do quilômetro onde ocorreu o acidente, com valor mínimo de 0,1 km e casa decimal separada por ponto.
9	municipio	Nome do município de ocorrência do acidente.
10	causa_principal	Identifica se a causa do acidente foi identificada como principal pelo policial.
11	causa_acidente	Causa presumível do acidente, baseada nos vestígios, indícios e provas colhidas no local do acidente.
12	ordem_tipo_acidente	Valor numérico que identifica a sequência dos eventos sucessivos que ocorreram no acidente.
13	tipo_acidente	Identificação do tipo de acidente. Ex.: Colisão frontal, Saída de pista, etc.
14	classificação_acidente	Classificação quanto à gravidade do acidente: Sem Vítimas, Com Vítimas Feridas, Com Vítimas Fatais e Ignorado.
15	fase_dia	Fase do dia no momento do acidente. Ex.: Amanhecer, Pleno dia, etc.
16	sentido_via	Sentido da via considerando o ponto de colisão: Crescente e decrescente.
17	condição_meteorologica	Condição meteorológica no momento do acidente: Céu claro, chuva, vento, etc.
18	tipo_pista	Tipo da pista considerando a quantidade de faixas: Dupla, simples ou múltipla.
19	tracado_via	Descrição do traçado da via.
20	uso_solo	Descrição sobre as características do local do acidente: Urbano–Sim, Rural–Não.

ID Variável	Nome da Variável	Descrição
21	id_veiculo	Variável com valores numéricos, representando o identificador do veículo envolvido.
22	tipo_veiculo	Tipo do veículo conforme Art. 96 do Código de Trânsito Brasileiro. Ex.: Automóvel, Caminhão, Motocicleta, etc.
23	marca	Descrição da marca do veículo.
24	ano_fabricacao_veiculo	Ano de fabricação do veículo, formato aaaa.
25	tipo_envolvido	Tipo de envolvido no acidente conforme sua participação no evento. Ex.: condutor, passageiro, pedestre, etc.
26	estado_fisico	Condição do envolvido conforme a gravidade das lesões. Ex.: morto, ferido leve, etc.
27	idade	Idade do envolvido. O código “-1” indica que não foi possível coletar tal informação.
28	sexo	Sexo do envolvido. O valor “inválido” indica que não foi possível coletar tal informação.
29	ilesos	Valor binário que identifica se o envolvido foi classificado como ileso.
30	feridos_leves	Valor binário que identifica se o envolvido foi classificado como ferido leve.
31	feridos_graves	Valor binário que identifica se o envolvido foi classificado como ferido grave.
32	mortos	Valor binário que identifica se o envolvido foi classificado como morto.
33	latitude	Latitude do local do acidente em formato geodésico decimal.
34	longitude	Longitude do local do acidente em formato geodésico decimal.
35	regional	Superintendência regional da PRF cujo acidente ocorreu dentro dos limites de sua circunscrição. Atenção nem sempre a UF da regional coincide com a UF do acidente. Ex.: A circunscrição da SPRF-DF grande parte está localizada na UF “GO”.
36	delegacia	Delegacia da PRF cujo acidente ocorreu dentro dos limites de sua circunscrição.
37	uop	UOP – unidade operacional. Unidade operacional da PRF cujo acidente ocorreu dentro dos limites de sua circunscrição.

Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2017).

4.2.1. Tratamento dos dados

Após a análise do dicionário das variáveis, optou-se por “empilhar” os dados dos anos que compõem o período de estudo em uma única planilha eletrônica. Posteriormente,

realizou-se o tratamento e análise das informações, sendo também aplicados filtros iniciais com objetivo de direcionar a amostra para o trecho de interesse. Nesse contexto, foram estabelecidas delimitações com base na rodovia adotada e a localização do segmento a ser analisado, restringindo a variável “br” à rodovia BR-381.

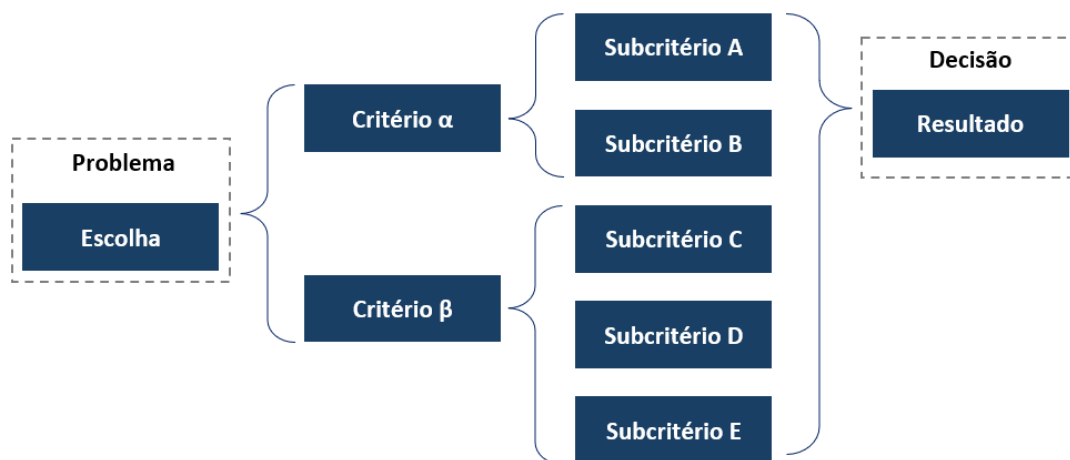
Adicionalmente, foram aplicados critérios de delimitação espacial do trecho em estudo, por meio da variável “uf”, considerando somente para o estado de Minas Gerais. Na variável “município” foi delimitado aos 21 municípios abrangidos pelo trecho em pista simples, localizado entre o entroncamento com a BR-262, no município de Sabará e o entroncamento com a BR-116, no município de Governador Valadares. O trecho em estudo pode ser identificado na Figura 5 apresentada no capítulo 3.5.

4.2.2. Análise Multicritério

O método de análise hierárquica permite avaliar variáveis qualitativas e quantitativas em um mesmo modelo analítico para compor um processo de decisão com base em fatores, ponderando por meio da atribuição de pesos relativos conforme a importância e prioridade para o estudo em questão

Para isso, busca-se dividir o problema de decisão em níveis hierárquicos, o que facilita sua compreensão e avaliação possibilitando uma análise sistemática e organizada, facilitando a compreensão das relações entre os fatores envolvidos para consistência na tomada de decisão. Essa abordagem é amplamente utilizada em contextos de análise multicritério, especialmente em estudos que demandam a avaliação simultânea de múltiplos atributos com diferentes graus de relevância, como demonstrado na Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma Análise Multicritério



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

No presente trabalho, procedeu-se inicialmente à adoção de pesos associados às variáveis consideradas, com o objetivo de estabelecer uma hierarquização coerente entre os fatores analisados. Foram atribuídos pesos pela autora, aos dados presentes nas colunas “classificação_acidente” apresentado na Tabela 6 e “tipo_acidente” assim como demonstrado na Tabela 8.

A hierarquização teve como objetivo priorizar os sinistros cujo tipo apresentasse relação com o tema principal do presente estudo, a geometria horizontal da rodovia.

No que se refere a classificação, que está relacionada a severidade, foram atribuídos pesos mais elevados aos sinistros com ocorrências de vítimas fatais, de modo a refletir maior impacto dessas ocorrências na rodovia e no estudo que se trata. Dessa forma, buscou-se que esses eventos sejam devidamente considerados e priorizados para a análise.

Para esta etapa, foi adotado um critério variando de 0 a 3, destacando para os pesos 0 e 1 que correspondem, respectivamente, a ausência ou baixa relevância ao tema analisado. Os demais casos considerados estão na Tabela 7.

Tabela 6 – Classificação da relevância considerados nos tipos dos acidentes

Critério α	
Descrição	Peso
Nulo	0
	1
	2
maior grau de importância	3

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 7 - Pesos considerados para os tipos de acidentes

Tipo_Acidente	Peso
Colisão frontal	3
Colisão traseira	2
Saída de leito carroçável	3
Capotamento	3
Colisão com objeto	1
Engavetamento	1
Colisão lateral sentido oposto	3
Queda de ocupante de veículo	0
Tombamento	3
Colisão transversal	3
Colisão lateral mesmo sentido	2
Incêndio	0
Atropelamento de Pedestre	1
Derramamento de carga	2
Atropelamento de Animal	1
Eventos atípicos	0

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Tabela 8 – Pesos considerados classificação acidentes

Critério β	
Descrição	Peso
Sem Vítimas	1
Com Vítimas Feridas	1.5
Com Vítimas Fatais	3

Fonte: Elaborada pela autora. (2026)

Em seguida, foi construída uma matriz de comparação cruzada, na qual os pesos previamente determinados foram confrontados entre si, permitindo a verificação da consistência e o refinamento da priorização dos critérios. Esse procedimento está alinhado aos princípios da análise multicritério, nos quais a estruturação das preferências e a comparação par a par constituem etapas fundamentais para a

obtenção de resultados robustos e confiáveis, o resultado dessa matriz está apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 - Matriz Multicritério.

