

**REDE DOCTUM DE ENSINO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO DE CASO DA MG-329 ENTRE OS KM 09 E KM 10 ANALISANDO A  
INFLUÊNCIA DO TRAÇADO DA RODOVIA NO NUMERO DE ACIDENTES NO  
LOCAL**

**DOUGLAS AUGUSTO PEIXOTO ALVES  
PEDRO RODRIGUES MOREIRA**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Caratinga/MG**

**2016**

**DOUGLAS AUGUSTO PEIXOTO ALVES  
PEDRO RODRIGUES MOREIRA**

**ESTUDO DE CASO DA MG-329 ENTRE OS KM 09 E KM 10 ANALISANDO A  
INFLUÊNCIA DO TRAÇADO DA RODOVIA NO NUMERO DE ACIDENTES NO  
LOCAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Thomaz Cimini Chagas Portugal.

**Caratinga/MG**

**2016**

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

**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.**

Nome completo do aluno: DOUGLAS AUGUSTO PEIXOTO ALVES

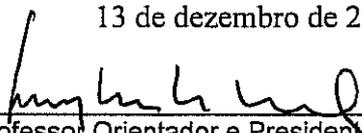
PEDRO RODRIGUES MOREIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores Thomaz Cimini Chagas Portugal, Camila Alves Da Silva e José Nelson Vieira Da Rocha, às 20:30 horas do dia 13 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: aprovado (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: ótima (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

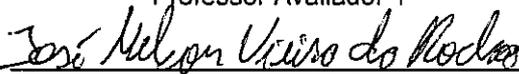
Trabalho indicado para publicação: ( )SIM (x)NÃO

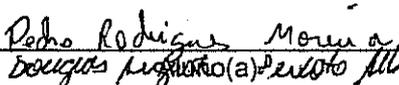
Caratinga,

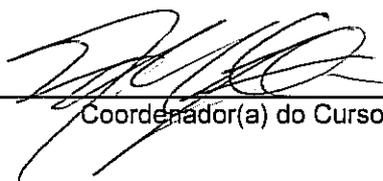
13 de dezembro de 2016

  
\_\_\_\_\_  
Professor Orientador e Presidente da Banca

  
\_\_\_\_\_  
Professor Avaliador 1

  
\_\_\_\_\_  
Professor Avaliador 2

  
\_\_\_\_\_  
Pedro Rodrigues Moreira  
Douglas Augusto Peixoto Alves

  
\_\_\_\_\_  
Coordenador(a) do Curso

*A Deus, que se mostrou criador, que foi criativo. Seu fôlego de vida em nós foi sustento nos deu coragem para questionar realidades propor sempre um novo mundo de possibilidades.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais, José Moreira e Maria Áurea, por toda dedicação dada durante a minha criação, pelo amor, pelo carinho, pelos valores e ensinamento que a mim foram repassados, possibilitando eu ser, a pessoa que sou. Pessoas sem os quais eu não poderia estar aqui hoje.

Agradeço a minha família em especial minha esposa Dinaline pela força dada nos momentos difíceis dessa jornada, pelas noites em claro que passou me acompanhado durante elaboração deste trabalho de conclusão de curso e que acima de tudo esteve sempre ao meu lado me apoiado e me dando força.

Agradeço de forma especial ao meu orientador Thomaz ao qual não mediu esforços para que pudéssemos realizar este estudo elaborando e discutindo soluções para que pudéssemos chegar ao resultados final deste estudo, agradeço ao meu irmão João Batista pelo apoio durante o levantamento de campo utilizando o GPS, a todos os órgãos (Policia Militar Rodoviária, DER de Coronel Fabriciano).

Enfim agradeço a todos os meus amigos e professores que de alguma forma contribuirão para minha formação acadêmica que possibilitou estar aqui hoje comemorando o vencimento de mais um ciclo na minha vida.

O Meu muito obrigado!!!

**PEDRO RODRIGUES MOREIRA**

## **AGRADECIMENTOS**

Nenhuma batalha é vencida sozinho. No decorrer desta luta algumas pessoas estiveram ao meu lado e percorreram este caminho como verdadeiros soldados, estimulando que eu buscasse a minha vitória e conquistasse meu sonho.

Primeiramente agradecer a Deus pelo dom da vida e por ter dado forças necessárias para suportar e vencer todas as dificuldades encontradas durante esta caminhada acadêmica.

A minha mãe Ademildes e ao meu pai Jurandir, por toda educação e princípios que foram dados a mim, por suas orações pedindo a Deus que iluminasse o meu caminho, fazendo com que eu seja uma pessoa honrada de tê-los como meus pais.

A minha família avó, tios, primos, todos que contribuíram de alguma forma para que eu conseguisse chegar até onde cheguei vocês foram de grande importância para que esse sonho fosse realizado sendo meu alicerce.

Agradeço também aos amigos do curso pelo companheirismo, apoio alegrias e trocas de experiências. Nos momentos de desânimo me motivando a seguir em frente, vocês se tornaram não só amigos, mais sim uma família, por ter tido o prazer de compartilhar momentos que jamais serão esquecidos.

Aos meus mestres, pelos ensinamentos, descobertas, amizades e exemplos profissionais.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

**DOUGLAS AUGUSTO PEIXOTO ALVES.**

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

(CHARLES CHAPLIN)

MOREIRA, Pedro Rodrigues. ALVES, Douglas Augusto Peixoto. **Estudo de caso entre os km 09 e km 10 da MG 329 analisando a influência do traçado da rodovia no número de acidentes no local.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

## **RESUMO**

O presente trabalho foi desenvolvido buscando analisar a influência das características geométricas da rodovia com o número de acidentes no local. Para o estudo foi desenvolvido um estudo de caso, da MG 329 entre os km 09 e km 10 (rodovia estadual que liga a BR 116 à BR 262- ligando a cidade de Caratinga/MG à Rio Casca/MG), foram analisados ambos os sentidos de tráfego. Que conforme dados fornecido pela Polícia Militar Rodoviária, foi identificado 1 ponto crítico onde o número de acidentes se destaca em relação aos demais trechos da rodovia. Foi realizada in loco um levantamento topográfico para apurar as características geométricas da rodovia, bem como a influência dessas características no alto índice de acidentes. Pode-se concluir que, o trecho estudado apresenta um destaque no número de acidentes e que seu alinhamento horizontal apresenta elementos de curvas que estão fora das normas estabelecidas pelo manual de projeto geométrico de rodovias rurais do DNER, fator este que associado a outros fatores como excesso de velocidade acabam potencializando o risco de acidentes.

**Palavras-chave:** Rodovia. Projeto Geométrico. Acidentes.

MOREIRA, Pedro Rodrigues. ALVES, Douglas Augusto Peixoto. **Estudo de caso entre os km 09 e km 10 da MG 329 analisando a influência do traçado da rodovia no número de acidentes no local.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

### **ABSTRACT**

The present work was developed to analyze the influence of the geometric characteristics of the highway with the number of accidents in the place. For the study, a case study was developed, from MG 329 between km 09 and km 10 (state highway linking BR 116 to Br 262 - linking the city of Caratinga / MG to Rio Casca / MG). Traffic. That according to data provided by the Military Highway Police, a critical point was identified where the number of accidents stands out in relation to the other stretches of the highway. A topographic survey was carried out in loco to ascertain the geometric characteristics of the highway, as well as influence of these characteristics in the high accident rate. It can be concluded that the studied section presents a prominence in the number of accidents and that its horizontal alignment presents elements of curves that are outside the norms established by the manual of geometric design of rural roads of the DNER, factor that associated with other factors like Speeding up the risk of accidents

**Key-words:** Highway. Geometric layout. Accidents.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	– Fatores que afetam a segurança no trânsito. . . . .	18
<b>Figura 2</b>	– Colisão frontal. . . . .	18
<b>Figura 3</b>	– Colisão Lateral. . . . .	19
<b>Figura 4</b>	– Colisão Transversal. . . . .	19
<b>Figura 5</b>	– Colisão traseira. . . . .	20
<b>Figura 6</b>	– Choque mecânico. . . . .	20
<b>Figura 7</b>	– Capotamento. . . . .	21
<b>Figura 8</b>	– Tombamento. . . . .	21
<b>Figura 9</b>	– Engavetamento. . . . .	22
<b>Figura 10</b>	– Atropelamento. . . . .	22
<b>Figura 11</b>	– Esquema de uma curva circular simples, contendo seus elementos técnicos. . . . .	25
<b>Figura 12</b>	– Curva de transição em conjunto com curva circular simples. . . . .	26
<b>Figura 13</b>	– Forças atuantes sobre o veículo ao percorrer uma curva horizontal. . . . .	29
<b>Figura 14</b>	– Esquema demonstrando a variação da superelevação. . . . .	30
<b>Figura 15</b>	– Acréscimo necessário para um exemplo de veículo tipo . . . . .	33
<b>Figura 16</b>	– Distribuição de superlargura em trecho em curvas . . . . .	36
<b>Figura 17</b>	– Trecho de Estudo. . . . .	40
<b>Figura 18</b>	– Levantamento Curva 2. . . . .	41
<b>Figura 19</b>	– Levantamento curva 1 realizado por Estação Total. . . . .	41
<b>Figura 20</b>	– Levantamento realizado por GPS RTK NAVCOM. . . . .	42
<b>Figura 21</b>	– Levantamento tangente de entrada Curva 1. . . . .	42
<b>Figura 22</b>	– Talude com erosão situado as margens da rodovia. . . . .	43
<b>Figura 23</b>	– Placa de Sinalização no trecho. . . . .	43
<b>Figura 24</b>	– Placas Improvisadas . . . . .	43
<b>Figura 25</b>	– Acidentes registrados no local. . . . .	46
<b>Figura 26</b>	– Acidentes registrados no local. . . . .	46
<b>Figura 27</b>	– As Built do trecho. . . . .	47
<b>Figura 28</b>	– Acidentes registrados no local. . . . .	49
<b>Figura 29</b>	– Proposta para novo traçado. . . . .	50
<b>Figura 30</b>	– Proposta para novo traçado adaptada com imagem do Google heart. . . . .	51
<b>Figura 31</b>	– Placa de advertência de trecho com alto índice de acidente. . . . .	52
<b>Figura 32</b>	– Placa de advertência em trecho com alto índice de acidente. . . . .	52
<b>Figura 33</b>	– Sonorizadores para serem usados na rodovia. . . . .	53
<b>Figura 34</b>	– Sonorizadores para serem usados na rodovia. . . . .	53

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	– Características topográfica /região . . . . .	23
<b>Tabela 2</b>	– Classes de Projeto . . . . .	24
<b>Tabela 3</b>	– Velocidade Diretriz de Rodovias . . . . .	24
<b>Tabela 4</b>	– Valores-limites de raios, acima dos quais podem ser dispensadas curvas de transição . . . . .	28
<b>Tabela 5</b>	– Valores máximos admissíveis para coeficientes de atrito transversal $f$ . . .	30
<b>Tabela 6</b>	– Valores máximos de superelevação admissíveis. . . . .	31
<b>Tabela 7</b>	– Raios mínimos de curva para projetos (m). . . . .	32
<b>Tabela 8</b>	– Valores de gabarito lateral . . . . .	34
<b>Tabela 9</b>	– Dados de Implantação da Rodovia . . . . .	39
<b>Tabela 10</b>	– Número de Acidentes . . . . .	45
<b>Tabela 11</b>	– Valores adotado para o novo projeto . . . . .	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ABPAT	Associação Brasileira de Prevenção dos Acidentes de Trânsito.
CNT	Confederação Nacional dos Transportes.
CTB	Código de Trânsito Brasileiro.
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito.
DER/MG	Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais.
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.
PMRV	Polícia Militar Rodoviária.
PRF	Polícia Rodoviária Federal.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivo Geral	14
1.2 Objetivo Específico	14
1.3 Estrutura do trabalho	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
2.1 Acidentes de Trânsitos	16
<b>2.1.1 Fatores de Riscos</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 Tipos de Acidentes</b>	<b>18</b>
2.2 Características Geométricas	23
<b>2.2.1 Alinhamento Horizontal</b>	<b>24</b>
2.2.1.1 Superelevação	29
2.2.1.2 Raio mínimo de curvas horizontais.	31
2.2.1.3 Superlargura	32
2.3 Gerenciamento de risco em Rodovias	36
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>39</b>
3.1 Órgão Competentes Sobre a Rodovia	39
3.2 Levantamento de Campo	40
3.3 Análise de Dados	44
3.4 Traçado da via	44
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>45</b>
4.1 Acidentes	45
4.2 Características Geométrica da via	47
<b>4.2.1 Sinalização</b>	<b>49</b>
4.3 Sugestões de melhorias no trecho	49
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>54</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE A As Built</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE B Novo traçado proposto</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO A Ofício enviado a 40ª CRG do DER/MG</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO B Ofício enviado ao 5º Pelotão de Meio Ambiente e Trânsito Rodoviário</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO C Dados disponibilizado pela Policia Militar Rodoviária</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil apesar de haver um grande esforço na tentativa de aumentar a segurança viária e consequentemente reduzir o número de acidentes e de vítimas, vemos que o país ainda ocupa as primeiras posições no número de acidentes e mortes no trânsito.

