

Pedro Henrique Caixeta Barbosa

**OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NA RODOVIA BR –
282/SC, TRECHO DE RANCHO QUEIMADO: ESTUDO DE CASO**

Florianópolis, 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Pedro Henrique Caixeta Barbosa

**OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NA RODOVIA BR –
282/SC, TRECHO DE RANCHO QUEIMADO: ESTUDO DE CASO**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação
em Engenharia Civil do Centro Tecnológico
da Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil
Orientadora: Prof.^a Liseane Padilha Thives,
Dr.^a.

Florianópolis, 2023.

Barbosa, Pedro Henrique Caixeta

OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NA RODOVIA BR – 282/SC,
TRECHO DE RANCHO QUEIMADO: ESTUDO DE CASO / Pedro Henrique
Caixeta Barbosa; orientadora, Liseane Padilha Thives, 2023.

78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil,
Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Acidentes. 3. Geometria. 4. Rodovias. I. Thives,
Liseane Padilha. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia Civil. III. Título.

Pedro Henrique Caixeta Barbosa

**OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NA RODOVIA BR –
282/SC, TRECHO DE RANCHO QUEIMADO: ESTUDO DE CASO**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Civil

Florianópolis, 27 de novembro de 2023.

Prof^a. Lia Caetano Bastos, Dr^a.

Coordenadora do TCC

Banca Examinadora:

Prof^a. Liseane Padilha Thives, Dr^a.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Luciana Rohde, Dr^a.

Universidade Federal de Santa Catarina

Arthur Reichert Damian Preve, MSc.

Secretaria de Infraestrutura e Transporte de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus pais, amigos, familiares e a minha noiva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Professora Doutora Liseane Padilha Thives pelos seus ensinamentos, pela orientação no TCC, por ter me ouvido quando precisei de apoio, por ter sido uma amiga, por nunca ter desistido de mim, por sempre ter acreditado e apoiado durante todo esse meu processo na universidade.

Agradeço aos meus pais, que se sacrificaram tanto para me manter aqui, mesmo com tantas dificuldades e perdas no caminho.

Agradeço ao meu irmão, mesmo que em memória, pois sem você eu nem teria vindo cursar engenharia aqui em Florianópolis.

Agradeço à minha vó Maria Madalena Caixeta, em memória, pois foi durante todo meu trajeto meu apoio diário, através de broncas e risadas no telefone a senhora me deu força.

Agradeço aos meus amigos, que viraram como família e que nunca me deixaram desistir e sempre acreditaram que eu conseguiria, me apoiando emocionalmente e me ajudando com os estudos.

Agradeço à minha noiva, que me apoiou e não me deixou desistir, sempre acreditando que daria certo.

Agradeço por fim, mas não menos importante a Deus, por ter proporcionado tudo para que esse sonho pudesse se tornar realidade, pois sem ele, nada seria possível.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

(CHARLES CHAPLIN)

RESUMO

As causas dos acidentes em rodovias federais ocorrem devido a fatores humanos, veiculares e de geometria da via. O trabalho foi desenvolvido mediante uma análise teórica e estatística da influência das características técnicas da rodovia federal BR-282 com o número de acidentes de trânsito ocorridos no trecho de Rancho Queimado. Foi realizada análise bibliográfica com dados da literatura brasileira na qual foram estudados aspectos do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do Brasil, a fim de obter embasamento teórico acerca do cálculo do raio de curva horizontal e do ângulo central. Foram classificados os tipos de acidentes e a sua correlação com inconformidades da via. A partir da análise de dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF) foi apresentado um levantamento do número de acidentes em rodovias federais entre os anos de 2012 e 2022 e, através da metodologia GDV/ISK, definidos os pontos críticos da BR-282 no município de Rancho Queimado, em Santa Catarina. Foi realizada visita *in-loco* nestes pontos críticos para analisar o estado da via, a sinalização vertical e horizontal, a degradação do pavimento, a conformidade com a velocidade diretriz e a presença de acostamento. O ponto crítico referente ao km 72 apresentou um alto índice de registros de acidentes e optou-se por uma análise mais aprofundada deste trecho, com enfoque nos tipos e causas de acidentes, quantidades de feridos, mortos e ilesos, condições meteorológicas na hora do acidente e o sentido da via de suas ocorrências. Dada a geometria sinuosa do trecho, executou-se o cálculo do raio de curvatura e do ângulo central, a comparação entre os raios consecutivos e a verificação dos resultados com o preconizado em norma. Por fim, foram listadas medidas para minimizar o número de acidentes destes pontos críticos.

Palavras-chave: Geometria. Acidentes. Rodovias.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Características técnicas de projetos de rodovias | 22 |
| Figura 2 – Raio de curvatura | 23 |
| Figura 3 – Fatores que afetam a segurança no trânsito..... | 30 |
| Figura 4 – Classificação do estado geral das rodovias - extensão federal..... | 32 |
| Figura 5 – Valores limites para a definição de pontos críticos..... | 37 |
| Figura 6 - Fluxograma da metodologia adotada..... | 39 |
| Figura 7 – Acidentes com vítimas por Rodovia 2022 em SC | 40 |
| Figura 8 – Número de vítimas fatais por Rodovia Federal no Estado de Santa Catarina ... | 41 |
| Figura 9 - Rancho Queimado..... | 41 |
| Figura 10 – Acidentes por km em 2013 | 43 |
| Figura 11 – Acidentes por km em 2014 | 44 |
| Figura 12 – Acidentes por km em 2015 | 45 |
| Figura 13 – Acidentes por km em 2016 | 46 |
| Figura 14 – Acidentes por km em 2017 | 47 |
| Figura 15 – Acidentes por km em 2018 | 48 |
| Figura 16 – Acidentes por km em 2019 | 49 |
| Figura 17 – Acidentes por km em 2020 | 50 |
| Figura 18 – Acidentes por km em 2021 | 51 |
| Figura 19 – Acidentes por km em 2022 | 51 |
| Figura 20 – Pontos críticos analisados. | 53 |
| Figura 21 – Ponto crítico km 55. | 54 |
| Figura 22 – Ponto crítico km 58. | 55 |
| Figura 23 – Pontos críticos km 68,5, 69 e 70,3. | 55 |
| Figura 24 – Pontos críticos km 68,5, 69 e 70,3. | 56 |
| Figura 25 – Ponto crítico km 72. | 57 |
| Figura 26 – Ponto crítico km 80. | 57 |
| Figura 27 – Acidentes por km fracionário de 2013 a 2022 | 58 |
| Figura 28 – Acidentes agrupados por km de 2013 a 2022 | 59 |
| Figura 29 – Causas dos acidentes km 72..... | 59 |
| Figura 30 – Tipos de acidentes km 72..... | 60 |
| Figura 31 - Classificação de acidentes km 72 | 61 |

| | |
|--|----|
| Figura 32 – Pessoas envolvidas nos acidentes km 72 | 61 |
| Figura 33 – Sentido da via km 72..... | 62 |
| Figura 34 – Condição meteorológica km 72 | 62 |
| Figura 35 – Curva 1 | 63 |
| Figura 36 – Curva 2..... | 64 |
| Figura 37 – Curva 3..... | 64 |
| Figura 38 - Linhas de estímulo a redução de velocidade (LRV)..... | 66 |
| Figura 39 - Sonorizador executado com material de demarcação viária..... | 67 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Valores dos raios mínimos..... | 23 |
| Tabela 2 – Total de sinistros em rodovias federais no Brasil entre 2012 e 2022 | 33 |
| Tabela 3 – Pontos críticos em 2013..... | 43 |
| Tabela 4 – Pontos críticos em 2014..... | 44 |
| Tabela 5 – Pontos críticos em 2015..... | 45 |
| Tabela 6 – Pontos críticos em 2016..... | 46 |
| Tabela 7 – Pontos críticos em 2017..... | 47 |
| Tabela 8 – Pontos críticos em 2018..... | 48 |
| Tabela 9 – Ponto crítico em 2019..... | 49 |
| Tabela 10 – Ponto crítico em 2020..... | 50 |
| Tabela 11 – Análise geométrica e diagnóstico do traçado horizontal – km 72 BR-282. | 65 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas. |
| ABPAT | Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito. |
| ANTT | Agência Nacional de Transportes Terrestres |
| CNT | Confederação Nacional dos Transportes. |
| DENATRAN | Departamento Nacional de Trânsito. |
| DNER | Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. |
| IPEA | Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas. |
| OMS | Organização Mundial da Saúde. |
| ONSV | Observatório Nacional de Segurança Viária |
| PRF | Polícia Rodoviária Federal |
| SENATRAN | Secretaria Nacional de Trânsito |

SUMÁRIO

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1.1 | Objetivo Geral..... | 17 |
| 1.2 | Objetivos Específicos | 17 |
| 1.3 | Estrutura do Trabalho | 18 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 19 |
| 2.1 | Classificação das rodovias..... | 19 |
| | 2.1.1 <i>Classificação quanto à função</i> | 19 |
| | 2.1.2 <i>Classificação técnica.....</i> | 20 |
| 2.2 | Características técnicas para o projeto de rodovias | 21 |
| | 2.2.1 <i>Raio de curvatura</i> | 23 |
| 2.3 | A influência da via na ocorrência de acidentes | 24 |
| 2.4 | Acidentes ou sinistro de Trânsito | 28 |
| | 2.4.1 <i>Tipos de Sinistro.....</i> | 30 |
| 2.5 | Acidentes em rodovias federais no Brasil..... | 32 |
| 2.6 | Metodologia para identificação de segmentos críticos | 37 |
| 2.7 | Recomendações do DNIT para traçados em planta | 37 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 39 |
| 3.1 | Área de Estudo – Trecho BR-282 – Município de Rancho Queimado | 40 |
| 3.2 | Quantitativo de acidentes..... | 42 |
| 3.3 | Definição de pontos críticos | 42 |
| 4 | RESULTADOS | 43 |
| 4.1 | Acidentes em 2013..... | 43 |
| 4.2 | Acidentes em 2014..... | 44 |
| 4.3 | Acidentes em 2015..... | 45 |
| 4.4 | Acidentes em 2016..... | 46 |
| 4.5 | Acidentes em 2017..... | 47 |
| 4.6 | Acidentes em 2018..... | 48 |
| 4.7 | Acidentes em 2019..... | 48 |
| 4.8 | Acidentes em 2020..... | 49 |
| 4.9 | Acidentes em 2021..... | 50 |
| 4.10 | Acidentes em 2022..... | 51 |
| 4.11 | Outras análises dos pontos críticos determinados | 52 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 4.12 | Condições da Rodovia (análise como usuário)..... | 53 |
| 4.13 | Trecho com maiores números de acidente | 58 |
| | 4.13.1 <i>Possíveis Soluções.....</i> | 65 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 68 |
| 5.1 | Recomendação para trabalhos futuros..... | 70 |
| | REFERÊNCIAS | 71 |

1 INTRODUÇÃO

A redução de acidentes de trânsito é um tema de extrema importância em todo o mundo, uma vez que essas ocorrências podem causar danos físicos e emocionais graves às pessoas, além de gerar impactos sociais e econômicos significativos ao Estado. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), anualmente 1,35 milhão de pessoas morrem por acidentes de trânsito no mundo e outras 50 milhões sofrem lesões leves ou severas (OMS, 2021).

Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT), uma das principais causas de acidentes de trânsito é atribuída ao comportamento inadequado dos motoristas, como o excesso de velocidade, o uso de drogas ou álcool ao volante, a falta de atenção e o desrespeito às leis de trânsito. Nesse sentido, a conscientização e a educação dos condutores são fundamentais para prevenir acidentes, por meio de campanhas educativas e de fiscalização mais rigorosa (CNT, 2022).

Outro aspecto importante na redução de acidentes de trânsito é a manutenção adequada dos veículos. Falhas mecânicas, como pneus desgastados, freios mal ajustados e luzes queimadas, podem contribuir para a ocorrência de acidentes. Portanto, a inspeção regular dos veículos é essencial para garantir que estejam em boas condições de funcionamento (CNT, 2018).

A infraestrutura viária também é considerada um fator muito relevante na prevenção de acidentes. Rodovias com sinalização deficiente, pavimentos deteriorados com presença de defeitos com afundamentos, trincamentos e buracos, bem como vias urbanas sem faixas exclusivas para pedestres e ciclistas, podem aumentar o risco de acidentes. Investimentos em melhorias na infraestrutura viária, como a manutenção do pavimento, construção de rotatórias, passarelas e a instalação de semáforos, podem contribuir para a redução de acidentes (Segurança Viária, 2012).

Relativamente às características geométricas de uma rodovia, as mesmas são estabelecidas de acordo com o volume de tráfego e respectiva classificação técnica, objeto do estudo do projeto geométrico. O projeto geométrico desempenha a função de definir os aspectos geométricos que compõem a rodovia estrada, o qual contempla as características técnicas como número e larguras das faixas de tráfego, largura de acostamentos, raios de curvatura mínimos, rampas longitudinais máximas, necessidade da implantação de superelevação e superlargura, entre outras (DNER, 1999). O projeto geométrico é decomposto em planta, perfil e seções transversais, os quais combinados devem assegurar

uma configuração espacial adequada da rodovia e contribuir para a segurança e fluidez do tráfego (Lee, 2000).

Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT), em 2022, o total de registros de acidentes nas rodovias federais foi de 64.447, dos quais, em 52.948 foram registrados com vítimas (mortos ou feridos) (CNT, 2022).

Algumas referências mostraram que o número de acidentes em trechos curvos ocorreu significativamente em maior número, comparativamente aos trechos retos (em tangentes). Os acidentes nas curvas foram de 1,5 a 4 vezes superiores em relação aos em trechos em tangente e ainda, houve uma tendência de vítimas mais graves, resultando em mortes ou lesões severas. De acordo com os estudos, a ocorrência dos acidentes foi atribuída, principalmente, pelo raio de curvatura pequeno em relação à velocidade do veículo e capacidade de reação do motorista ao trafegar em trechos curvos (AASHTO, 1997; NODARI, 2003).

Dentre os acidentes de trânsito mais comuns em curvas horizontais estão os capotamentos, tombamentos, colisões frontais e laterais e choques mecânicos contra árvores e objetos fixos situados nas margens da via (NODARI, 2003; SAMPEDRO, 2010).

A BR-282 é uma importante rodovia federal localizada no Estado de Santa Catarina, que representa a principal ligação entre o litoral e o Oeste. Quanto à localização geográfica, é uma rodovia transversal com início em Florianópolis, capital do Estado e final em São Miguel do Oeste, na fronteira com a Argentina. Na pesquisa da CNT, esta foi considerada uma das rodovias federais com maior índice de acidentes no Estado, sendo que em 2022 foram registrados 936 casos de acidentes com vítimas e 84 mortes (CNT, 2022).

Neste estudo, foi avaliada a influência das características geométricas da rodovia BR-282, para a qual foi realizado um estudo de caso no trecho que atravessa o município de Rancho Queimado. Inicialmente foi realizado o levantamento dos acidentes registrados pela Polícia Rodoviária Federal, no período de 2013 a 2022. Adicionalmente, foram analisados os pontos classificados como críticos e propostas soluções de melhorias.

A análise da geometria englobou as variáveis como raio de curvatura, ângulo central, sinalização vertical e horizontal. Posteriormente as variáveis avaliadas foram correlacionadas com os registros de acidentes de modo a promover a identificação da influência.

Com base nos resultados obtidos, os órgãos responsáveis poderão aprofundar o estudo por meio de projetos detalhados e assim, priorizar ações de melhoria em trechos

críticos, como adequação de geometria, instalação de sinalização adequada, aumento da visibilidade, dentre outras medidas pertinentes. Além disso, a análise estatística contínua e o monitoramento dos dados podem auxiliar na avaliação da eficácia das intervenções realizadas, permitindo ajustes e otimização das medidas adotadas.

No entanto, é importante ressaltar as limitações do estudo, o qual se baseou em análises teóricas e correlações estatísticas, sendo necessária uma avaliação mais aprofundada e abrangente, considerando diversos fatores, para uma compreensão completa das causas dos acidentes.

1.1 Objetivo Geral

Verificar a influência da geometria na ocorrência de acidentes na rodovia BR-282, trecho do município de Rancho Queimado em Santa Catarina.

1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os diferentes tipos de colisões de veículos em rodovias e histórico de acidentes e rodovias federais;
- Levantar as características da rodovia e apontar elementos que possam influenciar a probabilidade de acidentes;
- Levantar os acidentes ocorridos nos últimos 10 anos no trecho da BR-282 no município de Rancho Queimado e correlacionar com o tipo de acidente registrado;
- Identificar os locais com maior incidência de acidentes com base nos dados da Polícia Rodoviária Federal e determinar os pontos críticos através da metodologia GDV/ISK;
- Propor possíveis alternativas de mudança para melhoria do índice de acidentes no trecho estudado;

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos cujos conteúdos são descritos a seguir.

O Capítulo 1, Introdução, apresenta uma contextualização acerca do tema, bem como os objetivos e estrutura do trabalho.

No Capítulo 2, Revisão Bibliográfica, é apresentado o estado da arte relacionado aos temas essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

O Capítulo 3, Metodologia, apresenta e descreve as etapas necessárias para realização do estudo e atingimento dos objetivos propostos.

No Capítulo 4, Resultados, são descritas as principais considerações obtidas nas análises e propostas as melhorias.

No Capítulo 5, Conclusões, estão apresentadas as principais contribuições do trabalho de forma a atender os objetivos propostos e sugestões para trabalhos futuros.

Nas Referências constam as referências bibliográficas citadas e que serviram de base para elaboração da metodologia adotada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, estão descritos, com base na literatura consultada, os principais aspectos relacionados ao projeto geométrico e características de uma rodovia e ainda os tipos de acidentes mais comuns e suas causas. Os temas principais abordados incluem a classificação das rodovias, as características técnicas para o projeto de rodovias, o impacto da via na ocorrência de acidentes e os métodos utilizados para identificar os problemas na rodovia.