Matriz de Pesos Multicritério		Sem Vítimas	Com Vítimas Feridas	Com Vítimas Fatais
Tipo_Acidente	Peso	1	1.5	3
Colisão frontal	3	3	4.5	9
Colisão traseira	2	2	3	6
Saída de leito carroçável	3	3	4.5	9
Capotamento	3	3	4.5	9
Colisão com objeto	1	1	1.5	3
Engavetamento	1	1	1.5	3
Colisão lateral sentido oposto	3	3	4.5	9
Queda de ocupante de veículo	0	0	0	0
Tombamento	3	3	4.5	9
Colisão transversal	3	3	4.5	9
Colisão lateral mesmo sentido	2	2	3	6
Incêndio	0	0	0	0
Atropelamento de Pedestre	1	1	1.5	3
Derramamento de carga	2	2	3	6
Atropelamento de Animal	1	1	1.5	3
Eventos atípicos	0	0	0	0

Fonte: Elaborada pela autora.

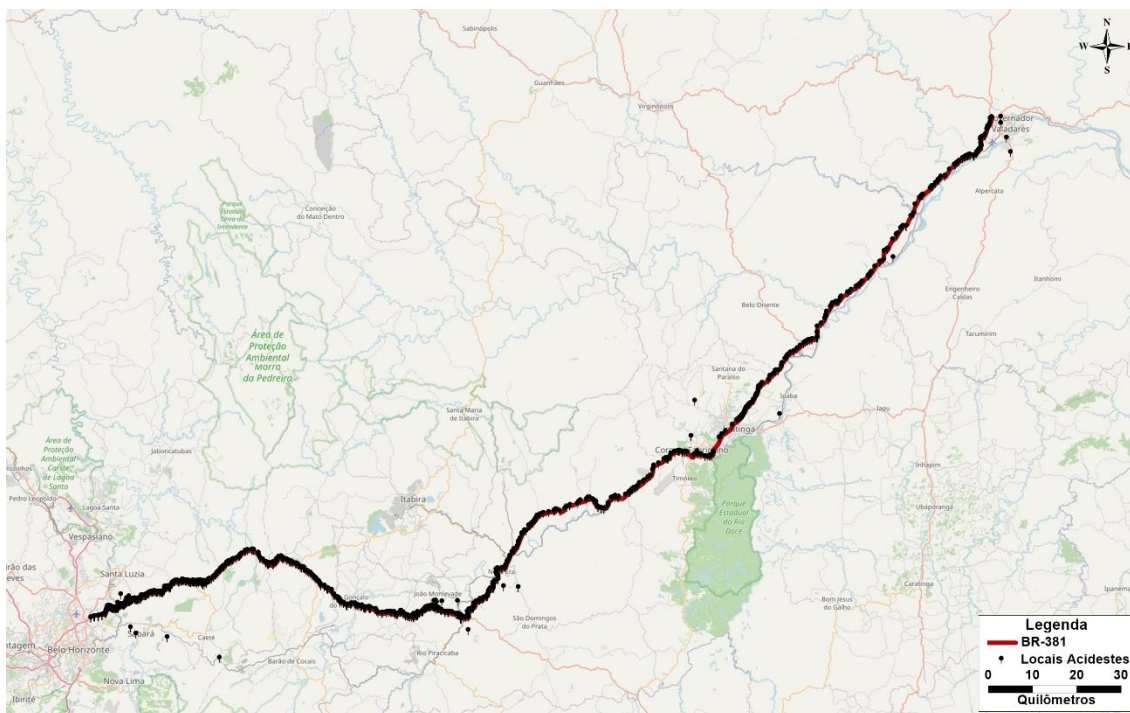
4.2.3. Aplicação da Análise

Pela característica da planilha utilizada para este estudo, onde apresenta os sinistros desagregados pelos usuários envolvidos, e apresenta as causas separando-as por principais ou secundárias. Deste modo, um mesmo sinistro (podendo ser identificado pela variável presente na coluna “id”) possui mais de uma linha, com a identificação dos envolvidos (podendo ser identificados pela coluna “pesid”). Esta estrutura implica que para um único sinistro, podem existir mais de uma pessoa envolvida e causas distintas, sendo todas estas informações apresentadas.

Na análise, foram considerados pesos referentes a análise hierárquica somente para as causas principais de cada pessoa envolvida. Ou seja, as causas secundárias dos acidentes não foram consideradas no cálculo de modo a evitar falsear a análise que será feita posteriormente.

Por fim, com base nas coordenadas fornecidas pela base de dados da PRF, nas colunas “latitude” e “longitude” foi feita a conferência dos pontos inserindo no *software* SIG TransCAD para verificação visual quanto a localização dos pontos. Foi observado uma certa dispersão de alguns pontos quanto ao traçado da rodovia, como apresentado na Figura 8.

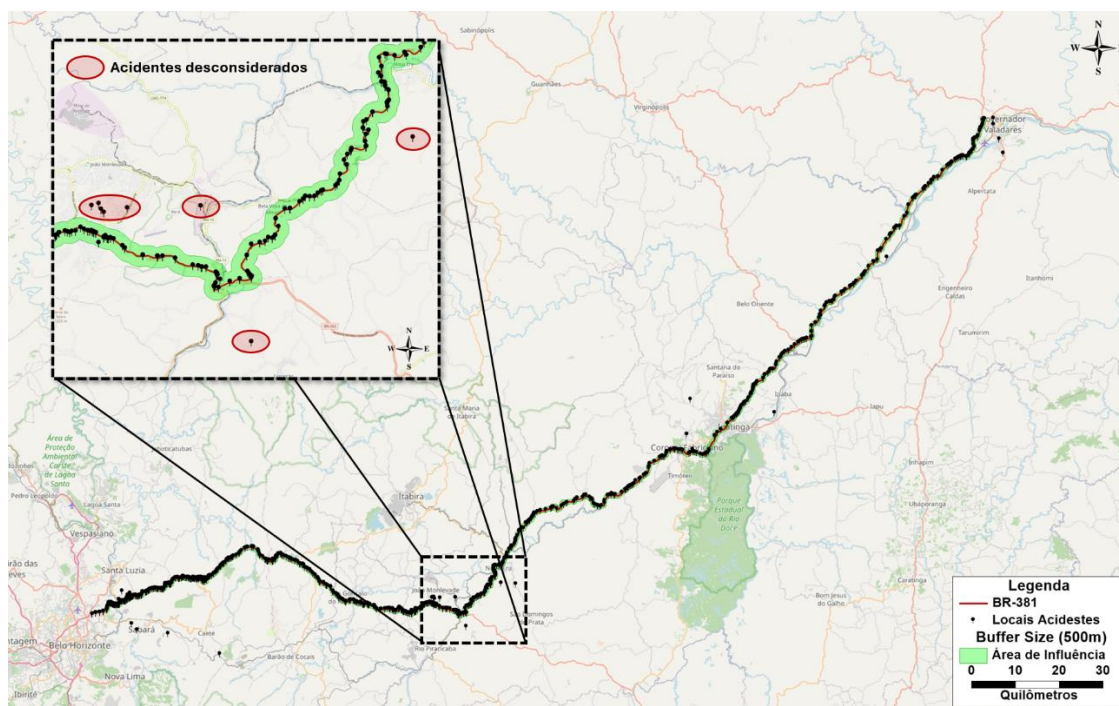
Figura 8 - Localização dos pontos na rodovia.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Para ajustar quanto a essa dispersão, foi feita uma área de influência com a distância de 500 metros para cada lado considerando um eixo da rodovia, os pontos de sinistros que estavam fora desta área foram desconsiderados, assim como ilustrado na Figura 9. Foi inserido na planilha um campo denominado "Considerar?", no qual os registros classificados como "Não" foram desconsiderados das análises por estarem localizados fora do buffer de estudo adotado. Ressalta-se que esses registros externos podem indicar inconsistências ou imprecisões nos dados fornecidos. Dessa forma, para garantir a coerência e a representatividade dos resultados, foram considerados nas análises apenas os registros classificados como "Sim".

Figura 9 – Demonstração dos sinistros desconsiderados.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Deste modo, a Tabela 10 apresenta um fragmento com apenas as colunas necessárias para compreensão deste exemplo da tabela final obtida, apresentando um sinistro contendo mais de um envolvido e os pesos que foram considerados de modo a exemplificar a análise feita.

Tabela 10 - Exemplo planilha de análise.

id	pesid	uf	br	causa_principal	causa_acidente	tipo_acidente	classificacao_acidente	Peso	Considerar?
571819	1269530	MG	381	Sim	Condutor Dormindo	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	9	Sim
571819	1269529	MG	381	Sim	Condutor Dormindo	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	9	Sim
571819	1270517	MG	381	Sim	Condutor Dormindo	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	9	Sim
571819	1269530	MG	381	Não	Chuva	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	0	Sim
571819	1269529	MG	381	Não	Chuva	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	0	Sim
571819	1270517	MG	381	Não	Chuva	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	0	Sim
571819	1269530	MG	381	Não	Velocidade Incompatível	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	0	Sim
571819	1269529	MG	381	Não	Velocidade Incompatível	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	0	Sim
571819	1270517	MG	381	Não	Velocidade Incompatível	Colisão frontal	Com Vítimas Fatais	0	Sim

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

4.3. Seleção dos trechos

Nesta seção apresenta-se o processo de seleção dos trechos para a posterior análise da geometria, baseado no tratamento dos dados feito anteriormente.

4.3.1. Mapa de densidade e seleção dos trechos

Para a seleção dos trechos a serem analisados, foi elaborado um mapa de densidade, considerando a quantidade de sinistros registrados em cada trecho e os pesos atribuídos a esses eventos, conforme descrito anteriormente.