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), divulgados em 2014, apenas no referido ano 41 mil pessoas perderam a vida nas estradas e ruas brasileiras, o relatório cita ainda que desde 2009, o número de acidentes de trânsito no país saltou de 19 por 100 mil habitantes para 23,4 por 100 mil habitantes, números que colocam o Brasil como sendo o detentor do maior registro na América do Sul. Ainda segundo o estudo as taxas elevadas de acidentes de trânsito estão presentes principalmente em países subdesenvolvido ou emergente, tornando se um verdadeiro caso de saúde pública.

Segundo relatório anual de 2016 emitido pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), o Brasil conta com uma extensão em todo seu território nacional de cerca de 1.720.756 km de rodovias, sendo que 211.468 km (12,3%) são de rodovias pavimentadas, 1.351.979 km (78,6%) são de rodovias não pavimentadas, e 157.309 km (9,1%) são rodovias que estão em planejamentos. Com essa extensão rodoviária o número de veículos que transitam por elas é bem significativo. Conforme dados da Confederação Nacional de Trânsito (CNT), a expansão da malha rodoviária pavimentada Brasileira não acompanha o ritmo do crescimento da frota de veículos que estão em circulação. Através de uma pesquisa realizada, foi feito um comparativo nos últimos 10 anos e o aumento da frota de veículos foi de 110,4%, enquanto as rodovias federais cresceram cerca de 11,7%.

Conforme dados do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) em dezembro de 2015 o Brasil possuía registrado em sua frota 90.686.936 veículos, incluindo automóveis, motocicleta veículos de cargas e outros, nesse mesmo período conforme levantamento demográfico realizado pelo IBGE destaca-se que em julho de 2015 a população brasileira chegou ao número de 204.450.649 habitantes, em uma conta simples temos que a cada 2,5 pessoas há um veículo. Todo esse aumento alavancou resultados positivos pra economia da brasileira, mas os reflexões negativos também começaram a aparecer. Infelizmente no país a grande maioria das ruas avenidas e rodovias não foram projetadas para uma frota tão grande que aliado a falta de educação no trânsito dos brasileiros geram briga por espaço entre os condutores, fato que acaba causando na maioria das vezes acidentes com vítimas graves e mortes.

Dados publicados pelo IPEA (instituto de pesquisa econômicas aplicadas) em parceria com a Policia Rodoviária Federal relatam que somente nas rodovias federais que cortam o país foram gasto cerca de 12,4 bilhões de reais devido a acidentes de trânsito no ano de 2014. Estima-se que, somados aos acidentes nas rodovias estaduais e estradas municipais, o prejuízo

total chegue em torno de R\$ 40 bilhões. Em linhas gerais, esse número é muito superior ao que é gasto pelo poder públicos com melhorias da infraestrutura rodoviária e com campanhas educativas relacionadas ao trânsito.

Apesar de haver grande uma resistência por muitas pessoas, e principalmente por órgãos do governo em subestimar os efeitos das características e das condições da via sobre a ocorrência de acidentes de trânsito, autores como (MAIA, 1995; SAMPEDRO, 2006), citam em suas obras que o sistema viário, no seu conjunto, cria situações que podem induzir os motoristas a cometer erros de percepção ou de reação e, como consequência, propicia a causa de acidentes. Ambientes viários muito complexos, tendem a afetar principalmente motoristas com pouca experiência, porém em determinados momentos também levam condutores experientes e habilidosos a enfrentar situações e riscos inesperados (NODARI, 2003).

Uma forma mais eficiente de tratar o problema de falta de segurança nas vias, preocupando-se para não desperdiçar os recursos financeiros públicos disponíveis, é através do programa de gerenciamento de segurança de viária, que podem ser de duas formas de gerenciamento. A primeira através de programas de segurança reativos e a segunda forma seria programas de segurança pró-ativos. O programa reativo busca a utilização de informações sobre o histórico de acidentes para assim identificar os locais onde se encontram os pontos críticos, após essa identificação, selecionar-se as medidas corretivas passíveis de serem adotadas, já o programa pró-ativo baseia-se em um conceito de promover melhorias no sistema viário visando melhorar as condições de segurança do sistema para evitar potenciais acidentes. Deste modo, o tratamentos pró-ativos são como medidas preventivas e não usa como base histórico de acidentes para análise em determinados locais.

O estudo apresentado a seguir usa-se como princípio o programa de segurança reativa, ao qual foram buscadas estatísticas de acidente no trecho em análise e levantando as principais características apresentada pela via, para no final sugerir medidas corretivas que possam contribuir na redução de acidente.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Identificar ao longo da MG 329, entre os Kms 09 e 10,4, se existe alguns segmentos de tangente ou curvas horizontal que apresentem pontos críticos que possam está contribuindo para a causa de acidentes de trânsito.

## 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Visando subsidiar este trabalho e obter as informações satisfatórias para elaboração do estudo, as atividades específicas a serem realizadas foram detalhadas conforme descritas abaixo, tendo como objetivo final compreender melhor os fatos.

- Analisar dados de registros históricos do número e tipo de acidentes no trecho, junto a Polícia Militar Rodoviária dos últimos 04 anos;
- Quantificar e qualificar os acidentes ocorridos no local;
- Analisar as características das curvas, com uma atenção maior a curva 1 popularmente conhecida como "Curva do Engenheiro";
- Realizar um paralelo entre o tipos de acidente e as características geométricas do trecho;
- Identificar se há possíveis irregularidades no traçado da rodovia;
- Sugerir soluções viáveis para que a via possa oferecer maior segurança aos condutores que trafegam pela mesma.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo foi organizado em 5 capítulos.

**Capítulo 1;** é composto pela introdução ao trabalho desenvolvido, onde são apresentados um breve relato sobre a importância do tema pesquisado, os objetivos geral e específicos, o método de pesquisa adotado, a delimitação e as etapas desenvolvidas ao longo do trabalho.

**Capítulo 2;** consiste da revisão bibliográfica relacionada ao tema do trabalho, onde são expostas visão de autores, critérios e normas do DNER para projetos de estradas e recomendações referente a segurança viária e participação da engenharia na prevenção de acidentes.

**Capítulo 3;** são descritos, em detalhes, os métodos de avaliação usado durante o levantamento das informações que deram suporte ao estudo de caso proposto nesse trabalho, as fórmulas, métodos matemáticos e softwares usados nas análises das informações coletadas em campo, bem como todas as etapas do desenvolvimento do índice proposto nesse trabalho.

**Capítulo 4;** destaca os resultados do estudo de campo realizado no trecho, relaciona as discussões relativos aos resultados obtidos e aos critérios e recomendações previstas no manual do DNER para projeto de rodovias, análise de parâmetros relativos a curvas horizontais como superelevação, superlargura, raio mínimo e curvas de transição mínima.

**Capítulo 5;** trás uma conclusão sobre o estudo realizado, bem como medidas que possam ser implantadas no trecho para aumentar a segurança dos usuários da rodovias.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ACIDENTES DE TRÂNSITOS

Acidente em si são evento de natureza complexas que são causados por vários fatores trazendo consigo varia definições por diversos órgãos e autores. A OMS defini o acidente como sendo um evento independente do desejo do homem, causado por uma força externa, alheia, que ocorre subitamente deixando ferimento pelo corpo e pela mente.

"NBR 10697 (1989) define acidente de trânsito como todo evento não premeditado de que resulte dano em veículo ou na sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou áreas abertas ao público."

Autores como Scielslesk (1982) cita que os acidentes de trânsito não são uma mera fatalidade como a maior parte da população acredita, mas que os acidentes ocorrem por deficiência na conservação de vias e veículos, ou são provocados por condutores e pedestres onde falhas humanas se sobrepõem aos demais determinantes dos acidentes.

Gold (1998),relata que o acidente é um evento não intencional que produz ferimentos ou danos, que envolve ao menos um veículo que circula, normalmente por uma via para trânsito de veículos, podendo ser o veículo ,motorizado ou não.

Independentemente da definição pode se concluir que, em todos acidentes de trânsito ocorre a interação de um ou mais fatores para que ocorram o resultado fim.

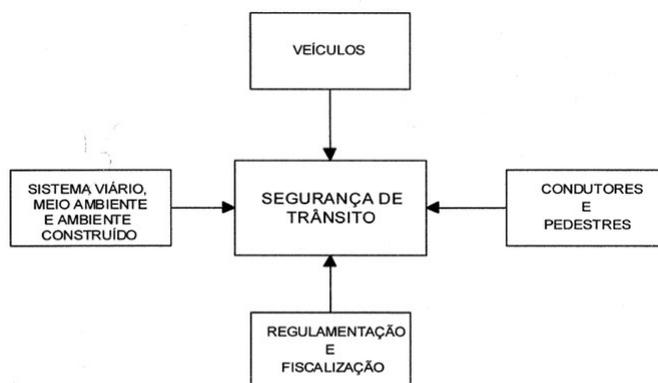
#### 2.1.1 Fatores de Riscos

Durante uma análise mais criteriosamente dos acidentes de trânsito, raramente atribui-se sua ocorrência a uma causa única. Na verdade, os acidentes viários são resultados de uma combinação de diversos fatores causais. Esses fatores também podem ser chamados de fatores contribuintes, que podem ser agrupados em três grandes categorias chamadas de componentes do acidente que são eles: componente humano, componente veicular e componente viário-ambiental.

- Fator Humano; são aqueles causados por falhas do condutor ou pedestre, podendo ser por desatenção durante a condução ou a travessia de via, pela utilização de aparelhos como celular, acender um cigarro, ou na realização de ultrapassagens em locais indevidos, excesso de velocidade, consumo de bebidas alcoólicas e drogas, o não respeito ou cumprimento das sinalizações e leis de trânsito existente, assumindo assim total responsabilidade de seus atos podendo ser penalizado pela Lei nº 9.503, de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro (CTB).

- Fator Viário-Ambiental; para um bom desempenho de um motorista e uma condução que lhe traga segurança deve-se a uma série de fatores que trabalham em conjunto para que não ocorra nenhuma eventualidade. Segundo Branco,(1999) as condições viárias e ambientais também são grandes causadoras de acidentes, sendo grandes os fatores que atuam nesses quesitos como, más condições do pavimento, buracos, falta de sinalização vertical e horizontal da pista, dispositivos de proteção, inclinação de curva, iluminação em excesso ou insuficiente, vegetação e condições climáticas. Neste item considera-se também fatores de projeto da rodovia, como curvas fechadas, rampas excessivas, postes e árvores próximos da pista, etc.; fatores de manutenção e fatores de ordem natural (chuva, neblina, vento entre outros).
- Fator Institucional; apesar de ser dificilmente citado em análises de acidentes de pontos críticos, é um fator de destaque. Nele estão incluídos a regulamentação e a fiscalização. Um exemplo a ser citado é a inadequação do treinamento dos condutores brasileiros, e a falta de informação que mesmo seguindo as diretrizes do Código de Trânsito Brasileiro deixam a desejar, a falta de fiscalização ou presença policial nos lugares e a impunidade das situações pós-acidentes, acabam incentivando os condutores a não seguir as normas e legislações, lembrando que essas ações não isenta os condutores sobre suas responsabilidades.
- Fator Veículo; são fatores relacionados diretamente ao veículo, desde o projeto de segurança e fabricação até a manutenção preventiva. A maior parte dos veículos que circulam em nossas rodovias encontram-se muitas das vezes em condições precárias, oferecendo perigo não só para seu condutor, como para demais pessoas que usam a via. Um acidente em que o fator veicular é considerado a maior causa, a análise a ser feita deverá ser realizada em cima dos mecanismos de controle e direção do veículo. A Associação Brasileira de Prevenção de Acidentes de Trânsito (ABPAT) em um de seus boletins informativos citou os principais defeitos encontrados como sendo; a falta de manutenção preventiva em sistemas de freios, parte elétrica, sistema de direção, más condições de pneus que comprometem a estabilidade e dirigibilidade necessária para o veículo, faróis queimados ou mal regulados dentre outros.

Quando citamos a questão de segurança no trânsito, Gold (1998) propõe isolar, primeiramente, os principais elementos constituintes do sistema viário, tais como; veículos, pessoas, ambiente institucional, o fator viário-ambiental. A partir da entrada do homem em cada um desses componentes todos esses elementos começam a se interagir, como mostrado na Figura B.