2.1 Classificação das rodovias

As rodovias são classificadas por diferentes critérios. Para fins de projeto geométrico é adotada a classificação de natureza técnica, que está relacionada com as características geométricas que a rodovia oferecerá aos usuários. As características técnicas dependem do volume de tráfego e tipo de relevo atravessado. A classificação administrativa define a responsabilidade pela administração da via, planejamento, financiamento, construção, operação e ainda, relacionamento com os usuários. As classificações técnicas e a administrativa possuem correlação com a classificação funcional, que agrupa as rodovias pelo caráter de serviço oferecido, seja mobilidade, acessibilidade ou misto dos mesmos (DNER, 1999).

2.1.1 Classificação quanto à função

Segundo Pontes Filho (1998), a classificação funcional tem objetivo de agrupar as rodovias levando em conta o tipo de serviço obtido na mesma e as funções que exerce dentro da malha rodoviária. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) classifica as rodovias rurais em três sistemas: arterial (principal, primário ou secundário), coletor (primário ou secundário) e local, sendo (DNER, 1999):

- Arteriais: oferecem grande mobilidade nos deslocamentos e absorvem um grande fluxo de veículos. Proporcionam o tráfego por longas distâncias, entre estados e até mesmo entre países.
- Coletoras: absorvem o fluxo de uma determinada área, fornecem acesso às arteriais e às comunidades locais.

- Locais: geralmente são constituídas pelas rodovias municipais que proporcionam o acesso de pequenas comunidades, percorrendo pequenas distâncias até rodovias mais importantes.

2.1.2 Classificação técnica

Cada extensão da rodovia deve ter suas características técnicas estabelecidas para atender o volume e composição do tráfego, velocidade de projeto, relevo do terreno, entre outros (DNER, 1999). O volume de tráfego é o número de veículos que passa pelo trecho em um certo intervalo de tempo sendo expressos em média por dia (vpd) ou por hora (vph). Esta grandeza expressa a demanda de tráfego a ser comportado pela rodovia. É um importante parâmetro para a escolha das características geométricas uma vez que, para garantir a fluidez do tráfego, exige velocidades mais altas e, portanto, influencia na definição da velocidade diretriz.

O DNIT estabeleceu cinco classes técnicas para o projeto geométrico de rodovias. Cada rodovia segue um padrão de acordo com a classe definida, sendo elas:

- **Classe 0:** Corresponde ao melhor padrão técnico, com características técnicas mais exigentes, sendo sua adoção feita por critérios de ordem administrativa; trata-se de projeto de rodovia em pista dupla, com separação física entre as pistas, interseções em níveis distintos e controle total de acessos, com características de Via Expressa;
- **Classe I:** subdividida nas classes IA e IB;
- **Classe IA:** corresponde a projeto de rodovia com pista dupla, admitindo interseções no mesmo nível e com controle parcial de acessos, sendo a definição por esta classe feita com base em estudos de capacidade de rodovias;
- **Classe IB:** corresponde a projeto de rodovia em pista simples, sendo indicada para os casos em que a demanda a atender seja superior a 200 veículos por hora (vph) ou superior a 1.400 veículos por dia (vpd), mas não suficiente para justificar a adoção de classes de projeto superiores;
- **Classe II:** Corresponde a projeto de rodovia em pista simples, cuja adoção é recomendada quando a demanda a atender é de 700 vpd a 1.400 vpd;

- **Classe III:** corresponde a projeto de rodovia em pista simples, sendo recomendada para o projeto de rodovias com demanda entre 300 vpd e 700 vpd;
- **Classe IV:** Classe de projeto mais pobre, correspondendo a projeto de rodovia em pista simples, sendo subdividida nas classes IVA e IVB;
- **Classe IVA:** tem sua adoção recomendada para os casos em que a demanda, na data de abertura da rodovia ao tráfego, situa-se entre 50 vpd e 200 vpd;
- **Classe IVB:** reservada aos casos em que essa demanda resulte inferior a 50 vpd.

2.2 Características técnicas para o projeto de rodovias

No projeto geométrico de uma rodovia a ser implantada, os valores limites e recomendados das características técnicas são determinados com base nas classes de projeto, velocidades diretrizes e relevo atravessado, conforme estabelecido pelo DNIT. A Figura 1 mostra as características técnicas estabelecidas pelo DNIT, as quais constam no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNER, 1999) e foram agrupadas por Lee (2000). Os dados constantes na Figura 1 se referem às velocidades diretrizes (mínimas) e relevo. Caso seja adotada outra velocidade diretriz, pode-se calcular o raio mínimo correspondente.

Figura 1 – Características técnicas de projetos de rodovias

| DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | Unidade | CLASSE 0 | | | CLASSE I | | | CLASSE II | | | CLASSE III | | | CLASSE IV A | | | CLASSE IV B | | | |
|---|-------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | | Plano | Ond. | Mont. | Plano | Ond. | Mont. | Plano | Ond. | Mont. | Plano | Ond. | Mont. | Plano | Ond. | Mont. | Plano | Ond. | Mont. | |
| Velocidade Diretriz Mínima | km/h | 120 | 100 | 80 | 100 | 80 | 60 | 100 | 70 | 50 | 80 | 60 | 40 | 80 | 60 | 40 | 60 | 40 | 30 | |
| Distância de Visibilidade de Parada: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m | 310 205 | 210 155 | 140 110 | 210 155 | 140 110 | 85 75 | 210 155 | 110 90 | 65 60 | 140 110 | 85 75 | 45 45 | 140 110 | 85 75 | 45 45 | 85 75 | 45 45 | 30 30 | |
| Distância Mínima de Visibilidade de Ultrapassagem | m | - | - | - | 680 ^(B) | 560 ^(B) | 420 ^(B) | 680 ^(B) | 490 | 350 | 560 | 420 | 270 | 560 | 420 | 270 | 420 | 270 | 180 | |
| Raio Mínimo de Curva Horizontal (pi/Super elev. Máx.) | m | 540 | 345 | 210 | 345 | 210 | 115 | 375 | 170 | 80 | 230 | 125 | 50 | 230 | 125 | 50 | 125 | 50 | 25 | |
| Taxa de Super elevação Máxima | % | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 ⁽¹⁾ | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| Rampa Máxima: - Máximo Desejável - Máximo Absoluto | % | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Valor de K para Curvas Verticais Convexas: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m/% m/% | 233 102 | 107 58 | 48 29 | 107 58 | 48 29 | 18 14 | 107 58 | 29 9 | 10 9 | 48 29 | 18 14 | 5 5 | 48 29 | 18 14 | 5 5 | 18 14 | 5 5 | 2 2 | |
| Valor de K para Curvas Verticais Côncavas: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m/% m/% | 80 50 | 52 36 | 32 24 | 52 36 | 32 24 | 17 15 | 52 36 | 19 11 | 12 11 | 32 24 | 17 15 | 7 7 | 32 24 | 17 15 | 7 7 | 32 24 | 17 15 | 4 4 | |
| Largura da Faixa de Trânsito: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m m | - 3,60 | - 3,60 | - 3,60 | - 3,60 | - 3,60 | - 3,60 | - 3,60 | - 3,50 | - 3,30 | - 3,30 | - 3,30 | - 3,30 | - 3,00 | - 3,00 | - 3,00 | - 2,50 | - 2,50 | - 2,50 | |
| Largura do Acostamento Externo: - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m m | - 3,50 | - 3,00 | - 3,00 | - 3,00 | - 2,50 | - 2,50 | - 2,50 | - 2,50 | - 2,00 | - 2,00 | - 2,00 | - 1,50 | - 1,30 | - 1,30 | - 0,80 | - 1,00 | - 1,00 | - 0,50 | |
| Largura do Acostamento Interno: - Pistas de 2 faixas - Pistas de 3 faixas - Pistas de 4 faixas | m m m | 0,60-1,20 2,00-3,00 3,00 | 0,60-1,00 2,00-2,50 2,50-3,00 | 0,50-0,60 2,00-2,50 2,50-3,00 | Somente para a Classe IA; Aplicam-se os mesmos valores Indicados para a Classe 0. | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | |
| Gabarito Vertical (altura livre) - Mínimo Desejável - Mínimo Absoluto | m m | - 5,50 | - 5,50 | - 5,50 | - 5,50 | - 5,50 | - 5,50 | - 5,50 | - 4,50 | |
| Afastamento Mínimo do Bordo do Acostamento: - Obstáculos Contínuos - Obstáculos Isolados | m m | 0,50 1,50 | 0,50 1,50 | 0,50 1,50 | 0,50 1,50 | 0,50 1,50 | 0,50 1,50 | 0,50 1,50 | 0,50 1,50 | 0,50 1,50 | 0,30 0,50 | |
| Largura do Canteiro Central: - Largura Desejável - Valor Normal - Mínimo Absoluto | m m m | 10-18 6-7 3-7 | 10-18 6-7 3-7 | 10-18 6-7 3-7 | 10-12 ≥6 3-7 | 10-12 ≥6 3-7 | 10-12 ≥6 3-7 | 10-12 ≥6 3-7 | - - - | - - - |

(1) Somente para a Classe IA; para a classe IB, considerar 8%.
Fonte dos dados primários: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais (DNER, 1999, p. 161-168).

Fonte: Adaptado de Lee (2000).

2.2.1 Raio de curvatura

Para cada classe de projeto, de acordo com a velocidade diretriz e tipo de relevo, o DNIT estabeleceu os raios mínimos de curvas horizontais (Figura 1) e, para o raio mínimo, a superelevação é a máxima (conforme a classe). Gráficamente, pode-se avaliar o raio de uma curva conforme ilustrado na Figura 2. Assim, é necessário marcar dois pontos na borda interna da curva e medir a distância entre estes, ou seja, a corda. Ainda, deve-se medir perpendicularmente a distância entre a corda e a curva, a partir do ponto médio da corda, denominada de flecha Araújo (2016). O raio da curva é calculado pela Equação 1:

Figura 2 – Raio de curvatura



Fonte: Araújo (2016)

$$R = (F^2 + D^2) / 2F \quad (1)$$

Em que: R é o raio (m); F é a flecha (m); D é a corda (m).

Deve-se respeitar o raio mínimo para a velocidade diretriz estabelecida pelo projetista. Para as velocidades diretrizes constantes na Figura 1 e superelevações máximas (e_r), o DNIT (DNER, 1999) apresenta, através da Tabela 1, os raios mínimos para velocidades de 30 km/h a 120 km/h,

Tabela 1 – Valores dos raios mínimos

| Superelevação (%) | 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 |
| 10 | 25 | 45 | 75 | 115 | 155 | 210 | 265 | 345 | 435 | 540 |
| 12 | 20 | 45 | 70 | 105 | 145 | 195 | 245 | 315 | 400 | 490 |

Fonte: Adaptado de DNER (1999)

2.3 A influência da via na ocorrência de acidentes

Defeitos na camada de revestimento de pavimentos flexíveis, como trincas, afundamentos, desgaste, panela e exsudação têm influência na ocorrência de acidentes (CNT, 2018). Por outro lado, as principais características da via que podem influenciar a ocorrência de acidentes, têm sido consideradas como as seguintes (NODARI, 2003; COZER e WRUBLACK, 2015):

a) Limite de velocidade: de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) (BRASIL, 1997), o limite de velocidade em uma via é determinado por meio de sinalização, mas deve estar em conformidade com as características técnicas da via e as condições do trânsito. Assim, é essencial revisar os limites de velocidade impostos quando há alterações nas condições de trânsito em uma via. Se o limite de velocidade for estabelecido em um valor superior ao que o local pode suportar, isso pode contribuir para a ocorrência de acidentes.

b) Interseções: conforme definida pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) (BRASIL, 1997), compreende qualquer cruzamento em nível, entroncamento ou bifurcação, incluindo as áreas formadas por tais pontos de encontro. A existência de uma interseção geralmente resulta em conflitos no trânsito.

c) Número de faixas de rolamento: a quantidade de faixas de rolamento influencia na fluidez do trânsito e na segurança da via.

d) Largura da faixa de rolamento e do acostamento: o DNIT estipula valores mínimos de largura da faixa de rolamento e acostamento. Larguras fora do valor mínimo definido pelo DNIT pode ocasionar um acidente, como por exemplo a invasão de outra faixa para se concluir a trajetória de uma curva. Assim como o acostamento é de suma importância em casos emergenciais onde se precisa fazer uso deste para evitar um acidente.

e) Raios de curvas horizontais: o DNIT (DNER, 1999) estabelece raios mínimos para curvas horizontais para que se possa fazer o trajeto da curva sem ter saída da pista ou invasão da pista alheia, evitando assim acidentes. Raios de curvas horizontais inferiores ao raio mínimo, podem ocasionar acidentes.

f) Dimensões da superelevação e superlargura: para BRASIL (1999) “a superelevação é uma 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”. Ainda segundo BRASIL (1999) “a superlargura é o acréscimo total de largura da pista, ao longo das curvas de concordância horizontal, para

possibilitar a manutenção dos afastamentos transversais necessários entre veículos em movimentos, em condições de segurança”. Uma falha na execução da superelevação e superlargura de um projeto ao construir uma via pode reduzir a segurança da via e gerar um ponto crítico de acidentes.

g) Sinuosidade da via: Vias sinuosas são vias que apresentam sequências de curvas e são consideradas vias perigosas por este fato.

h) Condições de drenagem superficial da via: são de fundamental importância para a segurança da via, uma vez que se a via não possui uma drenagem boa, pode ocorrer aquaplanagem, que é o fenômeno onde o veículo perde o atrito com a via e fica “flutuando” e o motorista perde seu controle.

i) Inclinação dos taludes: Se uma rodovia apresenta problemas no talude pode comprometer a segurança dos veículos que ali transitam

j) Iluminação da via: a iluminação da via é a iluminação pública nos trechos de travessia urbana. Principalmente nos cruzamentos a iluminação traz mais segurança e a ausência pode resultar em acidentes.

k) Sinalização da via: segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) (BRASIL, 1997), sinalização é um conjunto de sinais de trânsito e dispositivos de segurança colocados na via com o objetivo de garantir sua utilização adequada, possibilitando melhor fluidez no trânsito e maior segurança dos veículos e pedestres que nela circulam. A ausência de sinalização ou a aplicação equivocada pode contribuir na ocorrência de acidentes.

As características geométricas que têm uma relação direta com os tipos de acidentes de trânsito são a seguir listadas (GAO, 2003; SAMPEDRO, 2010):

1. Relação com acidente tipo colisão frontal:
 - Faixa de rolamento: a largura da faixa de rolamento é um fator relevante na prevenção de colisões frontais. Se a largura da pista for insuficiente para acomodar adequadamente dois veículos em sentidos opostos, aumenta o risco de invasão da faixa contrária e colisões frontais.
 - Separador central: a presença de um separador central, como uma mureta de concreto, canteiro central ou uma faixa divisória, pode ajudar a prevenir colisões frontais. Essa estrutura física separa os fluxos de tráfego em direções opostas, reduzindo o risco de invasão da faixa contrária.
 - Superlargura: a superlargura da estrada é importante para fornecer uma separação adequada entre as faixas de tráfego opostas. Quanto maior a

superlargura, maior será a distância entre os veículos em curva que trafegam em direções opostas, o que reduz o risco de colisões frontais. Uma superlargura adequada permite que os veículos tenham espaço suficiente para manobrar e evitem invadir a faixa de tráfego oposta, diminuindo assim a probabilidade de colisões frontais.

- Espaço para manobra de emergência: em emergências, como quando um veículo invade a faixa de tráfego oposta, os motoristas precisam de espaço suficiente para realizar manobras evasivas e evitar a colisão frontal. Um acostamento proporciona esse espaço adicional, permitindo que os motoristas tenham mais tempo e espaço para reagir e evitar a colisão.
- Sinalização e demarcação: a presença de sinalização adequada, incluindo placas de advertência, sinalização de curvas perigosas, setas direcionais e marcações de faixa de rolamento, desempenha um papel importante na prevenção de colisões frontais.

2. Relação com acidente tipo colisão lateral e choque:

- Restrição do espaço de segurança: a superlargura também influencia o espaço de segurança entre os veículos que trafegam em sentidos opostos. Se a estrada não tiver uma superlargura suficiente para permitir um espaço adequado entre os veículos em movimento, aumenta a probabilidade de colisões laterais quando os veículos se aproximam ou se desviam um do outro.
- Sinalização e demarcação: a presença de uma sinalização clara e eficaz, incluindo a sinalização de faixas de rolamento, setas direcionais e marcações de faixas, desempenha um papel importante na prevenção de colisões laterais.

3. Relação com acidente tipo saída da pista:

- Superelevação e superlargura: a superelevação, que é a inclinação transversal da pista em curvas horizontais, e a superlargura, que é o alargamento da pista em curvas, desempenham um papel importante na prevenção de saídas de pista. Curvas horizontais com raios inadequados, inclinações excessivas ou mal projetadas podem aumentar o risco de um

veículo perder aderência e sair da pista. Um projeto geométrico cuidadoso deve considerar a adequação dos raios de curvatura, as inclinações e as transições de superelevação para garantir que as curvas sejam seguras e permitam que os veículos mantenham o controle ao transitar por elas. Se uma estrada não tiver uma superlargura adequada, especialmente em trechos com curvas acentuadas, os motoristas terão menos espaço para manobrar e corrigir sua trajetória em caso de perda de controle.

