



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Graduação em Engenharia Civil

---

**Lucas Moreira Araújo**

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL: BR-356, TRECHO  
ENTRE OURO PRETO E MARIANA**

Ouro Preto

2018

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL: BR-356, TRECHO  
ENTRE OURO PRETO E MARIANA**

Lucas Moreira Araújo

Monografia de conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto defendida e aprovada em 29 de novembro de 2018 como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Transportes

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Me Marina Bedeschi Dutra Almeida - UFOP

Ouro Preto

2018

A659a      Araújo, Lucas Moreira.  
Avaliação do índice de segurança potencial: BR-356, trecho entre Ouro Preto e Mariana [manuscrito] / Lucas Moreira Araújo. - 2018.

xiii, 79f.: il.: color; graf.; tabs; mapas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. MSc<sup>a</sup>. Marina Bedeschi Dutra Almeida.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Índice Potencial de Segurança. 2. Avaliação da BR-356. 3. Transporte Rodoviário. 4. Inspeção Rodoviária. I. Almeida, Marina Bedeschi Dutra. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 624

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)

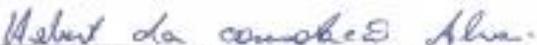
---

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL: BR 356, trecho  
entre Ouro Preto e Mariana**

Lucas Moreira Araújo

Monografia de conclusão de curso  
para obtenção do grau de  
Engenheiro Civil na Universidade  
Federal de Ouro Preto defendida e  
aprovada em 29 de novembro de  
2018 como parte dos requisitos para  
a obtenção do Grau de Engenheiro  
Civil. Banca examinadora:

  
Orientadora: Professora Me Marina Bedeschi Dutra Almeida - UFOP

  
Membro: Hebert da Consolação Alves - UFOP

  
Membro: Professora Me Marcella Santos da Silva - UFOP

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Marina, minha orientadora, pela paciência, estímulo à pesquisa e ensinamentos. Ao Márcio, pela disposição em ajudar com a coleta e análise dos dados de campo. A minha irmã, Laís, pelo auxílio com a coleta de dados em dias específicos e pelo incentivo. Aos meus pais, Vicente e Fátima, pelo apoio na medição da pista e por todo o carinho, dedicação e compreensão nesses últimos anos. A Maria Emília, pela paciência e companheirismo. Ao meu amigo Pedro, pela companhia no trajeto de bicicleta. A amiga Tacila, pela revisão da Língua Inglesa. A todos os colegas que se dispuseram a ajudar de alguma forma, em especial a Augusto, Gustavo, Hugo e Thiago.

## RESUMO

As rodovias representam mais de 60% do transporte de cargas e passageiros do país. No entanto, as estradas nacionais não têm acompanhado a demanda de infraestrutura para o deslocamento de pessoas e o escoamento da produção. Enquanto a frota de veículos aumenta consideravelmente, as rodovias tiveram pequenos avanços no quesito qualidade, o que têm comprometido a segurança dos usuários. O presente trabalho aborda a segurança dos usuários na rodovia BR-356, no trecho entre as cidades históricas de Ouro Preto e Mariana, considerando a importância de ambas como polos geradores de viagem pela presença de empresas mineradoras, presença do Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Ouro Preto e da Universidade Federal de Ouro Preto com *campus* nas duas cidades. A partir da aplicação do Índice de Segurança Potencial proposto por Nodari (2003), o trecho em questão foi percorrido diversas vezes e teve 34 características físicas avaliadas nos dois sentidos. Dessa forma, foi possível traçar um perfil de segurança potencial do trecho, considerando todos os 11 segmentos de 1 quilômetro cada e chegar ao resultado final, que reflete a segurança de forma quantitativa. Após o estudo, foram propostas medidas de baixo custo para alguns problemas específicos dos segmentos, principalmente os que se encontram nos perímetros urbanos. Obteve-se o valor do Índice de Segurança Potencial global do trecho igual a 5,55, indicando que o trecho apresenta risco considerável a segurança dos usuários, devido, principalmente, a combinação de constantes aclives e declives que resultam em um ganho de elevação de 440 metros, e curvas acentuadas que fazem parte do traçado da estrada para vencer a topografia acidentada da região, aliados a raríssimas oportunidades de ultrapassagem.

Palavras-chaves: Índice Potencial de Segurança; Avaliação da BR-356; Transporte Rodoviário; Inspeção Rodoviária.

## **ABSTRACT**

The highways represent more than 60% of the country's cargo and passenger transportation. However, the national roads have not accompanied the demand of infrastructure for the transportation of people and the flow of production. While the fleet of vehicles increases considerably, the roads advance little in quality, which has compromised the safety of the users. The present work is about the safety of users on the BR-356 highway, between the historical cities of Ouro Preto and Mariana, considering the importance of both as travel-generating poles by the presence of mining companies, the presence of the Federal Institute of Minas Gerais - Ouro Preto campus and the Federal University of Ouro Preto with a campus in both cities. Since the application of the Potential Safety Index proposed by Nodari (2003), the stretch in question was crossed several times and had 34 physical characteristics evaluated in both directions. In this way, it was possible to trace a potential safety profile of the stretch considering all its 11 segments of 1 kilometer and reach the result, which reflects the safety in a quantitative manner. Therefore, a proposition of low-cost measures for specific issues of the segments can be made, especially those that are in the urban perimeters. The value of the overall Potential Safety Index of the stretch was 5,55, indicating that the stretch poses a considerable risk to user safety. This happens due to the combination of slopes that result in an elevation gain of 440 meters, and sharp curves, parts of the road to overcome the rugged topography of the region and also provide very rare opportunities for overtaking.

Keywords: Potential Safety Index; Evaluation of BR-356; Road transport; Road Inspection.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sinalização recomendada para faixas de ultrapassagem.....	10
Figura 2: Trecho entre as cidades de Mariana e Ouro Preto analisado pelo ISP38	
Figura 3: Medição da pista.....	50
Figura 4: Esquema de determinação do ISP do trecho .....	51
Figura 5: Indicação das reformas mais recentes do trecho .....	61
Figura 6: Formação de espelhos d'água e efeito de spray, no segmento 8.....	62
Figura 7: Altimetria do trecho avaliado.....	63
Figura 8: ISP global dos segmentos .....	64
Figura 9: Estudantes transitando no segmento 1.....	65
Figura 10: Interseção entre a BR-356 e a rua Dona Yolanda Guimarães.....	67
Figura 11: Interseção entre a BR-356 e a Vila São Vicente.....	68
Figura 12: Interseção entre a BR-356 e o bairro Pocinho.....	69
Figura 13: Interseção da BR-356 com a rua Boa Esperança.....	70
Figura 14: Interseção da BR-356 com a entrada de um estabelecimento comercial .....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Velocidades diretrizes para novos traçados em função da classe de projeto e do relevo.....	7
Tabela 2: Distância mínima de visibilidade de acordo com a velocidade de aproximação.....	18
Tabela 3: Distância mínima de desaceleração e/ou manobra .....	18
Tabela 4: Relação de dimensões máximas dos veículos, de acordo com o DNIT .....	24
Tabela 5: Peso bruto máximo por tipo de eixo, sem considerar a tolerância .....	24
Tabela 6: Características avaliadas e suas macro categorias .....	39
Tabela 7: Determinação das notas de cada característica de acordo com as condições observadas.....	41
Tabela 8: Orientação para as notas das 21 primeiras características .....	41
Tabela 9: Verificação necessária para a avaliação das seguintes macro categorias: superfície, curva, interseção, sinalização horizontal e vertical e elementos longitudinais .....	43
Tabela 10: Verificações complementares para as características 22 a 34 .....	45
Tabela 11: Características do trecho que orientam a determinação das notas ..	47
Tabela 12: Adaptação do método de avaliação para condições do tráfego de ciclistas.....	50
Tabela 13: Características avaliadas e seus respectivos pesos dentro da sua macro categoria.....	52
Tabela 14: Indicação da cor do resultado do segmento de acordo com as condições observadas na via .....	55
Tabela 15: Medições das pistas e dos acostamentos, a partir da origem do percurso .....	56

Tabela 16: Anotações de animais na pista ao longo de 10 percursos no trecho avaliado.....	57
Tabela 17: Frequência de animais na pista em cada percurso.....	57
Tabela 18: Índice de Segurança Potencial parcial de cada segmento avaliado .	58
Tabela 19: Média de ISP parcial do trecho por macro categorias.....	60
Tabela 20: ISP global dos segmentos .....	64

## **LISTA DE SIGLAS**

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

ASR – Auditoria de Segurança Viária

ASRR – Análise de Segurança da Rede Rodoviária

ASV – Auditoria de Segurança Viária

BDA – Banco de Dados de Acidentes de Trânsito

BDB – Banco de Dados para Benchmarking

BDSV – Banco de Dados do Sistema Viário

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

GPS – Global Positioning System

HCM – Highway Capacity Manual

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

ISR – Inspeção de Segurança Rodoviária

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONSV – Observatório Nacional de Segurança Viária

PIB – Produto Interno Bruto

PNV – Plano Nacional de Viação

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIG SET – Sistema Integrado de Gestão em Segurança do Tráfego

TPR – Tempo de Percepção e Reação

ZAA – Zonas de Acumulação de Acidentes

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	1
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivo geral .....	3
1.1.2	Objetivos Específicos.....	3
2	Referencial teórico .....	4
2.1	Classificação das rodovias .....	4
2.2	Critérios de projeto de rodovias rurais .....	6
2.2.1	Continuidade da via .....	6
2.2.2	Velocidade de projeto .....	7
2.2.3	Alinhamento horizontal e vertical .....	7
2.2.4	Zonas de velocidade reduzida .....	8
2.2.5	Zonas de ultrapassagem.....	8
2.2.6	Faixas de ultrapassagem .....	9
2.2.7	Faixas de subida .....	10
2.2.8	Especificação para taludes .....	11
2.2.9	Postes de utilidade pública.....	11
2.2.10	Acessos a propriedades marginais .....	13
2.2.11	Interseções.....	13
2.2.12	Aquaplanagem .....	15
2.2.13	Pedestres e ciclistas .....	15
2.2.14	Animais na rodovia.....	16
2.2.15	Veículos lentos.....	16

2.3	Sinalização .....	17
2.3.1	Distância de visibilidade .....	17
2.4	Elementos gerais ao longo da via .....	18
2.5	Segurança viária .....	19
2.5.1	Características dos principais elementos das vias .....	21
2.5.2	Infraestrutura das vias .....	25
2.6	Métodos de avaliação de segurança em rodovias .....	28
3	Materiais e métodos .....	37
3.1	BR-356 .....	37
3.2	Divisão dos segmentos .....	38
3.3	Planilha de inspeção .....	39
3.4	Complemento da tabela de notas .....	44
3.5	Coleta de dados .....	48
3.6	Definição do índice de segurança .....	51
4	Resultados .....	55
4.1	Resultados de campo .....	56
4.2	ISP parcial .....	58
4.3	ISP global .....	63
4.4	ISP global do trecho: .....	65
4.5	Propostas de melhoria .....	66
5	Conclusão .....	72
	Referências .....	74

Apêndice A – AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE TODOS OS SEGMENTOS .....	79
---	----

# 1 INTRODUÇÃO

As rodovias no Brasil formam o principal sistema de transporte nacional, tanto de cargas quanto de passageiros. Segundo dados do Anuário do Transporte, 83.090.422 passageiros foram transportados, regularmente, pelas rodovias. Em 2017, haviam 111.743 empresas de transporte de carga regularmente inscritas, ou seja, uma empresa de transporte para cada 1860 pessoas (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT, 2016).

O grande volume de transporte de cargas e pessoas pelas rodovias, aliado à falta de planejamento, manutenção e sinalização das mesmas e somado a imprudência e ao excesso de velocidade, são um conjunto de fatores que contribuem para que o Brasil seja o terceiro país com maior índice de mortalidade no trânsito, em números absolutos, perdendo apenas para Índia e China, segundo o documento *Global Status Report on Road Safety* (OMS,2013). Ainda de acordo com a mesma publicação, o país registrou aproximadamente 47 mil mortes no trânsito, deixando 400 mil pessoas com algum tipo de sequela. Na tabela Custo dos Acidentes de Trânsito no Brasil, publicada pelo Observatório Nacional de Segurança Viária - ONSV (2017), o custo dos acidentes foi de 56 bilhões.

Segundo o ONSV (2018), os incidentes têm como principais causas três fatores: humano, veículo e via. O fator humano é responsável por 90% dos desastres e envolve desatenção, excesso de velocidade, uso do celular, ausência de dispositivos de segurança, consumo de álcool e dirigir cansado. Cerca de 5% dos acidentes estão relacionados ao fator veículo, com a falta de manutenção corretiva e preventiva agravando o problema. Outros 5% estão relacionados ao fator via, com problemas de sinalização, projetos mal feitos ou estradas mal conservadas.

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2015), os acidentes em 2014, em rodovias federais, deram um prejuízo para o Estado de 40 bilhões de reais. Segundo o coordenador da pesquisa, Carlos Henrique Carvalho, o custo cai sobre a Previdência Social, sobre a família e sobre o setor primário, com a redução da produtividade. Estes custos ainda estão relacionados com custos médicos

envolvidos no atendimento às vítimas, gastos com medicamentos, danos à propriedade pública e privada e danos psicológicos.

Para promover a segurança nas rodovias, algumas medidas são adotadas para reduzir o número de acidentes. Dentre as principais, pode-se citar o aperfeiçoamento da iluminação artificial das vias, serviços de capina e limpeza, projetos de drenagem, marcas salientes no pavimento que separam os fluxos, sinalização horizontal e vertical, balizadores em curvas, travessias seguras para pedestres, projeto de interseções, existência de acostamentos e de locais de pista dupla para facilitar a ultrapassagem (BRASIL, 1998).

Diversos índices de segurança têm sido empregados para a verificação da segurança de estradas no Brasil e no mundo. Tais índices visam o monitoramento das ações preventivas realizadas pelo setor público e privado a fim de diminuir o número de acidentes nas estradas. Diógenes (2004) afirma que os índices têm fundamental importância para avaliar de maneira genérica a segurança viária, mostrando falhas não identificadas por indicadores isolados e que os mesmos permitem a classificação e comparação de trechos isolados, de diferentes rodovias e regiões.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi escolhido o trecho da BR-356 entre Mariana e Ouro Preto, visando a necessidade da verificação da segurança para os usuários. Considerando que o trecho é intenso e diariamente utilizado, principalmente por estudantes e funcionários das instituições federais UFOP e IFMG, mas também por muitas pessoas que trabalham e ou estudam em uma cidade e moram na outra, constituindo um fluxo pendular diário intenso.

De acordo com Nogueira (2014), em 2013 a UFOP tinha, somente no *campus* Morro do Cruzeiro, 6957 alunos, 597 professores e 785 servidores técnico-administrativos efetivos, além de mais de 500 pessoas terceirizadas trabalhando na instituição. Ainda neste ano, 146 alunos declararam morar em distritos fora da sede, 954 moravam em outras cidades e 443 não tinham o endereço no sistema da UFOP. Dessa forma, percebe-se que 15,8% dos alunos não moravam na cidade sede, o que sugere um fluxo considerável de alunos na BR-356, principal rodovia de escoamento do fluxo de veículos de Ouro Preto. Considerando que em setembro de 2018, a UFOP quase dobrou o número de alunos em relação a 2013, isso sugere que o fluxo de

peças que utilizam a BR-356 para finalidades relacionadas à universidade provavelmente também aumentou de forma considerável (UFOP, 2018).