**Figura 1:** Fatores que afetam a segurança no trânsito.

**Fonte:** Livro Aplicação da Engenharia para Reduzir Acidentes - GOLD,1998.

O homem nesse sistema pode desempenhar diversos papéis: pedestre, motorista, ciclista, motociclista, ou até mesmo agente de trânsito. Como motorista, suas ações serão respostas aos estímulos fornecidos pelo meio ambiente e o cenários ao circula. (GOLD, 1998). MIRANDA e BRAGA (2004) cita que o fator humano é o mais sobrecarregado, pois todos os outros elementos o influenciam e ele exerce influência apenas sobre o veículo. Motivo pelo qual o homem é registrado como sendo o vilão. Essas influencia ao fator humano leva a maioria das pesquisas realizadas por órgãos públicos, ou imprensa a apontam o fator humano como sendo o principal responsável pelos acidentes de trânsito registrados no Brasil,

### 2.1.2 Tipos de Acidentes

**Colisão** – É o acidente em que um veículo em movimento sofre o impacto de outro veículo também em movimento, a colisão podem ser subdividida em:

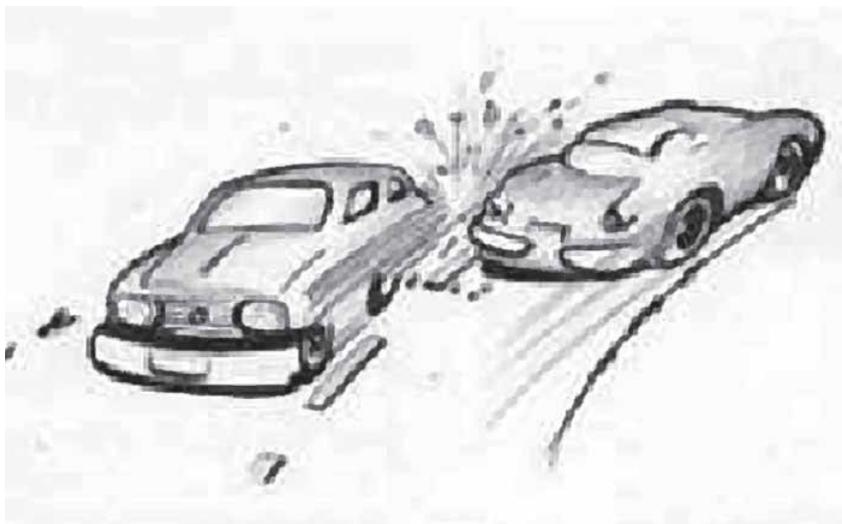
- Colisão frontal; ocorre quando há o impacto frente a frente entre os veículos, neste caso os veículos estão na mesma direção mas em sentidos opostos Figura 2(NBR 10697,1989).



**Figura 2:** Colisão frontal.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

- Colisão lateral; ocorre quando há impacto lateralmente entre os veículos, neste caso os veículos estão na mesma direção mas podem estar em sentidos opostos ou mesmo sentido figura 3 (NBR 10697,1989).



**Figura 3:** Colisão Lateral.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

- Colisão transversal; ocorre quando há o impacto entre veículos que transitam em direções que se cruzam, perpendicularmente ou não figura 4 (NBR 10697,1989).



**Figura 4:** Colisão Transversal.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

- Colisão na traseira; ocorre quando há o impacto entre veículos que transitam na mesma via, no mesmo sentido, tendo um dos veículos atingido de frente a parte traseira do outro figura 5 (NBR 10697,1989).



**Figura 5:** Colisão traseira.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

**Choque Mecânico** - Ocorre quando há impacto de um veículo em movimento contra qualquer obstáculo fixo, podendo ser um poste, uma árvore, um muro, um veículo estacionado ou outro elemento objeto figura 6 (NBR 10697,1989).



**Figura 6:** Choque mecânico.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

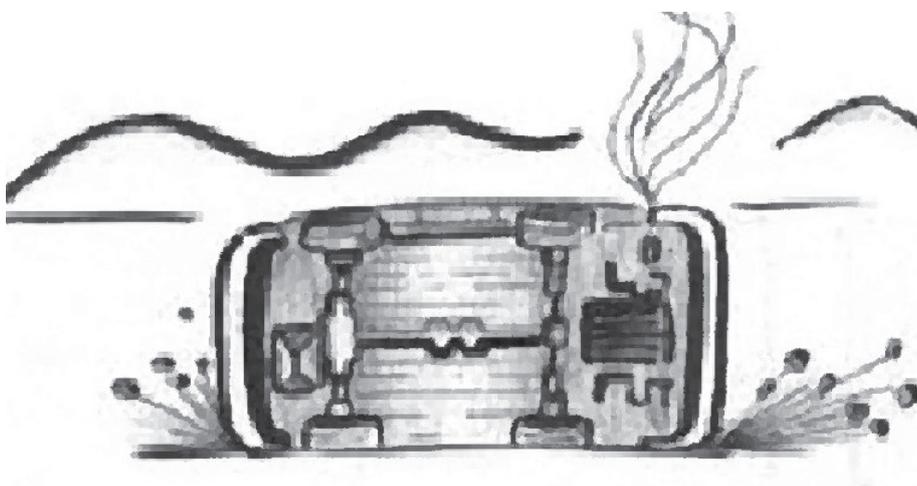
**Capotamento** - Ocorre quando o veículo gira sobre si mesmo, em qualquer sentido, chegando a ficar com as rodas para cima, imobilizando-se em qualquer posição (Figura 7) (NBR 10697,1989).



**Figura 7:** Capotamento.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

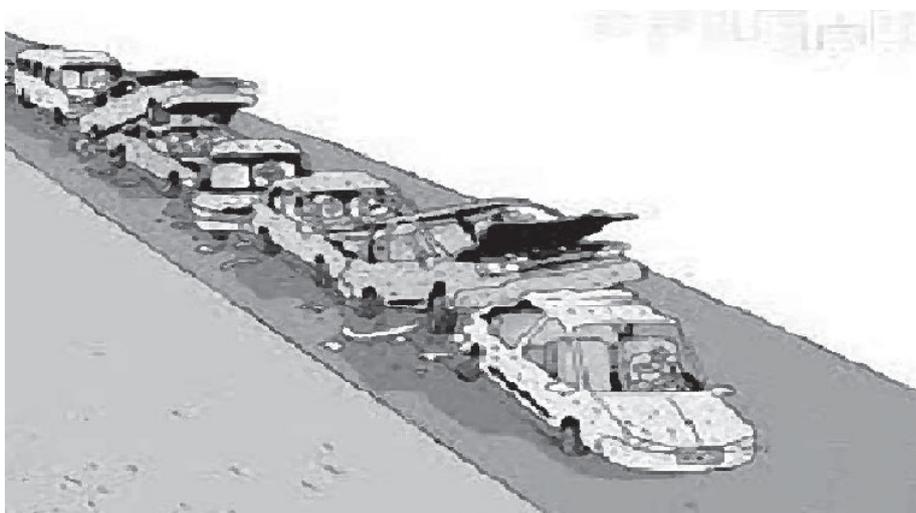
**Tombamento** - Ocorre quando o veículo tomba sobre sua lateral, imobilizando-se figura 8 (NBR 10697,1989).



**Figura 8:** Tombamento.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

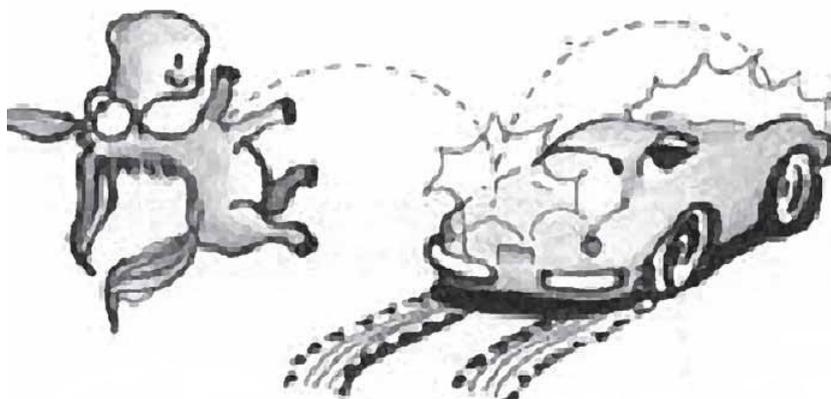
**Engavetamento** - Ocorre quando há colisão tipo traseira, envolvendo três ou mais veículos figura 9 (NBR 10697,1989).



**Figura 9:** Engavetamento.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

**Atropelamento** - Acidente em que o(s) pedestre(s) e/ou animal(is) impacta(m)-se ou sofrem impacto de veículo motorizado ou não, estando pelo menos uma das partes em movimento figura 10 (NBR 10697,1989).



**Figura 10:** Atropelamento.

**Fonte:** MANUAL TÉCNICO-PROFISSIONAL nº 3.04.06/2013-CG – PMMG

**Queda de veículo** - Acidente em que há impacto em razão de queda livre de veículo, ou queda de pessoas ou cargas por elas transportadas (NBR 10697,1989).

## 2.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

O projeto geométrico tem como função definir em detalhes os aspectos geométricos que irão compor a estrada, ele traz as características técnicas como; raios de curvatura, rampas de elevação, superelevação, superlargura entre outros, esses elementos fazem parte do traçado da via e será responsável por garantir uma conformação espacial da rodovia, garantindo assim uma disposição harmônica dos elementos geométricos ( horizontais, verticais e transversais). O objetivo dessa harmonização é que os condutores não sejam submetidos a um stress permanente quando a rodovia exigir esforços e habilidades em excesso como um traçado muito sinuoso, grandes números de curvas horizontais, ou curvas com pequenos raios, mas também evitar um traçado com retas muito longas, causando desse modo monotonia na direção, provocando cansaço, tédio e distração.

Atualmente as normas seguidas para elaboração de projetos de rodovias são oriundas do Manual de Projeto Geométricos de Rodovias Rurais do DNER de 1999, esse manual foi baseado principalmente em estudos e critérios publicados e adotados por AASHTO, e traz em seu manual fórmulas matemáticas e tabelas contendo valores de referências mínimas e máximas para elaboração do projeto.

Um bom projeto deve se levar em conta diversos aspectos, relacionados ao veículo ( dimensões, potência, capacidade de frenagem), a morfologia da região ( montanhosa, ondulada ou plana) conforme tabela 1, e a classe da rodovia conforme seu volume médio diário de tráfego tabela 2, que são aspectos utilizados para definir a velocidade diretriz ou velocidade de projeto tabela 3 (DNER,1999)

**Tabela 1:** Características topográfica /região

Terreno Plano	$\tan \alpha < 11 \%$
Terreno Ondulado	$\tan \alpha$ de 11 % a 33%
Terreno Montanhoso	$\tan \alpha > 33\%$

**Fonte:** Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais, DNER(1999).

**Tabela 2:** Classes de Projeto

Classe de Projetos		Características	Critério de classificação técnicas
0		Via expressa controle total de acesso	Decisão administrativo
I	A	Pista dupla controle parcial de acesso	Os volumes de tráfego previsto ocasionarem níveis de serviço em rodovia de pista simples inferiores ao cabíveis.
I	B	Pista simples controle de acesso parcial de acesso	volume horário de projeto >200 Volume médio diário(VDM) >1400
II		Pista simples	VDM entre 700 e 1400
III		Pista simples	VDM entre 300 e 700
IV	A	Pista simples	VDM entre 50 e 200
IV	B	Pista Simples	VDM <50

**Fonte:** Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais, DNER(1999).

**Tabela 3:** Velocidade Diretriz de Rodovias

Classe da rodovia	Região		
	Plana	Ondulada	Montanhosa
0	120	100	80
I	100	80	60
II	100	70	50
III	80	60	40
IV	60-80	40-60	30-40

**Fonte:** Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais, DNER(1999).

A velocidade de projeto ou velocidade diretriz é tida como sendo a principal variável a ser observada durante o dimensionamento da via, é um fator de suma importância no dimensionamento de dispositivos viários, como raio, superelevação, superlargura e as distâncias de visibilidade e parada ( GARCIA,2002).

### 2.2.1 Alinhamento Horizontal

Durante uma rápida pesquisa, relacionando os número de acidentes em trechos em curvas e trechos retos (tangentes), observa-se facilmente que o número maior ocorre em trecho curvos. Acidentes em trechos em curvas é 1,5 a 4 vezes maior do que em trechos retos, além disso representa como sendo o local onde os acidentes são mais graves, resultando em mortes ou graves sequelas nas vítimas. Fato que ocorre principalmente devido a diminuição das capacidades de reação do motorista e do veículo nesses trechos.(AASHTO,1997; NODARI,2003).

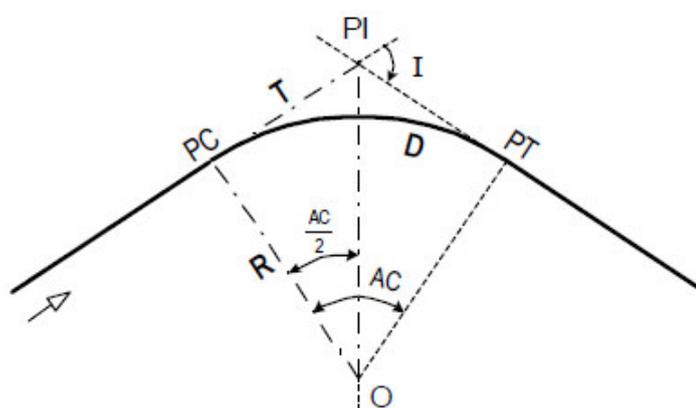
Entre os acidentes de trânsito mais comuns em curvas horizontais estão os capotamentos, tombamentos, colisões frontais e laterais, e choques mecânicos contra árvores e objetos fixos situados nas margens da via (NODARI,2003; ALMÍCAR,2010).