Os procedimentos de modelagem para análise e geração dos mapas de densidade, com base nos dados de sinistros tratados, foram realizados com o uso do *software* TransCAD, ferramenta amplamente utilizada em estudos de transportes, que integra funcionalidades de SIG e análise de dados. Essa plataforma permite a combinação de mapeamento digital, gestão de dados georreferenciados e análise matemática.

A geração dos mapas de densidade foi realizada a partir da base de dados de sinistros previamente tratada. Para tanto, empregou-se o método *Quartic*, fundamentado na técnica de Densidade de *Kernel*. Nesse procedimento, cada sinistro é representado por um ponto georreferenciado ao qual é associado o respectivo peso calculado conforme o item 4.2.2.

Para este estudo, foi adotado um raio de influência de 400 metros para cada ocorrência. Dentro dessa área, a contribuição de cada sinistro para a densidade espacial é maior nas proximidades do ponto de ocorrência e reduz-se gradativamente à medida que aumenta a distância, até atingir valor nulo no limite do raio estabelecido. Dessa forma, regiões onde há maior concentração de sinistros ou ocorrências de maior severidade apresentam valores de densidade mais elevados, permitindo a identificação de segmentos críticos ao longo do trecho analisado.

Com base na distribuição espacial das densidades obtidas e na interpretação da escala de cores do mapa gerado, foram identificados os locais com maior concentração de sinistros. A partir dessa análise, foram selecionados os trechos prioritários para avaliação detalhada, considerando as ocorrências que compunham cada segmento identificado como crítico.

4.4. Levantamento e análise da geometria

Após a análise e tratamento dos dados abertos disponíveis para a rodovia, esta seção apresenta o processo de obtenção dos parâmetros necessários para a análise da geometria horizontal existente na extensão dos segmentos selecionados.

4.4.1. Cadastro da sinalização e estrutura existente

Com base nos segmentos selecionados a partir do mapa de densidade, foi realizado o levantamento das características existentes da infraestrutura e sinalização considerados relevantes para a análise. Considerando que os levantamentos foram realizados por meio de ferramentas computacionais e *softwares*, sem a execução de medições em campo, os dados obtidos possuem menor precisão quando comparados a levantamentos topográficos convencionais. Apesar disso, o nível de detalhamento dos dados obtidos é compatível com o objetivo a ser cumprido pelo estudo.

Com o uso do *software Google Earth* e de sua funcionalidade de visualização em nível do solo, por meio do *Street View*, foi realizado o percurso de cada trecho selecionado, permitindo a observação das características da seção tipo da rodovia nos segmentos analisados, incluindo o número de faixas por sentido e, a presença ou ausência de acostamento.

Além disso, foi observado e locado por meio de pontos a localização da sinalização vertical de regulamentação de velocidade, para posterior análise e a sinalização vertical indicativa, referentes aos marcos quilométricos, para referência oficial e auxílio na localização real dos segmentos selecionados.

4.4.2. Levantamento da geometria

A base espacial utilizada para definição da geometria dos trechos foi obtida a partir de imagens disponibilizadas pelo *Google Satellite*, acessadas em ambiente SIG, por meio do *software QGIS* utilizando o complemento web denominado *QuickMapServices*.

As imagens obtidas a partir desse processo são georreferenciadas, permitindo a compatibilização e intercâmbio entre softwares e diferentes ferramentas computacionais.

Com uso do *software* Autodesk Civil 3d e as imagens obtidas anteriormente foi possível delimitar um alinhamento para o trecho que permitiu quantificar os parâmetros geométricos horizontais para uma análise objetiva.

Para o desenho, utilizou-se como referência a sinalização horizontal implantada no eixo rodovia, responsável pela separação dos sentidos crescente e decrescente de tráfego. Foi desenhado um alinhamento central para o segmento de rodovia existente. A partir da imagem obtida, foram determinados os trechos em tangente (segmentos retos) para obtenção dos pontos de interseção das tangentes (PI), conforme discriminado no subcapítulo 3.2.1.

Para definição das curvas, priorizou-se o emprego de curvas circulares simples, com raios que estejam consistentes com a geometria existente referenciada na imagem. O uso de curvas compostas com transição foi dispensado devido a precisão dos dados utilizados, os quais não permitem a identificação adequada dos parâmetros para a sua caracterização.

A partir da junção das tangentes e curvas foi criada uma entidade de alinhamento no *software* Autodesk Civil 3d, que possibilita a análise e extração de informações de forma mais eficiente. Foi adotado estaqueamento com intervalos de 20 metros, seguindo o sentido crescente da quilometragem da rodovia. Entretanto, iniciou-se o estaqueamento de cada trecho na estaca 0, em razão da imprecisão na identificação da referência dos marcos quilométricos. Em seguida, as curvas de cada trecho foram identificadas e analisadas individualmente por sentido de fluxo, sendo extraídas as informações necessárias de cada uma delas.

4.4.3. Análise da geometria

Para a análise geométrica dos trechos, foram utilizados como referência os conceitos e parâmetros definidos nos manuais vigentes, como sintetizado no item 3.2, em conjunto com os levantamentos apresentados nos itens 4.4.1 e 4.4.2.

A avaliação dos raios das curvas existentes necessita do conhecimento da velocidade do trecho que será levantada, conforme descrito anteriormente foi feito o levantamento da velocidade operacional da rodovia, mas também da superelevação empregada. Porém, os levantamentos realizados não permitiram a obtenção desse valor. Dessa forma, este será considerado a partir da descrição do emprego de cada um dos

valores fornecido pelo Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (1999), apresentados no item 3.2.2. Deste modo, para as considerações futuras e devido à ausência de dados específicos de campo, considerou-se para as seguintes avaliações, uma superelevação máxima (e_{max}) de 6%.

5. RESULTADOS

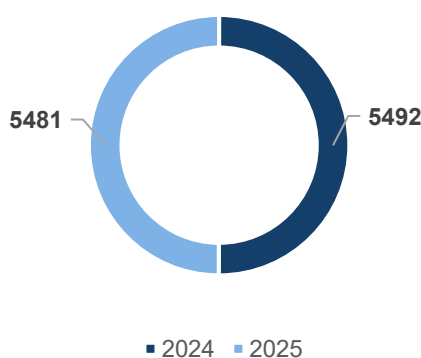
5.1. Análise da sinistralidade registrada

Os resultados obtidos a partir do levantamento e tratamento dos dados de sinistros no trecho da rodovia em estudo, no período selecionado permitiram análises para a caracterização desses sinistros e análise da consistência da base de dados utilizada.

Destaca-se para as análises posteriores que os quantitativos apresentados referem aos registros da base de dados utilizada, onde os dados estão agrupados por sinistro e por pessoa, podendo um mesmo sinistro estar associado a mais de uma vítima e contribuir com mais de um registro na classificação apresentada. Adicionalmente, as análises levaram em consideração as causas principais e não principais de um mesmo sinistro.

Inicialmente, observou-se que entre os dois anos analisados, a rodovia selecionada apresentou um número total de sinistros semelhante, considerando os filtros aplicados descritos no item 4.2.1, conforme demonstrado no Gráfico 1. Essa semelhança entre os valores demonstra que, no período avaliado, não há evidências de redução significativa de sinistros em comparação ao ano anterior. Adicionalmente, este comportamento reforça consistência da base de dados analisada, pois sinistros de trânsito são sujeitos a variabilidade natural. A manutenção de quantitativos e a proximidade entre os valores observados nos dois períodos indica estabilidade dos dados e reduz a influência de ocorrências atípicas.

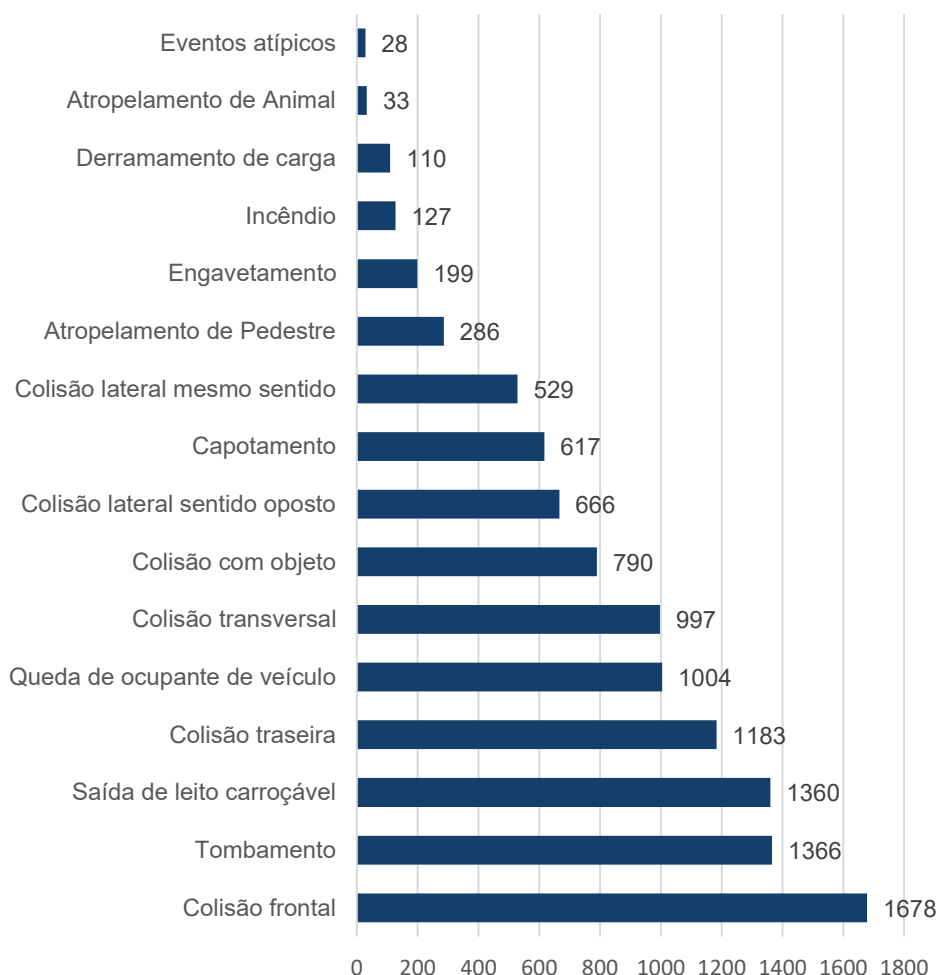
Gráfico 1 - Quantidade de sinistros por ano.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