Levando em conta esses dados que sinalizam para um volume de tráfego considerável que passa diariamente pela BR-356 com destino à UFOP e a praticidade da aplicação do método, foi feito um estudo da segurança do trecho da rodovia usando o método do índice de segurança potencial (ISP) de segmentos rodoviários rurais pavimentados de pista simples, proposto por Nodari (2003).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Aplicar o Índice de Avaliação de Segurança Potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples, ao trecho da BR-356 situado entre os municípios de Ouro Preto e Mariana.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Definir o trecho da BR-356 a ser avaliado e inspecionar as seguintes macro categorias: superfície do pavimento, curvas, interseções, sinalização vertical e horizontal, elementos longitudinais, elementos da seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da via e elementos gerais;
- avaliar as características físicas do trecho;
- estimar a segurança potencial dos segmentos pertencentes ao trecho;
- estimar o Índice de Segurança Potencial do trecho;
- traçar o perfil de segurança do trecho analisado;
- propor melhorias de baixo custo para a segurança no trecho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Classificação das rodovias

De acordo com o manual de Terminologias Rodoviárias Usualmente Utilizadas (2007a), as rodovias são classificadas em:

Rodovias federais: são as que constam na Lei 5917/73 e suas alterações, estabelecidas pelo Plano Nacional de Viação - PNV.

- 1) A administração dessas rodovias é dividida em 4 classificações.
  - a) Administração Direta: seus programas de operação, manutenção, conservação, restauração e construção é de responsabilidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).
  - b) Rodovia Delegada: por meio de um convênio do DNIT com o município, Distrito Federal ou Estado, a responsabilidade por programas de operação, manutenção, conservação, restauração e construção é transferida.
  - c) Rodovia Concedida: é concedida por meio de transferência à iniciativa privada vencedora da licitação, por um prazo limitado. Cabe a ela garantir boas condições da estrada e proporcionar serviços adequados ao usuário. Ao final do contrato, a rodovia volta a ser de responsabilidade do poder concedente, devendo esta estar em perfeitas condições físicas e de operação.
  - d) Rodovia Delegada ao Município, Estado ou Distrito Federal para Concessão: rodovia delegada a determinado município, estado ou no Distrito Federal e que, depois de um convênio com o Ministério dos Transportes e de acordo com a Lei 9277/96, que autoriza a União a delegar aos municípios, estados da Federação e ao Distrito Federal a administração e exploração de rodovias e portos federais, é transferida à iniciativa privada para exploração por tempo determinado, tendo a empresa vencedora a obrigação de garantir boas condições de estrada e proporcionar serviços adequados aos usuários. Ao fim da concessão, a rodovia deve ser devolvida ao poder concedente, em perfeito estado de condição física e de operação.

**2)** O manual também define as rodovias de acordo com a jurisdição a qual ela está inserida, sejam elas:

a) rodovias sob jurisdição do ministério dos Transportes: são Rodovias Federais inseridas no PNV. São divididas em Rodovias na esfera de atuação da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), quando são concedidas diretamente pela União, ou Rodovias na esfera de atuação do DNIT, para Rodovias Federais com trechos sob regime de administração direta ou delegada ao DNIT aos estados, Distrito Federal ou municípios.

b) Rodovias sob jurisdição estadual: seus trechos estão sob regime de administração direta ou contratada, controladas pelos órgãos rodoviários estaduais, e que estão presentes no plano de viação de cada estado, e nelas estão inclusas as rodovias construídas pelos estados usando a diretriz de uma rodovia federal planejada.

**3)** O DNIT só considera como rodovias estaduais aquelas que estão no Sistema Estadual Rodoviário de cada unidade da Federação.

**4)** Rodovias sob jurisdição do município: rodovias controladas pelo regime de administração direta ou contratada, controladas pelas Prefeituras Municipais, incluindo aquelas construídas pelos municípios sobre a diretriz de uma Rodovia Federal Planejada.

**5)** Rodovia estadual ou municipal coincidente: são construídas pelos estados ou municípios sobre a Diretriz de uma Rodovia Federal Planejada.

As diretrizes das Rodovias Federais Planejadas muitas vezes coincidem com trechos de rodovias estaduais e municipais. Porém, o traçado final da Rodovia Federal somente será confirmado após estudos técnicos e econômicos. Dessa forma, os trechos coincidentes, apesar de listados como federais, não estão sob jurisdição federal, sendo na verdade rodovias coincidentes.

As rodovias são classificadas também de acordo com o local em que se situam, ou a função que desempenham (BRASIL, 2007a):

1) rodovia em área urbana: trechos de rodovias localizados dentro do perímetro das cidades ou municípios;

- 2) rodovia Rural: trechos de rodovias que conectam áreas urbana e industrial, pontos de geração e atração de tráfego e pontos significativos dos segmentos modais, fora das áreas urbanas, atravessando área rural;
- 3) rodovia Vicinal: estrada que tem a função de dar acesso às propriedades lindeiras ou ser caminho de povoados relativamente pequenos e próximos.

## **2.2 Critérios de projeto de rodovias rurais**

Segundo a CNT (2017), em 2016 o Brasil apresentava malha rodoviária com 212.866 km de rodovias pavimentadas, enquanto as rodovias não pavimentadas somavam 1.365.426 km.

As rodovias brasileiras apresentam índices de acidentes fatais de duas a três vezes maiores que rodovias urbanas. Isso se deve pela associação de projetos técnicos deficientes ou não atualizados para as condições atuais e excesso de velocidade por parte dos condutores (BRASIL, 2010).

De acordo com o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (2010), o sistema de rodovias rurais apresenta grandes desafios relacionados à segurança. O desenvolvimento ao redor e ao longo das rodovias aumentam o número de pontos de conflito, bem como o tráfego de ciclistas e pedestres e a existência de objetos fixos potencialmente perigosos às margens das rodovias, como postes e suportes de semáforos.

Alguns critérios devem ser seguidos em projetos de rodovias rurais, dentre eles destaca-se: a continuidade, a velocidade de projeto, o alinhamento horizontal e vertical, zonas de velocidade reduzida, zonas de ultrapassagem, faixas de ultrapassagem e faixas de subida (BRASIL, 2010).

### **2.2.1 Continuidade da via**

A continuidade em projetos rodoviários tem importância para que as decisões a serem tomadas estejam dentro das expectativas do condutor, garantindo ao máximo

a ausência de surpresas para o motorista. Dessa forma, deve-se evitar mudanças bruscas das condições das rodovias e, quando isso não é possível, alertar o condutor sobre as possíveis mudanças nas condições de operação e como ele deve proceder antes da mudança da situação (BRASIL, 2010).

### 2.2.2 Velocidade de projeto

O quesito velocidade de projeto é fundamental para a segurança das rodovias, atuando na fase inicial do planejamento. Para isso, o órgão apresenta diferentes valores de acordo com as classes de projeto, para rodovias que serão implantadas ou para melhoramento das já existentes (BRASIL, 2010).

Estes valores podem ser encontrados no Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999) e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Velocidades diretrizes para novos traçados em função da classe de projeto e do relevo

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

Fonte: Brasil, 1999

### 2.2.3 Alinhamento horizontal e vertical

De acordo com Nodari (2003), os trechos em curva podem apresentar até 4 vezes mais acidentes que os trechos em tangentes, considerando o mesmo volume do tráfego e o mesmo comprimento. A *Federal Highway Administration* (FHWA, 2014)

faz algumas recomendações para projetos de curvas horizontais em estradas rurais de duas faixas. Dentre elas, as principais para este trabalho são:

- adotar seções de rodovias com características consistentes;
- grandes ângulos centrais devem ser evitados;
- evitar raios mínimos permitidos para as diferentes velocidades;
- usar curvas de transição, principalmente para velocidades iguais ou maiores que 100 km/h;
- usar superelevação adequada;
- projetar áreas laterais para maior segurança, principalmente em curvas de raio pequeno;
- não admitir pontos potencialmente perigosos nas curvas ou próximos a elas;
- O pavimento deve ser adequado e o acostamento deve ter boas condições, principalmente em curvas de raio pequeno, de modo que aumente o atrito com os pneus.

#### **2.2.4 Zonas de velocidade reduzida**

As zonas de velocidade reduzida são segmentos da rodovia em que o desenvolvimento da área, seja por cidades ou grandes empreendimentos, faz com que exista maiores acessos à rodovia. Dessa forma, mais pontos de conflitos estão presentes na área, além de maior número de ciclistas e pedestres. Nestes trechos, a velocidade limite deve ser reduzida (BRASIL, 2010).

#### **2.2.5 Zonas de ultrapassagem**

De acordo com o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (2010), as zonas de ultrapassagem são zonas com pelo menos duas faixas de trânsito por sentido. São fundamentais em rodovias e devem ter informações necessárias quanto à provisão da distância de visibilidade para motoristas de carro de passeio, que desejem ultrapassar outros veículos, como especificado pelo Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999). Entretanto, é aconselhável evitar o

uso dessas zonas de ultrapassagem caso elas sejam muito curtas, quando comparadas a outros trechos próximos, em que se predominam zonas longas sem a dupla faixa. Isso é explicado pelo fato de tal mudança violar a expectativa do usuário.

Zonas curtas são necessárias em terrenos montanhosos para permitir a ultrapassagem de veículos pesados, onde não existem faixas de caminhões (BRASIL, 2010).

### **2.2.6 Faixas de ultrapassagem**

Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (2010), as faixas de ultrapassagem são faixas auxiliares de rodovias com duas faixas e dois sentidos, adicionadas em trechos da rodovia com o objetivo de oferecer zonas de ultrapassagem e permitir a passagem de veículos mais leves por veículos mais pesados. São usadas em terreno plano ou ondulado quando as condições de visibilidade ou grande volume de tráfego criam dificuldades para as ultrapassagens, considerando trechos de pelo menos 10 km.

Apresentam comprimento ótimo variando entre 0,8 e 3,2km. Não são recomendadas em trechos com interseções e acessos com volumes expressivos de veículos. A justificativa para seu uso é que elevados volumes de tráfego, principalmente com participação de veículos de carga, resulta em demoras e redução da segurança (BRASIL, 2010).

São baseadas na determinação de níveis de serviço de acordo com procedimentos do Highway Capacity Manual – HCM. A determinação de pelotões de tráfego pode ajudar na definição dos trechos que necessitam da faixa de ultrapassagem. Esses pelotões de tráfego são verificados de acordo com um conjunto de veículos que trafegam com intervalo de tempo entre eles, de até 5 segundos (HCM, 2010).

O Manual de Projeto e Práticas Operacionais Para Segurança nas Rodovias (2010) ressalta que, em alguns casos, a faixa auxiliar em uma longa tangente encoraja veículos lentos a aumentarem suas velocidades, causando uma diminuição das oportunidades de ultrapassagem por parte dos veículos mais rápidos.

A ultrapassagem de veículos que trafegam na outra direção das faixas de ultrapassagem pode ou não ser permitida, sendo esta decisão tomada pela análise da geometria e volume de tráfego local (BRASIL, 2010).

O Manual de Projeto e Práticas Operacionais Para Segurança nas Rodovias (2010), apresenta ainda uma sugestão de sinalização que deve ser usada na região da faixa de ultrapassagem, como mostrado pela Figura 1.

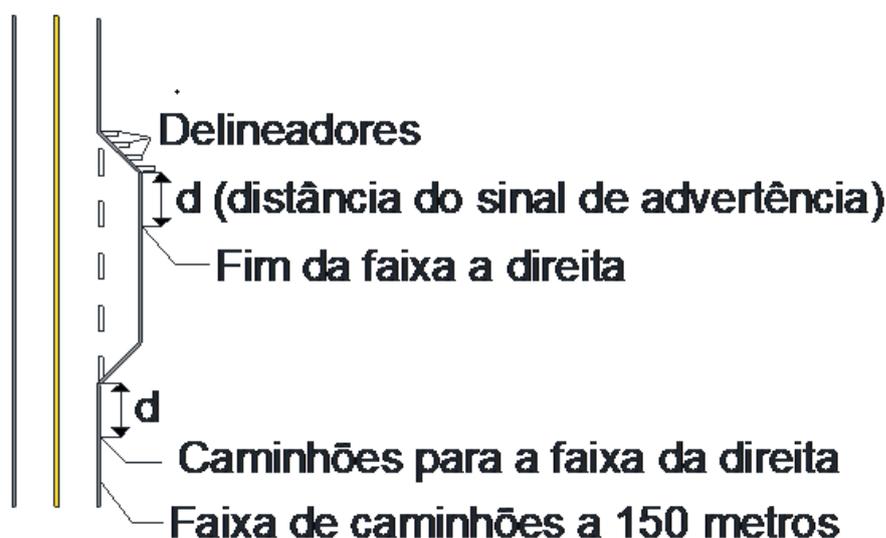


Figura 1: Sinalização recomendada para faixas de ultrapassagem

Fonte: Adaptada de Brasil, 2010.

### 2.2.7 Faixas de subida

As faixas de subida devem ser usadas quando o comprimento do greide faz com que veículos pesados reduzam sua velocidade em 15 km/h ou mais. Este critério é determinado pelo manual da *American Association of Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 2004), que tem como base o desempenho de um caminhão de relação massa/potência igual a 120 kg/kW.

As faixas de subida são construídas em rampas ascendentes de rodovias de duas faixas e acostamento pavimentado para bicicletas. A justificativa para isso está

no fato de os greides elevados provocarem desequilíbrio nos ciclistas. Assim, os acostamentos devem ter largura de 1,80 m a 2,40 m na subida, sempre que o greide tiver inclinação maior que 2% ou 30 m de comprimento (BRASIL, 2010).

### **2.2.8 Especificação para taludes**

Em relação às áreas marginais, o Manual de Projeto e práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (2010) salienta que os taludes nas laterais das vias devem ter inclinações mais suaves possíveis, estando de acordo com a velocidade diretriz, as curvas horizontal e vertical e o volume de tráfego.

Experiências mostram que quando um veículo desgovernado sai da rodovia para um talude lateral, o condutor consegue manter o controle do carro fora da pista se o talude tiver uma inclinação de até 1V:4H, sendo aconselhável, em trechos novos ou trechos na fase de restauração ou melhoramento, adotar a inclinação dos taludes igual a 1V:6H. todas estas considerações devem respeitar as limitações impostas pela faixa de domínio disponível, obras de arte existentes e recursos econômicos disponíveis (Brasil, 2010). De acordo com o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (2010) indica que a suavização dos taludes deve ser considerada nos casos:

- Junto à borda externa das curvas;
- Próximo às interseções, acessos e travessias;
- Próximo a bueiros, barreiras, pilares de viadutos terminais de entrada e de saída.

Na restauração com melhoramentos, em alguns casos não é viável suavizar todos os taludes que não estejam de acordo com os valores de inclinação recomendados. Entretanto, deve ser considerada a retirada de árvores de pequeno porte que possam provocar o tombamento de veículos e ferir ocupantes dos veículos (BRASIL, 2010).

### **2.2.9 Postes de utilidade pública**

De acordo com Nodari (2003), os postes desempenham importante função de iluminação e transmissão de energia, principalmente em interseções. Mas também

representam perigo para os condutores, visto que colisões envolvendo estes elementos estão entre os acidentes mais frequentes e graves.

Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (2010), pesquisas revelam que cerca de 50% dos acidentes acontecem dentro da faixa de 1,20m de rolamento.

Em rodovias rurais dos Estados Unidos, os postes estão em média a uma distância de 3,60m da pista de rolamento, enquanto postes que fizeram parte de acidentes estavam localizados a uma média de 2,60m da pista de rolamento. Além disso, a densidade de postes em locais onde ocorreram acidentes é de 35 postes/km, enquanto a densidade geral é de cerca de 14 postes/km (BRASIL, 2010). Dessa forma, é visível o aumento de acidentes em locais com maior número de postes, principalmente estando mais próximos das pistas.