NOGUEIRA (1995) em um de seus estudos concluiu que há fortes indícios de que existe uma relação entre acidentes envolvendo veículos de carga e a geometria da via, ele sugeriu que seja realizada uma investigação mais criteriosa nesses acidentes analisando a geometria das curvas horizontais, raio mínimo, superelevação e superlargura. Em curvas fechadas antecedida por longas retas, observa-se um alto índice de acidentes, isso ocorre devido, entre outras coisas, pela surpresa dos motoristas ao enfrentar situações inesperadas (SAMPEDRO 2010).

DNER (1999), as concordâncias horizontais são usadas para fazer a ligação entre dois trechos em tangentes e há três tipos de concordância utilizados:

- curva circular simples: quando os dois trechos em tangentes são ligados por um único arco de círculo;
- curva circular composta: quando os dois trechos em tangentes são conectados por dois ou mais arcos de círculo sucessivamente tangentes girando no mesmo sentido;
- Combinação de curvas de raios variáveis com curva de raio constante: nesse caso a tangente é conectada com uma curva circular simples por meio de uma curva de raio variável (curva de transição), infinito na conexão da tangente e igual ao raio da curva no ponto de tangência com a curva circular.

**Curva Circular Simples** - em geral é a mais utilizada em projeto geométrico de rodovias, esta preferência se deve devido às boas propriedades que a curva circular oferece tanto para o tráfego, pelos usuários da rodovia, como para o próprio projeto da curva e sendo sua locação mais simples de ser realizada.



**Figura 11:** Esquema de uma curva circular simples, contendo seus elementos técnicos.

**Fonte:** SHU, Han Lee - Projeto Geométrico de Estradas(2000).



- O = centro da curva circular;
- R = raio da curva circular (m);
- TS = ponto de passagem da tangente para o trecho em transição;
- Cs = ponto de passagem da curva de transição para o trecho da curva circular;
- ST = ponto de passagem da curva de transição para a tangente;
- LC = comprimento da espiral ou comprimento da curva de transição (m);
- DC = comprimento da (ou desenvolvimento em) curva circular (m);
- Sc = ângulo central do trecho em transição;
- Yc e Xc = são coordenadas do Sc e do Cs.

Para se definir o comprimento da curva de transição são usados três critérios para se estabelecer o comprimento mínimo de transição(PIMENTA,2004; DNER,1999):

- a) **Critério Dinâmico**; consiste em estabelecer a aplicação gradativa da força centrípeta de modo que não ultrapasse a taxa de variação considerada comportável, onde representamos na relação a seguir, como sendo J a taxa máxima de variação da aceleração centrípeta por unidade de tempo.

$$J = \frac{V^2}{Rc} \times \frac{V}{Ls} \quad (2.1)$$

Experiências internacionais verificaram que o valor de "J" máximo é de  $0,6 \text{ m/s}^3$ , substituindo se o valor de J e transformando a velocidade para km/h temos:

$$Ls_{min} = 0,036 \times \frac{V^3}{Rc} \quad (2.2)$$

onde:

$Ls_{min}$  = comprimento mínimo da curva de transição em m (metro).

Rc = raio central da curva circular em m (metro).

V = velocidade de Projeto em km/h.

- b) **Critério Tempo**; estabelece o tempo mínimo de dois segundos para o giro do volante e, conseqüentemente realizar o percurso de transição(PIMENTA,2004, DNER,1999).

$$L_{s_{min}} = V \times t_{s_{min}} \quad (2.3)$$

Adotando V em km/h,  $L_{s_{min}}$  em metro e  $t_{s_{min}} = 2$  s, temos:

$$L_{s_{min}} = 0,556 \times V$$

- c) **Superelevação**; utiliza-se a variação da superelevação ( $e$ ) para juntamente com a largura da faixa de trafego ( $l_f$ ) se definir o comprimento mínimo da curva de transição (PIMENTA, 2004, DNER, 1999).

$$V = \frac{e \times l_f}{100} \quad (2.4)$$

A portaria nº 19 estabeleceu um valor máximo para a relação:

Logo defini-se o comprimento mínimo para curva de transição em:

$$\frac{V}{L_s} \leq \frac{1}{400} \quad (2.5)$$

Temos que;

$$L_{s_{min}} = 400 \times V. \quad (2.6)$$

Para o uso de curva de transição existem vários critérios que visa orientar e estabelecer limite para o uso deste tipo de curva. O DNER recomenda para projetos rodoviários convencionais o critério adotado pela velocidade diretriz resumidos pelos valores citados na tabela 4. O critério adotado permiti dispensar o uso da curva de transição quando a aceleração da força centrípeta for igual ou menor do que  $0,4 \text{ m/s}^2$ .

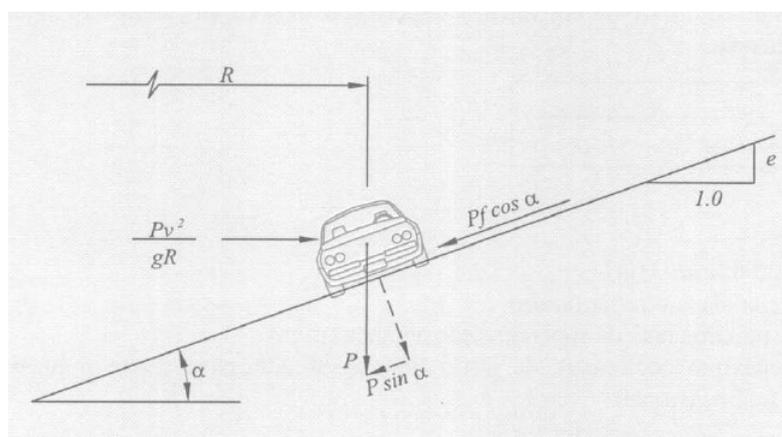
**Tabela 4:** Valores-limites de raios, acima dos quais podem ser dispensadas curvas de transição

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

**Fonte:** Manual de Projeto Geométrico de Estrada rurais - DNER (1999).

### 2.2.1.1 Superelevação

Superelevação é a inclinação transversal da pista (geralmente expressa em %) em trecho de curvas horizontais, a fim de combater a ação da força centrípeta desenvolvidas nos veículos evitando assim derrapagem e a sensação de desconforto pelos ocupantes do veículo de serem empurrados lateralmente para um lado e para o outro (PONTES FILHOS,1998).



**Figura 13:** Forças atuantes sobre o veículo ao percorrer uma curva horizontal.

**Fonte:** Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais, DNER(1999).

Onde:

$P$  = peso do veículo (N);

$f$  = coeficiente de atrito transversal;

$g$  = aceleração da gravidade ( $m/s^2$ );

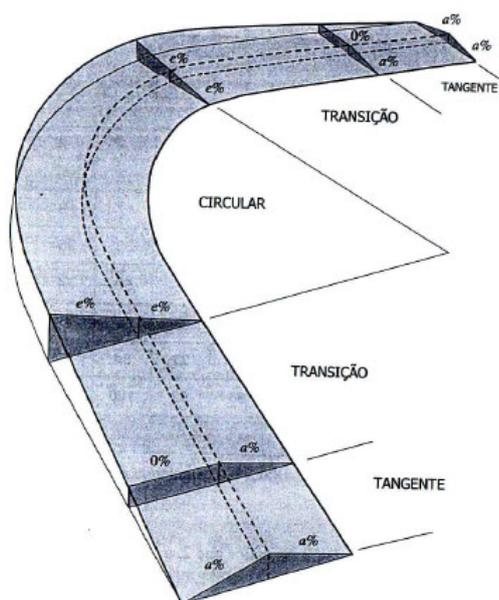
$v$  = velocidade do veículo (km/h);

$R$  = raio da curva (m);

$\alpha$  = ângulo que mede a declividade transversal da pista;

$e = 100 \times \tan \alpha =$  superelevação (%).

A superelevação deve ser implantada na via de forma gradativa ao longo do trecho para que se alcance seu valor máximo de inclinação no desenvolvimento da curva circular, sendo que ao final desta retorna-se gradativamente a inclinação original da via conforme figura 14.



**Figura 14:** Esquema demonstrando a variação da superelevação.

**Fonte:** Estradas de Rodagem Projeto Geométrico, PONTES FILHO(1998).

As especificações para a implantação da superelevação dependem das condições climáticas, velocidade de projeto, composição do tráfego, entre outras. Conforme equação 2.7 o percentual de elevação esta diretamente relacionada a velocidade  $V$ , o raio  $R$  e o coeficiente de atrito transversal máximo que deve ser extraído da tabela 5 do DNER.

$$e = \frac{V^2}{127 \times R} - f \tag{2.7}$$

$e$  = superelevação (m/m);

$V$  = velocidade diretriz (km/h);

$R$  = raio de curvatura (m);

$f$  = coeficiente de atrito transversal, entre o pneu e o pavimento.

**Tabela 5:** Valores máximos admissíveis para coeficientes de atrito transversal  $f$

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	120
$f$	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,132	0,11

**Fonte:** Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais, DNER(1999).

O DNER estabelece ainda valores limites de superelevação, considerando diversos fatores, tais como:

- Possibilidade do fluxo de veículo operar em velocidade bem abaixo da velocidade diretriz em virtude principalmente da frequência de veículos comerciais, rampas, interseções em níveis e congestionamentos;
- Velocidade diretriz e a classe de projeto da via;
- Comprimento de transição da superelevação com viabilidade prática em caso de curvas reversas e pistas com várias faixas;
- Razões econômicas, visando a redução de custo, poupando manter estruturas já existentes.

**Tabela 6:** Valores máximos de superelevação admissíveis.

$e_{max}$	Casos de emprego
12%	É a taxa máxima admissível, seu emprego deve ser limitado aos casos de melhorias e correções de situações perigosas existentes sem fazer alteração dos raios em planta, ou seja, seu uso se restringe a circunstâncias específicas.
10%	Máximo normal, adequada para rodovias de padrão elevado onde haja fluxo ininterruptos. Adotar para rodovias classe 0 e classe I em regiões planas e onduladas.
8%	Adotado em rodovias de padrão intermediário ou rodovias de padrão elevado mas que estejam em regiões onde a topografia provoca a redução de velocidade. Adotar em rodovias classe I em regiões montanhosas e rodovias das demais classes de projeto.
6%	Adotar em projetos condicionados por urbanização adjacentes e frequentes interseções, Que provocam a redução de velocidade ou parada.
4%	Adotar em situações extremas, com intensa ocupação do solo adjacente e reduzida flexibilidade para variar as declividades transversais da pista, sem vias marginais.

**Fonte:** Adaptado do Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais, DNER(1999).

#### 2.2.1.2 Raio mínimo de curvas horizontais.

O raio mínimo representa os menores raios das curvas em que podem ser percorridas em condições limites com a velocidade diretriz e à taxa de superelevação máxima admitida, garantindo condições aceitáveis de segurança e conforto de viagem ao condutor (PONTES FILHO,1998).

Após a determinação da superelevação máxima de acordo com a classe de projeto da rodovia e a velocidade diretriz adota, é possível definir também o raio mínimo de curva que poderá ser utilizado, a equação 2.8 de cálculo de superelevação que após ser devidamente convertida, encontra-se os valores de raio mínimo usando a equação 2.9.

$$R = \frac{V^2}{127 \times (e + f)} \quad (2.8)$$

$e$  = elevação em (%).

$V$  = velocidade em (km/h).

$R$  = raio em (m).

$f$  = coeficiente de atrito transversal.

Logo para cálculo de condições limites usa-se:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \times (e_{max} + f_{max})} \quad (2.9)$$

$e_{max}$  = elevação máxima em (%).

$V$  = velocidade de projeto em (km/h).

$R_{min}$  = raio mínimo em (m).

$f_{max}$  = coeficiente de atrito transversal máximo.

Se considerarmos os valores máximos admissíveis de coeficiente de atrito transversal na tabela 5, através da equação 2.9 podemos calcular os valores mínimos de raios de curva em função da velocidade de projeto e da superelevação, máxima a ser adotada Tabela 7 (PONTES FILHO,1998; DNER,1999).

**Tabela 7:** Raios mínimos de curva para projetos (m).

Superelevação Máxima ( $e_{max}$ )	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:** Manual de Projeto Geométrico de Estrada Rurais - DNER (1999).