- Acostamento: a presença de acostamentos adequados pode ser um elemento importante na prevenção de saídas de pista. Os acostamentos fornecem uma área de escape para os veículos em emergências, permitindo que eles evitem sair completamente da estrada ou colidir com obstáculos próximos.
 - Sinalização e demarcação: a presença de sinalização adequada, como placas de advertência de curvas, setas direcionais e marcações de faixas, desempenha um papel fundamental na prevenção de saídas de pista.
 - Drenagem e controle de erosão: um projeto geométrico eficiente deve considerar a drenagem adequada da estrada para evitar o acúmulo de água na pista. A presença de poças de água ou o escoamento inadequado podem comprometer a aderência dos pneus dos veículos, aumentando o risco de saídas de pista. Além disso, o controle da erosão nas áreas adjacentes à estrada também é importante para evitar deslizamentos de terra ou desmoronamentos que possam levar a saídas de pista.
4. Relação com acidente tipo tombamento e capotamento:
- Superelevação inadequada: a superelevação, que é a inclinação transversal da pista em curvas, desempenha um papel importante na prevenção de tombamentos e capotamentos. A superelevação transversal, é importante para garantir que os veículos permaneçam estáveis em curvas. Se a inclinação lateral não for suficiente ou for excessiva para compensar a força centrífuga gerada durante uma curva, os veículos podem tombar/capotar. E um projeto geométrico deve-se calcular a superelevação de forma precisa, considerando a velocidade diretriz e as características dos veículos que utilizarão a via.
 - Superlargura: a superlargura desempenha um papel importante na prevenção de tombamentos/capotamentos, proporcionando condições mais

seguras para a passagem de veículos em curvas horizontais. Ao oferecer um espaço adicional, ela reduz o risco de tombamento/capotamento, permitindo que os veículos mantenham uma trajetória segura e evitem colisões com obstáculos ou outros veículos. A superlargura também contribui para a estabilidade do veículo durante a curva, proporcionando uma maior área de contato com a pista e melhor distribuição das forças laterais, o que reduz a tendência de tombamento/capotamento.

- **Raio de curvatura:** O raio de curvatura é outro fator relevante. Se uma curva tiver um raio muito pequeno em relação à velocidade de circulação, os veículos podem ter dificuldade em realizar a manobra, podendo ocorrer tombamentos/capotamento.
- **Sinalização:** A sinalização adequada das curvas também é fundamental para prevenir tombamentos/capotamentos. A presença de placas de aviso, indicando a direção e o grau de periculosidade das curvas, permite que os condutores estejam cientes da necessidade de reduzir a velocidade e tomar precauções

2.4 Acidentes ou sinistro de Trânsito

Segundo o CNT (2023), o Brasil possui uma malha rodoviária com extensão de 1.721.342 quilômetros de rodovias, entre federais, estaduais e municipais. Entretanto, apenas 213.933 quilômetros são pavimentados, destes 87,3% são de pista simples. A frota no país está estimada em 118.090.209 veículos (BRASIL, 2023).

As causas dos acidentes não devem ser atribuídas a somente um fator, mas ao somatório de fatores inseridos em três principais grupos: humanos, do veículo e do ambiente (via e entorno) (DNIT, 2009). Porath (2002) acrescentou que o componente institucional, referente à regulamentação, fiscalização e educação no trânsito deve ser incluído como um dos fatores causais. A seguir são descritos estes fatores

- **Fator Humano:** Refere-se aos fatores relacionados aos usuários das vias, como comportamento do motorista, estado emocional, habilidades de condução, condição física, nível de atenção, uso de substâncias (álcool, drogas), fadiga, entre outros. O componente humano desempenha um papel significativo na ocorrência dos acidentes, uma vez que as ações e decisões

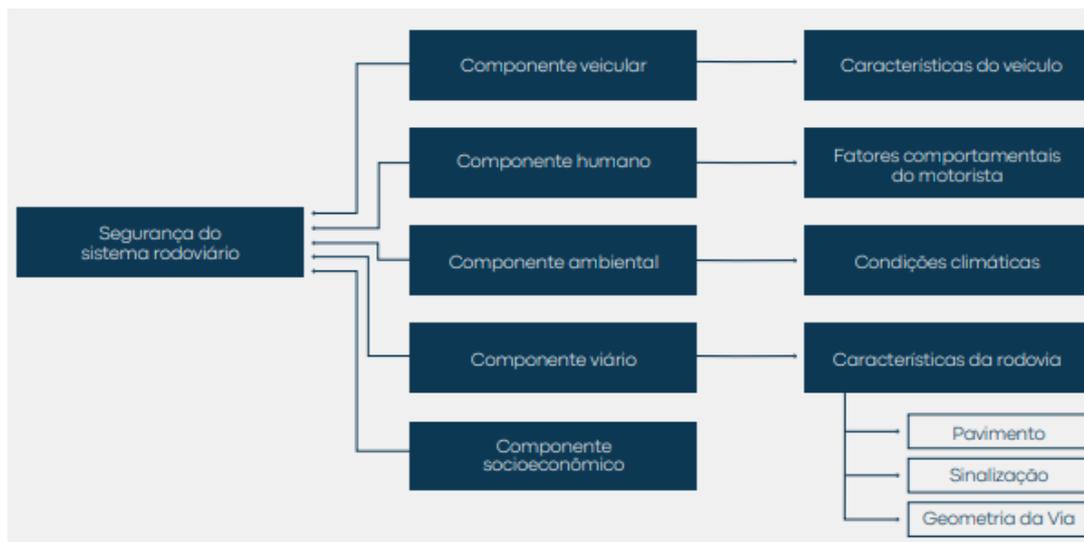
dos motoristas têm um impacto direto na segurança do trânsito. (Leal, 2017).

- **Fator veicular:** Engloba os fatores relacionados aos veículos envolvidos nos acidentes. Isso inclui a condição mecânica dos veículos, como pneus desgastados, falhas nos sistemas de freios ou suspensão, problemas elétricos, bem como o estado de manutenção adequada dos veículos. Além disso, fatores como a segurança veicular, como a presença de dispositivos de segurança (cintos de segurança, airbags) e tecnologias de assistência à condução, também influenciam nos acidentes (Leal, 2017).
- **Fator viário-ambiental:** Refere-se aos fatores relacionados às condições da via e do ambiente ao redor. Isso inclui características das estradas, como geometria (curvas, rampas, largura da pista), sinalização (placas, sinalização luminosa), condições da superfície da estrada (presença de buracos, derramamento de óleo), bem como aspectos ambientais, como condições climáticas (chuva, neblina, gelo) e iluminação adequada. O estado e a qualidade da infraestrutura viária desempenham um papel importante na prevenção de acidentes (Leal, 2017).
- **Fator institucional:** refere-se às políticas, normas, regulamentações e ações governamentais relacionadas à segurança viária. As instituições responsáveis pela regulamentação e fiscalização do trânsito desempenham um papel fundamental na promoção da segurança nas vias. Suas ações incluem a criação e aplicação de leis de trânsito, a definição de padrões de segurança veicular, a manutenção da infraestrutura viária, a realização de campanhas educativas e a fiscalização do cumprimento das normas. Uma adequada gestão institucional do trânsito, com ações efetivas voltadas para a prevenção de acidentes e promoção da segurança, é essencial para garantir um ambiente viário mais seguro. Isso envolve ações como a melhoria da sinalização, a implantação de medidas de controle de velocidade, a realização de campanhas educativas para conscientização dos usuários, a adoção de políticas de fiscalização rigorosas e a manutenção adequada da infraestrutura viária (Leal, 2017).

A Figura 3 ilustra, de forma esquemática, a interação entre os fatores que interferem na segurança do trânsito (CNT, 2022).

Gold (1998) acrescentou que o fator humano desempenha um papel importante no trânsito, de modo que, os usuários podem assumir várias funções, como pedestres, condutores de veículos, ciclistas, motociclistas ou até mesmo agentes de trânsito. No papel de motorista, as ações são uma resposta aos estímulos provenientes do ambiente ao seu redor e das situações que o cercam.

Figura 3 – Fatores que afetam a segurança no trânsito



Fonte: CNT, 2022.

O fator humano é considerado o mais “sobrecarregado”, uma vez que pode ser influenciado pelos demais elementos ou fatores (CNT,2022).

2.4.1 Tipos de Sinistro

De acordo com a norma brasileira NBR 10697 (ABNT,1989), sinistro de trânsito é todo evento que resulte em dano ao veículo ou à sua carga e/ou em lesões a pessoas e/ou animais, e que possa trazer dano material ou prejuízo ao trânsito, à via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em abertas ao público.

A norma NBR 10697 (ABNT, 1989) lista 14 tipos de sinistros de trânsito que são: atropelamento de animal, atropelamento de pessoa, capotamento, choque, colisão, colisão frontal, colisão lateral, colisão transversal, colisão traseira, engavetamento, queda,

tombamento, outros sinistros de trânsito e sequência. As definições dos sinistros estabelecidas pela norma são:

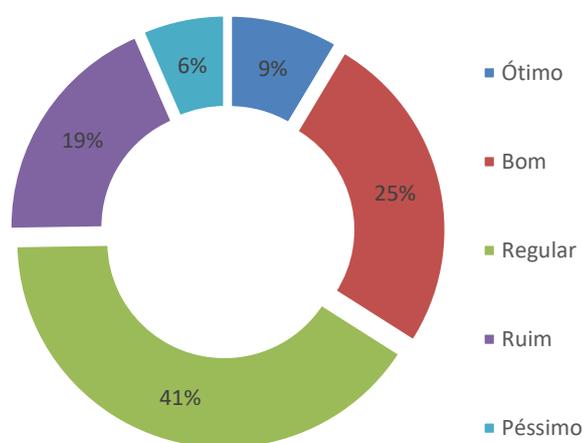
- Atropelamento de animal: sinistro de trânsito em que o animal sofre o impacto de um veículo em movimento.
- Atropelamento de pessoa: sinistro de trânsito em que a pessoa sofre o impacto de um veículo em movimento.
- Capotamento: sinistro de trânsito em que o veículo gira sobre si mesmo, em qualquer sentido, ficando em algum momento com as rodas para cima, imobilizando-se em qualquer posição
- Choque: sinistro de trânsito e que há impacto de um veículo contra qualquer objeto móvel sem movimento
- Colisão: sinistro de trânsito em que um veículo em movimento sofre o impacto de outro veículo também em movimento
- Colisão frontal: colisão que ocorre quando os veículos transitam em sentidos opostos, na mesma direção, colidindo frontalmente
- Colisão lateral: colisão que ocorre lateralmente, quando os veículos transitam na mesma direção, podendo ser no mesmo sentido ou em sentidos opostos
- Colisão transversal: colisão que ocorre transversalmente, quando os veículos transitam em direções que se cruzam, ortogonal ou obliquamente
- Colisão traseira: colisão que ocorre na frente contra 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
- Engavetamento: sinistro de trânsito em que há impacto entre três ou mais veículos, em um mesmo sentido de circulação, resultado de uma sequência de colisões traseiras, laterais ou transversais.
- Queda: sinistro de trânsito em que há impacto em razão de queda livre do veículo, queda de pessoas ou cargas transportadas em razão do movimento do veículo
- Tombamento: sinistro de trânsito em que o veículo sai de sua posição normal, imobilizando-se sobre uma de suas laterais, sua frente ou sua traseira

- Outros sinistros de trânsito: qualquer sinistro de trânsito que não se enquadre nas definições anteriores
- Sequência: combinação dos sinistros de trânsito definidos anteriormente, que ocorrem em sequência no mesmo evento

2.5 Acidentes em rodovias federais no Brasil

Em 2022, a Confederação Nacional dos Transportes (CNT) realizou uma avaliação da malha rodoviária brasileira, na qual foram levantadas as condições quanto ao pavimento, sinalização e a geometria. Considerando os três elementos, o estado geral das condições mostrou que apenas 9% foram considerados ótimo e 25% bom, sendo que 66% da malha federal apresentou problemas. A Figura 4 ilustra os resultados da desta pesquisa relativamente ao estado geral.

Figura 4 – Classificação do estado geral das rodovias - extensão federal



Fonte: CNT (2022).

De acordo com os dados de registros de acidentes da Polícia Rodoviária Federal, entre 2012 e 2022, foram registrados cerca de 1,18 milhão de acidentes nas rodovias federais do Brasil. Os dados são apresentados na Tabela 2 – Total de sinistros em rodovias federais no Brasil entre 2012 e 2022.

Tabela 2 – Total de sinistros em rodovias federais no Brasil entre 2012 e 2022

| Ano | Total de sinistros em rodovias federais |
|--------------|--|
| 2012 | 184.568 |
| 2013 | 186.748 |
| 2014 | 169.201 |
| 2015 | 122.161 |
| 2016 | 96.363 |
| 2017 | 89.567 |
| 2018 | 69.332 |
| 2019 | 67.556 |
| 2020 | 63.576 |
| 2021 | 65.539 |
| 2022 | 64.546 |
| Total | 1.179.157 |

Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Segundo Nodari (2003), estudos apontaram que o alargamento das faixas em trecho curvo poderia provocar uma redução significativa no número de acidentes, estima-se uma redução no número de acidentes que vão desde 5% para alargamentos de 30 cm em cada faixa até 21% para alargamentos de 1,2 m em cada faixa. Sendo assim, o estudo demonstrou que o Brasil necessita de um plano de adequação e manutenção das vias, visando minimizar a ocorrência de acidentes em sua malha. Gold (1998) considerou que as intervenções e melhorias nas rodovias e vias urbanas podem ser classificadas em duas formas de gerenciamento, que são: ações reativas ou corretivas e ação proativas.

As ações reativas ou corretivas referem-se às medidas tomadas após a ocorrência de um problema ou evento indesejado, como um acidente de trânsito. Essas ações têm como objetivo mitigar as consequências do evento e restaurar as condições normais. No contexto de acidentes de trânsito, as ações reativas ou corretivas podem incluir:

- Atendimento médico de emergência: Após um acidente, a prioridade é garantir a segurança e o atendimento adequado às vítimas, incluindo o envio de ambulâncias, resgate e cuidados médicos imediatos.
- Remoção de obstáculos: Se houver veículos danificados ou destroços na via, é necessário remover esses obstáculos para evitar a obstrução do tráfego e prevenir a ocorrência de novos acidentes.
- Investigação do acidente: As autoridades responsáveis devem realizar uma investigação para determinar as causas e circunstâncias do acidente. Isso

pode envolver análise de evidências, testemunhos, registros e outros dados relevantes.

- Medidas corretivas na infraestrutura viária: Com base nas informações coletadas durante a investigação do acidente, podem ser implementadas medidas corretivas no projeto geométrico da estrada, como ajustes na sinalização, modificações na geometria das curvas, melhoria da visibilidade, instalação de barreiras de proteção, entre outras ações para prevenir acidentes semelhantes no futuro.
- Educação e conscientização: Ações de conscientização e educação podem ser realizadas para informar os motoristas sobre os riscos e precauções ao conduzir, destacando os principais fatores contribuintes para acidentes e promovendo comportamentos seguros no trânsito.

Por outro lado, as ações proativas se referem às medidas preventivas e antecipadas tomadas com o objetivo de evitar acidentes ou incidentes. Essas ações são baseadas na identificação de possíveis riscos e na implementação de medidas preventivas para mitigá-los. No contexto do projeto geométrico, as ações proativas podem incluir:

- Estudo e análise de segurança: Realização de estudos de segurança rodoviária para identificar potenciais pontos de risco e avaliar a adequação do projeto geométrico em termos de curvas, inclinações, visibilidade, entre outros aspectos.
- Análise de fluxo de tráfego: Estudo do fluxo de tráfego esperado na estrada, levando em consideração fatores como volume de tráfego, tipos de veículos e velocidades previstas. Isso ajuda a determinar os requisitos de projeto, como largura da via, superlargura em curvas, faixas adicionais, entre outros.
- Sinalização adequada: Planejamento e implementação de uma sinalização adequada ao longo da estrada, incluindo placas de advertência, placas de limite de velocidade, setas direcionais, entre outras. A sinalização clara e visível ajuda os motoristas a tomar decisões adequadas e reduz o risco de acidentes.
- Iluminação adequada: Consideração da necessidade de iluminação adequada em trechos da estrada que exigem maior visibilidade, como curvas

acentuadas, interseções e áreas urbanas. A iluminação adequada contribui para a segurança dos motoristas, especialmente durante a noite.

- Drenagem eficiente: Planejamento e implementação de sistemas de drenagem adequados para evitar acúmulo de água na pista, o que pode levar à perda de controle do veículo e aumentar o risco de acidentes, como aquaplanagem.
- Manutenção regular: Implementação de programas de manutenção regular da estrada, incluindo inspeções rotineiras, reparos de superfície, pintura de sinalização e substituição de elementos desgastados. A manutenção adequada contribui para a segurança contínua da estrada.

Na busca de soluções e minimização para redução da ocorrência de sinistros no Brasil, em 1998, o DNIT publicou o Guia de Redução de Acidentes, que contempla ações de grande porte e ainda, de baixo custo.

No referido Guia (DNIT, 1998) são abordadas, no caso de geometria, algumas condições e respectivas ações corretivas. Como exemplo, no caso de uma curva considerada excessivamente “fechada”, a solução de grande porte seria a mudança de alinhamento da rodovia, eliminando-se essa característica geométrica inadequada. Na ausência dessa solução, ou enquanto não for possível a sua implantação, os acidentes seriam reduzidos por meio de medidas de menor custo, envolvendo sinalização e/ou modificação de superelevação, aplicação de revestimento antiderrapante, implantação de defensas, dependendo dos tipos de acidentes que estejam ocorrendo.

A implantação de um novo traçado envolve um investimento de custo muito alto, sem falar no tempo em que se demora para sua realização. Sendo assim, no Guia de Redução de Acidentes do DNIT (1998), algumas das soluções consideradas de baixo custo são a implantação ou melhoria de:

- Sinalização vertical intensa de advertência e regulamentação;
- Sinalização horizontal não convencional, através de pintura de mensagens de advertência em locais com condições precárias de geometria e/ou visibilidade;
- Adoção de sonorizadores associados à sinalização de advertência;
- Implantação de delineadores;
- Criação de áreas nos acostamentos para conversões em interseções;

- Melhoria da visibilidade em interseções, através da limpeza da faixa ou execução de terraplenagem de pequeno volume;
- Separação física de pedestres e veículos em áreas de travessias urbanas;
- Uso de defensas ou cercas para disciplinar a travessia em pontos com boa visibilidade;
- Recapeamento, em curvas, com material de maior rugosidade;
- Uso de tachas refletivas para delimitação das curvas mais acentuadas;
- Utilização, em pontes, de defesa New Jersey, em substituição ao antigo guarda-corpo;
- Implantação de balizadores refletivos nas defensas ou guarda-corpos.