O maior número de colisões com postes acontece do lado externo de curvas horizontais, em uma faixa de 15 m das interseções, em rodovias sem acostamentos. Por isso, o Manual de Projeto e práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias (2010) faz algumas recomendações para o posicionamento dos mesmos dentro da faixa de rodovia:

- os postes devem ser instalados fora das áreas marginais de segurança;
- os postes devem ser colocados preferencialmente na borda da faixa de domínio;
- quando não existe zona marginal de segurança, os postes devem ser colocados a pelo menos 3 m da pista de rolamento;
- é desejável que os postes sejam instalados em apenas um lado da rodovia;
- não é aconselhável colocar postes em valas de drenagem, do lado externo de curvas horizontais e nas esquinas de interseções;
- devem ser considerados postes quebráveis, sempre que possível, pois impedem a parada súbita dos veículos e reduzem a gravidade dos acidentes.

### **2.2.10 Acessos a propriedades marginais**

Segundo o Manual de Projeto e Práticas Operacionais Para Segurança nas Rodovias (2010), o controle de acessos é definido como a regulamentação das entradas e saídas das propriedades marginais pelas rodovias. Este controle melhora as condições do fluxo de veículos pelo fato de reduzir a interferência do tráfego das vias secundárias no tráfego das rodovias. Sua regulamentação deve considerar os tipos de propriedades atendidas, sua finalidade no presente e no futuro, o espaçamento e a localização destas propriedades, os tipos e volumes de tráfego e as características geométricas da rodovia.

O Manual de Projeto e Práticas Operacionais Para Segurança nas Rodovias (2010) ainda ressalta que os projetos de acessos aos lotes lindeiros devem estar de acordo com os órgãos responsáveis, mas apresenta algumas recomendações:

- devem estar localizados de forma que tenham distância de visibilidade suficiente ao longo da via;
- preferencialmente não devem estar localizados em curvas horizontais de pequeno raio ou próxima ao topo de uma curva vertical;
- sua interceptação com a rodovia deve ser por meio de ângulos retos, de preferência, ou quando forem permitidas apenas entradas para a pista à direita, a interseção pode ter um ângulo mínimo de 45°;
- seus greides devem apresentar drenagem adequada;
- os taludes laterais devem ser projetados para veículos que saiam inadvertidamente da rodovia;
- Seu dimensionamento deve ter como base a demanda de veículos previstos.

### **2.2.11 Interseções**

O Manual de Projeto de Interseções (2005), define interseção como a região onde duas ou mais vias se encontram, devendo ser disposta de forma a facilitar o fluxo de veículos que passam por ela, promovendo segurança e o nível de serviço das pistas que se cruzam. Ordenam diversos movimentos de tráfego e podem ser no

mesmo nível ou em nível diferente, quando o cruzamento em desnível não possui ramos de conexão.

#### 2.2.11.1 Distância de visibilidade:

Conforme o Manual de Projeto de Interseções (2005), a distância de visibilidade de parada é definida como “extensão da via à frente que o motorista deve poder enxergar para que, após ver um obstáculo que o obrigue à parada, possa imobilizar o veículo sem atingi-lo”.

Em interseções sem controle semaforico, as distâncias de visibilidade devem permitir que o condutor de cada aproximação tenha visão suficiente dos veículos provenientes das outras aproximações (BRASIL, 2005).

Dessa forma, de acordo com o Manual de Projeto de Interseções (2005), obstáculos que possam restringir a visibilidade devem ser removidos, tais como arbustos, capim alto e árvores. Para que isso aconteça, o trecho próximo à interseção deve passar por inspeções periódicas.

A sinalização deve ser usada de modo que não crie obstáculos à visão dos motoristas que se aproximam das interseções, tanto das vias principais quanto das vias secundárias. Os taludes também devem ser observados, de modo que estes não interrompam a linha de visão dos motoristas (BRASIL, 2005).

#### 2.2.11.2 Iluminação:

O Manual de Projeto de Interseções (2005), cita que o aumento da iluminação em cruzamentos melhora a atenção dos motoristas que atravessam uma interseção. Ainda segundo o manual, a habilidade por parte do motorista de distinguir os detalhes mais delicados de um objeto estático cresce até o valor de 32,29 candelas por metro quadrado, com o tempo requerido de 0,5 a 1 segundo. A mesma habilidade do motorista para objetos em movimento depende da sua acuidade visual dinâmica. A maioria das pessoas tem visão com máxima clareza dentro de um ângulo cônico de 3 a 5° e com um pouco menos de clareza até 10 ou 12°. Fora deste ângulo, a visão perde a nitidez.

O Manual de Projeto e práticas Operacionais Para Segurança nas Rodovias (2010) afirma que a iluminação em interseções é uma forma de reduzir acidentes em

rodovias rurais. Caso o índice de acidentes noturnos em uma interseção for maior que o triplo de acidentes na mesma interseção durante o dia, os benefícios econômicos justificam sua iluminação.

### **2.2.12 Aquaplanagem**

A aquaplanagem é a falta de atrito entre superfície e pneus, causada por ausência de uma textura na superfície, drenagem deficiente, seção transversal inadequada ou superfície inadequada dos pneus. A formação desta película de água tem poucos efeitos quando o veículo está em baixas velocidades. Porém, com o aumento da velocidade, a película de água diminui a interação entre os pneus e o pavimento, reduzindo o atrito e aumentando as possibilidades de aquaplanagem (BRASIL, 2010).

### **2.2.13 Pedestres e ciclistas**

A presença de pedestres e ciclistas é cada vez mais presente em rodovias rurais. Este fato deve ser previsto de modo que garanta a segurança de ambos, seja por acostamentos largos ou ciclovias paralelas à estrada. Para isso, em rodovias rurais, os trechos próximos a áreas urbanas devem ter o tráfego de pedestres próximo as faixas de domínio, em passeios laterais (BRASIL, 2010).

Assim, a pintura que delimita as faixas de tráfego de ciclistas deve ter manutenção periódica, visando principalmente a segurança noturna. As ciclofaixas que não estiverem separadas fisicamente das pistas, devem estar entre o acostamento e a pista adjacente, com pelo menos 1,20 m de largura. Onde a velocidade permitida dos veículos for acima de 80 km/h, as faixas destinadas aos ciclistas devem ter pelo menos 1,50 m e com o sentido igual ao dos veículos da faixa adjacente. Todas elas devem apresentar sinais específicos para bicicletas, de modo que os motoristas não se confundam com a sinalização colocada para os ciclistas. Nos casos em que as ciclovias apresentam os dois sentidos, estas devem ser

separadas fisicamente da pista da rodovia por meio de um canteiro central separador, uma faixa de terreno ou um sistema de barreiras (BRASIL, 2010).

#### **2.2.14 Animais na rodovia**

A presença de animais na rodovia representa um grande perigo de acidentes, principalmente quando envolvem animais de grande porte como veados, bois, cavalos e tamanduás. O choque com estes animais pode causar danos aos usuários e animais (FREITAS, 2014).

Segundo o Manual de Projeto e práticas Operacionais Para Segurança nas Rodovias (2010), além de perdas financeiras, o choque de veículos com animais também coloca em perigo as reservas de vida selvagem. Muitos destes animais têm hábitos noturnos, ou fazem migrações, o que agrava o problema.

Por isso, a travessia de animais deve ser identificada e incluída num programa de segurança a partir da informação de registros de acidentes para estabelecer áreas de conflito. Placas de sinalização devem ser colocadas para advertirem o motorista da presença de animais silvestres (BRASIL, 2010).

Outras medidas ainda podem ser tomadas, como o aumento da distância de visibilidade, o alargamento de zonas de visão livre e a construção de estruturas especiais em locais de cruzamentos de animais (BRASIL, 2010).

#### **2.2.15 Veículos lentos**

A partir de um estudo contido no Manual de Projeto e práticas Operacionais Para Segurança nas Rodovias (2010), cujo tema era avisar os motoristas dos veículos mais leves da presença de veículos lentos à frente, principalmente caminhões pesados em trechos com o greide elevado, levou às seguintes conclusões:

- sinais de advertência dotados ou não de flashes luminosos não diminuem o risco de acidentes em situações perigosas. Apesar de reduzirem a velocidade de

veículos leves em sua proximidade, este efeito tem curta duração. Os motoristas retornam à velocidade anterior logo após ultrapassar o veículo lento.

- os flashes em caminhões reduzem as chances de batida tanto durante o dia quanto durante a noite, quando são ultrapassados por veículos mais leves.

## **2.3 Sinalização**

De acordo com o Manual de Instruções para Sinalização Rodoviária (2013), as sinalizações são divididas em:

- Sinalização vertical: são placas, painéis e marcos quilométricos. Têm a função de orientar o trânsito por meio da comunicação visual entre usuários e placas e painéis posicionados nas laterais das vias ou sobre as faixas de trânsito. Podem ser de advertência quando informam sobre mudanças das condições das vias, riscos, passagem de pedestres, presença de escolas ou travessias urbanas. De informação quando tratam de limitações, obrigações, proibições ou restrições. Ainda podem educar ou indicar direções serviços e pontos de interesse e distâncias.

- Sinalização horizontal: são pinturas no pavimento, englobando as linhas, setas e dizeres. Tem a função de tornar a operação da via mais segura por meio da regulamentação, advertência ou indicação.

### **2.3.1 Distância de visibilidade**

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (2007b), a distância de visibilidade da sinalização é calculada de acordo com a velocidade de aproximação do veículo na via, levando em conta um tempo de reação do usuário de 2,5 segundos. Deve-se incluir nessa distância o trecho antecedente à placa em que o condutor não tem contato visual com a mesma, considerando um ângulo limite de 10° entre a trajetória do veículo e a placa. Dessa forma, a Tabela 2 relaciona a distância mínima de visibilidade com a velocidade de aproximação do veículo.

Tabela 2: Distância mínima de visibilidade de acordo com a velocidade de aproximação

Velocidade de aproximação (Km/h)	Distância mínima de visibilidade (m)
40	60
50	70
60	80
70	85
80	95
90	105
100	115
110	125
120	135

Fonte: Brasil (2007b).

Ainda de acordo com o Manual Brasileiro de Sinalização (2007b), a distância entre a placa e a situação indicada por ela deve permitir a desaceleração e/ou manobra ou, se necessário, a parada. Tal distância depende da velocidade de aproximação do veículo e também da manobra necessária indicada pela sinalização. A Tabela 3 mostra padrões de distância de desaceleração e/ou manobra entre a placa e a situação advertida, de acordo com o tipo de via.

Tabela 3: Distância mínima de desaceleração e/ou manobra

Tipo de vias	Velocidade - V (km/h)	Distância mínima de desaceleração e/ou manobra (m)
Urbanas	$V < 60$	50
	$60 \leq V < 80$	100
	$V \geq 80$	150
Rurais	$V < 60$	100
	$60 \leq V \leq 80$	150
Rurais	$V > 80$	200

Fonte: Brasil (2007b).

## 2.4 Elementos gerais ao longo da via

De acordo com Guerra e Braga (1994, apud Nodari, 2003), placas comerciais e *outdoors* ou painéis luminosos estão presentes nas rodovias brasileiras,

principalmente nas que apresentam fluxo mais expressivo. O uso destes elementos pode estar relacionado com acidentes, embora este fato seja de difícil comprovação. Apesar disso, sabe-se que a realização de tarefas secundárias provoca uma diminuição na atenção ao dirigir, indicando uma possível relação entre o excesso de placas e outdoors de divulgação e acidentes nas vias.

Observando estas afirmações, o código de trânsito brasileiro prevê, em seu artigo 81:

Nas vias públicas e nos imóveis é proibido colocar luzes, publicidade, inscrições, vegetação e mobiliário que possam gerar confusão, interferir na visibilidade da sinalização e comprometer a segurança do trânsito. (BRASIL, 2013, p.42).

## 2.5 Segurança viária

A segurança viária está relacionada com a prevenção de acidentes. Segundo Mantovani (2004), acidentes de trânsito podem ser classificados em:

- a) colisão: acontece entre dois veículos em movimento e pode ser frontal, lateral, traseira e transversal;
- b) choque: acidente do veículo em movimento com qualquer objeto fixo na via;
- c) atropelamento: tipo de acidente que relaciona veículos em movimento com animais ou pedestres;
- d) tombamento: veículo tombado em uma de suas laterais;
- e) capotamento: o veículo gira em um ou mais de seus eixos e o teto entra em contato com o chão;
- f) engavetamento: acidente que envolve três ou mais veículos que normalmente trafegam no mesmo sentido
- g) derrapagem: o veículo envolvido perde a capacidade de atrito de seus pneus com a via, levando a outros tipos de acidentes citados.

A segurança viária é uma das questões atuais em pauta da Organização das Nações Unidas (ONU). De acordo com dados do *Global Plan for the Decade of Action*

*for Road Safety 2011-2020* (ONU, 2010), quase 1,3 milhão de pessoas morrem por ano vítimas do trânsito e outras cerca de 20 a 50 milhões de pessoas ficam com sequelas por causa de acidentes envolvendo veículos em todo o mundo. Cerca de 1 a 3% de todo o Produto Interno Bruto (PIB) dos países do mundo são gastos com consequências de acidentes de trânsito.

Visando isto, a ONU lançou em maio de 2011 a Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020, na qual os governos se comprometeram a promover ações para reduzir acidentes de trânsito. Este plano é dividido em cinco pontos fundamentais:

1) gestão da segurança rodoviária: tem a função de implementar ou aderir instrumentos regionais de controle de segurança viária.

2) estradas mais seguras e mobilidade: seu objetivo é elevar a segurança e a qualidade de segurança das redes rodoviárias.

3) melhoria da qualidade dos veículos: a ideia é incentivar a implantação universal de tecnologias avançadas de segurança de veículos.

4) conscientização dos usuários das estradas: tem o intuito de desenvolver programas abrangentes para melhorar o comportamento do usuário na estrada, aumentando o rigor das normas de trânsito e melhorando a educação quanto ao uso de equipamentos de segurança e fatores de risco, como trafegar em alta velocidade e dirigir após consumir bebida alcoólica.

5) melhorar o tempo de resposta dos salvamentos: consiste em diminuir o tempo de resposta a emergências após acidente, melhorando a capacidade de setores da saúde com o desenvolvimento hospitalar, boas práticas médicas, assistência social e seguros dos usuários.

Dessa forma, é importante ressaltar alguns pontos que são causas de acidentes, apresentando soluções que estão sendo tomadas para reduzi-los.

## **2.5.1 Características dos principais elementos das vias**

### 2.5.1.1 Condutores:

Algumas medidas são adotadas no Brasil para promover a segurança em rodovias. Pode-se citar campanhas educativas definidas pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2018) visando a importância de o condutor não fazer uso do celular ao volante, não consumir bebida alcoólica antes de dirigir, sempre usar capacete ao trafegar de moto e usar cinto de segurança em automóveis, respeitar veículos menores, pedestres e ciclistas, realizar sempre revisões, manutenções periódicas nos veículos e manter a documentação regular.