### 2.2.1.3 Superlargura

Superlargura é um alargamento que se aplica nas faixas em trechos curvos, com a finalidade de melhorar as condições de segurança do tráfego. O alargamento deve ser suficiente em relação a largura máxima dos veículos, de modo a permitir a acomodação estática dos



R - raio da curva circular (m);

Gd - gabarito devido ao balanço dianteiro (m);

Bd - balanço dianteiro (m).

onde:

$$GA = R - \sqrt{R^2 - Ee^2} \quad (2.10)$$

e conseqüentemente:

$$Gc = Lv + R - \sqrt{R^2 - Ee^2} \quad (2.11)$$

o gabarito dianteiro (Gd) pode ser expresso por:

$$Gd = \sqrt{R^2 + Bd \times (2 \times Ee + Bd)} - R \quad (2.12)$$

O DNER estabelece em seu manual um valor de gabarito lateral em função da largura da faixa tabela 8, o gabarito lateral é uma folga lateral livre que deve ser mantida para o veículo de projeto em movimento.

**Tabela 8:** Valores de gabarito lateral

Largura de faixa $L_F$ (m)	3,00 - 3,20	3,30 - 3,40	3,50 - 3,60
Gabarito lateral $G_L$ (m)	0,60	0,75	0,90

**Fonte:** Manual de projeto geométrico de rodovias rurais - DNER, 1998.

Como foram de compensar as dificuldade de manobras em curvas e as diferenças entre as características de operações dos condutores, considera-se para a pista um acréscimo de largura adicional denominado folga dinâmica ( $F_D$ ), cujo valor é dado por:

$$F_D = \frac{V}{10 \times \sqrt{R}} \quad (2.13)$$

$F_D$  - folga dinâmica (m);

V - velocidade diretriz (km/h);

R - raio da curva circular (m).

Com base nesse critério podemos então definir a largura total ( $L_T$ ) através da fórmula a seguir:

$$L_T = N \times (G_c + G_L) + (N + 1) \times G_d + F_D \quad (2.14)$$

com as grandezas já definidas anteriormente.

Com a largura normal da pista em tangente ( $L_N$ ) dada por:

$$L_N = N \times L_F \quad (2.15)$$

onde:

$L_N$  - largura total da pista em tangente (m);

$N$  - número de faixas de trânsito na pista;

$L_F$  - largura de projeto da faixa de trânsito(m).

Finalmente temos que a superlargura ( $S_R$ ) a adotar para a pista, numa concordância horizontal com raio de curva  $R$ , pode ser expressa por:

$$S_R = L_T - L_N \quad (2.16)$$

sendo:

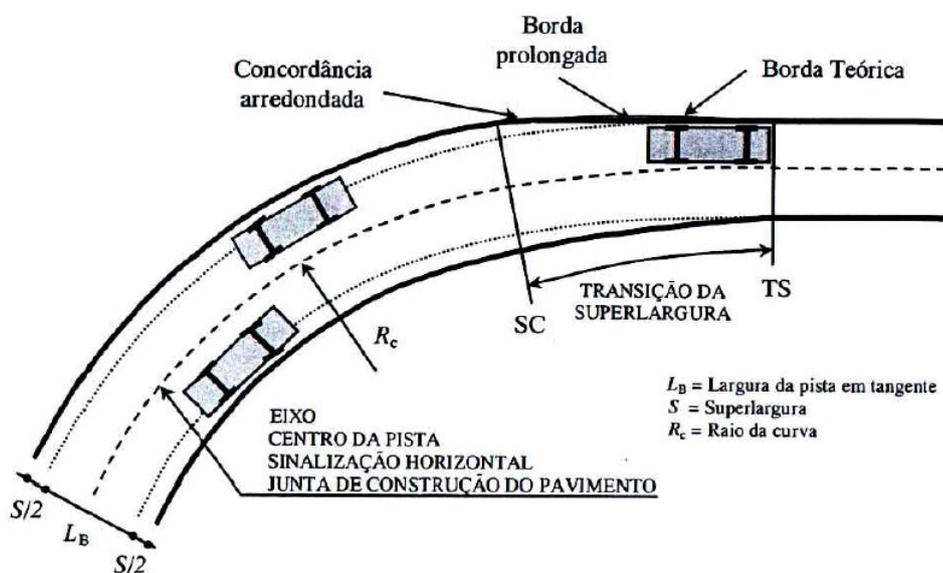
$S_R$  - superlargura para uma pista em tangente (m);

$L_T$  - largura total de uma pista em curva (m);

$L_N$  - largura normal de uma pista em tangente (m).

A superlargura é distribuída gradativamente da curva espiral, o alargamento da pista tem início a partir da curva de transição atingindo sua largura máxima na curva circular conforme figura 16.

**Figura 16:** Distribuição de superlargura em trecho em curvas



**Fonte:** PONTES FILHO, Glauco, Estradas de Rodagem Projeto Geométrico, 1998.

### 2.3 GERENCIAMENTO DE RISCO EM RODOVIAS

Gerenciamento dos riscos aparece como sendo uma estrutura na administração na qual entidades ou órgãos do governo conseguem tratar e controlar de direta e objetiva os riscos presente nas vias. SCHLECHTER (1995) define gerenciamento dos riscos como sendo o processo de gerência que tem como objetivo proteção das pessoas, dos ativos e dos lucros evitando ou minimizando perdas potenciais decorrentes dos riscos encontrados, bem como a criação e administração de fundos para cobrir eventuais perdas, no caso de acontecer acidentes.

Desde 1960, são realizados estudo em busca da associação dos fatores viários relacionados ao projeto de engenharia e aos fatores ambientais que afetam a quantidade e a qualidade dos acidentes de trânsito. Já no ano de 1963, a Automotive Safety Foundation (ASF) analisou e resumiu várias situações relacionadas aos diferentes efeitos das características da via, sobre a segurança dos usuários, dentre os citados à época estavam volume de tráfego, seção transversal, alinhamento, interseções, travessias de ferrovias, velocidade, pedestres, estacionamento e iluminação (ALMÍCAR, 2010).

No Brasil a segurança das rodovias são temas que já vem sendo estudado e avaliado há algum tempo, principalmente devido ao grande crescimento da frota de veículos em todo território nacional. A estrutura das rodovias brasileiras em alguns pontos não suporta mais o

volume de tráfego que passa sobre ela, gerando como consequência direta um aumento gradativo no número de acidentes registrados diariamente pelo país.

Estima-se que as rodovias são responsáveis por aproximadamente 63,1% do volume de cargas e passageiros no Brasil, esse número é bem superior se comparado com os Estados Unidos que conta com transporte rodoviário de 24,9% , mas com um número de 27 vezes mais rodovias pavimentadas do que no Brasil. Analisando esse comparativo nota-se que a situação das rodovias brasileiras é alarmante devido ao número expressivo de tráfego veicular que circula diariamente, deixando em situação de alerta os órgãos competentes para implantação de medidas de segurança para as vias de circulação (BRANCO,1999).

Em geral a malha viária do brasileira é constituída por várias rodovias rurais de pistas simples, sendo que boa parte delas possuem mais de 30 anos que foram projetadas, devido ao aumento gradativo da frota de veículos com o passar dos anos, as condições de operação e seguranças dessas vias ficam em situações precárias necessitando que se façam intervenções ao longo da via como forma de gerenciar risco potenciais gerados por ela (NODARI, 2003).

As intervenções melhorias nas vias podem ser classificadas em duas formas de gerenciamento que são (GOLD, 1998):

- Ação reativas ou corretivas; são ações na qual se faz uma análise de pontos críticos ao longo da via, tendo como objetivo resolver problemas encontrados que estão contribuindo para causar sucessivos acidentes em determinados pontos. Em geral ela parti da identificação de problemas existentes trazidos à tona devido ao grande número de acidentes e passaram a ser muito utilizadas e se mostra bastante eficiente em diversas situações onde é necessário corrigir as deficiências do ambiente viário e ambiental que funcionam como fator contribuinte para a ocorrência de acidentes (GOLD, 1998). Um exemplo de uso dessas ações são, a análise de pontos críticos que identificam pontos ou trechos da via que apresenta um potencial de ocorrência de acidentes maior do que um valor esperado.
- Ação pró-ativas; são as ações de vistoria e auditoria de segurança realizada ao longo da malha viária a fim identificar potenciais situações de risco, antecipando a ocorrência de acidentes. Esses programas são aqueles que envolvem iniciativas direcionadas ao tratamento dos locais que apresentam elevado potencial de ocorrência de acidentes, ao invés de ocorrência real de acidentes como na estratégia anterior. Normalmente esse objetivo é alcançado através da avaliação e tratamento do risco potencial que o componente viário-ambiental apresenta aos usuários da via. Entre os programas pró-ativos, destacam-se a Auditoria de Segurança Viária e a Análise de Conflitos (GOLD, 1998).

Independente do tipo de intervenção a ser realizados, em ambos os casos podem haver caso onde as alterações a serem feitas envolve a implantação de um novo traçados, que pode ser relação ao alinhamento horizontal ou vertical. Este tipo de intervenção envolve um investimento

de custo muito alto, principalmente devido de na maioria das vezes haver necessidade de grande movimentação de terra. Pensando nisso o próprio DNER trouxe um manual no qual são apresentadas medidas de baixo custo que podem ser implementados em trecho que apresentam deficiências de projeto e manutenção inadequadas.

O DNER lista no Guia de Redução de Acidentes com base em engenharia de baixo custo os tipos de medidas de baixo custo que se pode ser implantado com elevado retorno em termos de redução de acidentes e benefício/custo. Os tipos mais utilizados são os seguintes:

- Sinalização vertical intensa de advertência e regulamentação;
- Sinalização horizontal incluindo pintura de mensagens de advertência em locais críticos;
- Sonorizadores;
- Implantação de delineadores;
- Construção de áreas nos acostamentos para conversões localizadas;
- Melhoria das condições de visibilidade nas interseções;
- Separação física de pedestres e veículos nas travessias urbanas;
- Implantação de defensas e cercas para proteção e bloqueios;
- Melhoria das condições de resistência à derrapagem;
- Utilizações de dispositivos com elementos refletivos, como balizadores, tachas e tachões.

O manual de segurança de rodovia do DNIT (2010) relata ainda que é de suma importante 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 afim de evitar erros de interpretação para minimizando ao máximo a contribuição da via na causa de acidentes.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho foi desenvolvido no período de julho de 2016 a novembro de 2016 e foi dividido em 5 etapas: a primeira etapa foi consultar e buscar juntos aos órgãos responsáveis pela rodovia (DER/MG, 1º GP PMRv, Denatran, DNIT) informações que serviram de base para nortear o trabalho. A segunda etapa foi realizar em campo, juntamente com o nosso orientador, um levantamento topográfico do trecho alvo deste estudo de caso. Na terceira etapa foram realizadas as revisões bibliográficas referente a elaboração de geométricos de estradas. A quarta etapa coleta dos dados e informações alusivo ao numero de acidentes. A quinta e ultima fase, foi realizada uma análise geral dos resultados identificado a curva com maior índice de acidentes, elaboração de um as build contendo as características geométrica atual da via.

#### 3.1 ÓRGÃO COMPETENTES SOBRE A RODOVIA

Através de ofício, solicitamos aos órgão responsável pela rodovia as informações iniciais que serviram de base para sustentação ao estudo, sendo contactados os seguinte órgãos:

- 40º Coordenadoria Regional do Departamento Estadual de Estradas e Rodagem de Minas Gerais (DER/MG).

Na 40º CRG do DER/MG localizada na cidade de Coronel Fabriciano, o ofício foi direcionado Dr. Nívio Pinto de Lima Engenheiro Civil coordenador da regional, contendo em seu teor a solicitação cópia do projeto de implantação da rodovia MG 329, na mesma data fomos atendidos pelo próprio Dr. Nívio, ao qual nos relatou que devido a rodovia ter sido implantada a muito tempo a 40ª CRG não possuía em seus arquivos o projeto de implantação da rodovia. Ao informa-lo que o projeto serviria de base para um estudo de caso sobre o traçado do trecho, ele nos informou que o departamento de engenharia do DER já havia feito um levantamento do trecho e elaborado um projeto para mudança de traçado inclusive nós forneceu cópia do projeto contendo o novo traçado, além disso também nós forneceu o volume de trafego da rodovia do ultimo levantamento realizado<sup>1</sup>, a velocidade diretriz e Classificação da rodovia conforme tabela 9 abaixo.

**Tabela 9:** Dados de Implantação da Rodovia

Classificação da Rodovia MG 329	Classe II
Velocidade Diretriz de Projeto	60 Km/h
Volume de Tráfego Médio Diário	1426 veículos

**Fonte:** 40º CRG DER/MG e Boletim Rodoviário DER/MG-2013 .

<sup>1</sup> Dados referente a ultima contagem realizada no ano de 2008

- 1º Grupamento de Polícia Militar Rodoviária de Caratinga (1º GPRv).

No 1º GPRv fomos recebidos pelo senhor Tenente Arthuzo que nos direcionou ao Cb Duarte que após receber o ofício, nós forneceu todos os dados referente aos acidentes registrados no trecho nos últimos 4 anos conforme tabela em anexo, além disso nos auxiliou na identificação da curva que concentra o maior número de registros, enviando também uma equipe de militares para dar maior segurança aos discentes e docentes na data escolhida durante a realização de levantamento topográfico realizando inclusive a divulgação nas suas paginas de comunicação (Facebook, Portal da 12ª RPM), uma matéria reconhecendo a importância de trabalho acadêmicos que visam melhorias nas rodovias da região para garantir ao usuários maior segurança.

- Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (DNIT) e do Departamento nacional de Trânsito (DENATRAN).

Nesses órgãos as informações constatare nesse trabalho foram buscados através de seus site oficiais, no qual pudemos encontrar dados quantitativos sobre a frota de veículos, a malhas viária atual no Brasil e manuais de segurança e criação de projetos geométricos de rodovias.

### 3.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Seguindo o cronograma planejado, realizamos juntamente com o nosso orientador professor Thomaz Cimini um levantamento topográfico do trecho, usando uma estação total Geodesi e um GPS RTK NAVCOM onde foi possível coletar coordenadas exatas do local que serviu de base para traçar um perfil atual da via usando o software TopoEVN. Para uma melhor compreensão e análise do traçado dividimos o trecho em duas curvas, sendo uma em curva 1 local de maior registro de acidente e curva 2 que possui índices menores figura 17.



**Figura 17:** Trecho de Estudo.

**Fonte:** Adaptado do Google Heart.

O levantamento topográfico foi iniciado no sentido decrescente da rodovia, sendo coletado os pontos a partir da curva 2 figura 18, e prosseguido com a coleta de pontos sentido a cidade e Caratinga<sup>2</sup>



**Figura 18:** Levantamento Curva 2.

**Fonte:** Acervo pessoal do autor.

Logo a seguir iniciamos a coleta de pontos da curva 1, trecho ao qual foi dado uma maior atenção na captação dos pontos para um melhor detalhamento devido possuir o maior número de registros de acidente figura 19.



**Figura 19:** Levantamento curva 1 realizado por Estação Total.

**Fonte:** Acervo pessoal do autor.

<sup>2</sup> Sentido decrescente.



**Figura 20:** Levantamento realizado por GPS RTK NAVECOM.

**Fonte:** Acervo pessoal do autor.

Para finalizar o trecho realizamos o levantamento da tangente de entrada da curva 1 figura 21.



**Figura 21:** Levantamento tangente de entrada Curva 1.

**Fonte:** Acervo pessoal do autor.

Durante o levantamento foram observados que na lateral da rodovia há taludes que apresentam varias erosões figura 22, sendo relatado pelos militares que acompanhavam o levantamento, que em períodos de chuva ocorre o escorregamento de terra para o leito da via, e que o material acumulado na pista compromete ainda mais a segurança do condutores que trafegam pelo trecho.



**Figura 22:** Talude com erosão situado as margens da rodovia.  
**Fonte:** Acervo pessoal do autor.

Outro aspecto observado foi a grande deficiência na sinalização vertical e horizontal da via, durante todo o trecho foi encontrado apenas uma placa de limite de velocidade de 40 km/h e uma outra placa de curva acentuada a esquerda em mau estado de conservação localizada depois da curva 1 (figuras 23) , as outras três placas encontradas ao que tudo indica foram colocadas por terceiro, devido as suas dimensões, cores e posição alocadas, umas delas esta localizada um pouco antes da curvas 1 e as outras duas ao longo do desenvolvimento conforme figura 24.



**Figura 23:** Placa de Sinalização no trecho.  
**Fonte:** Acervo pessoal do autor.



**Figura 24:** Placas Improvisadas  
**Fonte:** Acervo pessoal do autor.

### 3.3 ANÁLISE DE DADOS

Os dados fornecidos pelo 1º GPRv foram quantificados e classificados de acordo com o tipo de registros em relação ao tipo de acidentes, foi realizada uma leitura rápida em cada um dos registros procurando compreender a dinâmica do acidente e ao mesmo tempo identificar o perfil apresentado pelo condutor, sentido ao qual trafegava e conhecimento ou não do trecho.

### 3.4 TRAÇADO DA VIA

Após levantamento topográfico descarregamos as informações da estação total e do GPS no computador e através do software TopoEVN foi traçado um As Built da via, onde foi possível coletar dados sobre os elementos de curva do trecho, sendo que de posse desses dados iniciamos uma comparação com os parâmetros e critérios adotados pelo DNER em seu manual para projeto de rodovia rurais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ACIDENTES

Após a classificação e quantificação dos dados (tabela 10) e a leitura rápida de cada registro, observamos que as colisões laterais e na colisão frontal, a alegação dos condutores é de que o veículo que seguia sentido crescente da via <sup>1</sup> invadiu a contra mão de direção causando o acidente, nos registros de capotamentos e tombamento 40,8 % , muitos condutores relataram ser a primeira vez que passava pelo estrada. Os registros de choque mecânico que tem o maior percentual de acidentes, nota-se nos relatos do histórico dos registro que os condutores invadiu a contra mão de direção e chocavam-se contra a canaleta da via no sentido oposto ou perdiam o controle e se chocavam contra o talude as margem da via.

**Tabela 10:** Número de Acidentes

Tipo de acidente	Número de registros	
	Quantitativo	Porcentagem
Colisão lateral	06	22,2 %
Colisão frontal	01	3,7 %
Colisão traseira	02	7,4 %
Capotamento	06	22,2 %
Tombamento	05	18,6 %
Choque mecânico	07	25,9 %
Total	27	100 %

**Fonte:** 1º Grupamento de Policia Militar Rodoviária-2016 .

A curva 1 segundo os dados repassados pelo 1º GPRv é responsável por 12% dos acidentes registrados no período no trecho de 25 km que liga a cidade de Caratinga a Bom Jesus do Galho, nos 4 anos <sup>2</sup> levantados foram registrado 226 acidentes no trecho, sendo que 27 acidentes no km 10, parece pouco mas se levar em conta que o segundo colocado no número de registro teve 15 acidente cerca de 6,6%, nota-se que o local alvo deste estudo possui quase o dobro de registro no mesmo período.

Um outro fator que também é citado no históricos de alguns registros ocorrido logo após chuvas, é a presença de material na pista em decorrência do carramento de terra para o leito via, deixando a pista de rolamento cheia de lama diminuído ainda mais a aderência do pneus e contribuindo para acidente como no caso das colisões traseiras registradas.

<sup>1</sup> Sentido a cidade de Bom Jesus do Galho

<sup>2</sup> Período Março de 2012 à marco de 2016

Fotos de acidentes registrados no local de estudo.



**Figura 25:** Acidentes registrados no local.

**Fonte:** <http://portal.tvsupercanal.com.br>.



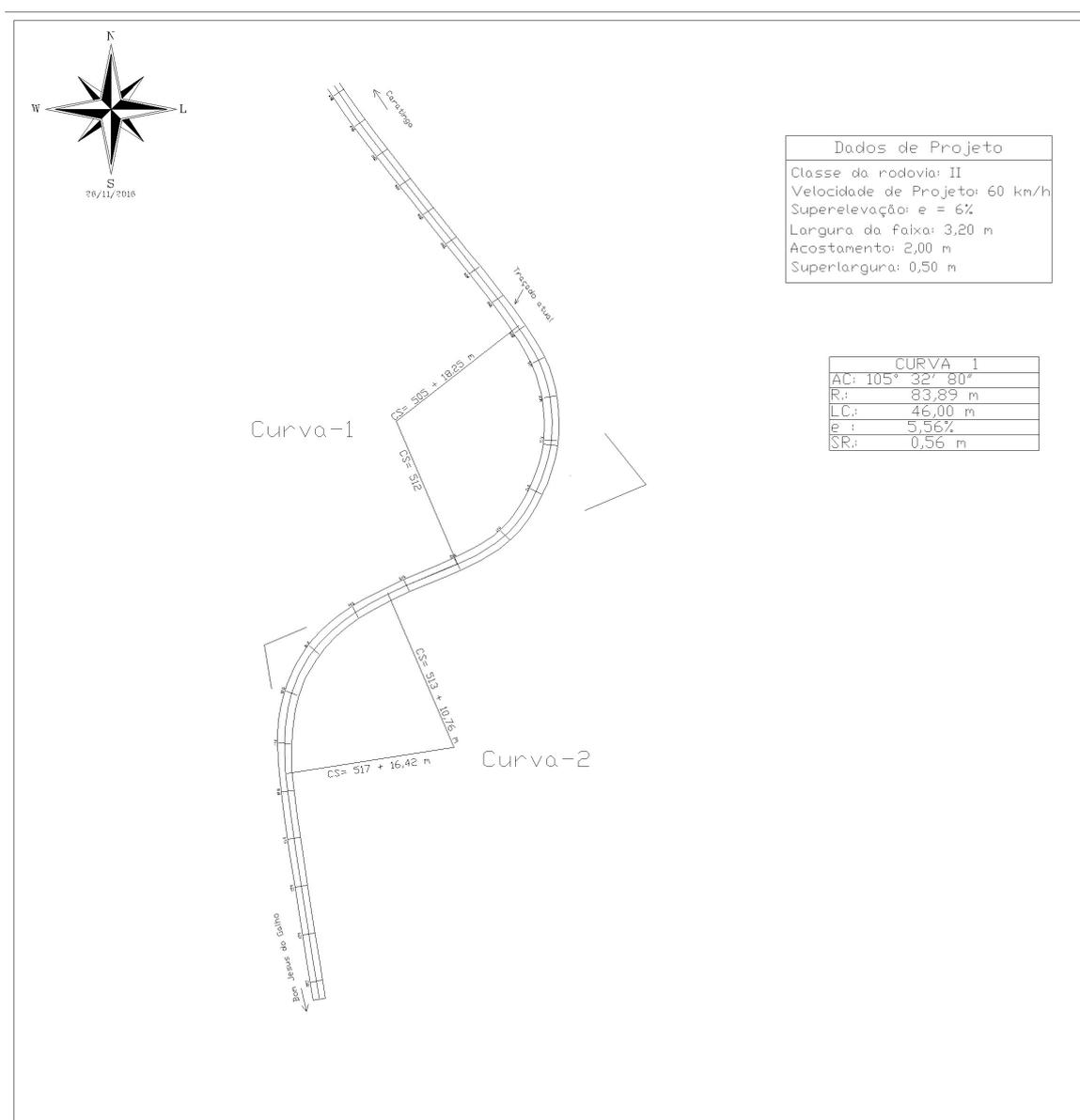
**Figura 26:** Acidentes registrados no local.

**Fonte:** <http://portal.tvsupercanal.com.br>.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICA DA VIA

De posse das informações de projeto repassadas pela 40ª CRG do DER/MG e dos valores referente aos elementos de curva obtidos através do As Built confeccionado após o levantamento, analisamos os parâmetros e critérios adotado pelo Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais do DNER com as característica e elemento presente na via.

Conforme figura abaixo, encontramos o seguintes valores dos elementos de cada uma das curvas.



**Figura 27:** As Built do trecho.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Verifica-se logo de início que as curva horizontais apresentam um raio de curvatura de 83,45 m na curva 1 e de 90,14 m na curva 2, sendo que a curva 1 é a que possui o maior número

de acidente e é alvo principal do estudo, tem uma superelevação de 5,56 % com uma superlargura de 56 cm na faixa interna da curva.

Analisando a via com as informações de classe da rodovia, velocidade de projeto repassada de 60 km/h, adotando uma superelevação máxima de 6% e o coeficiente de atrito transversal máximo de 0,15, parâmetros das tabelas de elavação máxima e coeficiente máximo do DNER citadas anteriormente. Calculamos os valores mínimo que a curva 1 poderia ter.

Através da equação 4.1:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \times (e_{mx} + f_{mx})} \quad (4.1)$$

Temos:

$$R_{min} = \frac{60^2}{127 \times (0,06 + 0,15)} \quad (4.2)$$

$$R_{min} = 134,98m \quad (4.3)$$

Conclui-se que os raios de curvatura presente no trecho estão abaixo do raio mínimo recomendado pelo DNER que seria de 134,98 metros conforme encontrado equação 4.3.

Outro ponto relevante analisado foi a presença de curva de transição ( $L_c$ ), no trecho que antecede a curva 1 local de maior índice de acidente, através do As Built, encontramos um curva de transição com LC máximos de 50 m. Usando novamente critério adotado pelo Manual do DNER, consideramos raio existente de 83,33 m e calcularmos o  $L_{cmin}$ , através da equação 4.4.

$$L_{smin} = 0,036 \times \frac{V^3}{Rc} \quad (4.4)$$

$$L_{smin} = 0,036 \times \frac{60^3}{83,33} \quad (4.5)$$

$$L_{smin} = 93,31m \quad (4.6)$$

Concluimos que a curva 1 com o raio atual deveria ter um comprimento mínimo da curva de transição de 94 metros.

### 4.2.1 Sinalização

Outro fator observado que apresenta uma grande deficiência é sinalização vertical e horizontal no trecho, onde foram verificados a existência de apenas duas placa de sinalização, uma de advertência sobre o limite de velocidade e uma placa de curva acentuada a esquerda em mau estado de conservação figura 28, nota-se que apesar do trecho apresentar um grande número de acidente não há nenhuma placa ou dispositivo visual alertando os condutores sobre o risco.