O Manual de segurança de rodovia do DNIT (2010) instrui que é de suma importância compreender o que a própria rodovia fornece de informações aos condutores e que há uma necessidade de implantação de uma orientação positiva onde há a identificação de deficiências de informação quando forem necessárias, visando atender às suas finalidades da via e dos próprios condutores afins de evitar erros de interpretação para minimizar ao máximo a contribuição da via na causa de acidentes.

Devido às ações promovidas pelo DNIT, foi observada uma redução dos acidentes de 2012, com 184.568 registros para 2022, com 64.546 ocorrências, o que representou aproximadamente 65%. De acordo com a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (ANTT, 2023), para além das ações governamentais, a redução de acidentes se deveu, principalmente ao regime de concessões das rodovias federais. Os contratos de concessões exigem determinados critérios de aceitação de qualidade e são assegurados investimentos e manutenções necessárias em trechos rodoviários estratégicos. Outro fator contribuinte se deveu à Lei 12.760, denominada de “a Nova Lei Seca”, de dezembro de 2012. De acordo com o Ministério da Saúde (2021), o objetivo da lei foi de estabelecer ações e sanções mais rígidas aos condutores quanto à ingestão de bebidas alcoólicas. A adesão do pacote denominado “Salvar Vidas” da Organização Mundial da Saúde (OMS) também favoreceu a redução de acidentes. “Salvar Vidas” é um pacote de medidas técnicas para a segurança no trânsito e tem como componentes centrais a gestão de velocidade, a liderança na segurança no trânsito, o projeto e melhoria da infraestrutura, as normas de segurança veicular, o cumprimento das leis de trânsito e a sobrevivência pós-acidente, com objetivo de reduzir os números de mortes e lesões no trânsito (OMS, 2017).

Todas essas ações realizadas pelo governo tem o objetivo de redução dos acidentes, porém, ainda assim, o Brasil apresenta-se como o terceiro país do mundo com maiores números de vítimas de trânsito, segundo Organização Mundial da Saúde. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2020), o custo de acidentes de trânsito é de 132 bilhões por ano no Brasil, valor significativo para a sociedade brasileira.

2.6 Metodologia para identificação de segmentos críticos

De forma a identificar segmentos críticos de rodovias, no que tange a acidentes, foi desenvolvida uma metodologia que seleciona pontos, eixos e regiões críticas. No que se refere aos pontos críticos, busca-se em mapas anuais e trienais de registro de acidentes trechos com uma determinada frequência de eventos desta natureza (DNIT, 2009). A Figura 5 apresenta os valores referenciais limites para a definição de pontos críticos.

Figura 5 – Valores limites para a definição de pontos críticos.

| Mapas de Registros de Acidentes Típicos | Período de Análise | Número de Acidentes |
|--|---------------------------|----------------------------|
| De 1 ano (todos os acidentes) | 12 meses | 5 ⁽¹⁾⁽²⁾ |
| De 3 anos (apenas acidentes com vítimas) | 36 meses | 5 ⁽³⁾ |
| De 3 anos (apenas acidentes com mortes e feridos graves) | 36 meses | 3 ⁽⁴⁾ |

Fonte: DNIT (2009).

Pontos com frequência superior que os índices limites fixados, são considerados pontos críticos e carecem de estudos mais aprofundados para a elaboração de contramedidas. (DNIT, 2009).

2.7 Recomendações do DNIT para traçados em planta

O DNIT (DNER, 1999) faz algumas recomendações a serem observadas para definição dos traçados geométricos de rodovias, com o objetivo de se evitar possíveis problemas e defeitos nos projetos geométricos, algumas delas são:

- as curvas sucessivas devem alternar a orientação, ora direita (D) e ora esquerda (E);

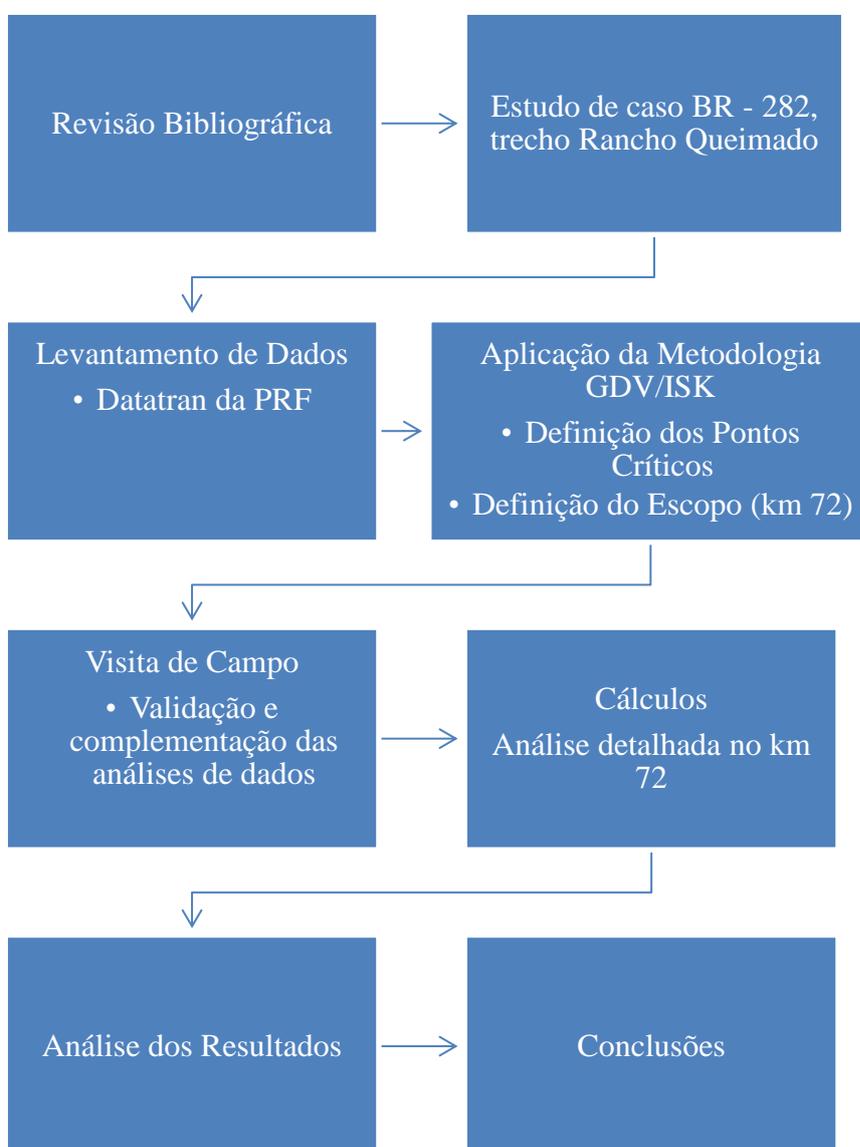
- os traçados devem ser tão direcionais e adaptados à topografia quanto possível, devendo os ângulos de deflexão (I) estarem situados entre 10° e 35°;
- concordância com curva composta: a relação entre o raio maior e o raio menor (R_1/R_2) deve observar às seguintes limitações:
R2 < 100 m: $R_1 / R_2 < 1,3$
100 m < R2 < 500 m: $R_1 / R_2 < 1,5$
500 m < R2 < 1.000 m: $R_1 / R_2 < 1,7$
1.000 m < R2: $R_1 / R_2 < 2,0$.

3 METODOLOGIA

A fundamentação teórica deste trabalho foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica que abrangeu dados da literatura brasileira, na qual foram analisados os aspectos mais relevantes do Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (DNIT, 1999).

Embasado na literatura estudada, desenvolveu-se a metodologia adotada neste trabalho, ilustrada no fluxograma da Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma da metodologia adotada



3.1 Área de Estudo – Trecho BR-282 – Município de Rancho Queimado

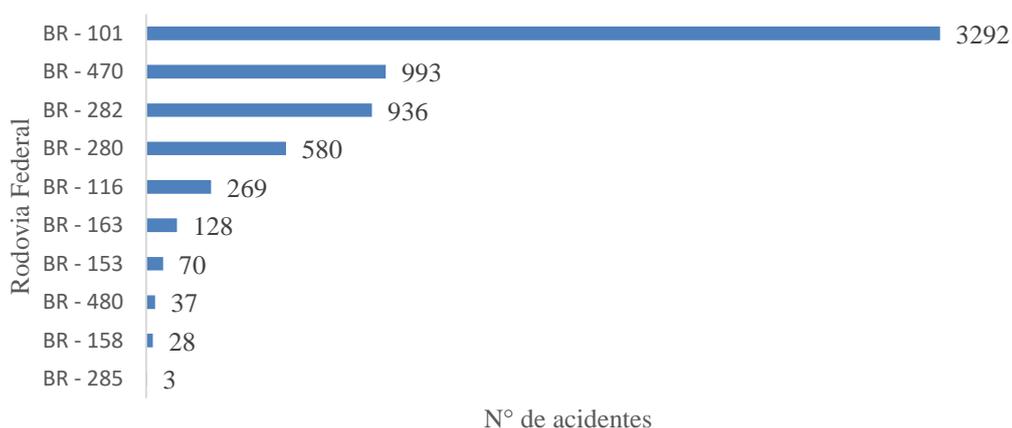
A BR-282 é uma importante rodovia federal localizada no estado de Santa Catarina, conectando as cidades de Florianópolis, a capital do estado, e São Miguel do Oeste, na fronteira com a Argentina. Com 667,3 quilômetros de extensão, a BR-282 atravessa diversas regiões catarinenses, desempenhando um papel vital no transporte de pessoas e mercadorias.

A rodovia atravessa áreas urbanas e rurais, servindo como uma rota essencial para o escoamento da produção agrícola, industrial e turística da região.

Ao longo dos anos, a BR-282 passou por melhorias e expansões para atender à crescente demanda de tráfego, visando melhorar a segurança e a eficiência do transporte rodoviário na região. No entanto, como muitas rodovias brasileiras, a BR-282 enfrenta desafios de infraestrutura e segurança, que incluem problemas com as condições da pista e o tráfego intenso em certas épocas do ano.

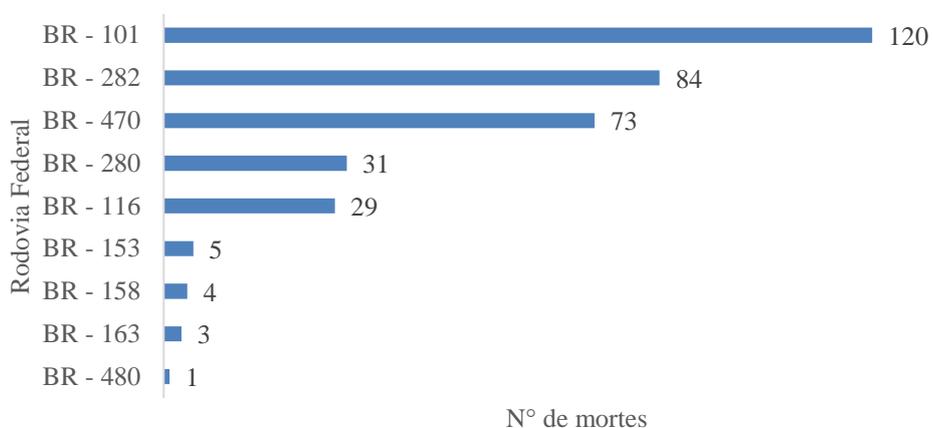
A BR-282 é uma das rodovias federais com maior índice de acidente dentro de Santa Catarina. Só em 2022 foram registrados pela PRF 936 casos de acidentes com vítimas, onde destes, ocorreram 84 mortes, como pode-se observar no gráfico divulgado pela CNT em 2022, ilustrados nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Acidentes com vítimas por Rodovia 2022 em SC



Fonte: Adaptado de CNT (2022)

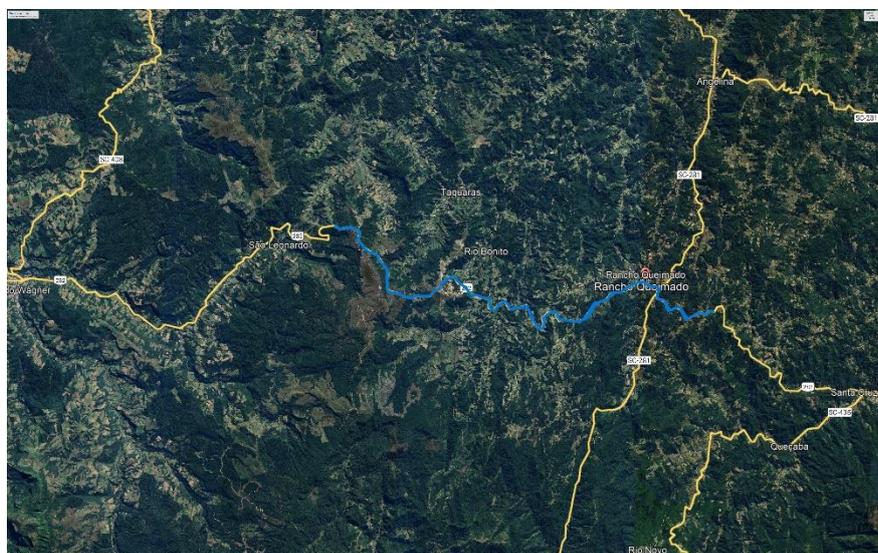
Figura 8 – Número de vítimas fatais por Rodovia Federal no Estado de Santa Catarina



Fonte: Adaptado de CNT (2022)

A região de estudo é o trecho da BR-282 dentro dos limites do município de Rancho Queimado, que está localizado a 60 km da capital catarinense, Florianópolis. O município possui uma população estimada de 3.279 habitantes (IBGE, 2023) com uma área de 288,7 km² onde sua principal atividade econômica se dá à agricultura, como a cebola, tomate, batata, milho, floricultura e morango, o que levou a cidade receber o título de capital catarinense do morango. Rancho Queimado surgiu com uma picada aberta em 1787, que foi a primeira ligação entre a serra e o litoral do estado (atual BR-282) e em 08/11/1962 recebeu o título de município Rancho Queimado (Prefeitura de Rancho Queimado, 2023). A Figura 9 ilustra o município de Rancho Queimado e em azul o trecho da BR – 282 estudado.

Figura 9 - Rancho Queimado



Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2023).

Para a metodologia aplicada neste estudo de caso, foi feita uma pesquisa sobre acidentes ocorridos na BR-282 no trecho do município de Rancho Queimado, em Santa Catarina.

3.2 Quantitativo de acidentes

O levantamento foi feito através dos dados do Datatran da PRF. As planilhas do Datatran são de acesso público, através do site <https://www.gov.br/prf/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-acidentes>, onde se tem todos os acidentes em rodovias federais registrados pela PRF. Foram elencados o quantitativo de acidentes ocorridos no trecho no período de dez anos completos, de 2013 a 2022, através do *software* Excel 2023. Considerou-se os dados dos anos completos de 2013 a 2022, dispensando assim os dados pertencentes a 2023. Foram considerados todos os acidentes, ou seja, sem separação entre com ou sem vítimas, registrados no Datatran.

3.3 Definição de pontos críticos

Em posse dos dados extraídos do Datatran da PRF, foi aplicada a metodologia GDV/ISK, desenvolvida pelo DNIT em parceria com a UFSC, para identificar os pontos críticos de cada ano, onde trechos com cinco ou mais acidentes, em um período de 12 meses, foram classificados como pontos críticos.

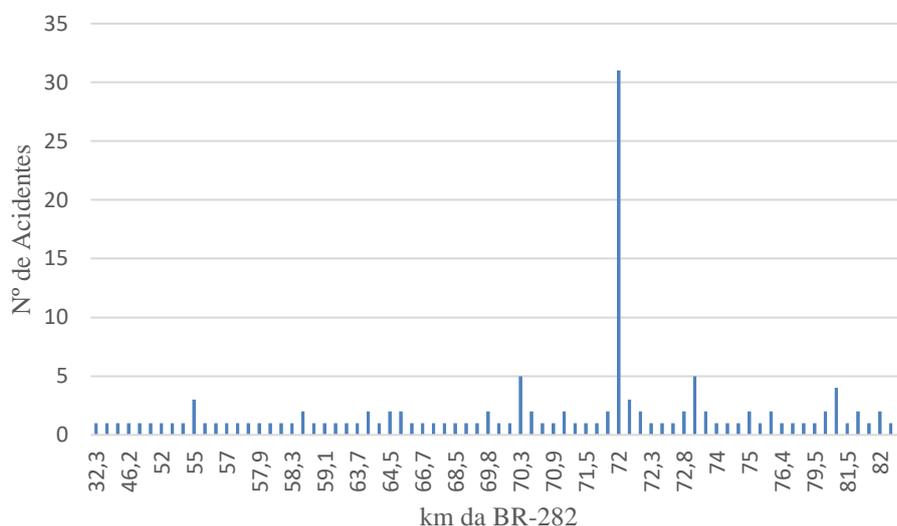
4 RESULTADOS

Os resultados da pesquisa feita nos dados do Datatran da PRF foram representados através de gráficos e os pontos críticos levantados através da metodologia GDV/ISK foram ilustrados através de tabelas.

4.1 Acidentes em 2013

Em 2013 foram registrados 136 (cento e trinta e seis) acidentes. A Figura 10 representa o número de acidentes registrados a cada km do trecho neste ano.

Figura 10 – Acidentes por km em 2013



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Observa-se que, o local com maior índice de acidentes em 2013 foi o km 72, com 31. De acordo com a metodologia GDV/ISK, a qual considera um ponto crítico aquele com 5 ou mais acidentes, apresenta-se a Tabela 3, com a classificação do km mais crítico.

Tabela 3 – Pontos críticos em 2013.