Segundo o Manual de Projeto de Interseções (2005), pessoas diferentes reagem de maneira diferente a estímulos, principalmente em condições como fadiga, hora do dia e antes ou depois do consumo de álcool. Indivíduos diferentes também apresentam características e habilidades diferentes, como a habilidade para ver, ouvir avaliar e reagir a situações distintas. Nos projetos de rodovias é comum adotar critérios que atendam a cerca de 90% das pessoas. Dessa forma, quando as vias são dimensionadas visando a segurança dos usuários, o Manual de Projeto de Interseções apresenta algumas características dos condutores que devem ser levadas em consideração:

a) acuidade visual: capacidade de diferenciar detalhes de um objeto. É dividida em estática e dinâmica, sendo a primeira dependente da quantidade de iluminação que incide sobre o objeto observado. Deve ser considerada no caso de implantação de dispositivos de sinalização;

b) visão de cor: não tem grande importância para a direção, mas vale ressaltar que as combinações de cores amarelo mais preto e branco mais preto são as que mais chamam a atenção do olho humano;

c) visão de profundidade: capacidade de uma pessoa avaliar a distância e a velocidade de um objeto. Deve ser considerada na sinalização que contenha formas e cores padronizadas instalada para manobras de ultrapassagem em rodovias de uma pista e dois sentidos de tráfego. Este critério é justificado pelo fato de que o olho humano não tem boa percepção para velocidades, aceleração e distância;

d) ofuscamento: causado pelo excesso de luz no campo de vista do condutor, reduzindo sua capacidade de visão e causando desconforto. Pessoas de mais de 40 anos sofrem mais com o ofuscamento, visto que sua visão demora mais para acomodar. Este problema pode ser reduzido com a iluminação da via menos intensa e mais afastada da pista de rolamento. No caso de ofuscamento causado por veículos na direção contrária, pode-se aumentar a educação dos motoristas e maior fiscalização;

e) visão periférica: é a capacidade de enxergar objetos fora do foco da visão do indivíduo. Neste ponto da visão, detalhes e cor dos objetos passam despercebidos. O campo de visão é inversamente proporcional à velocidade do observador e também é afetado pela idade, tendo redução considerável a partir de 60 anos;

f) audição: deve ser levada em conta apenas em sinalizações de advertência para o motorista, como buzinas, sirenes de ambulância e de corpo de bombeiros;

g) percepção e reação: forma como um indivíduo reage após receber estímulos. Desse processo, fazem parte a percepção, a identificação, a decisão e a reação. O tempo de percepção e reação (TPR) varia de acordo com a pessoa, estímulo recebido e condições da rodovia. O TPR recomendado é de 2,5 s, o qual atende quase todos os motoristas em condições adversas.

#### 2.5.1.2 Pedestres:

Segundo Jorge e Koizumi (2008), no Brasil, os pedestres representam 35% da taxa de internação causadas por lesões decorrentes de acidentes de trânsito, totalizando 22,5 pedestres a cada 100.000 habitantes. Isso justifica a importância de um melhor entendimento e precauções a serem tomadas para evitar acidentes com transeuntes, que também estão presentes nas rodovias rurais.

De acordo com o Manual de Projeto de Interseções (2005), os pedestres devem ser elemento de preocupação dos engenheiros e técnicos de tráfego, pois representam a parte mais frágil do trânsito. Apresentam deslocamentos com irregularidades de trajeto causado pela mudança repentina de velocidade e direção.

Optam por travessias em nível, evitando usar passarelas e passagens subterrâneas. Isso acontece porque pedestres preferem caminhar em seu trajeto natural e passagens subterrâneas e passarelas aumentam o percurso do indivíduo, fazendo com que ele gaste mais energia e tempo. O manual ainda apresenta algumas características dos pedestres que são relevantes:

- pedestres são mais imprevisíveis e obedecem menos às leis de trânsito do que os motoristas;

- pedestres preferem passar pela menor distância entre dois pontos e, muitas vezes, esse trajeto não passa pelas travessias projetadas;

- pedestres resistem ao uso de passagens subterrâneas e passarelas.

O Manual de Projeto de Interseções (2005) ainda ressalta que em rodovias rurais, em que não existe controle semaforico, os pedestres atravessam as pistas de rolamentos entre os intervalos das passagens dos veículos. Quando o volume de automóveis é muito alto, pode-se adotar ilhas que servirão de pontos intermediários de segurança para o pedestre entre as faixas de automóveis, diminuindo assim a distância para atravessar.

#### 2.5.1.3 Veículos

O projeto de uma rodovia tem como base as características físicas e operacionais dos veículos. De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais (1999), as características físicas e a proporção de veículos determinam vários aspectos do projeto geométrico da pista. Algumas características dos veículos têm substancial importância na determinação do projeto da via:

- a influência da largura do veículo na largura da pista de rolamento;

- influência da distância entre eixos do veículo na superlargura, largura de pista e raios mínimos internos das curvas;

- influência do comprimento do veículo na largura dos canteiros, extensão das faixas de espera, capacidade da rodovia e tamanho dos estacionamentos;

- relação do peso bruto/potência com a rampa máxima admissível, com a necessidade de terceira faixa em subidas e na equivalência de carros de passeio;

- a altura do veículo relaciona-se ao gabarito vertical sob viadutos, túneis, semáforos e sinalizações verticais;

- a influência do peso bruto do veículo no dimensionamento do pavimento e na distribuição de defensas e separadores rígidos.

Algumas características dos veículos relacionadas à dimensões e peso por eixo encontram-se na Tabela 4 e na Tabela 5.

Tabela 4: Relação de dimensões máximas dos veículos, de acordo com o DNIT

Dimensões máximas	
Largura	2,60m
Altura (com carga)	4,40m
Comprimento	
Veículos simples	14,00m
Veículos articulados	18,15m
Veículos com reboque	19,80m

Fonte: Adaptado do CONTRAN (1998)

Tabela 5: Peso bruto máximo por tipo de eixo, sem considerar a tolerância

Peso bruto máximo	
Total por unidade ou combinações de veículos	45t
Por eixo isolado:	6t
Por eixo isolado com rodagem dupla:	10t
Por eixo duplo com rodagem simples:	12t
Por eixo duplo com rodagem dupla, suspensão em tandem:	17t
Por eixo duplo com rodagem dupla, suspensão não em tandem:	15t
Por eixo duplo com rodagem simples + dupla e entre eixos de 1,20m:	9t
Por eixo duplo com rodagem simples + dupla e entre eixos entre 1,20 e 1,40m:	13,5t
Por eixo duplo com rodagem extralarga:	17t
Por eixo triplo com rodagem dupla:	25,5t
Por eixo triplo com rodagem extralarga:	25,5t

Fonte: Adaptado do CONTRAN (1998)

O Manual de Projetos Geométricos de Rodovias Rurais (1999) ainda ressalta que a posição ocupada pelo motorista dentro do veículo é de grande importância, visto que essa característica é fundamental para determinar a distância de visibilidade de acordo com a altura da visão do motorista em relação à pista. Outro fator considerado

importante pelo manual é o raio mínimo de giro, que sofre influência da largura, distância entre eixos e comprimento do veículo. É definido pelo percurso da roda dianteira externa à curva, quando o veículo vira ao máximo sua direção a uma velocidade não menor que 15 km/h.

## **2.5.2 Infraestrutura das vias**

Ferreira (2010) destacou algumas ações de verificação da segurança de vias que têm se desenvolvido nos últimos anos. Entre elas estão a Auditoria de Segurança Rodoviária (ASR) ou Índice de Segurança Viária (ASV), o tratamento de Zonas de Acumulação de Acidentes (ZAA), a Inspeção de Segurança Rodoviária (ISR) e a Análise de Segurança da Rede Rodoviária (ASRR). Para aplicar algumas dessas ações, é importante uma base de dados de acidentes atualizada e confiável. O registro deve ser uniforme e descrever completamente o acidente, podendo ser feito por tecnologias tais como GPS e Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

### **2.5.2.1 Auditoria de Segurança Viária**

A Auditoria de Segurança Viária (ASV) é definida como sendo uma análise de vias, projetos de circulação ou de qualquer outro empreendimento relacionado ao transporte viário. Nela, um examinador qualificado e sem relação com a equipe responsável avalia o projeto de uma via com relação à sua segurança. Dessa forma, a avaliação dada pelo examinador serve de referência para mudanças no projeto (NODARI, 2003).

As ASV têm o objetivo de identificar a falta de segurança para os usuários da via e levar em consideração medidas fundamentais para reduzir ou eliminar os problemas decorrentes da insegurança. Deve observar todos os usuários da via, incluindo motoristas de automóveis, ciclistas, pedestres, motociclistas e motoristas de transporte público, além de avaliar as características físicas e operacionais da via e do ambiente (ASSUNÇÃO, 2015).

Por serem ações tomadas principalmente na fase de projeto, as ASV são consideradas ações pró ativas, já que seus estágios buscam detectar e solucionar questões de segurança antes que aconteçam acidentes (NODARI, 2003).

De acordo com Hildebrand e Wilson (1999, apud Assunção, 2015), existem 5 fases de aplicação das ASV:

1) durante o estudo de viabilidade: avalia a segurança potencial do projeto conceitual, a partir de sua rota, os padrões de projeto da estrada e seu escopo. Os responsáveis pela auditoria devem analisar como a implantação da via afetará a continuidade da rodovia adjacente e devem avaliar a necessidade de segurança de cada usuário. A auditoria nessa fase do projeto tem grande importância para mudanças na segurança, visto que são bem mais vantajosas economicamente quando comparadas às mudanças em outras fases do projeto;

2) projeto básico: a segurança avaliada nessa etapa está relacionada com o layout da interseção, alinhamento horizontal e vertical, distâncias de visibilidade e seção transversal. Vale ressaltar que a ASV deve estar concluída antes do término das ações de desapropriação da área, evitando assim complicações futuras caso haja necessidade de mudanças significativas no alinhamento;

3) projeto executivo: cabe a ASV verificar detalhes de projeto, como os projetos de geometria, iluminação, sinalização, autorização de execução e paisagismo;

4) pré-abertura ao tráfego: visa identificar riscos não detectados nas fases anteriores. A equipe da ASV deve inspecionar o local antes da abertura para usuários, a fim de garantir que a segurança da rodovia atenda a todos os usuários. É importante que haja inspeção diurna e noturna, principalmente para verificar a sinalização;

5) rodovia em operação: Nessa fase, a ASV tem o objetivo de verificar o comportamento da rodovia em operação e identificar possíveis deficiências entre as fases de implantação da rodovia e projeto. Apesar de mudanças nessa etapa apresentarem custo elevado, ainda pode ser viável quando se compara com os custos gerados por acidentes.

As ASV têm aplicação difundida principalmente nos países desenvolvidos, como Nova Zelândia, Canadá, Austrália, Inglaterra e Estados Unidos. Nos países em desenvolvimento, as ASV são usadas apenas em grandes projetos. No Brasil, as auditorias ainda não acontecem de forma metódica por fatores como a falta de cultura de segurança no trânsito, dificuldade de se encontrar profissionais capacitados para o trabalho, restrições de liberação de recursos e recusa por parte dos projetistas de que seu projeto seja revisado (FERRAZ et al., 2012).

#### 2.5.2.2 Tratamento de Zonas de Acumulação de Acidentes

A Zona de Acumulação de Acidentes é uma área que, por conta de suas características, apresenta maior número de acidentes quando comparada a áreas próximas a ela. Para o reconhecimento dessas zonas, é necessário definir a unidade geográfica padrão da rodovia, o intervalo de tempo para contagem das ocorrências, o limite crítico que fará com que uma zona se torne ou não de acumulação e a estimativa da frequência de acidentes no dia a dia do uso da rodovia (CARDOSO E GOMES, 2005, apud FERREIRA, 2010).

Ferreira (2010) ainda ressalta que, apesar da zona de acumulação de acidentes ter como objetivo a redução dos mesmos, a prevenção é mais aconselhável. Por isso, é melhor optar por medidas que não dependem da ocorrência de acidentes para serem aplicadas.

#### 2.5.2.3 Inspeção de Segurança Rodoviária

A Inspeção de Segurança Rodoviária (ISR) tem o objetivo de encontrar deficiências na infraestrutura que afetarão a segurança da rodovia. É executada por engenheiros capacitados que examinam a pista com o objetivo de detectar características que irão favorecer a ocorrência de acidentes. Pode ser aplicada independentemente do número de acidentes na região e define medidas de prevenção. É usada em países como Áustria, Itália, Portugal e Grécia (FERREIRA, 2010).

#### 2.5.2.4 Análise da Segurança da Rede Rodoviária

A Análise de Segurança da Rede Rodoviária é realizada pelas entidades de administração das rodovias. Consiste em relacionar o custo da intervenção de trechos com o custo de possíveis acidentes nele. Dessa forma, estabelece-se uma relação de custo x benefício e é possível colocar os trechos em uma lista de hierarquia para avaliar qual deverá receber atenção para melhorias no quesito segurança, de acordo com o critério econômico. É usada em alguns países da Europa (FERREIRA, 2010).

#### 2.5.2.5 Sistema de Gerenciamento de Pavimentos

De acordo com o Manual de Gerência de Pavimentos (2011), o sistema de gerenciamento do DNIT ressalta algumas normas de procedimentos principais:

- DNIT 006/2003-PRO: avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – procedimento;
- DNIT 007/2003-PRO: levantamento para avaliação da condição de superfície de sub trecho homogêneo de rodovias de pavimentos flexíveis e semirrígidos para gerência de pavimentos e estudos e projetos – procedimento;
- DNIT 008/2003-PRO: levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento;
- DNIT 009/2003-PRO: trata-se da avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – procedimento.

Todos estes métodos fazem parte de um conjunto de procedimentos que avalia o pavimento de forma funcional, de modo a se evitar que as condições de rolamento da pista resultem em acidentes nas rodovias.

## 2.6 Métodos de avaliação de segurança em rodovias

De acordo com Nodari (2003), os métodos de avaliação da segurança viária geralmente são baseados em estatísticas da ocorrência de acidentes. Entretanto, os métodos estatísticos não são suficientes para caracterizar a segurança de rodovias. Essa afirmação pode ser explicada pelo fato de acidentes rodoviários acontecerem de forma aleatória, ou seja, oscilações no número de acidentes podem não estar

relacionados a alterações na segurança do trecho em questão. Como o simples ato de contar acidentes não indica suas causas, esta atitude pouco contribui para a correção dos problemas causadores.

De acordo com o documento elaborado pelo *European Transport Safety Council* – ETSC (2001), os indicadores de segurança de rodovias mais usados têm como base o comportamento do usuário da rodovia. Esses indicadores são, por exemplo, o percentual do uso do cinto, o consumo de álcool e a velocidade praticada na via.

Entretanto, Nodari (2003) afirma que as características da via também podem influenciar a ocorrência de acidentes a partir do momento que interferem no comportamento do usuário da rodovia. Por isso é importante a consideração de questões relacionadas à engenharia na avaliação da segurança.

Segundo García (2008), a avaliação da geometria da via tem como objetivo conferir se as características geométricas estão dispostas de forma equilibrada e harmônica. A grande maioria dos métodos de análise geométrica também visam elaborar modelos para prever o comportamento do condutor diante das diferentes condições geométricas da via. Estes modelos determinam as velocidades empregadas e comparam com a velocidade de projeto. Dessa forma, classificam os segmentos viários de acordo com sua consistência geométrica.

De acordo com Garcia (2008), alguns métodos de estimativa de segurança são usados para verificar e promover a segurança a ser oferecida aos usuários. A seguir serão apresentados alguns destes métodos propostos por pesquisadores.

#### 2.6.1.1 Lista de verificação para revisão de segurança viária de rodovias

Schopf (2006) propôs uma lista de verificação para ser usada na análise de segurança em rodovias durante a revisão de segurança viária, também conhecida como auditoria de segurança viária. A lista foi feita a partir de manuais de auditoria viária desenvolvidos em outros países e adaptada à realidade brasileira, considerando condições de projeto e conservação das rodovias e aspectos climáticos e culturais

brasileiros. A avaliação consiste em detectar deficiências nas características de segurança consideradas.