A classificação por tipo de sinistro foi essencial para o processo de tratamento e aplicação da análise multicritério. O Gráfico 2 apresenta o quantitativo de sinistros por tipo, considerando o somatório das ocorrências registradas ao longo do período de estudo. A partir da distribuição, é possível observar que há uma predominância na ocorrência de certos tipos de sinistros no trecho de estudo, demonstrando uma predominância de determinados tipos de sinistros no trecho analisado, com destaque para a colisão frontal, tombamento, saída de leito carroçável e colisão traseira, que correspondem a aproximadamente 51% do total de sinistros. Esse comportamento evidencia que os sinistros não se distribuem de forma homogênea entre as tipologias, demonstrando um padrão na rodovia em estudo.

Gráfico 2 – Quantitativo de sinistros por tipo



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

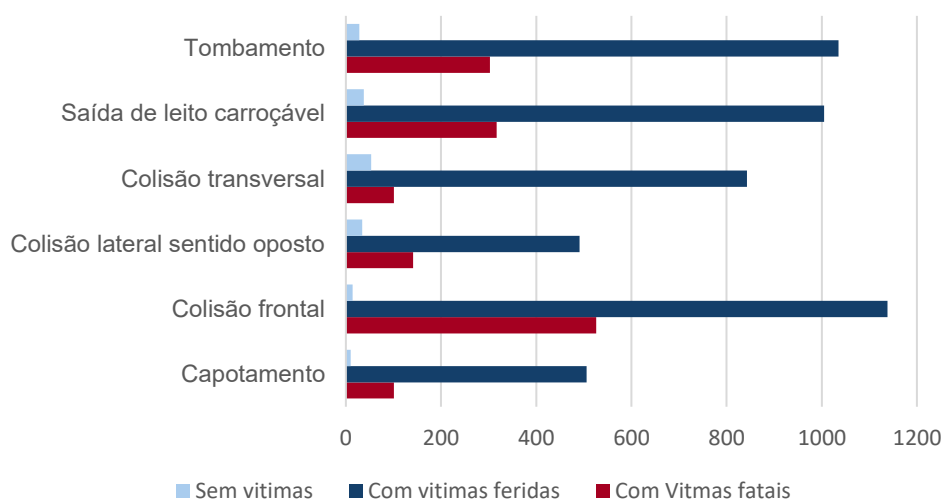
Para a análise multicritério, foram imputados pesos aos diferentes tipos de sinistros como descrito no item 4.2.2 que foram demonstrados anteriormente. Também foram

considerados pesos para diferentes classificações de acidentes, buscando ter uma maior atenção para sinistros com a presença de vítimas fatais.

Porém, é possível observar que mesmo que os pesos para a classificação por tipo foram considerados a partir da relevância para o objeto de estudo. Nesses, também há maior expressividade de sinistros com vítimas fatais, reforçando novamente a relevância da classificação dos eventos e da atribuição de pesos para a análise multicritério, uma vez que influenciaram de forma significativa para a identificação de segmentos críticos para o estudo pois no momento do confronto dos pesos atribuídos os tipos de sinistros considerados mais relevantes receberam maior peso, assim como a ocorrência a partir da classificação de gravidade do sinistro.

O Gráfico 3 apresenta a distribuição dos tipos de sinistros com peso 3, de acordo com a classificação da gravidade, considerando ocorrências sem vítimas, com vítimas feridas e fatais. Observa-se que os sinistros classificados como peso 3 apresentam frequência expressiva assim como maior gravidade, evidenciada pela quantidade de vítimas feridas e fatais.

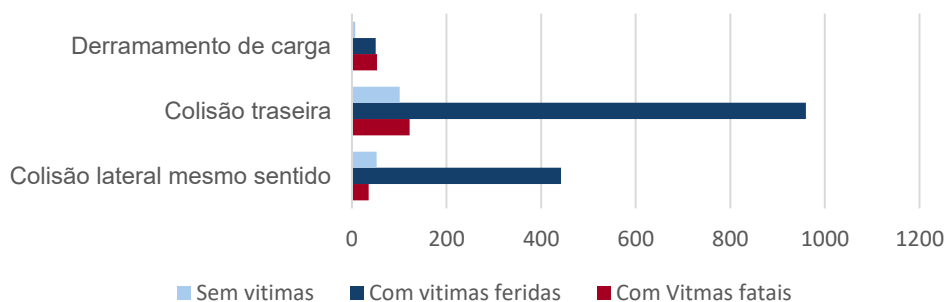
Gráfico 3 – Classificação de sinistros de peso 3



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

O Gráfico 4 apresenta a distribuição dos tipos de sinistros com peso 2, assim como o gráfico anterior. Observa-se que os sinistros classificados como peso 2 apresentam frequência expressiva, mas estão associados em maior parte a menor gravidade.

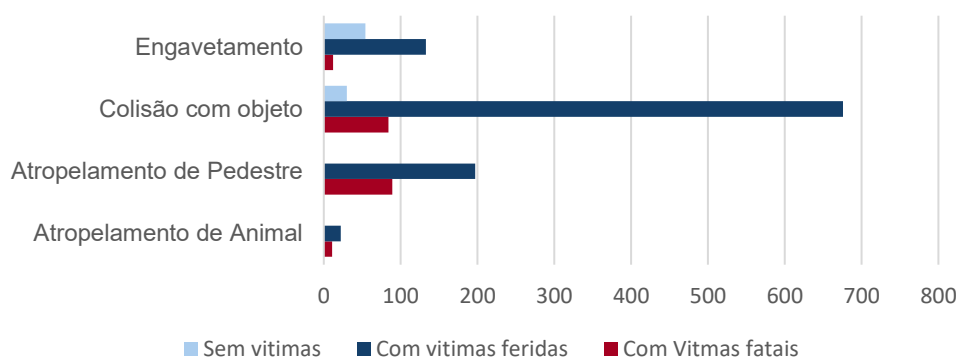
Gráfico 4 – Classificação de sinistros de peso 2



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

O Gráfico 5 apresenta a distribuição dos tipos de sinistros com peso 1, de acordo com a classificação da gravidade, assim como os gráficos anteriores. Observa-se que no geral, não um padrão definido quanto a expressividade no número de sinistros classificado como peso 1, assim como a severidade, mas

Gráfico 5 – Classificação de sinistros de peso 1



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

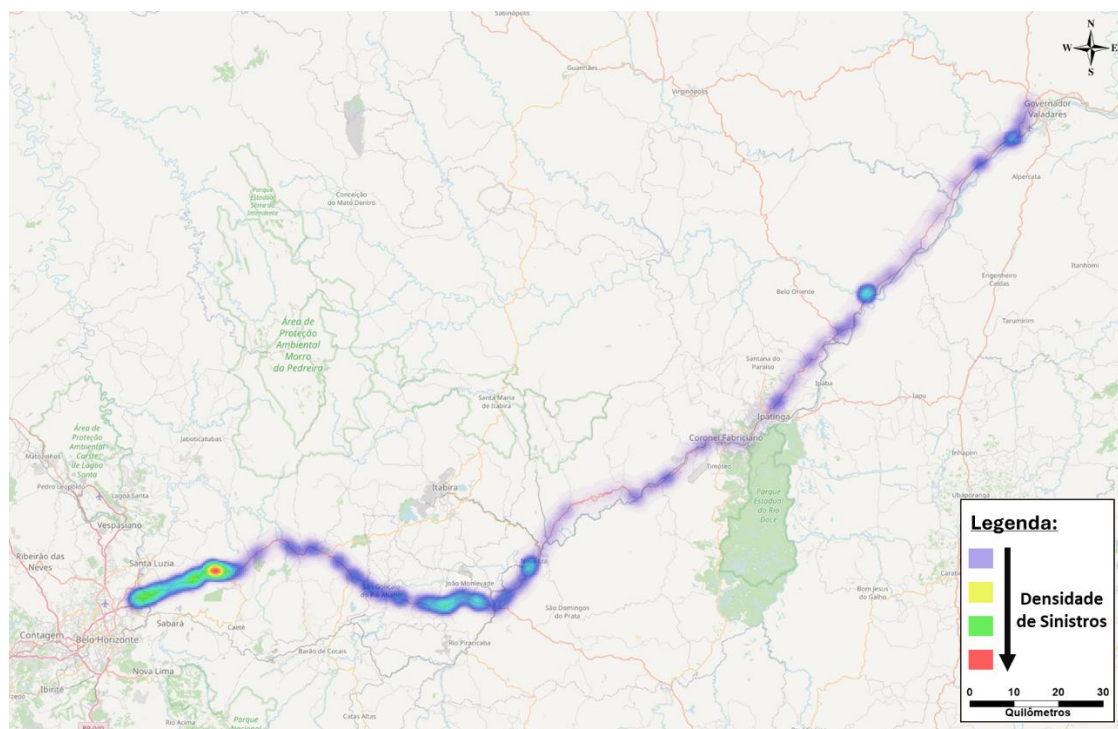
Essa análise preliminar permitiu verificar a consistência da base de dados utilizada e uma compreensão inicial dos sinistros na rodovia estudada.