**Figura 28:** Acidentes registrados no local.

**Fonte:** Acervo do autor.

### 4.3 SUGESTÕES DE MELHORIAS NO TRECHO

Com base no resultados obtidos nos itens acima, iniciamos uma busca por sugestões que poderiam minimizar a influência da via como causadora de acidentes.

A primeira sugestão seria novo traçado para o alinhamento horizontal das curvas que pudesse atender as normas e principalmente garantir conforto e segurança aos condutores ao passar pelo local.

Para elaboração do novo traçado adotamos o valor de raio mínimo de 135,00 m conforme encontrado acima, m usando as equações calculamos um novo  $L_{Cmin}$ , ao qual teve como resultado de 57,6 m.

$$L_{Smin} = 0,036 \times \frac{60^3}{135,00} \quad (4.7)$$

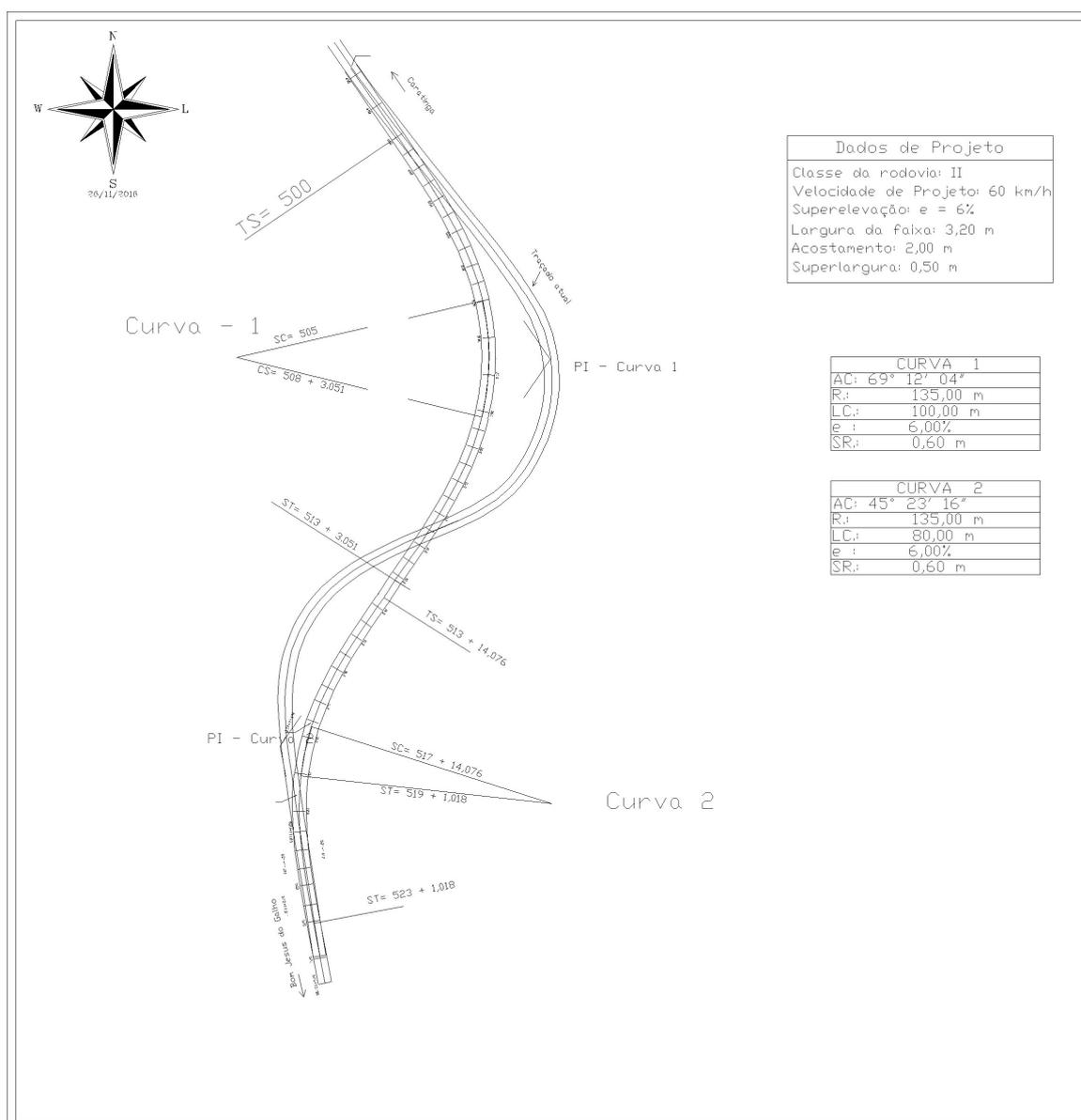
$$L_{Smin} = 57,6m \quad (4.8)$$

Para que o alinhamento ficasse o mais confortável e suave possível adotamos para o novo traçado os seguinte elementos de curva tabela 11

**Tabela 11:** Valores adotado para o novo projeto

	Raio	Lc	e	SR
Curva 1	135	100	6%	50 cm <sup>3</sup>
Curva 2	135	80	6%	50 cm

Usando o software TopoEVN chegamos a um novo traçado mais suaves com raios de curvaturas maiores que daria aos condutores um maior conforto ao passar pelo trecho, conforme figura abaixo e projeto em apêndices.



**Figura 29:** Proposta para novo traçado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A implantação desse novo traçado necessitaria de uma movimentação muito grande de terra, conforme podemos observar na figura 30 a um grande talude na margem direita da via para que segue sentido a cidade de Bom Jesus do Galho o necessitaria de uma alto investimento financeiro por parte do poder público.



**Figura 30:** Proposta para novo traçado adaptada com imagem do Google heart.

**Fonte:** Acervo do autor.

A outra medida seria fazer uma intervenção no trecho de baixo custo utilizando para isso melhoria na sinalização com placas auxiliares de advertência contendo o alerta de "alto índice de acidente" figura 31, instaladas concomitantemente com placa indicava de velocidades máxima de 40 km/h e com os dizeres redução a velocidade, além disso implantar placa de advertência do tipo contagem regressiva alertando os condutores sobre uma curva em s acentuada a direita se aproximando conforme figura 32.



**Figura 31:** Placa de advertência de trecho com alto índice de acidente.

**Fonte:**

<http://s2.glbimg.com/66w2W1kAbdVJCUgECbfBLRaJbrM/300x225/s.glbimg.com/jo/g1/f/original/2015/03/lin-g1-marco-20-03-atropelamento-br.jpg>.



**Figura 32:** Placa de advertência em trecho com alto índice de acidente.

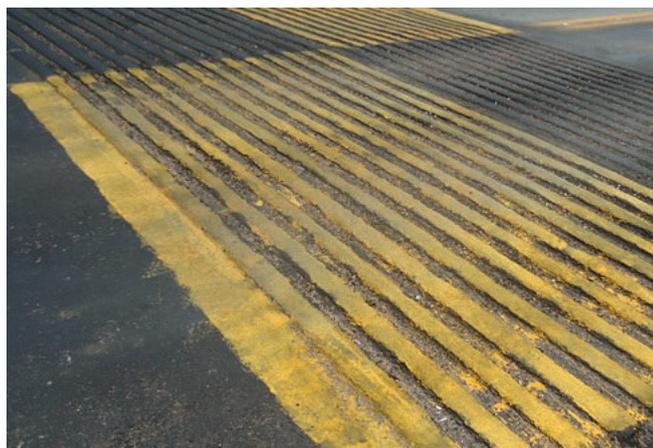
**Fonte:** <http://ndonline.com.br/joinville/noticias/obras-de-reforco-na-sinalizacao-continuam-na-serra-dona-francisca-em-joinville>.

A instalação de redutores de velocidade antes da curva 1, seria também uma forma de forçar dos condutores a reduzir evitando assim que os veículo saísse em tangente na curva 1 devido ao seu raio ser pequeno. Esses redutores poderiam ser do tipo lombada "quebra-molas" ou do tipo sonorizador, preocupando sempre de se realizar uma boa sinalização vertical para alertar os condutores sobre o dispositivo à frente.



**Figura 33:** Sonorizadores para serem usados na rodovia.

**Fonte:** <http://acaopopular.net/jornal/sinalizacao-nao-resolver-problemas-na-rotatoria-da-morte-em-pinhoes/>.



**Figura 34:** Sonorizadores para serem usados na rodovia.

**Fonte:** <http://msregional.com.br/blog/geral/nova-andradina-nenao-recomenda-instalacao-de-sonorizadores-na-rotatoria-do-parque-de-exposicoes/>.

## 5 CONCLUSÃO

Através deste estudo de caso concluímos que o trecho estudado possui a curva 1 como sendo realmente um ponto crítico em número de acidentes, ele possui 12% dos registros no trecho de 25 km que faz a ligação da cidade de Caratinga a Bom Jesus do Galho, que apesar de parecer pouco ao compararmos com o km 04 que possui 7% o segundo colocado, nota-se que a curva 1 possui quase o dobro no número de acidentes.

Em relação ao traçado da via concluímos que o trecho estudado apresenta deficiência no seu alinhamento horizontal com raios de curvas e curvas circular de transição inferiores aos recomendados pelo manual do DNER, fator que somados a deficiência vertical e horizontal acabam potencializando a causa de acidentes, e que uma simples intervenção como melhorias na sinalização poderia trazer aos condutores que trafegam maior segurança.

Finalmente concluímos que apesar de não ser o único responsável pelos acidentes, o traçado da via influencia sim na ocorrência deles, pois na maior parte dos registros a dinâmica dos veículos mostram que eles saem tangencialmente na curva 1 devido ao raio curto e excesso de velocidade, e acabam colidido, capotando, tombando ou mesmo chocando-se contra a canaleta do lado oposto.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ASF - Automotive Safety Foundation, 1963, Traffic Control and Roadway Elements. Their Relationship to Highway Safety. Technical Report, EUA.

BRANCO, Adriano M., 1931 – Segurança Rodoviária / Adriano M. Branco. – São Paulo : Editora CL-A 1999.

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. 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, Brasil.

CARVALHO, Paulo Henrique Vieira & PORTUGAL, Thomas Cimini Chagas. Estudo de caso da BR 116 entre os Kms 530 ao 551, um comparativo entre índices de acidentes de trânsito X característica geométricas das estradas antes e depois das modificações no traçado. 2010. 88p. monografia - Instituto Doctum de Educação e Tecnologia.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito, 2016, Disponível em:<http://www.denatran.gov.br/>. Acesso em abr. 2016.

GOLD, Philip Anthony. Segurança de trânsito. Aplicações de engenharia para reduzir acidentes, Banco interamericano de desenvolvimento, 1998, Estados Unidos.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, 2016, Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/> . Acesso em abr. 2016.

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

MINAS GERAIS, polícia Militar de Minas Gerais, 2013, Manual técnico profissional nº 3.04.06/2013-CG-PMMG.

NODARI, C., 2003, Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples. Tese de D.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

PÉREZ PÉREZ, Ignacio. Experiencia norteamericana en modelos que relacionan el número de accidentes y las variables del proyecto geométrico de las carreteras convencionales. Rutas Revista de la Asociación Técnica de Carreteras, n.88, p.13-25, 2002.

PIMENTA, Carlos R.T. e Oliveira, Márcio P. Projeto Geométrico de Rodovias 2º edição. São Carlos, RiMa Editora, 2004.

PONTES FILHOS, Glauco. Estradas de rodagem: projeto geométrico / Glauco pontes Filho - São Carlos: G Pontes filho, 1998.