A lista de verificação aborda as principais características que influenciam na segurança rodoviária brasileira, e aborda os seguintes aspectos (SCHOPF, 2006):

1) tópicos gerais: avalia a vegetação adjacente, o ofuscamento por faróis dianteiros, obras temporárias e áreas de descanso;

2) alinhamento e seção transversal: considera a distância de visibilidade, a relação da velocidade de projeto com a velocidade sinalizada, ultrapassagens, segmentos e seções da via que podem confundir o usuário, larguras das faixas de tráfego, características dos acostamentos, inclinação transversal e superelevação, inclinação dos taludes e drenagem da via;

3) faixas auxiliares: analisa a localização das canalizações, largura dos acostamentos, sinalização das faixas auxiliares, facilidade e sinalização do tráfego de conversão;

4) interseções: tem como objetivo avaliar a localização, a visibilidade de todos os movimentos possíveis dos usuários nas interseções, o layout da interseção, os movimentos, advertências e sinalizações horizontal e vertical;

5) sinalização e iluminação: considera características da iluminação, como: sua necessidade, se está adequada e a instalação dos postes de iluminação. Avalia a sinalização vertical e horizontal, considerando a retrorrefletância, seu posicionamento e a informação passada por elas. Julga também as condições da sinalização semafórica;

6) pavimentos: avalia defeitos do pavimento, resistência à derrapagem, presença de alagamentos e materiais soltos;

7) perigos nas laterais da via: analisa a proteção ou tratamento para objetos nas laterais das vias e a presença e instalação adequadas das barreiras de contenção veicular;

8) usuários da via: observa a segurança de pedestres e ciclistas, verifica se as paradas de transporte público estão adequadas e avalia a interação dos usuários com veículos pesados e lentos, ressaltando a sinalização apropriada e a possibilidade

de ultrapassagem pelos veículos mais leves, além de considerar se as dimensões da via são suficientes para a manobra dos veículos pesados;

9) pontes e viadutos: analisa as características de projeto considerando a largura das obras de arte e seus acostamentos, sua sinalização e a presença e segurança das barreiras laterais de contenção veicular. Avalia também a sinalização para restrição de peso e a facilidade e segurança para a passagem de pedestres.

#### 2.6.1.2 Procedimento para avaliação de projetos de rodovias rurais visando a segurança viária

Este método de avaliação de segurança apresenta um procedimento que pode ser usado por órgãos rodoviários federais e estaduais para avaliar, sistematicamente, projetos de rodovias em áreas rurais, observando as condições de segurança viária. Permite aos técnicos uma visão geral e integrada de características do projeto que possam interferir na segurança dos usuários. Porém, o procedimento apresenta como desvantagem o tempo necessário dos técnicos para aplicá-lo, considerando que as equipes disponíveis nos órgãos responsáveis geralmente não possuem quantidade suficiente de técnicos (SOUZA, 2012).

Segundo Souza (2012), o procedimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar recomendações sobre as características de projetos que se enquadrem nos conceitos de flexibilidade de projetos e rodovias com áreas livres, que consistem em uma área adjacente à pista sem obstáculos e com declividade adequada para permitir a recuperação de um veículo que saia dela. A metodologia da aplicação do procedimento foi feita dividindo-se em etapas:

**Etapas 1:** avalia elementos do projeto geométrico. Estes elementos são divididos nas seguintes categorias:

a) em planta: raios e comprimentos das curvas, superelevação, superlargura e distâncias de visibilidade de parada;

b) em perfil: inclinação das tangentes verticais e comprimento vertical das curvas;

c) terceira faixa: considera a implantação e largura da terceira faixa em trechos inclinados, implantação das faixas de ultrapassagem e largura dos acostamentos;

d) seção transversal: largura das faixas de rolamento, acostamentos e canteiros centrais, declividade transversal da pista e do acostamento em trechos em tangente e em curva e as condições do talude;

e) projeto de interseções: considera velocidades de projeto, comprimento dos trechos, raios das curvas, distâncias de visibilidade, largura das pistas, entre outras características específicas das interseções.

**Etapa 2:** consiste na verificação de elementos fixos que exigem dispositivos de proteção. São divididos em obstáculos isolados, obstáculos contínuos, taludes de corte e de aterro, taludes transversais, canteiro central e estrutura de drenagem.

**Etapa 3:** identifica e lista as características geométricas que necessitam de sinalização horizontal e vertical. Considera as seguintes propriedades: trechos sem visibilidade para ultrapassagem, locais com restrição de largura da pista, segmentos com possibilidade de conflitos, sequência de curvas horizontais, aproximação de rotatórias, rampas acentuadas em auge e declive, segmentos com velocidade diferente da velocidade diretriz da via, ponto de saída de rodovia e travessias de pedestre.

**Etapa 4:** identifica os principais elementos dos projetos de sinalização e dispositivos de proteção. Essa etapa é dividida nas seguintes categorias:

- a) projeto de sinalização horizontal;
- b) projeto de sinalização vertical;
- c) dispositivos auxiliares;
- d) projeto de dispositivos de proteção.

#### 2.6.1.3 Sistema integrado de gestão em segurança do tráfego

O sistema integrado de gestão em segurança do tráfego (SIG SET) faz uso de técnicas computacionais como o SIG e do *benchmarking*. Apresenta conceitos que levam em conta a gestão da segurança do trânsito de forma abrangente, sistemática

e fundamentada na informação. O SIG SET propõe quatro bancos de dados que podem ser aplicados separadamente ou de maneira integrada (MANTOVANI, 2004).

As informações do banco de dados devem servir de base para procedimentos que relacionem os dados com referenciais adequados, de modo a alcançar maiores níveis de segurança. Dessa forma, o método visa a melhoria contínua das condições de segurança, a partir de metas alcançáveis de pequeno, médio e longo prazos. O SIG SET quando aplicado produz relatórios e mapas informatizados a partir do banco de dados e é indicado para ser usado por órgãos ligados ao gerenciamento da segurança viária como ferramenta para a tomada de decisões (MANTOVANI, 2004).

Os 4 bancos de dados propostos pelo sistema são descritos brevemente a seguir (MANTOVANI, 2004).

**1) Banco de dados de acidentes de trânsito (BDA):** primeiro passo necessário para criar um programa de redução de acidentes e de sua gravidade. Seu objetivo é coletar dados sobre acidentes de trânsito, como o número de acidentes em determinados trechos e o motivo causador. Dessa forma, é possível descobrir pontos críticos e tomar medidas para reduzir acidentes. Porém, o BDA não relaciona pontos críticos a um mapa geográfico.

No BDA devem estar contidas informações sobre os acidentes como hora, dia, dia da semana, mês e ano, local do acidente, idade dos envolvidos, tipo e ano de fabricação dos veículos, tipo de acidente, número de vítimas, gravidade, número do boletim de ocorrência, sinalização, semáforo e iluminação da via, condições do tempo, tipo do pavimento e condições da via.

**2) Banco de dados do sistema viário (BDSV):** só é aplicável dentro de localizações fechadas, como cidades, estados e países. Tem como objetivo detectar características do lugar, velocidade máxima da via, densidade do tráfego, geometria da pista e características de possíveis intervenções viárias feitas antes do ocorrido no local do acidente.

Como o BDSV está relacionado com a localização espacial das vias, os itens registrados devem estar relacionados com um georreferenciamento, como latitude e longitude, por exemplo. Por isso, necessitam de uma ferramenta computacional de

SIG. Assim, é necessário gerar um mapa georreferenciado e digitalizado da área considerada, observando todas as rodovias ali contidas. Mantovani (2004) ainda ressalta que é importante uma padronização dos dados e da grafia utilizada no SIG, de modo que não exista problemas de codificação caso as informações sejam exportadas por outros programas.

**3) Banco de dados para *Benchmarking* (BDB):** permite a comparação de indicadores de segurança de trânsito com outras localidades, permitindo assim a reflexão dos padrões de segurança no trânsito e sua evolução. Dessa forma, é possível estabelecer metas de curto, médio e longo prazos. Só é aplicável em nível agregado, sendo ferramenta de comparação de regiões com aspectos semelhantes.

O BDB é formado por mapas digitais integrados as informações de acidentes de trânsito e outras características da região. Essas características podem ser condições demográficas e socioeconômicas, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), renda per capita e Produto Interno Bruto (PIB). Também podem entrar no banco de dados informações referentes ao índice de motorização da região e fatores políticos que influenciam no transporte público e particular. Sendo assim, os dados do BDB realizam um *benchmarking*, ou seja, a possibilidade de estimar indicadores e metas das regiões que apresentam níveis de segurança mais elevados.

**4) Banco de dados de acidentes de trânsito em ambiente SIG (BDS):** também conhecido como banco de dados espacial, o BDS consiste na transferência de informações do BDA para um sistema SIG que permita a localização espacial dos acidentes. Dessa forma, é necessário desenvolver um programa computacional para maior rapidez na transferência de dados dos acidentes. Com o auxílio dessa ferramenta, é possível desenvolver mapas temáticos com os principais pontos críticos das vias e avaliar características geométricas, de fluxo de tráfego e da sinalização, por exemplo.

#### 2.6.1.4 Avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários de pista simples

O método de segurança potencial de segmentos de rodovia de pista simples foi desenvolvido com base na identificação das características físicas que influenciam a segurança rodoviária. Cada uma das características apresenta pesos relativos,

calculados com base em dados estatísticos, na opinião de especialistas na área de transporte e de pessoas envolvidas diretamente com acidentes rodoviários (NODARI, 2003).

Ao todo, são selecionadas 34 características físicas, divididas nas seguintes macro categorias:

- 1) superfície do pavimento: abrange buracos na pista, resistência à derrapagem, formação de espelhos d'água, presença de cascalho solto na pista e desnível entre faixas e acostamento;
- 2) curva: é formada pelas características suavização de curvas horizontais, adoção de superlargura, adoção de superelevação, incidência de curvas e combinação entre alinhamento vertical e horizontal;
- 3) interseções: macro categoria composta por faixas adicionais e canalizações e iluminação artificial nas interseções;
- 4) sinalização vertical e horizontal: avalia as linhas demarcadoras das faixas de rolamento, uso de tachas refletivas nas linhas, credibilidade da sinalização horizontal e vertical, a quantidade adequada de placas de sinalização, uso de balizadores e legibilidade e conspicuidade da sinalização vertical;
- 5) elementos longitudinais: considera a suavização de rampas, oportunidades de ultrapassagem e distâncias de visibilidade;
- 6) seção transversal: formada por larguras das faixas e acostamentos, pavimentação dos acostamentos, taludes laterais suaves e largura da faixa e acostamentos em pontes;
- 7) usuários vulneráveis: observa o tráfego de ciclistas e pedestres e as travessias para pedestres;
- 8) laterais: avalia a presença de elementos perigosos na lateral da via, acessos a propriedade e comércio lindeiro e localização e *layout* dos pontos de ônibus;

- 9) geral: transição entre ambientes rural/urbano, compatibilidade entre velocidade regulamentada e diretriz e proteção contra invasão de animais de grande porte.

A inspeção de campo consiste em uma equipe de pelo menos dois membros, sendo um motorista e o outro o avaliador, percorrer o trecho dividido em segmentos de comprimento de um quilômetro, de acordo com a velocidade regulamentada. Ao final de cada segmento o veículo deve parar para que se atribua a nota para cada característica, considerando a pior condição nos dois sentidos de circulação (NODARI, 2003).

Os Índices de Segurança Potencial do segmento são modelos compensatórios, em que a presença de uma característica com nota alta equilibra a existência de uma característica com nota baixa. Cada uma das características possui um peso relativo e é avaliada pelo executor do método, com a ajuda do gabarito de notas. Assim, é possível calcular o Índice de Segurança Potencial do segmento e, a partir daí, estimar o Índice de Segurança Global do segmento. O Índice Global do trecho é definido pela média geométrica dos ISP de todos os segmentos contidos nele (NODARI, 2003).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O método de avaliação do potencial de segurança da BR 356 consiste em duas etapas: na primeira, é realizada a inspeção do trecho rodoviário, a partir da realização percurso de carro, com pelo menos dois avaliadores, sendo um deles o motorista; na segunda, a partir das notas obtidas por meio de avaliações e medições das características físicas, estima-se a segurança potencial de cada segmento de um quilômetro que compõe o trecho estudado.

#### **3.1 BR-356**

A BR-356 é classificada como uma rodovia diagonal, que corta o país e tem direção crescente na direção Noroeste-Sudeste. Seu ponto inicial está localizado em Belo Horizonte (MG), no entroncamento com a Avenida do Contorno. Em seus 4 quilômetros iniciais, recebe o nome de Avenida Nossa Senhora do Carmo até a junção com a Rodovia Estadual MG-30. Seus primeiros 8 quilômetros são classificados pelo DNIT como trecho urbano. A partir daí, seu trecho é coincidente com a BR-040 até o quilômetro 28, onde passa a receber o nome de Rodovia dos Inconfidentes (BRASIL, 2018).

A Rodovia dos Inconfidentes, em Minas Gerais, passa pelas cidades de Itabirito, Ouro Preto, Mariana, Diogo de Vasconcelos e Porto Firme, onde, nesta última, se une à rodovia de ligação BR-482, passando por Nova Era e Coimbra, sendo encontrada novamente em Viçosa. Ainda passa pelas cidades de Ervália, Muriaé Patrocínio do Muriaé e Eugenópolis, seguindo para o Estado do Rio de Janeiro.

No Rio de Janeiro, a BR-356 passa pelos municípios de Itaperuna, Italva, Cardoso Moreira, Campos dos Goytacazes e tem fim em São João da Barra.

O trecho analisado neste trabalho encontra-se entre as cidades de Ouro Preto e Mariana, situado entre os quilômetros 90,7 e 108,7 (BRASIL, 2018)

Este trecho apresenta grande importância econômica para as duas cidades, sendo utilizado pelas principais mineradoras da região e por turistas que buscam conhecer o circuito histórico das cidades de Minas Gerais.

Os moradores de Ouro Preto e Mariana também usam com frequência este trecho da BR-356 para se locomover até o trabalho, visto que as duas cidades estão

localizadas no quadrilátero ferrífero, região com maior produtividade de minério de ferro do Brasil.

Outro fator que influencia no tráfego entre as duas cidades é a presença da Universidade Federal de Ouro Preto, com unidades nas duas localidades e o Instituto Federal de Minas Gerais Campus Ouro Preto, com vários alunos que residem na cidade de Mariana. Tudo isso justifica um estudo detalhado da segurança viária no trecho.

De acordo com dados da Polícia Rodoviária Federal, em 2016 a BR-356 apresentou 239 acidentes, sendo 60,7% no estado do Rio de Janeiro e 39,3% no estado de Minas Gerais. Em 2017, a mesma rodovia teve um número de 217 acidentes, cerca de 9,2% a menos em relação ao ano anterior, porém, com maior gravidade. Enquanto em 2016 houve 3 mortes nos acidentes, em 2017 o número foi de 25 óbitos, ou seja, 833% a mais em relação ao ano anterior.

O trecho analisado neste trabalho é indicado pela Figura 2.



Figura 2: Trecho entre as cidades de Mariana e Ouro Preto analisado pelo ISP

Fonte: adaptado de Google Maps

### 3.2 Divisão dos segmentos

A literatura costuma adotar a divisão do trecho em segmentos de forma que as características sejam avaliadas de maneira homogênea, o que causaria uma variação

dos comprimentos de cada um deles. Isso é explicado pelo fato de que quanto maior a homogeneidade dos segmentos em relação às características físicas avaliadas, melhor será a possibilidade de relacioná-las com a ocorrência de acidentes. Entretanto, como o método avalia um número considerável de 34 características, seria inviável realizar a avaliação dessa maneira.