Com base nessas informações, observa-se que os dados tratados constituem uma base adequada para aplicação das análises que foram feitas subsequentes.

5.2. Análise da densidade dos sinistros e seleção dos trechos

A análise multicritério descrita no item 4.2.2 teve como resultado o mapa representado na Figura 10.

Figura 10 – Mapa de densidade de sinistros.



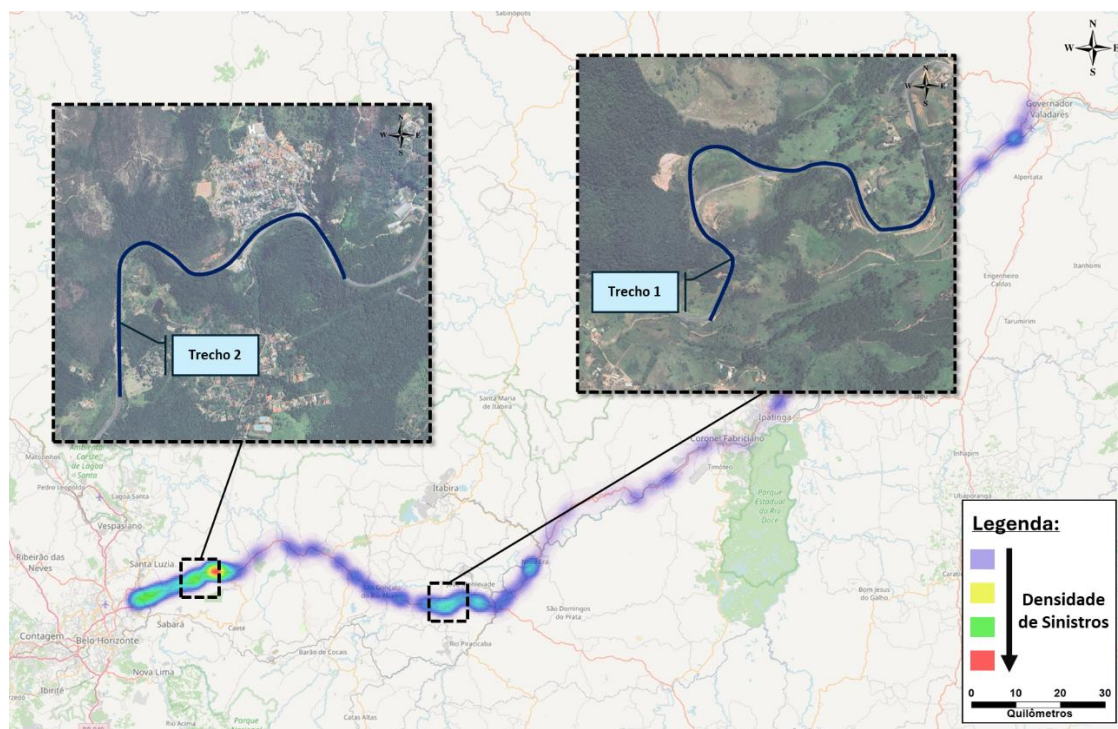
Fonte: Elaborado pela Autora (2026).

A partir do mapa de densidade, é possível observar a ocorrência de sinistros nos anos de estudo ao longo de todo o trecho da rodovia. Também, é possível também observar a concentração desses sinistros em certos pontos, identificando os pontos de maior sinistralidade com base nos dados observados. Assim, é possível selecionar visualmente os segmentos a serem estudados visto os trechos com maior representatividade da densidade a serem estudados.

5.2.1. Seleção dos trechos

A seleção dos trechos priorizou os locais com maior densidade, o que era aparente no mapa apresentado, deste modo, foram selecionados dois trechos para estudo, podem ser visualizados espacialmente pela Figura 11.

Figura 11 - Trechos selecionados para estudo.



Fonte: Elaborado pela Autora (2026).

Para a confirmação dos trechos selecionados, verificou-se a existência de curvas horizontais ao longo dos segmentos, permitindo a realização das análises propostas neste trabalho. Além disso, observou-se que ambos os trechos são sinuosos, apresentando uma sequência de curvas horizontais.

5.3. Caracterização dos trechos selecionados

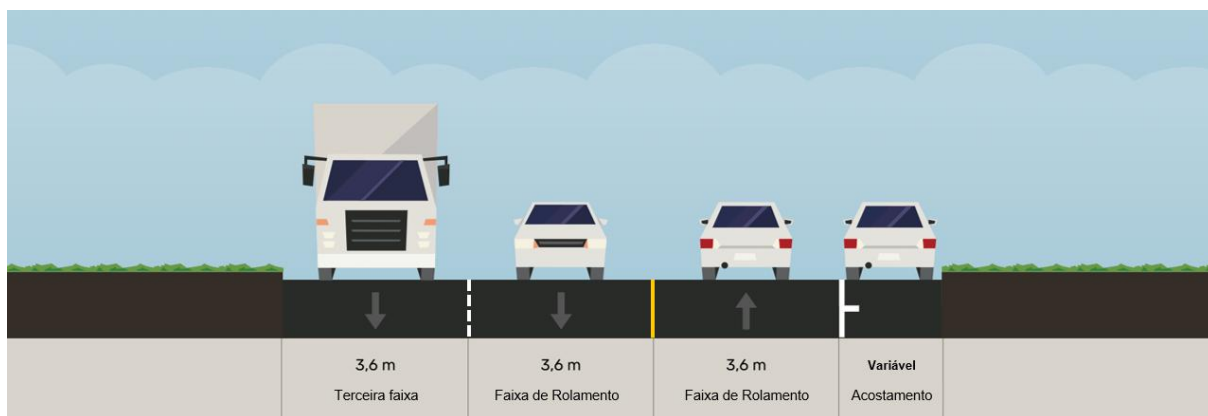
5.3.1. Trecho 1

O primeiro trecho selecionado para estudo está localizado no município de São Gonçalo do Rio Abaixo em Minas Gerais. O segmento analisado corresponde a uma sequência de onze curvas horizontais com aproximadamente 2,9 quilômetros de extensão total. O trecho pode ser delimitado a partir das coordenadas em graus decimais de início com latitude -19.851526° e longitude -43.215221° e final com latitude -19.860131° e longitude -43.225752° .

O trecho apresenta seção transversal homogênea ao longo de toda sua extensão, conforme ilustrado na imagem esquemática apresentada na Figura 12. Cabe destacar que as dimensões apresentadas possuem caráter aproximado, com base em levantamento pelo *Google Earth*.

Observa-se que ao longo de todo o trecho selecionado há a inclusão de terceira faixa no sentido decrescente (a esquerda do eixo) da rodovia, indicando que já ocorreram obras de aumento da capacidade possivelmente devido ao relevo, geometria e presença de veículos pesados no trecho.

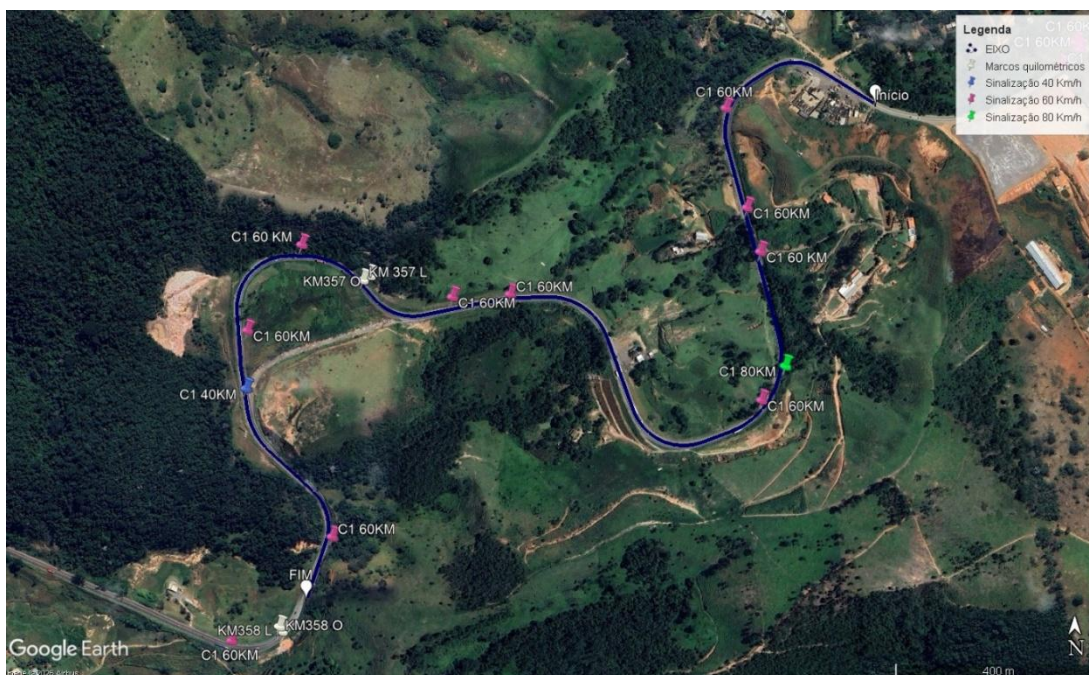
Figura 12 - Seção transversal tipo do primeiro trecho selecionado



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Em relação a velocidade regulamentada, o levantamento foi feito como descrito no item 4.4.1. e apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Levantamento sinalização do primeiro trecho selecionado.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Considerando os sentidos de tráfego e a sinalização vertical levantada, determinou-se a velocidade regulamentada ao longo do trecho selecionado, conforme

apresentado na Figura 14. Observou-se que a sinalização apresenta diferenças entre os dois sentidos de tráfego, dessa forma, tanto a representação quanto a análise foram realizadas individualmente para cada sentido.