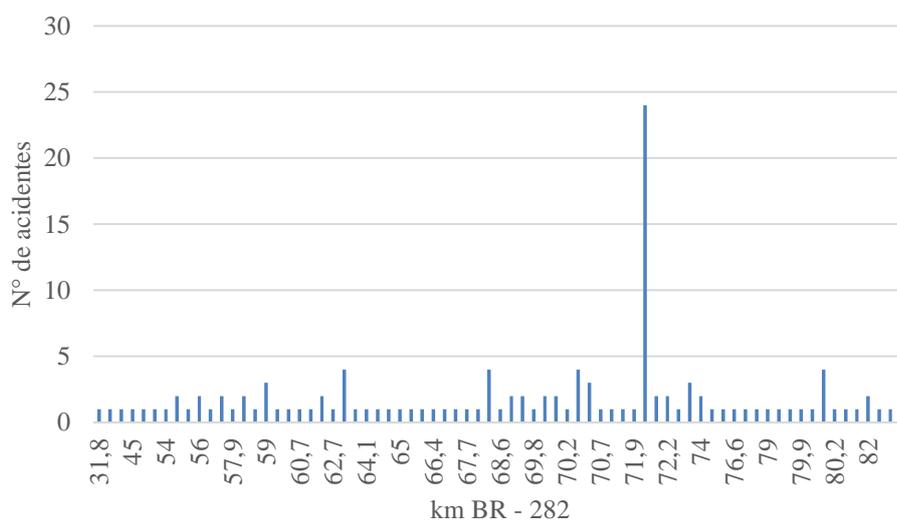
| Classificação | km | Nº de acidentes |
|---------------|------|-----------------|
| 1 | 72 | 31 |
| 2 | 70,3 | 5 |
| | 72,9 | 5 |

Observou-se que, os km 72, 70,3 e 72,9, são considerados pontos críticos, pois apresentaram mais de 5 acidentes dentro do período de 12 meses.

4.2 Acidentes em 2014

Em 2014 foram registrados 126 (cento e vinte e seis) acidentes. A Figura 11 apresenta o número de acidentes registrados a cada km do trecho neste ano.

Figura 11 – Acidentes por km em 2014



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Observou-se que em 2014 o km 72, assim como no ano anterior, é o que possui a maior frequência de acidentes, totalizando 24 acidentes ocorridos. Pela metodologia GDV/ISK, apresenta-se na Tabela 4 o km que teve número de acidentes maior ou igual a 5.

Tabela 4 – Pontos críticos em 2014.

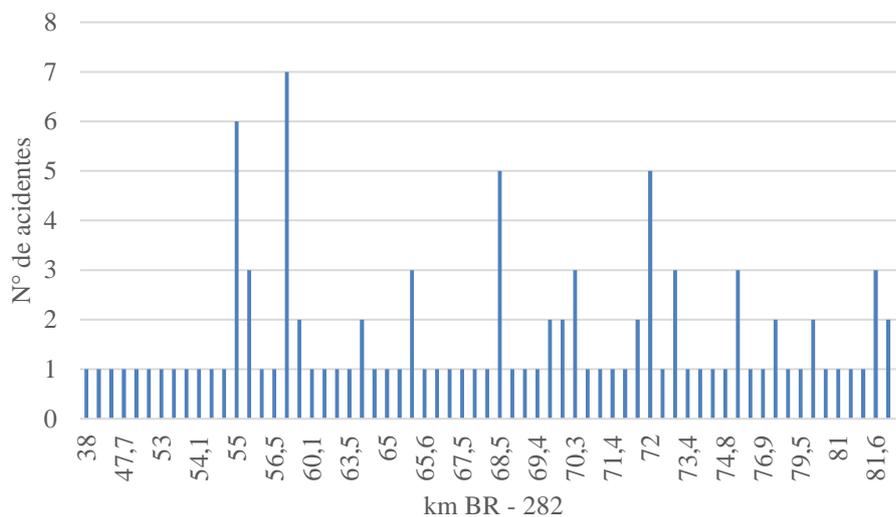
| Classificação | km | Nº de acidentes |
|---------------|----|-----------------|
| 1 | 72 | 29 |

Em 2014 o km 72, foi o único que ficou acima do índice limite de acidentes, sendo assim, considerado ponto crítico em 2014.

4.3 Acidentes em 2015

Em 2015 foram registrados 105 (cento e cinco) acidentes. A Figura 12 apresenta o número de acidentes registrados em cada km do trecho neste ano.

Figura 12 – Acidentes por km em 2015



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Observou-se que em 2015 o km 58 foi o que possui o maior índice de acidentes, totalizando 7 acidentes registrados. Pela metodologia GDV/ISK, apresenta-se na Tabela 5 os km que tiveram número de acidentes maior ou igual a 5 e a classificação do km mais crítico.

Tabela 5 – Pontos críticos em 2015.

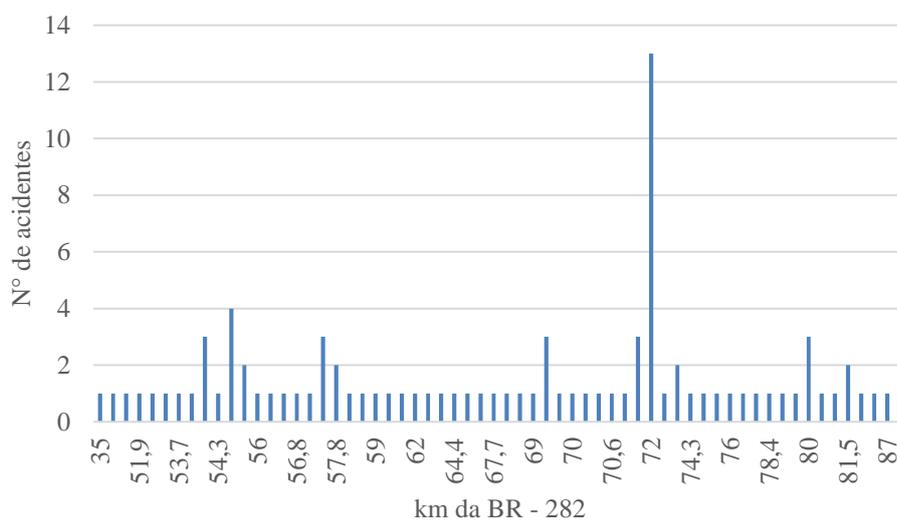
| Classificação | km | Nº de acidentes |
|---------------|------|-----------------|
| 1 | 58 | 7 |
| 2 | 55 | 6 |
| 3 | 68,5 | 5 |
| | 72 | 5 |

Em 2015 os km 58, 55, 68,5 e 72 foram considerados pontos críticos, pois apresentaram mais de 5 acidentes dentro do período de 12 meses.

4.4 Acidentes em 2016

Em 2016 foram registrados 91 (noventa e um) acidentes. A Figura 13 apresenta o número de acidentes registrados em cada km do trecho neste ano.

Figura 13 – Acidentes por km em 2016



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Observou-se que em 2016, assim como nos anos de 2013 e 2014, o km 72 é o que possui o maior índice de acidentes, totalizando 13 acidentes ocorridos. Pela metodologia GDV/ISK, apresenta-se na Tabela 6 o km que teve número de acidentes maior ou igual a 5.

Tabela 6 – Pontos críticos em 2016.

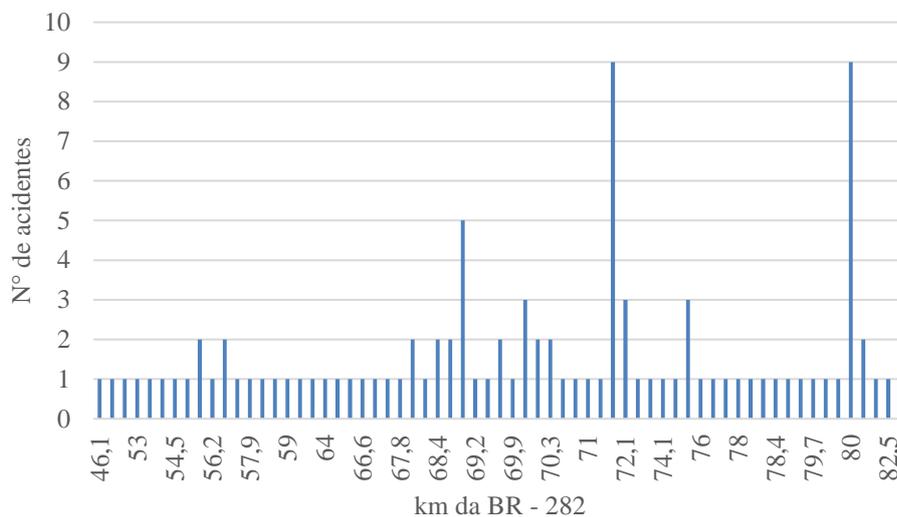
| Classificação | km | Nº de acidentes |
|---------------|----|-----------------|
| 1 | 72 | 13 |

Em 2016 o km 72, foi o único que ficou acima do índice limite de acidentes, sendo assim, considerado ponto crítico em 2016.

4.5 Acidentes em 2017

Em 2016 foram registrados 100 (cem) acidentes. A Figura 14 apresenta o número de acidentes registrados em cada km do trecho neste ano.

Figura 14 – Acidentes por km em 2017



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Em 2017, o km 72 e o km 80 são os que possuem os maiores índices de acidentes, totalizando 9 acidentes ocorridos cada. Pela metodologia GDV/ISK, apresenta-se na Tabela 7 os km que tiveram número de acidentes maior ou igual a 5 e a classificação do km mais crítico.

Tabela 7 – Pontos críticos em 2017.

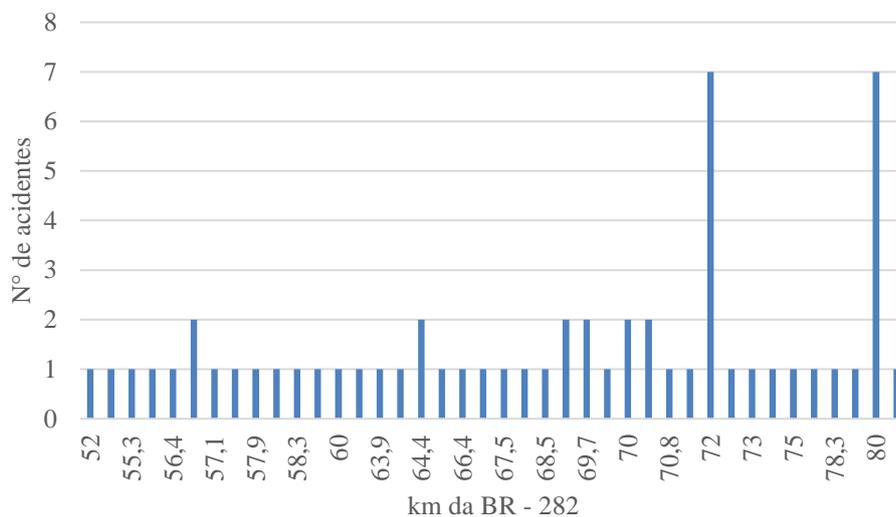
| Classificação | km | Nº de acidentes |
|---------------|----|-----------------|
| 1 | 72 | 9 |
| | 80 | 9 |
| 2 | 69 | 5 |

Em 2017 os km 72, 80, e 69 ficaram acima do índice limite de acidentes, sendo assim, considerados pontos críticos em 2017.

4.6 Acidentes em 2018

Em 2018 foram registrados 58 (cinquenta e oito) acidentes. A Figura 15 apresenta o número de acidentes registrados em cada km do trecho neste ano.

Figura 15 – Acidentes por km em 2018



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Em 2018, os km 72 e 80 seguem empatados com o maior índice de acidentes ocorridos, totalizando 7 acidentes cada um. Pela metodologia GDV/ISK, apresenta-se na Tabela 8 os km que tiveram número de acidentes maior ou igual a 5 e a classificação do km mais crítico.

Tabela 8 – Pontos críticos em 2018.

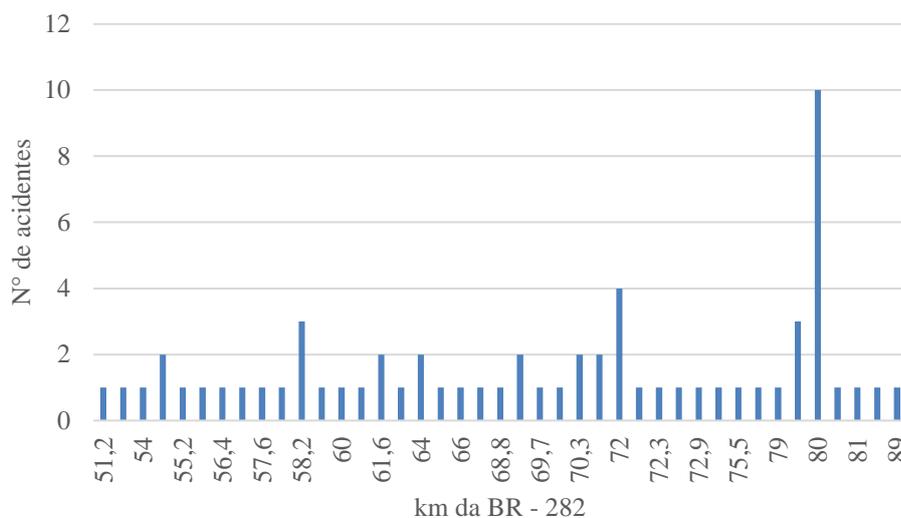
| Classificação | km | Nº de acidentes |
|---------------|----|-----------------|
| 1 | 72 | 7 |
| | 80 | 7 |

Em 2018 os km 72 e 80 ficaram acima do índice limite de acidentes, sendo assim, considerados pontos críticos em 2018.

4.7 Acidentes em 2019

Em 2019 foram registrados 63 (sessenta e três) acidentes. A Figura 16 apresenta o número de acidentes registrados em cada km do trecho neste ano.

Figura 16 – Acidentes por km em 2019



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Em 2019, o km 80 teve o maior índice de acidentes registrados, totalizando 10 acidentes. Pela metodologia GDV/ISK, apresenta-se na Tabela 9 o km que teve número de acidentes maior ou igual a 5.

Tabela 9 – Ponto crítico em 2019.

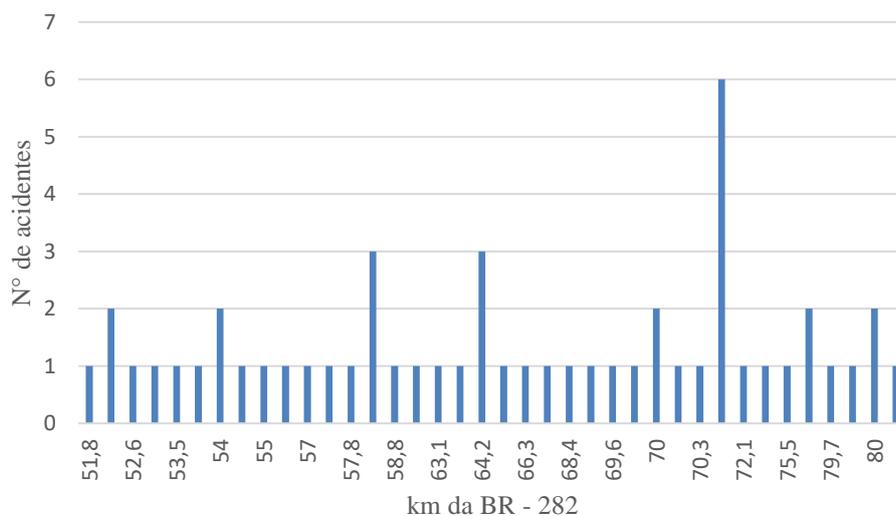
| Classificação | km | Nº de acidentes |
|---------------|----|-----------------|
| 1 | 80 | 10 |

Em 2019 o km 80, foi o único que ficou acima do índice limite de acidentes, sendo assim, considerado ponto crítico em 2019.

4.8 Acidentes em 2020

Em 2020 foram registrados 52 (cinquenta e dois) acidentes. A Figura 17 apresenta o número de acidentes registrados em cada km do trecho neste ano.

Figura 17 – Acidentes por km em 2020



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Em 2020, o km 72 teve novamente o maior índice de acidentes do trecho estudado, com um total de 6 acidentes registrados. Pela metodologia GDV/ISK, apresenta-se na Tabela 10 o km que teve o número de acidentes maior ou igual a 5.

Tabela 10 – Ponto crítico em 2020.

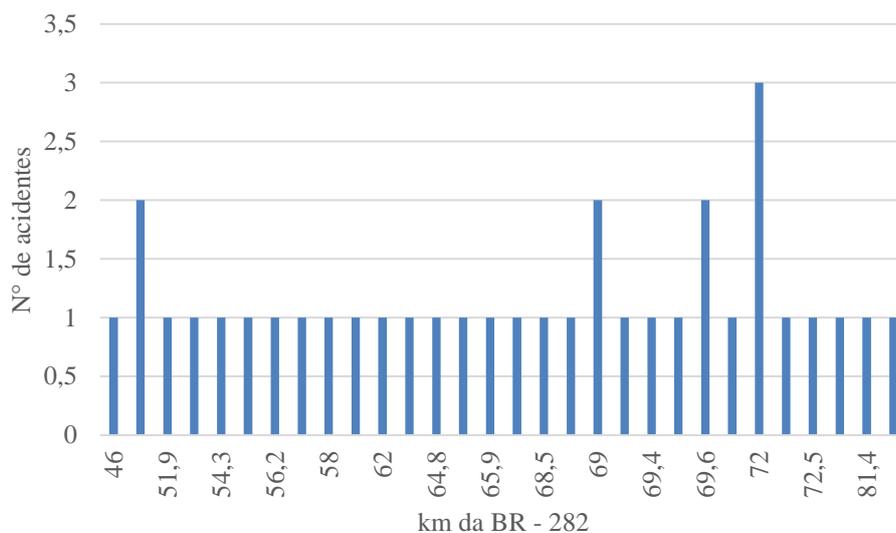
| Classificação | km | Nº de acidentes |
|---------------|----|-----------------|
| 1 | 72 | 6 |

Em 2020 o km 72, foi o único que ficou acima do índice limite de acidentes, sendo assim, considerado ponto crítico em 2020.

4.9 Acidentes em 2021

Em 2021 foram registrados 35 (trinta e cinco) acidentes. A Figura 18 apresenta o número de acidentes registrados em cada km do trecho neste ano.