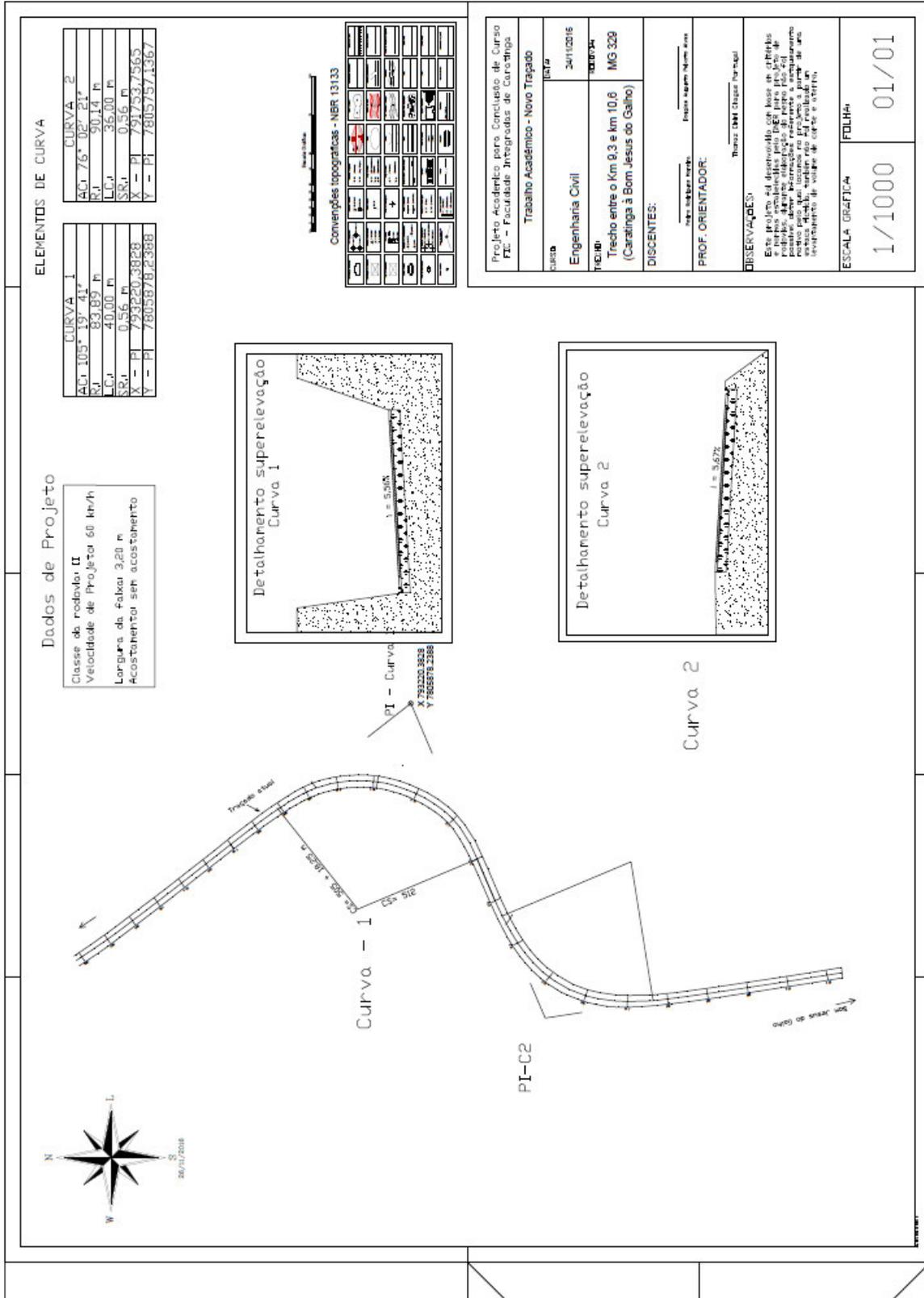
SAMPEDRO, A., 2006, Procedimento para avaliação da segurança de tráfego em vias urbanas. Dissertação de M.Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ Brasil.

SAMPEDRO TAMAYO, Amílcar Procedimento para Avaliação e Análise da Segurança de Tráfego em Vias Expressas Urbanas/ Amílcar Sampedro Tamayo. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

SANTOS, Benjamim Jorge Rodrigues dos. Consistência da geometria de rodovias. São Carlos, 1992. 60p. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos.

SHU, Han Lee. Projeto geométrico de estradas, Apostila semestre: 2000/1, UFSC, 2000. Florianópolis, SC, Brasil.

# APÊNDICE A AS BUILT



Projeto Acadêmico para Conclusão de Curso  
 FC - Faculdade Integradas de Caratinga  
 Trabalho Acadêmico - Novo Trapado

DISCENTES:  
 Engenharia Civil  
 Trecho entre o Km 9,3 e Km 10,6  
 (Caratinga à Bom Jesus do Galho)

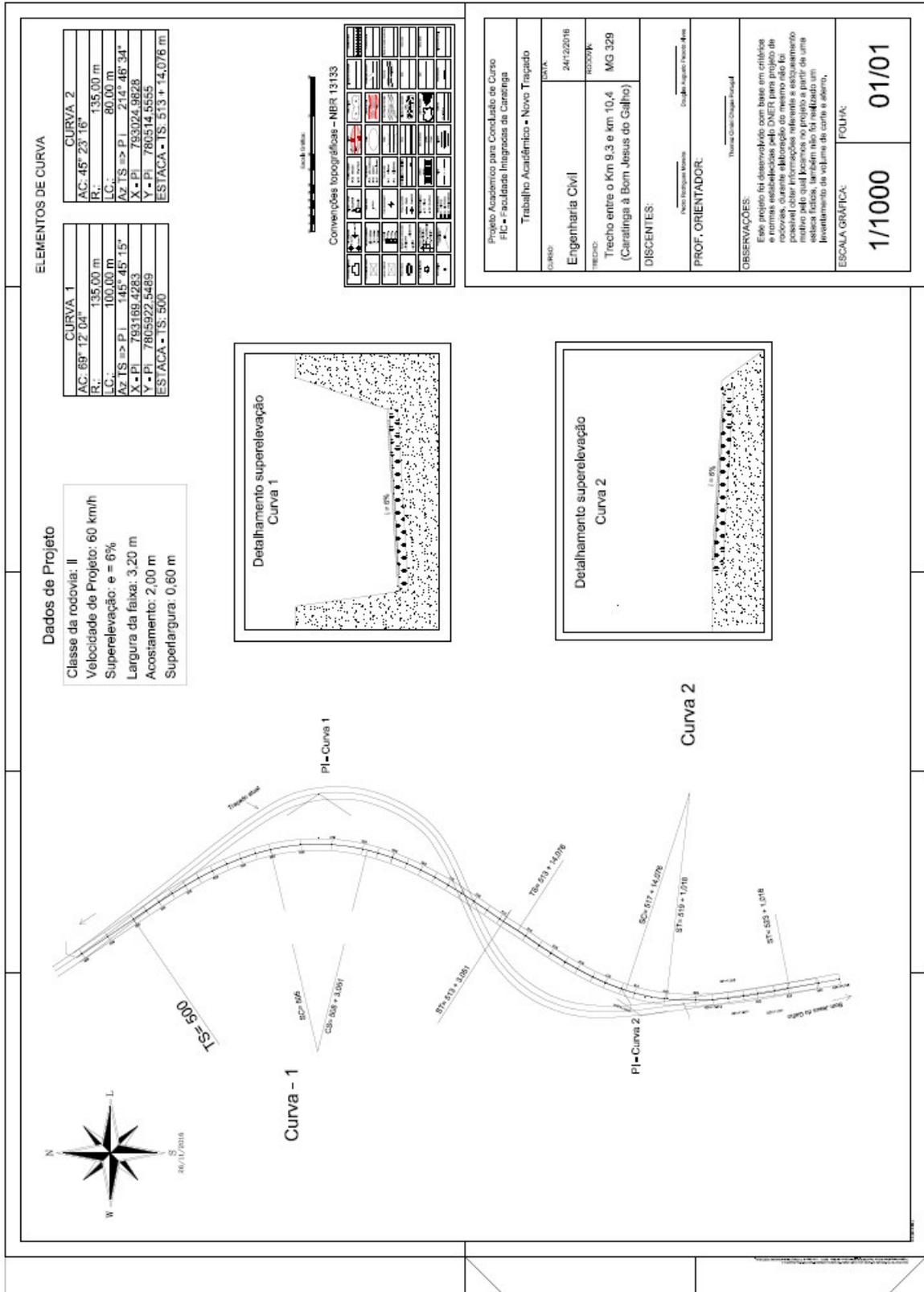
PROF. ORIENTADOR:  
 Thales (M) Marques Peres

DISSENAÇÃO:  
 Este projeto foi desenvolvido com base em critérios profissionais, através da utilização de software de AutoCAD, sendo que não ocorreram no processo a partir de um levantamento de campo de curvas e alinhamento.

ESCALA GRÁFICA: 1/1000

FOLHA: 01/01

# APÊNDICE B NOVO TRAÇADO PROPOSTO



**ANEXO A OFÍCIO ENVIADO A 40ª CRG DO DER/MG**

## OFÍCIO DE SOLICITAÇÃO

Caratinga, 27 de julho de 2016.

A/C do Exmo. Sr. Nívio Pinto de Lima.

Diretor da 40ª CRG do Departamento de Estrada e Rodagem de Minas Gerais

Assunto: Informações de projeto da MG 329.

Exmo. Sr. Diretor do Departamento de Trânsito,

Solicito-vos cópia do projeto de implantação da rodovia estadual MG 329 mais precisamente do trecho compreendido entre os km 01 e 12 da referida rodovia que fica localizada no município de Caratinga. Adianto-vos que sou estudante de Engenharia Civil da Rede Doctum de Ensino e que tal documento e informação serão usados para dissertação trabalho de conclusão de Curso. Adianto-vos ainda que o objetivo do estudo visa realizar uma paralelo entre o numero de acidentes no trecho verso o traçado da rodovia, segue email e telefone de contato em caso de necessidade: [pedroeng.civil2012@gmail.com](mailto:pedroeng.civil2012@gmail.com) ; tel: (33) 98821-5871.

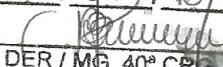
Desde já agradeço.

Atenciosamente,



---

Pedro Rodrigues Moreira  
Graduando em Eng. Civil

**RECEBEMOS**  
27 / 07 / 16  
  
DER / MG 40ª CRG

## ANEXO B OFÍCIO ENVIADO AO 5º PELOTÃO DE MEIO AMBIENTE E TRÂNSITO RODOVIÁRIO

### OFÍCIO DE SOLICITAÇÃO

Caratinga, 25 de outubro de 2016.

A/C do Exmo. Sr. 1º Ten Marcos Pereira Arthuzo.

Comandante do 5º Pelotão de Meio Ambiente e Trânsito Rodoviário de Caratinga

Assunto: Informações de acidentes ocorridas na MG 329.

Exmo. Sr. Comandante,

Solicito-vos Informações a cerca do Numero e tipo de acidentes ocorrido na MG 329 mais precisamente no km 10, curva popularmente conhecida como “curva do engenheiro. Adianto-vos que sou estudante de Engenharia Civil da Rede Doctum de Ensino e que tais informações serão usadas para subsidiar um estudo de caso que como objetivo realizar uma paralelo entre o numero de acidentes no trecho com o traçado da rodovia, adianto-vos ainda que o estudo será usado para dissertação de trabalho de conclusão de Curso. Segue email e telefone de contato em caso de necessidade: [pedro@eng-civildctm2.worland.com](mailto:pedro@eng-civildctm2.worland.com) ; Tel: (33) 98821-5871.

Desde já agradeço.

Atenciosamente.



Pedro Rodrigues Moreira  
Graduando em Eng. Civil

Recebi em  
25-10-2016  
p/ Cópia Duata  
nº 141706.2  


## ANEXO C DADOS DISPONIBILIZADO PELA POLICIA MILITAR RODOVIÁRIA

Lista de Acidentes

BO	Data	Hora	Tipo de Acidente	Rodovia	KM	Município
510596	9/3/2012	17:40	Colisão frontal	MG 329	10	Caratinga
510982	25/4/2012	21:30	Colisão lateral	MG 329	10	Caratinga
511987	21/8/2012	08:10	Tombamento	MG 329	10	Caratinga
512113	5/9/2012	10:55	Colisão traseira	MG 329	10	Caratinga
512323	26/9/2012	19:00	Capotamento	MG 329	10	Caratinga
512680	4/11/2012	23:45	Capotamento	MG 329	10	Caratinga
512799	18/11/2012	15:05	Colisão lateral	MG 329	10	Caratinga
512893	1/12/2012	21:40	Choque mecânico	MG 329	10	Caratinga
510367	1/2/2013	19:00	Choque mecânico	MG 329	10	Caratinga
510949	27/3/2013	20:00	Capotamento	MG 329	10	Caratinga
511260	26/4/2013	11:20	Tombamento	MG 329	10	Caratinga
512324	15/7/2013	08:40	Colisão lateral	MG 329	10	Caratinga
514116	9/11/2013	03:30	Choque mecânico	MG 329	10	Caratinga
514536	6/12/2013	20:30	Choque mecânico	MG 329	10	Caratinga
514867	29/12/2013	03:00	Capotamento	MG 329	10	Caratinga
515025	2/12/2014	14:20	Colisão lateral	MG 329	10	Caratinga
515168	13/12/2014	16:10	Choque mecânico	MG 329	10	Caratinga
510210	15/1/2015	16:30	Tombamento	MG 329	10	Caratinga
510480	2/2/2015	15:40	Capotamento	MG 329	10	Caratinga
511544	18/4/2015	12:15	Colisão lateral	MG 329	10	Caratinga
512294	4/6/2015	16:00	Tombamento	MG 329	10	Caratinga
512713	4/7/2015	08:25	Choque mecânico	MG 329	10	Caratinga
513895	16/9/2015	14:40	Capotamento	MG 329	10	Caratinga
514268	11/10/2015	11:30	Choque mecânico	MG 329	10	Caratinga
510256	18/1/2016	09:30	Colisão Traseira	MG 329	10	Caratinga
510569	8/2/2016	19:50	Colisão lateral	MG 329	10	Caratinga
510912	6/3/2016	05:10	Tombamento	MG 329	10	Caratinga