Dessa forma, o trecho foi dividido em segmentos de 1 quilômetro, totalizando 11 segmentos que ligam o trevo do distrito de Passagem de Mariana até o trevo próximo ao hospital Santa Casa Misericórdia, na vila Itacolomy, em Ouro Preto.

### 3.3 Planilha de inspeção

Para a aplicação do método, foi usada uma planilha de inspeção com todas as 34 características pertencentes às 9 macro categorias, de acordo com a Tabela 6. As notas atribuídas a elas foram divididas em quatro opções: 10, 7, 3 e 1, cada uma delas representa condições em campo de acordo com a característica em análise, como mostra a Tabela 7.

Tabela 6: Características avaliadas e suas macro categorias (parte 1)

Macro categoria	Índice	Característica
Superfície	1	Buracos na superfície
	2	Resistência da superfície à derrapagem
	3	Formação de espelhos d'água
	4	Presença de cascalho na pista
	5	Desnível entre faixa e acostam.
Curva	6	Curvas acentuadas
	7	Deficiência na superlargura
	8	Deficiências na superelevação
	9	Incidências de curvas
	10	Combinação entre alinham. H e V

Tabela 6: Características avaliadas e suas macro categorias (parte 2)

Macro categoria	Índice	Característica
Interseções	11	Projeto das interseções
	12	Iluminação nas interseções
Sinalização H. e V.	13	Condições das linhas demarcadoras
	14	Condições das tachas refletivas
	15	Credibilidade da sinalização H e V
	16	Quantidade de placas de sinalização
	17	Balizadores em curvas
	18	Legibilidade/destaque das placas
Elementos longitudinais	19	Perfil longitudinal (rampas)
	20	Oportunidades de ultrapassagem
	21	Visibilidade em curvas e interseções
Seção transversal	22	Larguras de faixas e acostamentos
	23	Condições superficiais dos acostamentos
	24	Declividade dos taludes laterais
	25	Estreitamento da pista em pontes
Usuários vulneráveis	26	Condições de tráfego de ciclistas/pedestres (segmento urbano)
	27	Travessias seguras para pedestres
Laterais da via	28	Elementos perigosos na via
	29	Acessos a propriedades e comércio lindeiros
	30	Local/ <i>layout</i> das paradas de ônibus
Geral	31	Uso de <i>outdoors</i> e placas comerciais
	32	Transição de ambientes rural/urbano
	33	Compatibilidade vel. regul. e de projeto
	34	Invasão de animais na pista

Fonte: Nodari, 2003.

Tabela 7: Determinação das notas de cada característica de acordo com as condições observadas

Nota	Nível	Condições da característica no trecho
10	Nível 1	Não existe o problema descrito
7	Nível 2	Existe uma pequena quantidade do problema descrito
3	Nível 3	Existe uma quantidade moderada do problema descrito
1	Nível 4	Existe uma grande quantidade do problema descrito

Fonte: Adaptado de Nodari, 2003.

O preenchimento da planilha de notas para cada categoria e em cada trecho foi orientado pelo gabarito de notas apresentado por Nodari (2003), de acordo com a Tabela 8, seguindo as verificações apresentadas na Tabela 9.

Tabela 8: Orientação para as notas das 21 primeiras características (parte 1)

Característica		Notas			
		10	7	3	1
1	Buracos na superfície	Não tem	Eventuais	Frequentes	Constantes
2	Resistência da superfície à derrapagem	Não tem	Eventuais	Frequentes	Constantes
3	Formação de espelhos d'água	Não tem	Eventuais	Frequentes	Constantes
4	Presença de cascalho na pista	Não tem	Eventuais	Frequentes	Constantes
5	Desnível entre faixa e acostam.	Não tem	Permite retorno	Permite parada e depois retorno	Não permite retorno
6	Curvas acentuadas	Sem curva	Curva sem redução de vel.	Moderada red. de velocidade	Red. acentuada de velocidade
7	Deficiência na superlargura	Sem curva	Visível	Talvez existente	Sem superlargura

Tabela 8: Orientação para as notas das 21 primeiras características (parte 2)

Característica		Notas			
		10	7	3	1
8	Deficiências na superelevação	Sem curva	Suficiente	Insuficiente	Invertida
9	Incidências de curvas	Sem tortuosidade	Eventuais	Frequentes	Constantes
10	Combinação entre alinham. H e V	Não tem	Compromete pouco a interpretação	Compromete moderadamente a interpretação	Compromete muito a interpretação
11	Projeto das interseções	Não tem	Bom projeto	Projeto regular	Projeto deficiente
12	Iluminação nas interseções	Não tem	Boa iluminação	Iluminação deficiente	Sem iluminação
13	Condições das linhas demarcadoras	Linhas bem visíveis	Linhas desbotadas	Linhas visível/ausente	Sem linhas
14	Condições das tachas refletivas	Presentes e visíveis	Presentes e visíveis em situação de perigo	Presentes, mas pouco visíveis	Não tem
15	Credibilidade da sinalização H e V	Boa credibilidade	Moderada credibilidade	Pequena credibilidade	Nenhuma credibilidade
16	Quantidade de placas de sinalização	Quantidade adequada	Quantidade levemente inadequada	Quantidade moderadamente inadequada	Quantidade inadequada
17	Balizadores em curvas	Não tem curvas	Uso adequado	Uso inadequado	Ausência de balizadores
18	Legibilidade/destaque das placas	Adequada	Pequena deficiência	Moderada deficiência	Grande deficiência
19	Perfil longitudinal (rampas)	Sem rampa	Rampa não causa red. de vel.	Moderada red. de velocidade	Red. acentuada de velocidade

Tabela 8: Orientação para as notas das 21 primeiras características (parte 3)

Característica		Notas			
		10	7	3	1
20	Oportunidades de ultrapassagem	Oportunidades constantes	Oportunidades frequentes	Oportunidades eventuais	Ausência de oportunidades
21	Visibilidade em curvas e interseções	Plano, reto e sem interseção	Boa visualização	Visualização comprometida	Visualização muito comprometida

Fonte: Adaptado de Nodari, 2003.

Tabela 9: Verificação necessária para a avaliação das seguintes macro categorias: superfície, curva, interseção, sinalização horizontal e vertical e elementos longitudinais (parte 1)

Macro categoria	Itens do questionário		Verificação
Superfície	1	Buracos na superfície	-
	2	Resistência da superfície à derrapagem	Verificar a formação de espelhamento
	3	Formação de espelhos d'água	-
	4	Presença de cascalho na pista	-
	5	Desnível entre faixa e acostamento	Verificar se a saída do veículo pode implicar perda de controle do veículo
Curva	6	Curvas acentuadas	Verificar necessidade de reduzir velocidade
	7	Deficiências na superlargura	-
	8	Deficiências na superelevação	-
	9	Incidências de curvas	Tortuosidade
	10	Combinação entre alinham. H e V*	Verificar se pode levar a má interpretação do ambiente por parte do motorista
Interseção	11	Projeto das interseções	Verificar uso de canalizações e faixas adicionais
	12	Iluminação nas interseções	-

Tabela 9: Verificação necessária para a avaliação das seguintes macro categorias: superfície, curva, interseção, sinalização horizontal e vertical e elementos longitudinais (parte 2)

Macro categoria	Itens do questionário		Verificação
Sinalização horizontal e vertical	13	Condições das linhas demarcadoras	-
	14	Condições das tachas refletivas	Verificar presença em situações potencialmente perigosas como curvas, interseções e acessos
	15	Credibilidade da sinalização H e V**	Verificar coerência ou discrepância com a realidade da via
	16	Quantidade de placas de sinalização	Verificar se não existe excesso/falta de informação necessária
	17	Balizadores em curvas	-
	18	Legibilidade/destaque das placas	Verificar visibilidade noturna e/ou destaque frente a vegetação - anúncios comerciais e/ou manutenção da placa, incluindo obstrução pela vegetação
Elementos longitudinais	19	Perfil longitudinal (rampas)	Verificar necessidade de redução da velocidade de veículos pesados ou de baixa potência
	20	Oportunidades de ultrapassagem	Verificar linha tracejada ou 3ª faixa
	21	Visibilidade em curvas e interseções	Verificar restrição por elementos como vegetação, postes, placas, curvas horizontais e verticais.

\* Alinhamento horizontal e vertical

\*\* Sinalização horizontal e vertical

Fonte: Adaptado de Nodari, 2003.

### 3.4 Complemento da tabela de notas

Foi necessário realizar um complemento da Tabela 8, relacionada às notas, e da Tabela 9, relacionada à verificação, visto que o método apresenta as características de número 22 a 34 sem definição precisa para avaliação. Assim, as macro categorias de seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da via e geral tiveram suas características analisadas de acordo com a Tabela 10 e com a Tabela 11.

Tabela 10: Verificações complementares para as características 22 a 34 (parte 1)

Característica		Verificação
22	Larguras das faixas e acostamentos	Verificar se a largura das faixas e dos acostamentos estão de acordo com o DNER (1999), para rodovias de classe I em região montanhosa
23	Condições superficiais dos acostamentos	Verificar o estado do revestimento do acostamento, analisando irregularidades como degraus acentuados, painelas, remendos, trincas e deformações.
24	Declividade dos taludes laterais	Verificar a inclinação dos taludes adjacentes à pista.
25	Estreitamento da pista em pontes	-
26	Condições do tráfego de ciclistas e pedestres (seg. urbano)	Verificar a existência de calçadas e de acostamentos para passagem de ciclistas.
27	Travessias seguras para pedestres (seg. urbano)	Verificar a existência de faixas, passarelas elevadas e suas sinalizações
28	Elementos perigosos ao longo da via	Verificar a existência de elementos fixos tais como postes de iluminação, pórticos e pilares de pontes e viadutos e suas proteções ao longo da via.
29	Acessos a propriedades e comércios lindeiros	Verificar a distância de visibilidade, sua localização com relação à curvas, drenagem e sinalização.

Tabela 10: Verificações complementares para as características 22 a 34 (parte 2)

Característica		Verificação
30	Localização/ <i>layout</i> das paradas de ônibus	Verificar a sinalização e sua distância de visibilidade com base nas tabelas de distância de visibilidade e distância mínima de desaceleração e/ou manobra (CONTRAN, 2007).
31	Uso de outdoors e placas comerciais	Verificar a existência <i>outdoors</i> e placas comerciais e sua influência no desvio de atenção dos usuários da via e interferência na visibilidade, de acordo com o Art. 81 do CTB
32	Transição de ambientes rural/urbano	Verificar características físicas e visuais que levem motoristas a reduzir a velocidade, como lombadas, estreitamentos, sinalização, fiscalização eletrônica e sinalizadores.
33	Compatibilidade de velocidade regulamentar e projeto	Verificar se as condições físicas e geométricas da via estão de acordo com a velocidade regulamentada
34	Invasão de animais	Verificar a frequência da presença de animais na pista, como cachorros, cavalos e vacas

Fonte: Autor.

Tabela 11: Características do trecho que orientam a determinação das notas

	Itens do questionário	Notas				
		10	7	3	1	
Seção transversal	22	Larguras das faixas e acostamentos	Faixa em tangente com largura maior ou igual a 3,50 m e acostamento com largura maior ou igual a 2,50 m	Faixa em tangente com largura maior ou igual a 3,50 m e acostamento com largura menor que 2,50 m	Faixa em tangente com largura menor que 3,50 m e acostamento com largura menor que 2,50 m	Faixa em tangente com largura menor que 3,50 m e acostamento inexistente
	23	Condições superficiais dos acostamentos	Sem irregularidades no segmento	Até 10 irregularidades no segmento	Mais de 10 irregularidades no segmento	Acostamento inexistente
	24	Declividade dos taludes laterais	Suaves, com inclinação imperceptível	Suaves, com inclinação perceptível	Íngremes	Verticais
	25	Estreitamento da pista em pontes	-	-	-	-
Usuário vulnerável	26	Condições do tráfego de ciclistas e pedestres (seg. urbano)	Existência de calçada e acostamento de pelo menos 2,50 m de largura	Existência de calçada e acostamento menor que 2,50 m de largura	Inexistência de calçada e acostamento menor que 2,50 m de largura	Inexistência de calçadas e acostamentos
	27	Travessias seguras para pedestres (seg. urbano)	Faixas e/ou passarelas sinalizadas	Faixas e/ou passarelas não sinalizadas	Faixas e/ou passarelas em condições precárias	Inexistência de faixas e passarelas
Laterais da via	28	Elementos perigosos ao longo da via	Inexistência	Até 5 por segmento, com dispositivos de proteção	Até 5 por segmento, sem dispositivos de proteção	Mais de 5 por segmento, sem dispositivos de proteção
	29	Acessos a propriedades e comércios lindeiros	Acessos com boa visibilidade, sinalizados e com drenagem suficiente	Acessos com boa visibilidade, sem sinalização e com drenagem suficiente	Acessos com visibilidade ou sinalização ou drenagem suficiente	Acessos sem visibilidade, sem sinalização e drenagem insuficiente
	30	Localização/layout das paradas de ônibus	Sinalização com distância de visibilidade maior que a recomendada	Sinalização com distância de visibilidade igual a recomendada	Sinalização com distância de visibilidade até 20% menor que a recomendada	Sinalização com distância de visibilidade acima de 20% menor que a recomendada
Geral	31	Uso de outdoors e placas comerciais	Outdoors e placas comerciais inexistentes	Até dois outdoors e/ou placas comerciais com ou sem iluminação, de até 9m x 3m	Três ou mais outdoors e/ou placas comerciais iluminados, de até 9m x 3m	Mais de cinco outdoors e/ou placas comerciais iluminados, de 9m x 3m, com pelo menos um deles interferindo diretamente no campo de visão do motorista
	32	Transição de ambientes rural/urbano	Pelo menos quatro dos elementos citados	Três dos elementos citados	Dois dos elementos citados	Um ou nenhum dos elementos citados
	33	Compatibilidade de velocidade regulamentar e projeto	Adequada em todo o trecho	Adequada em mais de 50% do trecho	Inadequada em mais de 50% do trecho	Inadequada em todo o trecho
	34	Invasão de animais	Inexistentes	Presentes uma vez a cada dez passagens no segmento	Presentes duas ou três vezes a cada dez passagens no segmento	Presentes mais de três vezes a cada dez passagens no segmento

Fonte: Autor.

A partir do complemento das tabelas de verificação e de notas, foi possível aplicar o método em campo com o objetivo de estimar o índice de segurança potencial do trecho da BR-356, situado entre Mariana e Ouro Preto.

### 3.5 Coleta de dados

Os avaliadores primeiramente percorreram todo o trecho nos dois sentidos para uma observação geral das características que seriam avaliadas e para limitar os segmentos cujo comprimento é de um quilômetro. A quilometragem dos segmentos foi demarcada pelo odômetro do veículo usado e conferida por um GPS.

A partir da demarcação dos segmentos, a coleta de dados aconteceu entre os meses de setembro e outubro de 2018 e contou com dois avaliadores capacitados, sendo um deles o motorista.

O trecho foi percorrido de carro, trafegando de acordo com a velocidade regulamentada da via (60 e 80km/h) nos dois sentidos. Todo o trajeto foi filmado, com uma câmera de resolução 13 MP, sendo a filmagem iniciada e interrompida de acordo com a divisão dos segmentos.