Figura 14 - Velocidades primeiro trecho selecionado.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Baseado nos levantamentos já feitos, é observado que no sentido que há a implantação de terceira faixa, é adotada uma velocidade maior em alguns trechos que possuem a presença de curvas.

5.3.2. Trecho 2

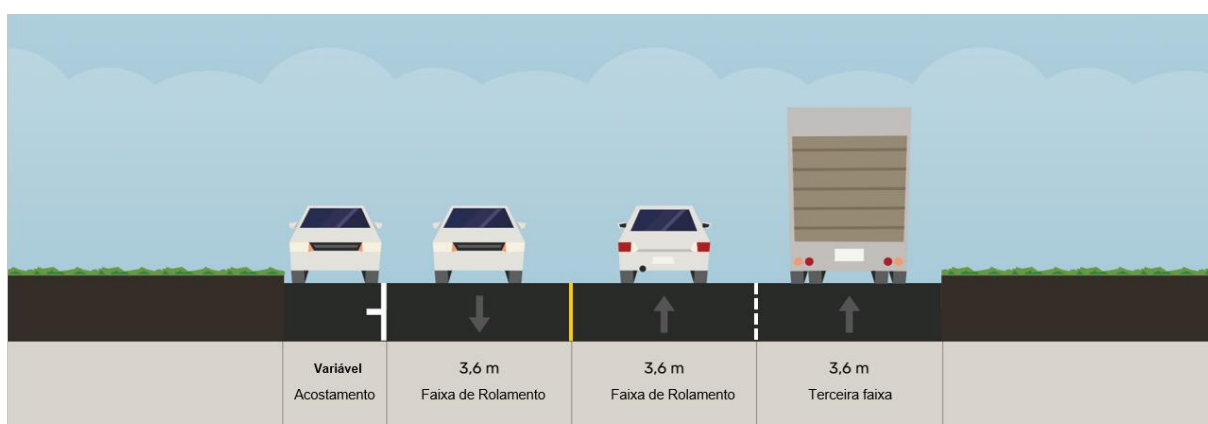
O segundo trecho selecionado para estudo está localizado no município de Ravena em Minas Gerais. O segmento analisado corresponde a uma sequência de seis curvas horizontais e a análise procedeu na extensão de aproximadamente 2,2 quilômetros de extensão total. O trecho pode ser delimitado a partir das coordenadas em graus decimais de início com latitude -19.799031° e longitude -43.748947° e final com latitude -19.804326° e longitude -43.761889° .

O trecho apresenta seção transversal com poucas alterações ao longo de toda sua extensão, conforme ilustrado na imagem esquemática apresentada na Figura 15. A principal variação está na presença de separador físico de fluxos na proximidade da entrada ao município de Ravena-MG e uma faixa adicional no sentido decrescente (a

esquerda do eixo) para conversão a essa entrada anteriormente citada. Cabe destacar que as dimensões apresentadas possuem caráter aproximado, com base em levantamento pelo *Google Earth*.

Observa-se que ao longo de todo o trecho selecionado há a inclusão de terceira faixa no sentido crescente (a direita do eixo) da rodovia, indicando que já ocorreram obras de aumento da capacidade possivelmente devido ao relevo, geometria e presença de veículos pesados no trecho.

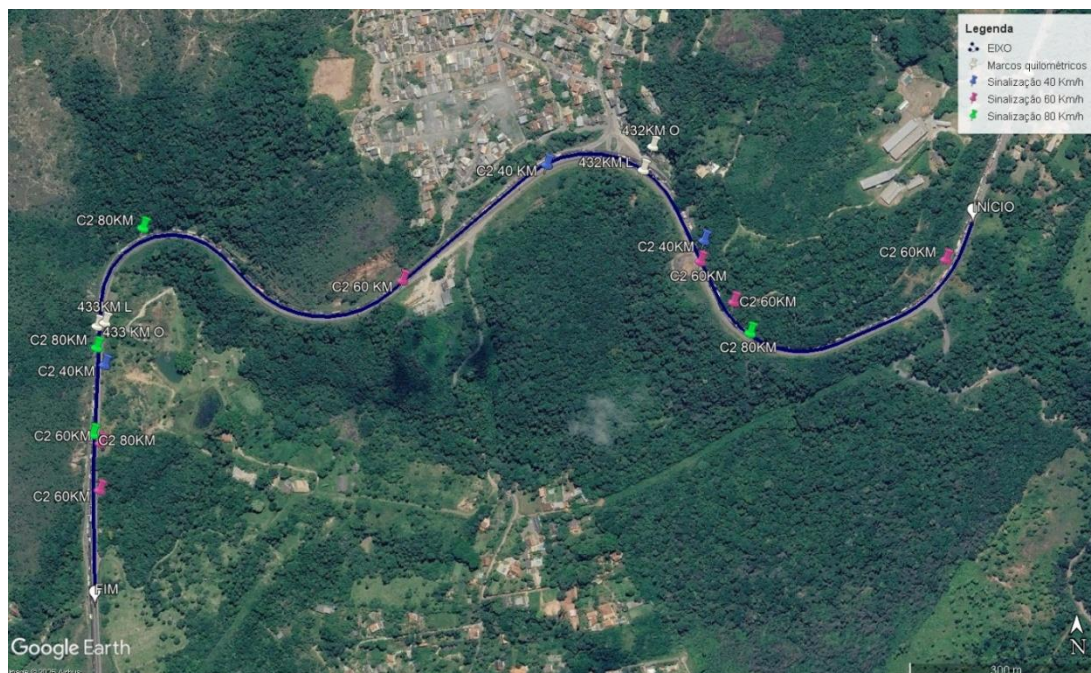
Figura 15 – Seção transversal tipo do segundo trecho selecionado



Fonte: Elaborada pela autora. (2026)

Em relação a velocidade regulamentada, o levantamento foi feito como descrito no item 4.4.1. e apresentado na Figura 16.

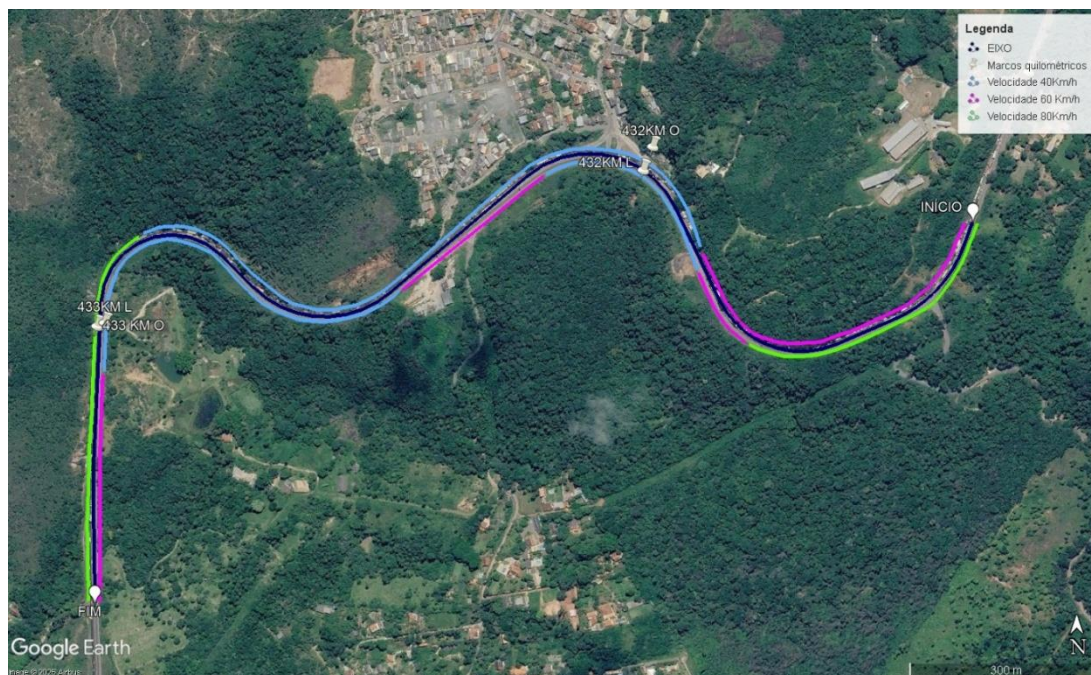
Figura 16 - Levantamento sinalização do segundo trecho selecionado.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Considerando os sentidos de tráfego e a sinalização vertical levantada, determinou-se a velocidade regulamentada ao longo do trecho selecionado, conforme apresentado na Figura 17. Observou-se que a sinalização apresenta diferenças entre os dois sentidos de tráfego, dessa forma, tanto a representação quanto a análise foram realizadas individualmente para cada sentido.