Figura 18 – Acidentes por km em 2021



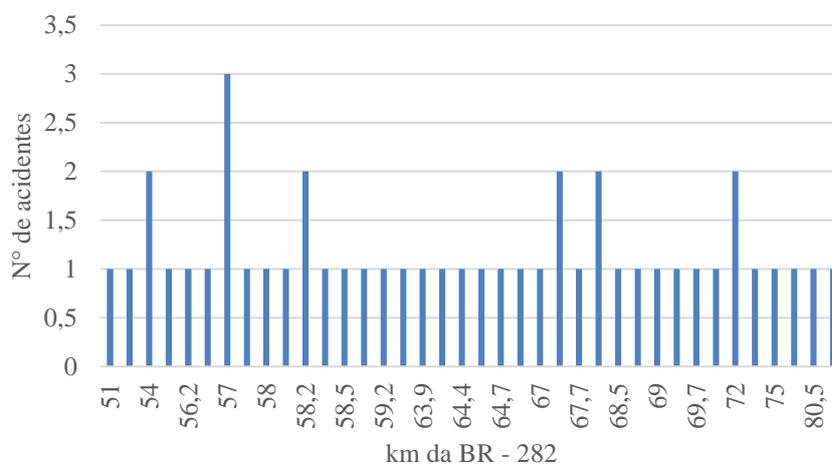
Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Em 2021, o km com maior índice de acidentes foi o km 72, totalizando 3 acidentes registrados. Como em 2021 nenhum dos km estudados teve um número maior ou igual a 5 acidentes, não se configurou pontos críticos neste ano.

4.10 Acidentes em 2022

Em 2022 foram registrados 45 (quarenta e cinco) acidentes. A Figura 19 apresenta o número de acidentes registrados em cada km do trecho neste ano.

Figura 19 – Acidentes por km em 2022



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Em 2022, o km 57 foi o que mais teve ocorrência de acidentes registrados, totalizando 3 acidentes. Considerando que em 2021, no ano de 2022 não tiveram pontos críticos, pois não ocorreram mais de 5 registros de acidente no ano no segmento estudado.

4.11 Outras análises dos pontos críticos determinados

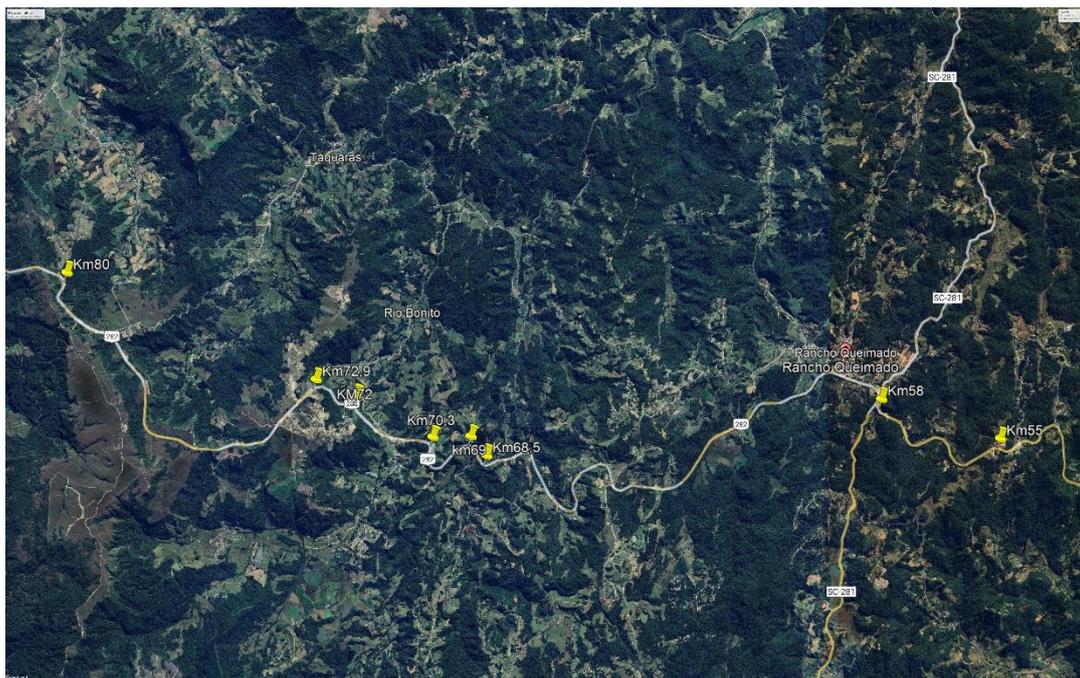
O banco de dados anuais estudados indicava outras características no momento do acidente, como: a condição meteorológica, a causa do acidente, os tipos de acidentes, a classificação dos acidentes, o sentido da via em que aconteceram estes acidentes e o número de feridos leves, graves, ilesos, mortos e ignorados. Desta forma, foi realizada uma análise correlativa do número de acidentes com tais condições.

De uma forma prática, foi-se a campo como usuário da via, respeitando a sinalização instalada para análises qualitativas sobre sensações de conforto e segurança nos pontos críticos determinados no percurso estudado. Também foram coletados dados da condição do pavimento, sinalização e drenagem atuais.

No que tange às características geométricas, escolheu-se o ponto crítico de maior frequência de acidentes. Deste, foram obtidas imagens aéreas, em escala, através da ferramenta *Google Earth*, do trecho a ser estudado e foram realizadas medidas na ferramenta *AutoCAD 2018* a fim de obter o valor do ângulo de deflexão do alinhamento horizontal, o qual equivale ao ângulo central (AC) do segmento circular que o concorda; o valor do raio de curva circular horizontal (R) e a relação entre o raio maior (R1) e raio menor (R2) de curvas horizontais sucessivas considerando o sentido de percurso crescente dos marcos quilométricos da rodovia.

Com base nos dados encontrados e após utilização da metodologia GDV/ISK, foram determinados os pontos críticos de cada ano. Sendo eles encontrados nos seguintes marcos quilométricos: 55, 58, 68,5, 69, 70,3, 72, 72,3 e 80. Utilizou-se a ferramenta *Google Earth* para melhor visualização. Tais pontos foram marcados utilizando um alfinete com legenda e estão ilustrados na Figura 20.

Figura 20 – Pontos críticos analisados.



Fonte: adaptado de *Google Earth* (2023).

Neste caso, observou-se que todos os pontos que foram classificados como críticos pertencem a um trecho sinuoso.

4.12 Condições da Rodovia (análise como usuário)

No que se refere ao ponto crítico de km 55 (Figura 21), o segmento contém desgastes do revestimento asfáltico, sinalização vertical praticamente ausente, e horizontal precária, com bastante desgaste da pintura e ausência de tachas, itens essenciais para melhor condução dos usuários, contribuindo assim para o elevado número de acidentes.

Figura 21 – Ponto crítico km 55.



Outubro de 2023.

O ponto crítico no km 58 trata-se de trecho em curva próximo ao acesso da SC-108 e que também é o principal acesso da cidade. Esta geometria do acesso pode ser a causa do elevado número de acidentes na região. A Figura 22 ilustra o trevo da cidade de Rancho Queimado.

Figura 22 – Ponto crítico km 58.



Outubro de 2023.

Os pontos críticos km 68,5, 69 e 70,3, pertence a uma sequência de curvas, ilustrados na Figura 23.

Figura 23 – Pontos críticos km 68,5, 69 e 70,3.



Fonte: adaptado de *Google Earth* (2023).

Observou-se a presença de sinalização vertical antes das curvas avisando sobre elas, porém não foi constatado placas de velocidade no trecho. Algumas linhas longitudinais de sinalização devem ser repintadas e dar manutenção nas tachas. Ausência de uma lombada eletrônica para inibir a o excesso de velocidade. A Figura 24 ilustra essa necessidade de melhoria da sinalização.

Figura 24 – Pontos críticos km 68,5, 69 e 70,3.



Outubro de 2023.

No sentido crescente de quilômetros, o ponto crítico do km 72 possui sinalização vertical de velocidade, de aviso de curva acentuada para esquerda, além de contar com uma faixa adicional de pista e, ao final da curva, uma fiscalização eletrônica de velocidade. Como ilustrada na Figura 25.

Figura 25 – Ponto crítico km 72.



Outubro de 2023.

O último ponto crítico analisado é o km 80, que se mostrou como ponto crítico nos anos 2017, 2018, e 2019, ilustrado na Figura 26.

Figura 26 – Ponto crítico km 80.

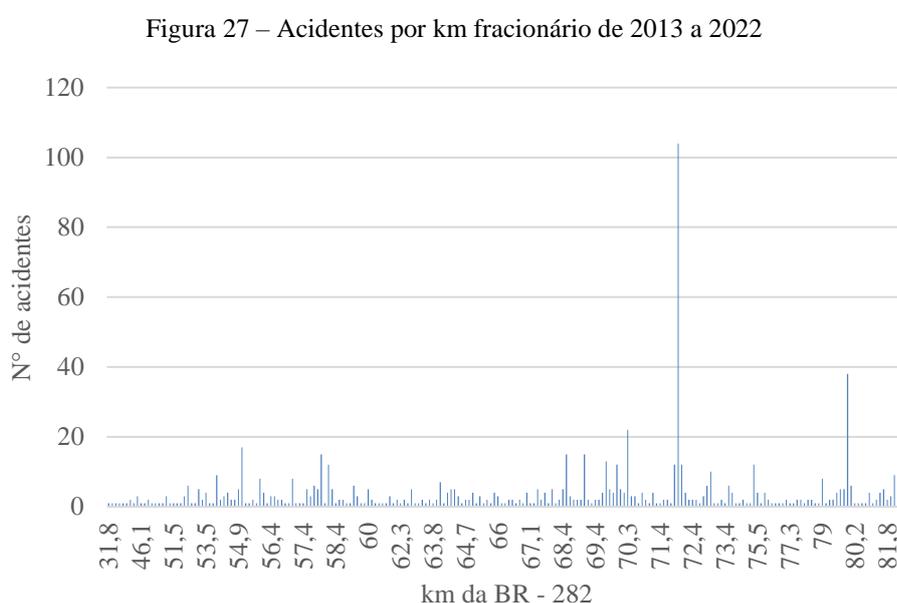


outubro de 2023.

O ponto crítico conta com adequada sinalização, tanto vertical quanto horizontal, com faixas recém pintadas e placas indicatórias do sentido da curva, além de contar com fiscalização eletrônica de velocidade.

4.13 Trecho com maiores números de acidente

Posteriormente à análise dos pontos críticos ano por ano, foi feito o gráfico ilustrado na Figura 27 onde foi analisada a soma dos registros de todos os acidentes ocorridos nos anos de 2013 a 2022.

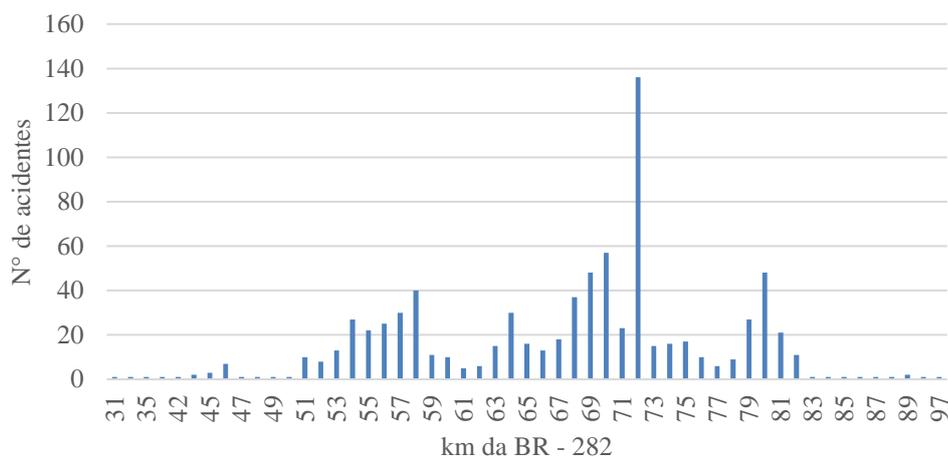


Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Através da Figura 27, o ponto crítico km 72, foi o que mais obteve registros de acidentes pela PRF no período estudado, em destaque como ponto crítico nos anos 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2020. Tal frequência de acidentes era bastante superior aos demais (com um total de 104 acidentes).

Numa análise aprofundada, percebeu-se ainda que os quilômetros posteriores a este e que antecedem o quilômetro 73, também contava com um volume significativo de tráfego. Sendo assim, decidiu-se fazer uma análise por quilômetro agrupado, formando trechos quilômetro a quilômetro. A Figura 28 apresenta todos os acidentes agrupados em números inteiros, fazendo assim uma análise da quantidade de acidentes que ocorreram em cada quilômetro ao longo dos anos estudados.

Figura 28 – Acidentes agrupados por km de 2013 a 2022

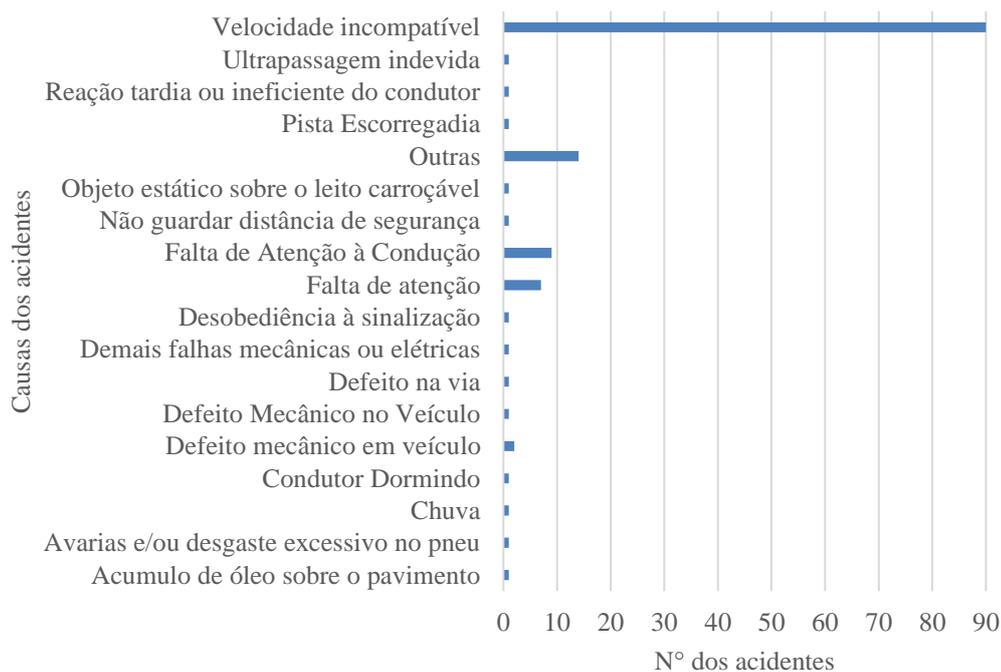


Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Notou-se que, o trecho km 72, possui 136 registros de acidentes, mais que o dobro do segundo colocado que foi o trecho km 70, com 57 registros de acidentes no período estudado. Neste sentido, foi realizado um aprofundamento nas características do trecho km 72, fazendo análise da causa do acidente, o tipo de acidente, a existência de vítimas, número de feridos, o tipo de traçado e a condição climática.

Quanto à causa dos acidentes, a Figura 29 ilustra as principais causas, de acordo com os registros do Datatran da PRF (PRF, 2023).

Figura 29 – Causas dos acidentes km 72

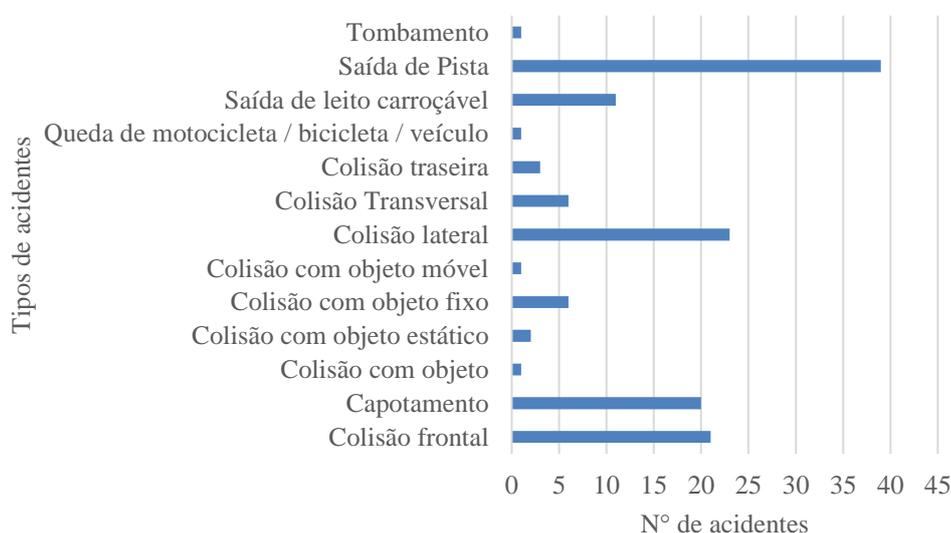


Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Observou-se que a principal causa de acidentes ocorridos no trecho estudado é a velocidade incompatível, velocidade a qual é de 60 km/h no ponto de maior índice de acidente, com fiscalização eletrônica.

Analisou-se o tipo de acidente ocorrido no trecho nos anos estudados. A Figura 30 apresenta os tipos de acidentes mais recorrentes no trecho, são eles Colisão frontal, Capotamento, Colisão com objeto, Colisão com objeto estático, Colisão com objeto fixo, Colisão com objeto móvel, Colisão lateral, Colisão Transversal, Colisão traseira, Queda de motocicleta / bicicleta / veículo, Saída de leito carroçável, Saída de Pista, Tombamento.