As notas das características, listadas abaixo, e a presença de animais nos trechos foram registradas, durante o percurso do trecho para posterior análise. As características avaliadas no percurso foram:

- resistência da superfície à derrapagem;
- presença de cascalho na pista;
- desnível entre faixa e acostamento;
- curvas acentuadas;
- deficiências na superlargura;
- deficiências na superelevação;
- combinação entre alinhamento horizontal e vertical;
- projeto das interseções;
- iluminação nas interseções;
- condições das tachas refletivas;
- credibilidade da sinalização horizontal e vertical;

- balizadores em curvas;
- legibilidade/destaque das placas;
- perfil longitudinal (rampas);
- oportunidades de ultrapassagem;
- visibilidade em curvas/interseções;
- condições superficiais dos acostamentos;
- declividade dos taludes laterais;
- elementos perigosos ao longo da via;
- acessos a propriedades e comércio lindeiro;
- compatibilidade da velocidade regulamentada e de projeto;
- invasão de animais.

Posteriormente, as filmagens realizadas foram usadas para determinar as notas das seguintes categorias:

- buracos na superfície;
- formação de espelho d'água;
- incidências de curvas;
- condições das linhas demarcadoras;
- quantidade de placas de sinalização;
- condições de tráfego ciclista/pedestre (segmento urbano);
- travessias seguras para pedestres;
- uso de *outdoors* e placas comerciais;
- localização/*layout* de paradas de ônibus;
- transição de ambientes rural/urbano.

A característica "condições de tráfego de ciclistas e pedestres" foi avaliada de duas maneiras: em segmentos urbanos, como proposto pelo método e também em

segmentos rurais. Devido a presença de vários ciclistas todos os dias, a avaliação foi feita de acordo com o exposto na Tabela 12.

Tabela 12: Adaptação do método de avaliação para condições do tráfego de ciclistas

Condições do tráfego de ciclistas em trechos rurais	Nota			
	10	7	3	1
	Presença de ciclovia	Acostamento de pelo menos 2,50m	Acostamento menor que 2,50m	Sem ciclovia e sem acostamento*

\* Acostamento menor que 1,50m

Fonte: Autor

A categoria de larguras das faixas e acostamentos foi avaliada separadamente. No dia 28/10/2018, um avaliador e dois voluntários mediram a largura das faixas e acostamentos em 11 pontos diferentes, um em cada segmento avaliado, como ilustrado pela Figura 3.



Figura 3: Medição da pista

Fonte: Autor

A característica de localização/*layout* das paradas de ônibus foi avaliada considerando as paradas do ônibus intermunicipal entre as cidades de Mariana e Ouro Preto. As notas foram relacionadas com a existência de um *layout* característico de pontos de ônibus, com o posicionamento deles e de suas sinalizações em relação a curvas e interseções próximas.

A categoria invasão de animais foi avaliada ao longo de vários dias, seguindo os critérios de verificação, anotando-se sempre o trecho que contava com a presença de animais que representavam risco aos usuários da via.

Algumas características da tabela de avaliação tiveram que ser conferidas de forma isolada, de acordo com as condições de luminosidade e tempo. Dessa forma, o trecho foi percorrido nos dois sentidos no dia 05/10/2018, entre 19:10 e 20:05, para avaliar as seguintes características: iluminação nas interseções, condições das tachas refletivas, balizadores em curvas e legibilidade/destaque das placas de sinalização. No dia 27/10/2018, o trecho foi percorrido nos dois sentidos para avaliar as condições relacionadas à formação de espelhos d'água e drenagem das interseções e lotes adjacentes.

### 3.6 Definição do índice de segurança

O índice de segurança potencial representa a possibilidade de acidentes no trecho da rodovia analisado. Segundo Nodari (2003), o índice é estimado de acordo com a sequência lógica, indicada pela Figura 4.

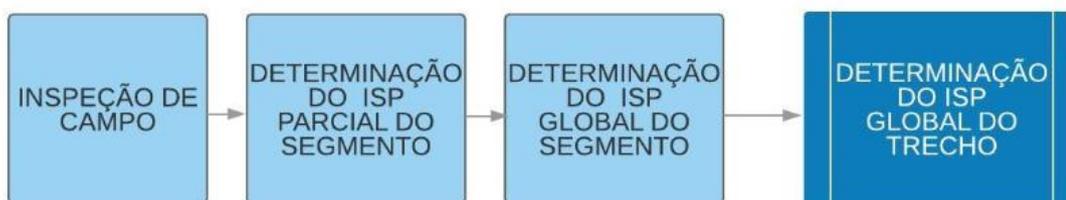


Figura 4: Esquema de determinação do ISP do trecho

Fonte: Autor.

A partir das notas da tabela de inspeção, determinou-se os índices de segurança potencial parcial de cada segmento, levando em consideração a ponderação de cada característica dentro da sua macro categoria, dada pela Tabela 13.

Tabela 13: Características avaliadas e seus respectivos pesos dentro da sua macro categoria (parte 1)

Macro categoria	Índice	Característica	Pesos relativos
Superfície	1	Buracos na superfície	0,198
	2	Resistência da superfície à derrapagem	0,211
	3	Formação de espelhos d'água	0,217
	4	Presença de cascalho na pista	0,189
	5	Desnível entre faixa e acostam.	0,184
Curva	6	Curvas acentuadas	0,194
	7	Deficiência na superlargura	0,194
	8	Deficiências na superelevação	0,212
	9	Incidências de curvas	0,184
	10	Combinação entre alinham. H e V	0,216
Inters.	11	Projeto das interseções	0,519
	12	Iluminação nas interseções	0,481
Sinalização horizontal e vertical	13	Condições das linhas demarcadoras	0,176
	14	Condições das tachas refletivas	0,165
	15	Credibilidade da sinalização H e V	0,172
	16	Quantidade de placas de sinalização	0,162
	17	Balizadores em curvas	0,163
	18	Legibilidade/destaque das placas	0,163
Elementos longitudinais	19	Perfil longitudinal (rampas)	0,283
	20	Oportunidades de ultrapassagem	0,342
	21	Visibilidade em curvas e interseções	0,375

Tabela 13: Características avaliadas e seus respectivos pesos dentro da sua macro categoria (parte 1)

Macro categoria	Índice	Característica	Pesos relativos
Seção transversal	22	Larguras de faixas e acostamentos	0,278
	23	Condições superficiais dos acostamentos	0,247
	24	Declividade dos taludes laterais	0,222
	25	Estreitamento da pista em pontes	0,252
Usuários vulneráveis	26	Condições de tráfego de ciclistas/pedestres (seg. urbano)	0,489
	27	Travessias seguras para pedestres	0,511
Laterais da via	28	Elementos perigosos na via	0,343
	29	Acessos a propriedades e comércio lindeiros	0,332
	30	Local/ <i>layout</i> das paradas de ônibus	0,325
Geral	31	Uso de <i>outdoors</i> e placas comerciais	0,203
	32	Transição de ambientes rural/urbano	0,259
	33	Compatibilidade vel. regul. e de projeto	0,270
	34	Invasão de animais na pista	0,268

Fonte: Adaptado de Nodari, 2003.

O índice de segurança parcial de cada macro categoria foi estimada pela relação dada pela Equação (1).

$$ISP_{parcial/seg} = \sum_{t=1}^n (p_i \times n_i) \quad (1)$$

Sendo:

$ISP_{parcial/seg}$ : índice de segurança parcial de cada uma das macro categorias, em cada segmento pertencente ao trecho;

$p_i$ : peso relativo de cada característica  $i$ ;

$n_i$ : nota de cada característica  $i$ .

Onde  $p_i$  é retirado da Tabela 13 e o  $n_i$ , da nota obtida pela observação em campo. Com os resultados do  $ISP_{parcial/seg}$ , calculou-se o índice de segurança potencial global do segmento, definido pela Equação (2).

$$ISP_{global/seg} = \sqrt[9]{ISP_{sup} \times ISP_{cur} \times ISP_{int} \times ISP_{sin} \times ISP_{lon} \times ISP_{tran} \times ISP_{vul} \times ISP_{lat} \times ISP_{el.g}} \quad (2)$$

Sendo:

$ISP_{global/seg}$ : índice de segurança potencial global de cada segmento pertencente ao trecho avaliado;

$ISP_{sup}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “superfície do pavimento”;

$ISP_{cur}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “curvas”;

$ISP_{int}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “interseções”;

$ISP_{sin}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “sinalização vertical e horizontal”;

$ISP_{lon}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “elementos longitudinais”;

$ISP_{tran}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “elementos da seção transversal”;

$ISP_{vul}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “usuários vulneráveis”;

$ISP_{lat}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “laterais da via”;

$ISP_{el.g}$ : índice de segurança potencial parcial da macro categoria “elementos gerais”.

A partir do  $ISP_{global/seg}$ , os resultados de cada segmento são avaliados de forma gráfica, a fim de tornar a visualização geral dos resultados simples e objetiva. Dessa

forma, a Tabela 14 relaciona o intervalo dos valores do ISP de cada segmento a uma cor e a sua respectiva condição geral.

Tabela 14: Indicação da cor do resultado do segmento de acordo com as condições observadas na via

Valor do ISP do segmento	Cor correspondente	Condição geral do segmento
1 < ISP < 3	Preto	Potencialmente muito inseguro
3 < ISP < 5	Vermelho	Potencialmente inseguro
5 < ISP < 7	Laranja	Potencialmente a razoavelmente seguro
7 < ISP < 9	Amarelo	Potencialmente seguro
9 < ISP < 10	Branco	Potencialmente muito seguro

Fonte: Nodari, 2003.

Ainda a partir dos resultados dos  $ISP_{global/seg}$ , dos 11 segmentos calculou-se o  $ISP_{global/trecho}$ , do trecho, pela Equação (3).

$$ISP_{global/trecho} = \sqrt[n]{\prod ISP_{global/seg}} \quad (3)$$

Sendo:

n: número de segmentos pertencentes ao trecho avaliado.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Resultados de campo

Os resultados da medição da pista de rolamento podem ser encontrados na Tabela 15. Para reduzir possíveis erros, adotou-se uma tolerância de 0,10 m nas medidas das pistas de rolamento e 0,05 m nas medidas dos acostamentos.

Tabela 15: Medições das pistas e dos acostamentos, a partir da origem do percurso

Medidas da pista (m)							
Seg- mento	Quilômetro, a partir da origem <sup>1</sup>	Mariana - Ouro Preto		Ouro Preto - Mariana		Avaliação <sup>2</sup>	
		Acostamento	Pista	Acostamento	Pista	Acosta- mento <sup>3</sup>	Largu- ra <sup>4</sup>
1	0,9	1,55	3,62	1,36	3,42		7
2	1,4	1,50	3,50	1,48	3,45		7
3	2,1	1,75	3,40	1,75	3,40	3	7
4	3,1	1,60	3,40	1,45	3,40	3	7
5	4,3	1,55	3,65	1,45	3,50	3	7
6	5,9	1,35	3,40	2,05	3,40	1	7
7	5,7	1,80	3,35	1,55	3,35	3	3
8	7,6	1,45	3,45	1,60	3,45	3	7
9	8,2	1,40	3,35	1,60	3,42	1	3
10	9,4	1,35	3,43	1,65	3,35		3
11	10,2	1,35	3,45	1,80	3,35		3

<sup>1</sup> Origem: próxima ao trevo de Passagem de Mariana

<sup>2</sup> Com base nas menores dimensões da ida ou da volta

<sup>3</sup> Considerado apenas para segmentos rurais, para a característica “condições de tráfego ciclistas/pedestres”.

<sup>4</sup> Avaliação da característica “larguras das faixas e acostamentos”.

Fonte: Autor

Por meio da análise da Tabela 15, observa-se que a largura da pista de rolamento está dentro dos limites estabelecidos pelo DNIT na maioria do trecho, com exceção dos segmentos 7, 9, 10 e 11. Não se pode dizer o mesmo dos acostamentos, que apresentam tamanhos inferiores aos recomendados, diminuindo assim a avaliação da característica “larguras das faixas e acostamentos” e, nos segmentos rurais, da característica “condições de tráfego ciclistas/pedestres”.

Na Tabela 16, são apresentados os resultados das frequências de animais na pista, com o detalhamento das viagens, expostas em linhas com cores alternadas para melhor visualização.

Tabela 16: Anotações de animais na pista ao longo de 10 percursos no trecho avaliado

Data	Hora	Segmento, considerando o trajeto Mariana a Ouro Preto	Cachorros	Cavalos	Outros	Total
06/10/2018	16:30	8	1	0	0	1
06/10/2018	16:30	7	1	0	0	1
06/10/2018	17:10	2	0	1	0	1
06/10/2018	17:10	10	1	0	0	1
06/10/2018	17:30	9	2	0	0	2
10/10/2018	18:00	8	2	1	0	3
11/10/2018	16:30	7	2	0	0	2
15/10/2018	08:30	9	1	0	0	1
15/10/2018	08:30	11	6	0	0	6
19/10/2018	17:30	10	1	0	0	1
20/10/2018	11:30	10	1	0	0	1
20/10/2018	11:30	8	1	0	0	1
22/10/2018	07:00	8	6	0	0	6
22/10/2018	07:00	10	1	0	0	1
27/10/2018	15:00	8	1	0	0	1

Fonte: Autor

A frequência de animais por segmento é melhor expressa na Tabela 17, onde é possível ver o resumo da característica analisada.

Tabela 17: Frequência de animais na pista em cada percurso (parte 1)

Presença de animais na pista										
Segmento	Viagens no trecho									
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>
1										
2		x								
3										
4										
5										
6										

Tabela 17: Frequência de animais na pista em cada percurso (parte 2)

Presença de animais na pista										
Segmento	Viagens no trecho									
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª
7	x				x					
8	x			x				x	x	x
9			x			x				
10		x					x	x	x	
11						x				

Fonte: Autor

É possível perceber que a maior frequência de animais na pista ocorre entre os segmentos 7 e 10 no sentido Mariana – Ouro Preto, com destaque para o segmento 8, mostrando-se perigoso quanto à presença de animais em 50% das vezes em que é percorrido.

#### 4.2 ISP parcial

Os resultados do Índice de Segurança Potencial encontrados de cada uma das características, em todos os 11 segmentos pertencentes ao trecho avaliado, foram calculados com o menor valor encontrado para cada característica, comparando-se o trecho percorrido no sentido Mariana – Ouro Preto e o trecho no sentido contrário, Ouro Preto – Mariana.

Assim, os resultados do Índice de Segurança Potencial de cada segmento podem ser verificados na Tabela 18.

Tabela 18: Índice de Segurança Potencial parcial de cada segmento avaliado (parte 1)

ISP parcial de cada segmento											
Categoria	Trecho										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Superfície	7,862	7,862	8,706	7,295	6,572	6,138	5,571	6,005	6,427	6,427	7,862

Tabela 18: Índice de Segurança Potencial parcial de cada segmento avaliado (parte 2)

ISP parcial de cada segmento											
Categoria	Trecho										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Curva	6,224	7,000	5,488	5,488	6,264	5,488	7,000	6,264	7,582	10,00	7,000
Interseções	5,076	1,962	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	1,962	1,962	4,924	7,000
Sinalização horizontal vertical	9,035	7,541	7,376	7,376	7,547	8,063	7,409	7,888	8,024	9,521	9,035
Elementos longitudinais	2,316	4,948	2,316	2,316	1,750	3,25	2,316	3,448	5,632	3,816	3,816
Seção transversal	7,602	7,158	7,602	7,158	7,602	7,602	6,490	7,602	6,490	7,378	6,490
Usuários vulneráveis	1,978	1,976	6,577	6,577	6,577	5,599	6,577	6,577	1,00	3,934	1,978
Laterais da via	1,664	4,674	7,676	7,599	7,599	7,676	9,004	2,350	1,664	1,664	5,917
Geral	6,248	6,256	9,391	10,00	10,00	10,00	6,703	5,761	4,372	3,948	7,775

Fonte: Autor

De acordo com a Tabela 18, é possível perceber que algumas características da via requerem atenção em determinados pontos, como é o caso das interseções nos segmentos 2, 8 e 9, todas elas sem projeto e com iluminação deficiente. Os elementos longitudinais nos segmentos 1, 3, 4, 5 e 7 todos sem possibilidade de ultrapassagem, subidas que reduzem a velocidade de veículos pesados e com baixa visibilidade em curvas.