Figura 17 - Velocidades segundo trecho selecionado.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

5.4. Análise da geometria

5.4.1. Geometria trecho 1

Com base no levantamento geométrico descrito no item 4.4.2, o trecho 1 está disposto da seguinte forma ilustrada na Figura 18.

Figura 18 - Localização curvas trecho 1.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

A partir deste alinhamento, foi extraído o quadro de curvas, a qual foi adicionado as análises de velocidades regulamentadas, de acordo com o demonstrado na Figura 14. Os valores apresentados na Tabela 11, serviram de base para as análises realizadas neste trecho.

Tabela 11 - Tabela de curvas trecho 1.

CURVAS	AC	R (m)	T (m)	D (m)	PC	PT	Velocidade sentido Crescente (Km/h)	Velocidade Sentido Decrescente (Km/h)
C1	63°53'38,23"	90	56,122	100,364	6+5,430	11+5,795	60	80
C2	72°54'02,86"	115	84,983	146,393	13+4,985	20+11,378	60	80
C3	84°53'57,03"	152	139,265	225,598	39+9,912	50+15,510	60	60
C4	90°33'39,44"	104	104,892	164,176	53+13,866	61+18,042	60	60
C5	72°12'05,79"	120	87,352	150,949	69+5,499	76+16,448	60	60
C6	9°28'00,72"	294	24,329	48,548	79+13,789	82+2,337	60	60
C7	60°08'44,30"	100	57,905	104,974	88+19,695	94+4,669	60	60
C8	47°45'44,58"	142	63,016	118,647	96+9,827	102+8,474	60	60
C9	94°55'09,27"	100	108,977	165,665	103+18,401	112+4,067	60	60
C10	39°04'17,57"	135	47,862	91,985	121+14,107	126+6,092	40	60
C11	66°11'28,97"	89	58,194	103,147	132+2,822	137+5,969	40	60

Fonte: Elaborada pela autora. (2026)

Para as velocidades presentes no trecho 1, e a superelevação máxima determinada no item 4.4.3, os raios mínimos consistem no que é apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Raios mínimos para o trecho 1

Raio mínimo para superelevação máxima de 6%	
Velocidade (km/h)	Raio (m)
40	55
60	135
80	250

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Inicialmente, é possível observar uma inadequação nos raios obtidos e com a sinalização regulamentada. De modo a sistematizar a análise e tendo conhecimento da Equação 3 apresentada no item 3.2.2, e dos raios apresentados anteriormente, podemos definir as velocidades indicadas para os trechos uma vez que adotamos um valor para a superelevação. Para o cálculo, foi considerado o coeficiente de atrito transversal para a velocidade média de 60 km/h.

Tabela 13 - Análise das velocidades trecho 1.

CURVAS	R (m)	Velocidade sentido Crescente (Km/h)	Velocidade Sentido Decrescente (Km/h)	Velocidade calculada (Km/h)	Velocidade sentido Crescente adequada?	Velocidade sentido Decrescente adequada?
C1	90	60	80	48,99	Não	Não
C2	115	60	80	55,39	Não	Não
C3	152	60	60	63,72	Sim	Sim
C4	104	60	60	52,63	Não	Não
C5	120	60	60	56,52	Não	Não
C6	294	60	60	88,52	Sim	Sim
C7	100	60	60	51,64	Não	Não
C8	142	60	60	61,61	Sim	Sim
C9	100	60	60	51,64	Não	Não
C10	135	40	60	59,98	Sim	Não
C11	89	40	60	48,80	Sim	Não

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Neste trecho, não há grandes variações de velocidade, estando em sua maioria mantido a regulamentação na velocidade de 60 km/h. Foi observado diversas curvas

com inadequação das velocidades regulamentadas de acordo com as condições geométricas existentes.

5.4.2. Geometria trecho 2

Com base no levantamento geométrico descrito no item 4.4.2, o trecho 2 está disposto da seguinte forma ilustrada na Figura 19.

Figura 19 – Localização curvas trecho 2.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

A partir deste alinhamento, foi extraído o quadro de curvas, a qual foi adicionado as análises de velocidades de acordo com o demonstrado na Figura 17. Os Valores apresentados na Tabela 14, serviram de base para as análises realizadas neste trecho.

Tabela 14 - Tabela de curvas trecho 2

CURVAS	AC	R (m)	T (m)	D (m)	PC	PT	Velocidade sentido Crescente (Km/h)	Velocidade Sentido Decrescente (Km/h)
C12	46°22'50,02"	192	82,175	155,277	2+0,455	9+15,731	60	80
C13	87°50'39,34"	141	135,800	216,190	14+14,331	25+10,521	60	60-80
C14	104°37'50,50"	148	192,205	271,130	33+4,246	46+15,375	40	40
C15	84°37'34,87"	156	142,460	231,136	60+12,401	72+3,537	40	40

C16	131°47'25,19"	109	243,374	250,469	75+14,425	88+4,894	40 - 80	40
C17	3°36'10,30"	1505	47,338	94,645	98+19,835	103+14,480	80	60

Fonte: Elaborada pela autora. (2026)

Neste trecho, foi observado nas curvas C13 e C16 a existência de sinalização para regulamentação de velocidade durante o desenvolvimento da curva, por este motivo, foram apresentadas as duas velocidades de acordo com o sentido de tráfego e caso a maior velocidade não esteja adequada quanto ao raio de curva, a velocidade do trecho foi considerada inadequada.

O trecho 2, possui a variação entre as mesmas velocidades que o trecho anterior e a mesma consideração a respeito da superelevação máxima determinada, portanto, os raios mínimos a serem considerados estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 15 – Análise das velocidades trecho 2

CURVAS	R (m)	Velocidade sentido Crescente (Km/h)	Velocidade Sentido Decrescente (Km/h)	Velocidade calculada (Km/h)	Velocidade sentido Crescente adequada?	Velocidade sentido Decrescente adequada?
C12	192	60	80	71,52	Sim	Não
C13	141	60	60-80	61,32	Sim	Não
C14	148	40	40	62,93	Sim	Sim
C15	156	40	40	64,60	Sim	Sim
C16	109	40 - 80	40	53,89	Não	Sim
C17	1505	80	60	200,35	Sim	Sim

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Para este trecho a maior parte das curvas apresenta velocidade regulamentada compatível com as características geométricas. Destacam-se as curvas C13 e C16, cujos raios seriam adequados caso a velocidade regulamentada fosse somente a menor velocidade observada. Além disso, a mudança da velocidade regulamentada ao longo de uma curva não é uma prática usual, entende-se que ideal seria a regulamentação após o trecho em curva.

Outra consideração a ser feita neste trecho em específico, é relativo ao sentido decrescente, entre as curvas C15 e C14 considerando o sentido de fluxo. Ambas as curvas possuem velocidade regulamentada de 40km/h, mas o segmento em tangente entre elas é regulamentado com velocidade de 60km/h, essa prática induz ao

motorista manter a velocidade que estava sendo utilizada no trecho em tangente uma vez que já foi feito o aumento da velocidade, uma prática perigosa ao usuário.

A proximidade com a entrada ao município de Ravena pode ser observada com a Curva C14, onde há o movimento de cruzamento por parte dos veículos que estão no sentido decrescente da Rodovia.

5.4.3. Considerações finais sobre a geometria

Foi identificado que os segmentos com implantação de terceira faixa apresentam velocidades operacionais superiores às observadas nos demais trechos analisados dentro do mesmo conjunto de curvas. Tal comportamento pode estar associado ao aumento da capacidade proporcionado pela faixa adicional, que tende a favorecer melhores condições de escoamento do tráfego e, conseqüentemente, maiores velocidades de operação.

Cabe destacar, entretanto, que essa constitui uma observação sob a ótica geométrica do trecho, portanto, nessa ótica não há justificativa para a adoção de velocidades superiores nesse sentido, visto que a geometria horizontal não permite.

Ainda sob aspectos geométricos, em ambos os trechos é observada a necessidade de adequação da velocidade, porém, mantendo a homogeneidade ao longo do trecho, evitando que em uma curta distância exista variação de velocidade. A definição da velocidade em um trecho não depende unicamente da condição geométrica horizontal, portanto os demais aspectos devem ser considerados de maneira multidisciplinar.

Conforme o objetivo do trabalho, foi observado que, os trechos em curva analisados, identificados por elevados índices de sinistralidade, possuem trechos com velocidade em desacordo com os parâmetros geométricos levantados. Essa incompatibilidade pode contribuir para um cenário de insegurança operacional, uma vez que a geometria viária constitui um dos principais fatores para a definição das velocidades regulamentadas. Dessa forma, os resultados obtidos indicam a necessidade de reavaliação das velocidades regulamentadas reconsiderando as características geométricas da rodovia, considerando que os trechos estudados serviram de amostra para toda a rodovia.

As análises consideraram a velocidade regulamentada para os trechos avaliados. Entretanto, não exime a possibilidade de os condutores trafegarem em velocidades incompatíveis com as condições operacionais da via. Conforme levantado no item 3.3, o emprego de velocidades inadequadas é um fator determinante para a ocorrência e gravidade de sinistros. Sob a consideração da geometria viária, o emprego de velocidades inadequadas pode indicar inconsistências entre as características geométricas da via e as expectativas dos usuários, comprometendo a segurança. Dessa forma, eventuais intervenções de vem ser atreladas a ações de fiscalização, educação para o trânsito e aplicação da legislação vigente, de modo a promover uma abordagem integrada para a redução da sinistralidade.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo determinar se há relação entre alguns locais com maior ocorrência de sinistros na BR-381 com a geometria da via. A partir dos sinistros registrados pela Polícia Rodoviária federal nos anos de 2024 e 2025 na porção da rodovia localizada no estado de Minas Gerais com base no banco de dados disponibilizado em domínio público, foi possível utilizar dessa informação para a seleção dos trechos a serem estudados.