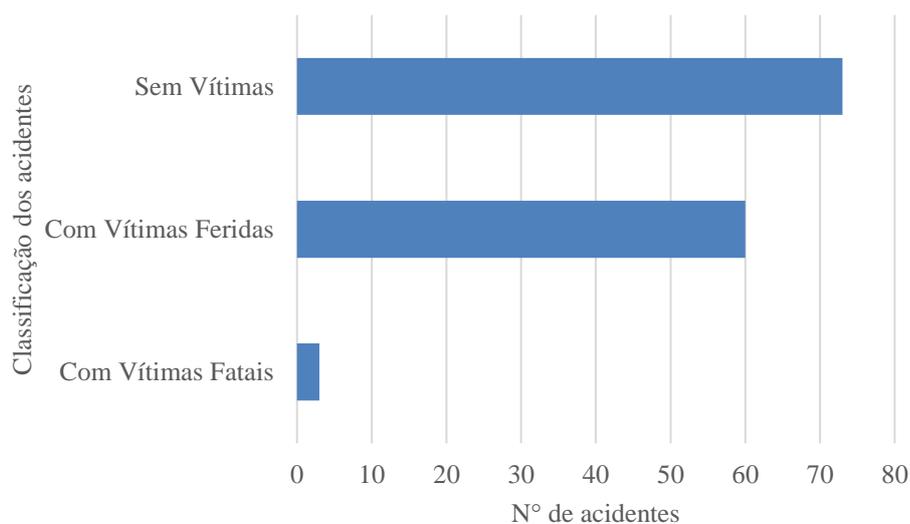
Figura 30 – Tipos de acidentes km 72



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

A partir dos dados, percebeu-se que saída de pista foi o principal tipo de acidente, seguido por colisão lateral, colisão frontal e capotamento. Três tipos de acidentes de alto risco para vida, ainda mais por se tratar de uma região de serra, o que pode deixar o índice de acidentes com vítimas feridas elevado. Dessa forma, analisou-se quantos acidentes tiveram vítimas, ilustrado na Figura 31.

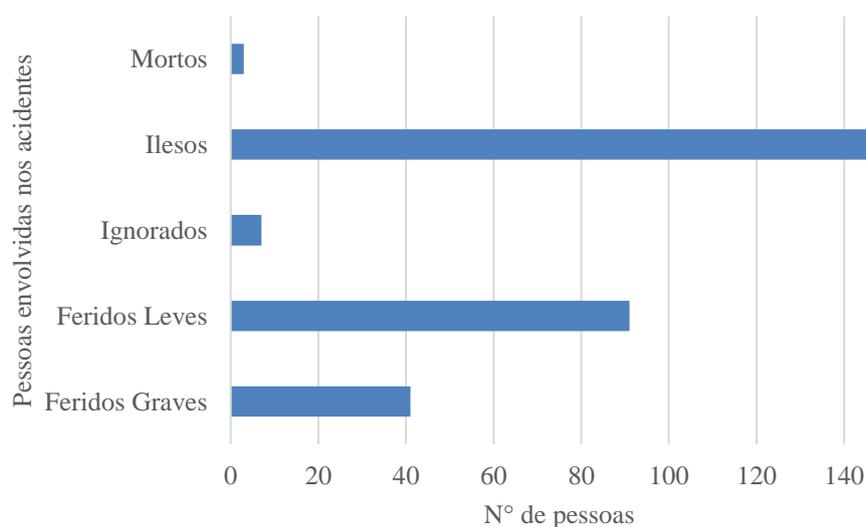
Figura 31 - Classificação de acidentes km 72



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Após esta análise, observou-se que, 73 dos acidentes não houve feridos, 60 tiveram feridos e 3 tiveram vítimas fatais. Assim, elaborou-se um levantamento da situação de cada envolvido nos acidentes, sendo classificados como ilesos, feridos leves, feridos graves, ignorados e mortos, ilustrado na Figura 32.

Figura 32 – Pessoas envolvidas nos acidentes km 72

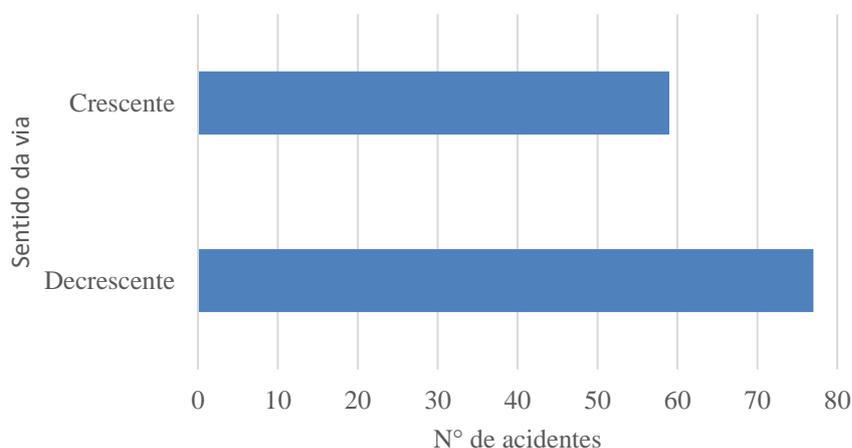


Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Ao todo foram 288 pessoas envolvidas nos acidentes, das quais 146 saíram ilesas, 91 com ferimentos leves, 41 com ferimentos graves, 7 foram ignorados e 3 mortos.

Quando se analisou o sentido da via em que ocorreram os acidentes, que aproximadamente 57% dos acidentes ocorreram no sentido decrescente da pista, conforme mostra a Figura 33.

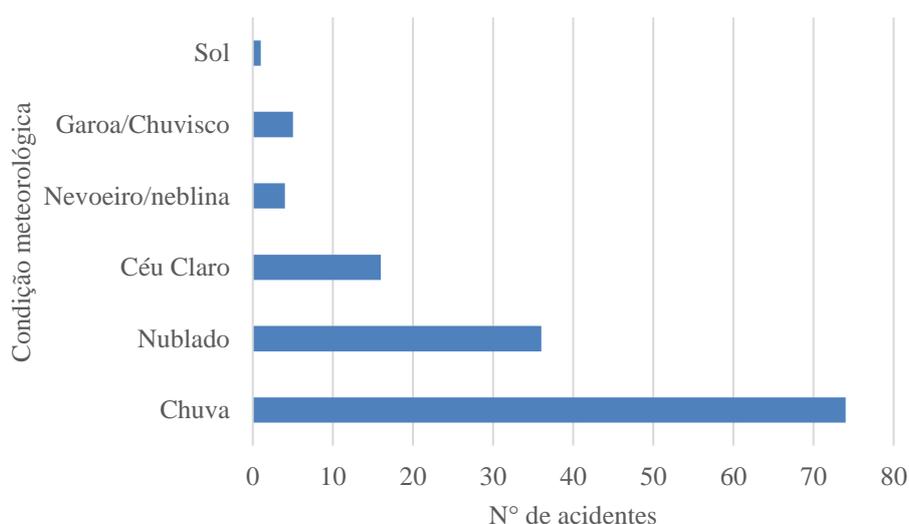
Figura 33 – Sentido da via km 72



Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Analisou-se também a condição meteorológica no momento dos acidentes, algo que afeta diretamente a condição de atrito entre o veículo e a pista e de conforto e visualização do motorista. A Figura 34 ilustra quantos acidentes ocorreram sob cada situação climática, elencando-se as condições de chuva, nublado, céu claro, nevoeiro/neblina, garoa/chuvisco e sol.

Figura 34 – Condição meteorológica km 72



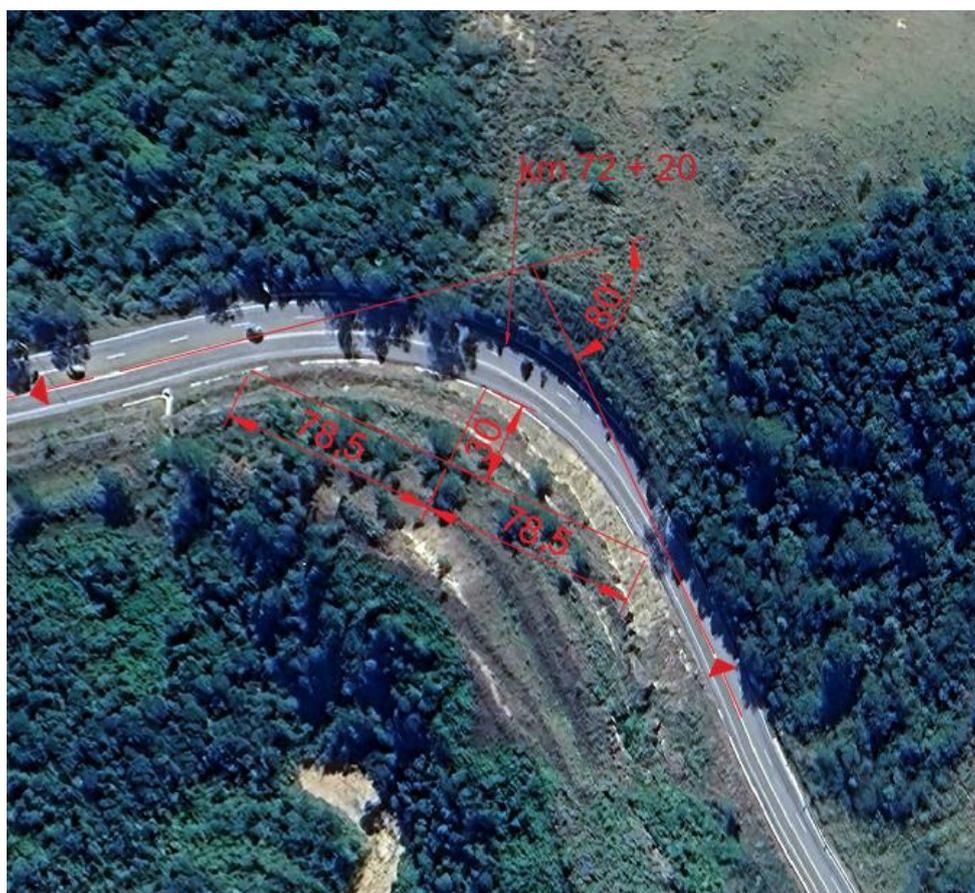
Fonte: Adaptado de PRF (2023).

Observou-se que mais da metade dos acidentes aconteceram sob chuva, pois esta altera a condição de atrito entre o pavimento e os pneus do veículo, dificulta a visão dos motoristas, proporcionando um cenário mais propício ao acidente.

Ao aprofundar-se nas motivações de inúmeros acidentes neste quilometro, analisou-se as características geométricas do traçado horizontal do trecho rural estudado, dando enfoque a quatro características geométricas: orientação da curva, esquerda ou direita considerando o sentido de percurso crescente dos marcos quilométricos; o valor do ângulo de deflexão do alinhamento horizontal, o qual equivale ao ângulo central (A_c) do segmento circular que o concorda; o valor do raio de curva circular horizontal (R) e a relação entre o raio maior (R_1) e raio menor (R_2) de curvas horizontais sucessivas.

Para tanto, foi extraído através da imagem do *Google Earth* com a ajuda da ferramenta AutoCAD 2018 as medidas das cordas e flecha para ser calculado o raio da curva horizontal e o ângulo de deflexão do alinhamento horizontal das curvas 1, 2 e 3, como ilustrado nas Figuras 35, 36 e 37.

Figura 35 – Curva 1



Fonte: adaptado de *Google Earth* (2023).

Como pode-se observar, o ângulo central da curva 1 (km 72 + 20) é de 80° a corda é 78,5m e a flecha 30m. Aplicando a fórmula 1 obteve-se o raio de 118m.

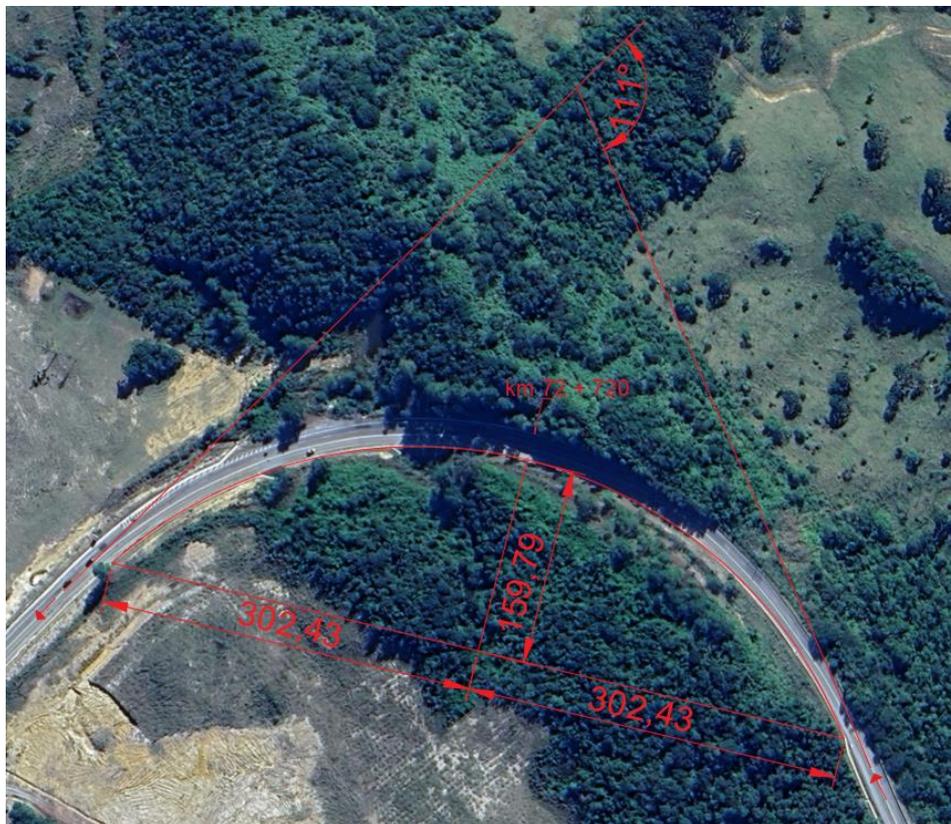
Figura 36 – Curva 2



Fonte: adaptado de Google Earth (2023).

Na curva 2 (km 72 + 292) o valor do ângulo central foi de 75° , a corda 127,5m e a flecha de 42,63m, obtendo assim o raio de 212m.

Figura 37 – Curva 3



Fonte: adaptado de Google Earth (2023).

Na curva 3 (km 72 +720) o valor do ângulo central foi de 111° , a corda 302,43m e a flecha 159,79m obtendo assim o raio de 366m.

Tabela 11 – Análise geométrica e diagnóstico do traçado horizontal – km 72 BR-282.

| km | 72 | | |
|-------------|------------|------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Nº da curva | 1 | 2 | 3 |
| Orientação | E | D | E |
| Ac | 80° | 75° | 111° |
| R(m) | 118 | 212 | 366 |
| R1/R2 | 1,80 | 1,72 | 1,72 |
| R1/R2esp | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 |
| Acmed | | 89° | |
| Rmed | | 232m | |

Segundo o manual DNIT (DNER, 1999), as curvas sucessivas devem alternar a orientação, ora direita (D) e ora esquerda (E), estando correto quanto a esse critério avaliado, visto que a orientação se dá com a alternância de sentido; O Ac deve estar entre 10° e 35° , já quanto o ângulo central, se encontra bem superior ao previsto no manual, pois todos são superiores a 35° e a média dos ângulos centrais obtido, Acmed foi de 89° ; estrada Classe IB Montanhosa estipula que o raio mínimo para a superelevação máxima (Rmin) é de 125 metros, sendo assim, o trecho analisado a curva 2 e 3 está dentro do previsto no manual, a curva 1 encontra-se abaixo com 118m, porém o Rmed calculado foi 232m; o manual traz ainda que para $100\text{ m} < R2 < 500\text{ m}$: $R1 / R2 < 1,5$, o que não ocorreu no trecho, onde todas as curvas ficaram acima de 1,7, ficando assim em desacordo com os critérios estabelecidos pelo manual.

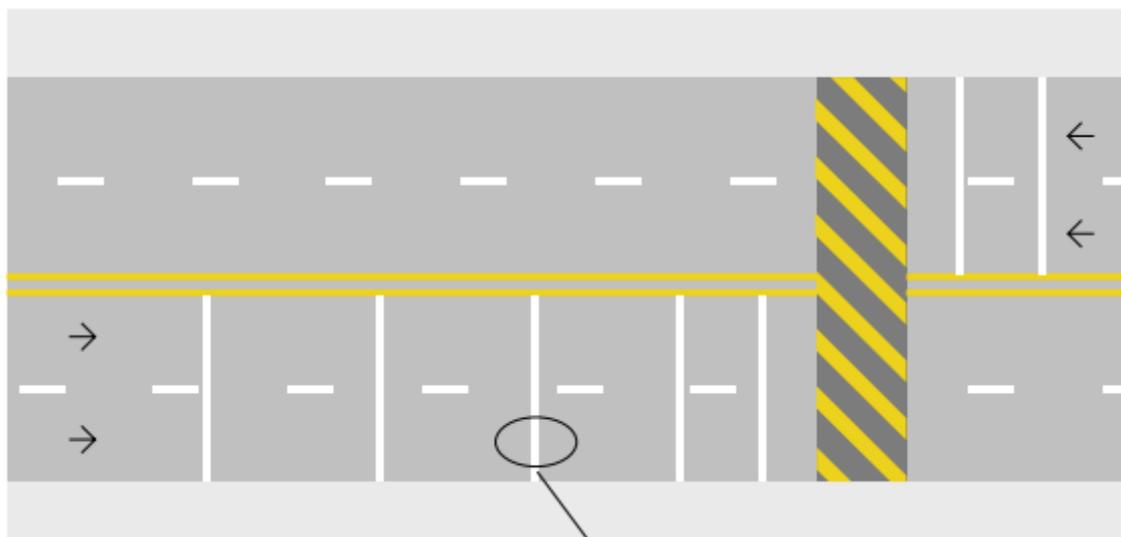
4.13.1 Possíveis Soluções

Como se observou o trecho possui desacordos em seu projeto geométrico, devendo assim ser feito o seu ajuste quanto ao ângulo central das curvas e a concordância entre as curvas compostas, porém alterações no projeto geométrico da via requer vultosos recursos financeiros além de demandar um bom tempo para projeto e execução.