A metodologia empregada no trabalho permitiu identificar os trechos a serem estudados baseados nos conceitos da análise multicritério, a partir de atribuição de pesos para o tipo de sinistros e a classificação quanto a gravidade. A partir dos dados tratados, foi elaborado o mapa de densidade, que por sua vez permitiu determinar os locais críticos quanto a ocorrência de sinistros relevantes para a seleção dos trechos.

Os resultados obtidos indicaram que os trechos selecionados, com maior concentração de sinistros apresentaram em sua extensão curvas com características geométricas inadequadas, favorecendo condições operacionais inseguras.

Nos trechos estudados, a partir da caracterização do segmento foi identificado que o sentido em que há a implantação de terceira faixa, apresenta a velocidade operacional superior as demais observadas. Baseada na velocidade regulamentada e as condições geométricas levantadas foram encontradas inconsistências em ambos os sentidos de tráfego, em relação aos parâmetros recomendados pela literatura técnica e manuais de projetos geométricos.

Apesar dos resultados obtidos permitirem observar a inadequação da geometria de alguns locais ao longo dos trechos analisados, destaca-se que os dados utilizados para este trabalho são limitados. O uso de dados geométricos obtidos por interpretação de imagens georreferenciadas permitiu a análise necessária para este estudo, mas para a possibilidade de outras análises conjuntas, assim como a superelevação real do trecho, a geometria vertical da via para a relação com ocorrência de sinistros torna-se necessária a obtenção de parâmetros complementares de maior precisão.

Neste trabalho foi aplicado um estudo de caso para a rodovia BR-381 em Minas Gerais, entretanto, isso não limita a aplicabilidade da metodologia estabelecida, uma vez que os dados abertos da PRF agregam informações de diversas rodovias federais. Permitindo assim a replicabilidade em outros cenários, buscando identificar se outras rodovias que foram originalmente abertas por animais e carroças em seus percursos naturais, com construção antiga estão em conformidade com os manuais vigentes considerando as condições operacionais desejadas em âmbito de segurança viária.

Como trabalhos futuros, propõe-se a continuidade da pesquisa a respeito da velocidade regulamentada e sua relação com a geometria viária nas rodovias brasileiras. Com os resultados dessas análises podem ser feito os planos de ação mais adequado com as possibilidades existentes a partir de estudos multidisciplinares a respeito da condição existente. Os sinistros representam indicadores de que há alguma inadequação na rodovia ou no comportamento dos usuários, portanto, para uma análise completa devem ser considerados todos os fatores que contribuem para a ocorrência de sinistros, dando a devida importância a responsabilidade dos motoristas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). Novos projetos em rodovias – BR-381. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/novos-projetos-em-rodovias/381-suspenso>. Acesso em: 20 ago. 2025.

ABNT (2020). Norma brasileira ABNT NBR 10697 - Pesquisa de sinistros de trânsito - Terminologia. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasília, Brasil: [s. n.].

ALVES, Vanessa Teresinha; RUIZ-PADILLO, Alejandro; WASQUEVITI, Rafael Cezar; DUTRA, Thais Roos; CERVO, Tatiana Cureau (eds.). Projeto geométrico de rodovias [recurso eletrônico]. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Laboratório de Mobilidade e Logística, 2023. ISBN 978-85-64049-24-6. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/266/2023/10/Livro-completo-PROJETO-GEOMETRICO-DE-RODOVIAS-e-book.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2025.

AUSTROADS (1994) Austroads Road Safety Audit. Austrália: Austroads National Office.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Empresa 4UM Investimentos vence leilão da BR-381/MG. Brasília: ANTT, 29 ago. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/empresa-4um-investimentos-vence-leilao-da-br-381-mg>. Acesso em: 02 abr. 2026.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Manual de Projeto de Práticas Operacionais [recurso eletrônico]. Brasília: DNIT, s.d. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/741_manual_projeto_praticas_operacionais.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 1, 18 nov. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011/2014/2011/lei/l12527.htm. Acesso em: 2 jul. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.599, de 19 de junho de 2023. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, 20 jun. 2023. Disponível em: <file:///mnt/data/979d8968-eb64-4d93-acac-daf5d16aa232.png>. Acesso em: 21 nov. 2025.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Briefing: Concessões Rodoviárias – BR-381/MG (Belo Horizonte/MG a Governador Valadares/MG) – R3 (Publicação Edital de Licitação). Brasília: Ministério dos Transportes, 17 maio 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/concessoes/BriefingBR381MG.pdf>. Acesso em: 02 out. 2025.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Manual de procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito. Brasília: MT, 2002.

BRASIL. Ministério dos Transportes. O capítulo final da Rodovia da Morte. Brasília: Ministério dos Transportes, 29 ago. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/2024/08/o-capitulo-final-da-rodovia-da-morte>. Acesso em: 02 out. 2025.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS). Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/pnatrans>. Acesso em: 21 nov. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (Brasil). Pesquisa CNT de Rodovias 2024. Brasília, DF: CNT; SEST SENAT; ITL, 2024. 224 p. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/cbf59b9e-fd1a-41fc-b230-172c4dc42100>. Acesso em: 20 nov. 2025.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (DER-SP). Notas Técnicas de Projeto Geométrico – NT-DE-F00/001 A: Instrução de Projeto. São Paulo: DER-SP, ago. 2006. Disponível em: http://www.der.sp.gov.br/WebSite/Arquivos/normas/NT-DE-F00-001_A.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual de projeto geométrico de rodovias rurais. Ed. 1. Rio de Janeiro, 1999. p.706. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-epesquisa/ipr/coletanea-demanuais/vigentes/706_manual_de_projeto_geometrico.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

ELVIK, R. & VAA, T. (2004) The Handbook of Road Safety Measures. Elsevier, Amsterdam/New York.

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto “Coca” et al. Segurança Viária. 3. edição. Curitiba, PR, Brasil, 2023.

FLEITER, Judy et al. Significant others, who are they? Examining normative influences on speeding. In: 2006 Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference Proceedings. Able Video and Multimedia Pty Ltd, 2006. p. 1-10.

GÓES, José Ribamar Rocha de. Métodos de identificação e seleção de locais de alto risco de acidentes de trânsito: estudo e recomendações para aplicação em cidades brasileiras. 1983. 261f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba – Campus II - Campina Grande - PB - Brasil, 1983. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/8919>.

HADDON Jr., W., (1968) The Changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based. American Journal of Public Health 58, 1431-1438.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rodovia Fernão Dias: Guarulhos, SP. [s.l.] : [s.n.], [19—]. Acervo dos Municípios Brasileiros. Disponível

em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=443676>. Acesso em: 02 out. 2025.

IPEA (Brasília) – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: Caracterização, Tendências e Custos para a Sociedade. Brasília: IPEA e PRF, 2015. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7493/1/RP_Acidentes_2015.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

MENEZES, Adriana Vilar de. Traçado das estradas influencia acidentes. Jornal da Unicamp, Campinas, ed. 717, p. 5, 11 a 24 nov. 2024. Disponível em: <https://jornal.unicamp.br/edicao/717/tracado-das-estradas-influencia-acidentes/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

OMS (2015) Organização Mundial de Saúde - Global status report on road safety 2015. OMS Library Cataloguing-in-Publication Data. Genebra 27, Suíça.

OMS (2018) Organização Mundial de Saúde - Global Status report on road safety 2018. Genebra: World Health Organization.

PEIXOTO, Creso de Franco. A correlação entre segurança veicular e geometria rodoviária com base na aceleração centrípeta. 2024. 1 recurso online (195 p.) Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: 20.500.12733/23570. Acesso em: 22 nov. 2025.

PIMENTA, Carlos R. T. et al. Projeto Geométrico de Rodovias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. 319 p.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). Anuário 2024. Brasília, DF: Polícia Rodoviária Federal, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/diest-arquivos/anuario-2024_final.html. Acesso em: 7 jun. 2026.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). Anuário 2025. Brasília, DF: Polícia Rodoviária Federal, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/diest-arquivos/anuario-2025_final.html. Acesso em: 7 abr. 2026.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). Dados abertos da PRF. Brasília, DF, atual. em 25 mar. 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-da-prf>. Acesso em: 7 abr. 2026.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). Dicionário de variáveis: acidentes agrupados por ocorrência (2017 em diante). Brasília, DF: PRF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/dicionario-acidentes>. Acesso em: 7 jun. 2026.

PONTES FILHO, Glauco. Estradas de rodagem: projeto geométrico. São Carlos, 1998.

ROSEN, E. & SANDER, U. (2009) Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. *Accident Analysis and Prevention*, v. 41, p. 536-542.

SANTOS, L.; JUNIOR, AA Raia. Identificação de pontos críticos de acidentes de trânsito no município de São Carlos–SP–Brasil: análise comparativa entre um banco de dados relacional–BDR e a técnica de agrupamentos pontuais de trânsito em São Carlos com o uso da técnica de EDP. In: *II Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*. 2006.

TULER, Marcelo; SARAIVA, Sérgio. *Fundamentos de Topografia: Série Tekne*. Bookman Editora, 2014.