A principal causa dos acidentes de acordo com os registros da PRF foi por excesso de velocidade no trecho, sendo assim, o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2007) traz as linhas de estímulo a redução de velocidade (LRV) que é um conjunto de linhas

paralelas que, pelo efeito visual, induz o condutor a reduzir a velocidade do veículo e pode ser recomendada sua utilização antes de curvas acentuadas. A Figura 38 ilustra essa LRV.

Figura 38 - Linhas de estímulo a redução de velocidade (LRV)



Fonte: adaptado de CONTRAN (2007).

A largura da linha varia conforme a velocidade regulamentada na via e o número de linhas e espaçamento entre elas varia à medida que se aproximam do local onde o veículo deva estar com velocidade reduzida.

Juntamente com as LRV pode-se fazer a implantação de sonorizadores que é um dispositivo físico implantado sobre a superfície da pista, de modo que provoque trepidação e ruído na passagem de veículos, com o objetivo de alertar o condutor para uma situação atípica à frente (CONTRAN, 2016).

O CONTRAN trás as características que deve apresentar sonorizadores executado com material de demarcação viária e o projeto tipo que deve ser atendido, ilustrado na Figura 39:

I - Largura do sonorizador: igual à da pista, mantendo-se as condições de drenagem superficial;

II - Largura da faixa base: 0,20m;

III - Largura da faixa sobreposta (centralizada sobre a faixa base): 0,10m;

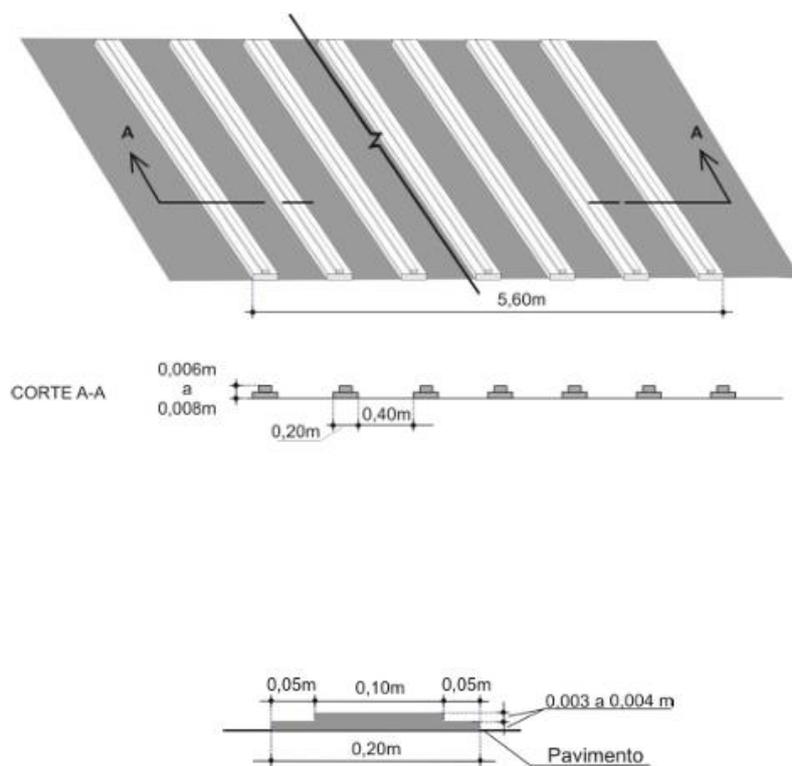
IV - Espaçamento entre faixas base: 0,40m;

V - Comprimento: 5,60m;

VI - Espessura de cada faixa: entre 0,003m e 0,004m;

VII - Cor branca.

Figura 39 - Sonorizador executado com material de demarcação viária



Fonte: adaptado de CONTRAN (2016).

Alinhada com a fiscalização eletrônica de velocidade já existente, a sinalização vertical indicatória da velocidade da via, pode-se implantar placas informativas entre os km 50 a 80 com os dizeres “trecho com alto índice de acidentes” são soluções de baixo custo para a redução de acidentes no trecho.

5 CONCLUSÕES

Apesar das ações governamentais implementadas visando redução do número de acidentes de trânsito no país, muito deve ser feito para que se reduza o número de sinistros na malha rodoviária do Brasil.

Praticamente metade das estradas que constituem a malha rodoviária federal do Brasil não são pavimentadas, e as que estão pavimentadas 66% encontram-se em estado regular, ruim ou péssimo. Além dos reparos físicos, como reparação de pavimentos, sinalização adequada, deve-se fazer um estudo para alteração de traçado em seu projeto geométrico, visto que muitas destas estradas foram pavimentadas sobre aquelas já existentes por estarem consolidadas.

Dessa forma, tais rodovias podem não respeitar a critérios mínimos (raio mínimo, superelevação, superlargura) estabelecidos pelo Manual de Projeto Geométrico das Rodovias Rurais, além de outros elementos que o constituem.

Com o estudo de caso realizado da BR-282 no trecho de Rancho Queimado, apesar de nos dois últimos anos não haver pontos críticos, com a visita a campo notou-se a necessidade de melhorias na via, como manutenções mais frequentes de pavimentação, melhoria da sinalização vertical e horizontal e uma maior fiscalização eletrônica de velocidade em certos trechos, assim espera-se a redução do número de acidentes.

No ponto crítico km 55 deve-se fazer a manutenção do tratamento superficial, intensificação da sinalização vertical e manutenção na sinalização horizontal, medidas simples que ajudariam para a redução de acidentes no local.

O ponto crítico km 58 é um trecho em curva próxima a entrada e saída da cidade, causando conflito direto com a BR-282, então deve-se fazer um estudo para implementação de uma rotatória que auxiliaria na redução de acidentes.

Nos pontos críticos km 68,5, 69 e 70,3, necessita de sinalização de velocidade, manutenção da sinalização horizontal e a implantação de fiscalização eletrônica para inibir o excesso de velocidade.

No ponto crítico km 80, não foi encontrada nenhuma irregularidade aparente, podendo as causas dos acidentes estar nos elementos geométricos, não analisados neste trabalho para este ponto, necessitando posteriormente uma análise técnica mais aprofundada.

Por se tratar de um ponto crítico com um número elevado de registros de acidentes, para o trecho km 72 foi realizado análise mais completa.

Por nem sempre haver peritos para avaliar a causa dos acidentes rodoviários, ao fazer uma análise mais aprofundada do trecho do km 72, pode-se observar que a maior causa nos registros de acidentes da PRF se dá ao fator humano (condutor). No entanto, esquece-se de verificar os fatores que possibilitaram ou induziram o homem a cometer tal imprudência, que acabou ocasionando o acidente.

O fator ambiental é outro fator importante, visto que 114 dos 136 acidentes ocorreu sob influência de chuva, neblina e nevoeiro, que influencia bastante no índice de acidentes, uma vez que esses dificultam a visibilidade dos motoristas e permitem a aquaplanagem. Deve-se manter a manutenção das sinalizações verticais e horizontais para melhor visualização, principalmente sob estas condições meteorológicas presentes na região.

Quanto a principal causa de acidentes no trecho, velocidade incompatível (90 acidentes), pode ser adotado sinalização vertical intensa de advertência e regulamentação, sinalização horizontal não convencional, através de pintura de mensagens de advertência em locais com condições precárias de geometria e/ou visibilidade e maior fiscalização eletrônica de velocidade, com intuito de inibir que o condutor ultrapasse a velocidade estipulada.

Ao que se refere aos tipos de acidentes, os de maior frequência são, saída de pista, colisão lateral, colisão frontal e capotamento, que podem estar diretamente ligados ao projeto geométrico da estrada. Dessa forma, deve-se adotar medidas com intuito de minimizar este tipo de acidente, até mesmo porque são os maiores causadores de lesões físicas e mortes. A adoção de sonorizadores associados à sinalização de advertência, criação de áreas de refúgio, implementação de superlarguras nas curvas, melhoria da visibilidade em interseções, através da limpeza da faixa ou execução de pequena terraplenagem, separação física entre os veículos, uso de tachas refletivas para delimitação das curvas mais acentuadas, recapeamento, em curvas, com material de maior rugosidade e implantação de balizadores refletivos nas defensas ou guarda-corpos, são algumas medidas que podem ajudar com a diminuição no número de acidentes.

Após a análise feita no estudo de caso, conclui-se que o trecho km 72 necessita de um estudo técnico mais aprofundado para adequação em seu projeto geométrico, uma vez que foram verificados ângulos centrais (superiores a 75°) significativamente superior aos limites estipulados pelo manual do DNIT (entre 10° e 35°).

Outro problema encontrado é em relação a concordância em curvas compostas onde a relação entre o raio maior e o raio menor ($R1/R2$), para $100\text{ m} < R2 < 500\text{ m}$ deve ser menor que 1,5 e no trecho foi verificado que todas as razões eram superiores a 1,7. Fatores que provavelmente elevam o número de registro de acidentes neste trecho.

Com base nos resultados obtidos, os órgãos responsáveis poderão aprofundar o estudo por meio de projetos detalhados e assim, priorizar ações de melhoria em trechos críticos, como adequação de geometria, instalação de sinalização adequada, aumento da visibilidade, dentre outras medidas pertinentes. Além disso, a análise estatística contínua e o monitoramento dos dados podem auxiliar na avaliação da eficácia das intervenções realizadas, permitindo ajustes e otimização das medidas adotadas.

No entanto, é importante ressaltar as limitações do estudo, o qual se baseou em análises teóricas e correlações estatísticas, sendo necessária uma avaliação mais aprofundada e abrangente, considerando diversos fatores, para uma compreensão completa das causas dos acidentes.

5.1 Recomendação para trabalhos futuros

Recomenda-se os seguintes tópicos para futuros trabalhos:

- Análise dos demais elementos do projeto geométrico no trecho, como superlargura, superelevação e a sugestão de um novo traçado;
- Análise de pontos críticos em outras Rodovias Federais;
- Análise de outras metodologias de determinação de pontos críticos;
- Elaborar o projeto de sinalização viária para pontos críticos determinados pelas metodologias GDV/ISK.
- Fazer a análise do km 80

REFERÊNCIAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials, 1997, **Highway safety design and operations guide**. Washington D.C., EUA.

ABNT - NBR 10.697. (1989). **Classificação dos Tipos de Acidentes**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Fonte: Classificação dos tipos de acidentes.

ALVES, D.; MOREIRA, P. **Estudo de Caso da MG - 329 entre os km 09 e km 10 Analisando a Influência do Traçado da Rodovia no Número de Acidentes no Local**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Engenharia Civil, Instituto Tecnológico de Caratinga. Caratinga, 2016.

AMERICAN ASSOCIATION OF STAT. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (Fifth Edition)**, Washington, D.C. (2004).

ANTT, 2019. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Estudo Internacional de Contratos de Concessão Rodoviária**. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/documents/363688/389038/Estudo+Internacional+de+Contratos+de+Concess%C3%A3o+de+Rodovias.pdf/7756481f-e494-1761-916d-48dc37428514?t=1592175951190>. Acesso em: 6 de novembro de 2023.

ANDRIOLA, César Luís. **Análise da Frequência e Severidade de Acidentes Viários em Curvas de Rodovias de Pista Simples: o caso da BR - 116**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica - materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

Brasil. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento. **Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**. - Rio de Janeiro: DCTec,1998. 140p. (IPR. Publ., 703).

Brasil, 2010a. **Manual de implantação básica de rodovia**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/742_manual_de_implantacao_basica.pdf. Acesso em: 23 outubro de 2023

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. - Rio de Janeiro, 2010. 280p. (IPR. Publ.,741).

Brasil. (1997). **Lei no 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Institui o Código de Trânsito Brasileiro.

Brasil. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. - Rio de Janeiro, 1999. 195p. (IPR. Publ.,706).

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2010, **Manual de Sinalização Rodoviária**. Publicação IPR – 743, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2010.

CARVALHO, P.; PORTUGAL, T. **Estudo de caso da BR-116 entre os kms 530 ao 551, um comparativo entre índices de acidentes de trânsito x características geométricas das estradas antes e depois das modificações no traçado**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia. Caratinga, 2010.

CNT, 2018. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Acidentes Rodoviários e a Infraestrutura**. Disponível em: <https://cnt.org.br/acidentes-rodoviaros-infraestrutura>. Acesso em: 8 de novembro de 2023.

CNT, 2019. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Número total de acidentes em rodovias federais cai em 2019, mas o número de mortos e feridos aumenta**.

Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/acidentes-rodovias-cai-2019-numero-mortos-feridos-aumenta>. Acesso em: 07/11/2023.

CNT, 2022. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2022**. Disponível em: <https://cnt.org.br/documento/6b24f1b4-9081-485d-835d-c8aafac2b708>. Acesso em: 8 de novembro de 2023.

CNT, 2023. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Boletim unificado, outubro de 2023**. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 07/11/2023.

CONTRAN - CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. 1º. ed.** Brasília: Cpyright, v. II, 2007.

CONTRAN - CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. 2º. ed.** Brasília: Cpyright, v. II, 2007.

CONTRAN - CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Resolução N° 601 de 24 de maio de 2016**. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao6012016_editado.pdf. Acessado em: 28/11/2023.

COSTA, P. S. D.; FIGUEIREDO, W. C. **Estradas Estudos e Projetos**. Salvador: EDUFBA, 2007.

COZER, Francisco Alberto; WRUBLACK, Thiago. **Análise funcional do pavimento em pontos críticos de acidentes na rodovia PR- 483 entre Francisco Beltrão e Ampére (PR)**. 2015. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14478>>. Acesso em: 06/10/2023.

CPRv – PMCe. **Tipos de Acidentes**. Disponível em: https://www.geocities.ws/cprvce/Infomacoes_uteis/index.htm. Acesso: 20/05/2023

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (Brasil) (DNER). **Manual de Projetos Geométricos de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro. DNER, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.
Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas. Rio de Janeiro: DNIT, 2009

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES.
Produto I - Metodologia para identificação de segmentos Críticos. Brasil: DNIT, 2009

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto Coca. **Segurança viária.** São Carlos: NEST/USP, 2012.

FONTES, Luiz Carlos A.A. **Engenharia de estradas: projeto geométrico.** V.1. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1995.

GAO - General Accounting Office, 2003, **Research Continues on the Variety of Factors That Contribute to Motor Vehicle Crashes.** Report to Congressional Requesters No. GAO-03-436, EUA. Disponível em: <https://www.gao.gov/assets/gao-03-436.pdf>. Acessado em: 08/11/2023

GOLD, Philip Anthony. **SEGURANÇA DE TRÂNSITO. Aplicações de engenharia para reduzir acidentes,** Banco interamericano de desenvolvimento, 1998, Estados Unidos.

GOLD, Philip Anthony. **Segurança rodoviária.** In: SIMPÓSIO SOBRE OBRAS RODOVIÁRIAS, 2., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo: ABGE. p.7-11.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras caracterização, tendências e custos para a sociedade,** 2015.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Custos dos acidentes de trânsito no brasil: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do IPEA sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias,** 2020.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Brasil gasta 132 bilhões por ano com acidentes de transporte.** Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/45-todas-as-noticias/noticias/2161-brasil-gasta->

132-bilhoes-por-ano-com-acidentes-de-transporte?highlight=WyJtb3RvY2ljbGV0YSJd.

Acesso em: 5 de novembro de 2023.

LEAL, Bruno Alexandre Brandimarte. **Análise da Influência e Características das Vias no Número e na Severidade dos Acidentes: Estudo de Caso na Autoestrada Grajaú-Jacarepaguá**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LEE, Shu Han. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias** Florianópolis: UFSC, 2000.

MADALOZO, H. C. DYMINSKI, A. S., & RIBEIRO, E. O. (2004) **Análise de Curvas Horizontais de Rodovias, para melhoramento de projeto e operação, utilizando redes neurais artificiais**. Anais do 18º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito -ANPET, Santa Catarina.

MORETTO, Vinicius Alencar. **Políticas públicas e os principais pilares para a redução e evitabilidade de acidentes**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Engenharia Civil. Instituto Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

NODARI, C. T. **Método de Avaliação da Segurança Potencial de Segmentos Rodoviários Rurais de Pista Simples**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NOGUEIRA, A. A. R. **Análise da relação da geometria de rodovias e acidentes envolvendo veículos de carga**. São Carlos. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, 1995.

ONSV, 2016. **ONSV alerta para as 10 principais causas de acidentes nas vias e rodovias**. Observatório Nacional de Segurança Viária. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/comunicacao/materias/onsv-alerta-para-as-10-principais-causas-de-acidentes-nas-vias-e-rodovias>. Acesso em: 07/11/2023.

OMS, 2021. Organização Mundial da Saúde. **OMS lança Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021-2030**. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/28-10-2021-oms->

SANTOS FILHO., Liomário dos; ARAÚJO JUNIOR., Orlando Lima de; **Especialização Perícia de Acidentes de Trânsito – Segurança Viária**. Florianópolis. Instituto Federal de Santa Catarina, 2015.

SENATRAN, 2020. Secretaria Nacional de Trânsito. **Transporte Rodoviário de Cargas – TRC**. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/transporte-rodoviario-de-cargas>. Acesso em: 8 de novembro de 2023.

SOUZA, Marcelo Augusto da Silveira e. **A nova lei seca (12.760/2012) e alteração do Código de Trânsito Brasileiro: impactos e eficácia na caracterização de embriaguez ao volante**. Jus.com.br, 2015. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/44860/a-nova-lei-seca-12-760-2012-e-alteracao-do-codigo-de-transito-brasileiro-impactos-e-eficacia-na-caracterizacao-de-embriaguez-ao-volante>. Acesso em: 28/05/2023.

SOUZA, Maria Leandra Madeiro de. **Análise da consistência geométrica do traçado da AL-482**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia-Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2018.

ZANELLA, Renata Müller. **Avaliação do emprego de dispositivos de segurança viária: influência na taxa e padrões dos acidentes na rodovia SC-453**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.