Nota-se, ainda, que ciclistas e pedestres encontram-se muito desprotegidos nos segmentos 1, 2, 9 e 11, onde não existem calçadas nem ciclovias, apesar de serem segmentos urbanos. As laterais da via mostram-se inseguras nos segmentos 1, 8, 9 e 10, principalmente pela presença de elementos fixos próximos às faixas de

rolamento e pela inexistência de um local adequado de embarque e desembarque de passageiros de ônibus.

A média aritmética simples das macro categorias, considerando todos os 11 segmentos do trecho, são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19: Média de ISP parcial do trecho por macro categorias

Categoria	Média
Superfície	6,975
Curva	6,709
Interseções	6,626
Sinalização horizontal e vertical	8,074
Elementos longitudinais	3,266
Seção transversal	7,198
Usuários vulneráveis	4,487
Laterais da via	5,226
Geral	7,314

Fonte: Autor

A partir da Tabela 19, é possível observar que nas categorias “elementos longitudinais” e “usuários vulneráveis”, os  $ISP_{\text{parcial}}$  médios são avaliados como potencialmente inseguros. Já as categorias “superfície”, “curva”, “interseções” e “laterais da via” foram avaliadas como razoavelmente seguras, ou seja, com deficiência na segurança. E as demais foram classificadas com potencialmente

seguras. É interessante notar que nenhuma das categorias obteve valor de  $ISP_{parcial}$  médio abaixo de 3, sendo potencialmente muito inseguro, ou acima de 9, sendo avaliado com muito seguro.

Com os dados apresentados na Tabela 19, percebe-se também que, entre as 9 macro categorias, a “sinalização horizontal e vertical” do trecho é a que tem maior média, enquanto a macro categoria “elementos longitudinais” apresenta menor média.

A execução de serviços técnicos de aplicação e manutenção de dispositivos de segurança e sinalização rodoviária, realizados na rodovia entre os anos de 2013 e 2014, como indica a Figura 5, justificam a média elevada da categoria “sinalização horizontal e vertical”.



Figura 5: Indicação das reformas mais recentes do trecho

Fonte: Autor

Dentro da categoria “sinalização horizontal e vertical”, a característica “condições das linhas demarcadoras” teve nota máxima em todos os 11 segmentos analisados. A característica “condições das tachas refletivas” esteve presente em 7 segmentos com avaliação 10, enquanto ou outros 4 segmentos apresentaram nota 7. É possível verificar todos esses valores no Apêndice A.

As características “formação de espelhos d’água” e “resistência da superfície à derrapagem” foram responsáveis por diminuir a média da macro categoria “superfície”. Embora o perfil longitudinal seja marcado por rampas em praticamente todo o trecho, a incidência de chuvas de média intensidade provoca o acúmulo de água na pista, principalmente nos segmentos 6, 7, 8, 9 e 10, como ilustrado pela Figura 6.



Figura 6: Formação de espelhos d’água e efeito de *spray*, no segmento 8

Fonte: Autor

A baixa média da categoria “elementos longitudinais” pode ser explicada pela deficiência de oportunidades de ultrapassagem, sendo esta permitida apenas no segmento 9. Aliado a esse resultado, o trecho recebe diariamente um fluxo considerável de veículos pesados, que circulam com velocidades bem inferiores aos veículos de passeio, fazendo-se necessária para a segurança do usuário a existência de mais pontos que possibilitassem a ultrapassagem.

A característica “visibilidade em curvas e interseções” também influenciou negativamente na avaliação dos elementos longitudinais. Com notas oscilando entre 3 e 7 na maioria dos segmentos, devido à presença excessiva de curvas horizontais, constante rampa, indicada pela Figura 7, e a existência de interseções em curvas fechadas, a visibilidade do usuário fica comprometida.

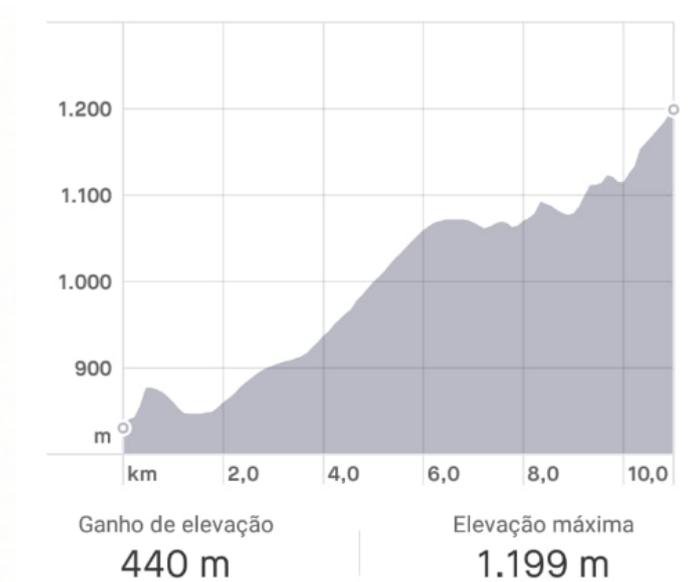


Figura 7: Altimetria do trecho avaliado

Fonte: Aplicativo Strava

A avaliação da categoria “usuários vulneráveis” como potencialmente insegura pode ser explicada pela adaptação do método para segmentos fora do perímetro urbano, visto que, caso fosse avaliado de acordo com o método original, a característica “condições de tráfego ciclistas/pedestres” receberia nota máxima. Como a avaliação foi feita levando-se em consideração o acostamento usado por um número expressivo de ciclistas nas partes rurais, 5 dos 7 segmentos receberam nota 3, enquanto os outros dois receberam nota 1.

### 4.3 ISP global

A partir do  $ISP_{parcial}$ , estabeleceu-se o  $ISP_{global/seg}$ , que representa o Índice de Segurança Potencial de cada um dos segmentos que integram o trecho avaliado, considerando todas as 34 características. O  $ISP_{global/seg}$  podem ser verificados na Tabela 20 e na Figura 8.

Tabela 20: ISP global dos segmentos

ISP global dos segmentos											
Segmento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Avaliação	4,536	4,913	6,758	6,621	6,498	6,744	6,369	4,802	3,890	5,065	5,835

Fonte: Autor

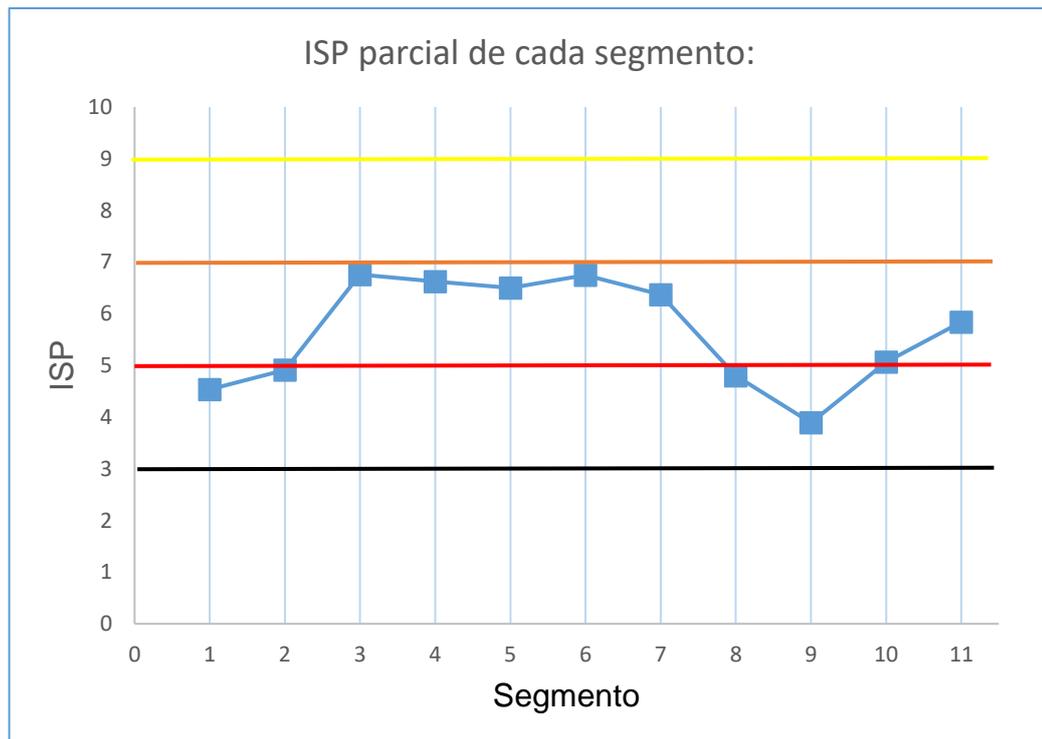


Figura 8: ISP global dos segmentos

Fonte: Autor

Analisando a Tabela 20, nota-se que os segmentos apresentam Índices de Segurança Potencial parcial relativamente baixos. Conforme apresentado na Figura 8, os segmentos 3, 4, 5, 6 e 7 foram avaliados como razoavelmente seguros por não contarem com a presença de interseções, além de receberem notas acima da média geral nas macro categorias “usuários vulneráveis”, “laterais da via” e “geral”.

Os segmentos 1, 2, 8 e 9 tiveram as piores avaliações e foram classificados como inseguros. Todos eles apresentaram notas abaixo da média geral nas macro categorias “interseções”, “laterais da via” e “geral”. Os segmentos 2, 8 e 9 apresentam deficiências nas sinalizações horizontal e vertical. Os segmentos 1 e 8 merecem maior atenção nas curvas.

Cabe ressaltar que os segmentos 1, 2 e 9 apresentam riscos para pedestres e ciclistas. Em especial, os segmentos 1 e 2, que não possuem calçada, mesmo sendo um trecho urbano, o acostamento é menor do que o recomendado e o fluxo de moradores, principalmente estudantes, é intenso nesses trechos em horários específicos, por volta das 7:00, 12:00 e 17:00, como mostra a Figura 9.



Figura 9: Estudantes transitando no segmento 1

Fonte: Autor

Na Figura 8, é possível perceber que as transições dos segmentos 2 para 3 e 7 para 8 apresentam variações bruscas no ISP. Dessa forma, podem ser consideradas transições perigosas, visto que pode haver uma quebra da expectativa do usuário da via, tendo que alterar repentinamente seu comportamento.

#### **4.4 ISP global do trecho:**

De acordo com os valores dos ISP parciais dos segmentos, o ISP global do trecho teve seu valor estimado, conforme a Equação (4).

$$ISP_{global}/trecho = 5,55$$

(4)

Assim, pode-se perceber que apesar de algumas condições no trecho serem favoráveis à segurança, considerando as sinalizações horizontal e vertical, a seção transversal e a macro categoria “geral” avaliadas como seguras, o trecho ainda apresenta riscos consideráveis aos usuários, sendo avaliado como potencialmente a razoavelmente seguro.

#### **4.5 Propostas de melhoria**

Visando a melhoria na segurança dos usuários da BR-356 entre as cidades de Ouro Preto e Mariana, a seguir são propostas ações de baixo custo para cada um dos segmentos analisados, baseando-se nas piores avaliações constatadas.

##### **Segmento 1:**

- melhoria da iluminação nas interseções, principalmente no trevo existente no início do trecho, que leva ao distrito Passagem de Mariana;
- instalação de calçada e faixa de pedestres para a travessia da Rua Dona Yolanda Guimarães, cortada pela BR-356 e indicada pela Figura 10;
- instalação de um ponto de ônibus e sinalização adequada para tal próximo à Rua Dona Yolanda Guimarães, indicada pela Figura 10, pois foi constatado que os ônibus intermunicipais fazem embarque e desembarque de passageiros neste local;
- instalação de lombadas e sinalizadores entre a BR-356 e a interseção com a Rua Dona Yolanda Guimarães.



Figura 10: Interseção entre a BR-356 e a rua Dona Yolanda Guimarães

Fonte: Google Maps

**Segmento 2:**

- melhoria da iluminação na interseção entre a BR-356 e a Vila São Vicente, indicada pela Figura 11;
- implantação de calçada ligando a Vila São Vicente e a Rua Dona Yolanda Guimarães;
- instalação de faixa de pedestres entre a parada de ônibus no sentido Ouro Preto – Mariana e a entrada da Vila São Vicente;
- instalação de um *layout* adequado de ponto de ônibus e correspondente sinalização para a parada de ônibus no sentido Ouro Preto – Mariana;
- instalação de balizadores em todas as curvas do trecho.



Figura 11: Interseção entre a BR-356 e a Vila São Vicente

Fonte: Autor

**Segmento 3:** aumentar o número de placas de sinalização, instalando principalmente placas que indiquem curvas, em todas as curvas do trecho no sentido de Mariana – Ouro Preto.

**Segmento 4:** instalar placas de sinalização que indiquem as duas primeiras curvas do segmento, no sentido Mariana – Ouro Preto;

**Segmento 5:** instalar placas de sinalização que indiquem todas as curvas do segmento, no sentido Mariana – Ouro Preto;

**Segmento 6:** instalar placas de sinalização nas duas primeiras curvas do segmento, no sentido Ouro Preto – Mariana;

**Segmento 7:** aumentar a quantidade de placas de sinalização, indicando as três primeiras curvas do segmento, no sentido Ouro Preto – Mariana, instalar balizadores em todas as curvas de ambos os sentidos e controle de animais na pista, com a conscientização da população que tem propriedades no entorno do segmento.

**Segmento 8:** instalação e balizadores em todas as curvas do segmento em ambos os sentidos, implantação de um ponto de ônibus e sinalização adequada próximo a interseção da BR-356 com o bairro Pocinho, indicado pela Figura 12. Também podem ser adotadas como medidas de segurança a redução de placas comerciais e a redução invasão de animais na pista, com a conscientização da

população que tem propriedades no entorno do segmento, além de placas indicando a presença de animais na pista, visando alertar os condutores.



Figura 12: Interseção entre a BR-356 e o bairro Pocinho

Fonte: Autor

**Segmento 9:** projeto de interseção, com possível pintura de canalização na interseção da rodovia com a rua Boa Esperança, indicada pela Figura 13, pinturas de faixas de pedestre, instalação de elementos de proteção como defensas metálicas nas áreas com presença de muitos postes. Também caberia a implantação de um layout de ponto de ônibus e correspondente sinalização próximo a interseção indicada pela Figura 13, visto que foram constatados embarque e desembarque de passageiros dos ônibus intermunicipais no local. E ainda redução placas comerciais, instalação de lombadas e sinalizadores e a conscientização da população que têm propriedades no entorno do segmento e deixam animais soltos, visando a redução da invasão de animais na pista, além de instalação de placas alertando sobre a presença de animais.



Figura 13: Interseção da BR-356 com a rua Boa Esperança

Fonte: Autor

**Segmento 10:** pinturas de faixas de pedestre, instalação de elementos de proteção nos postes, implantação de um layout de ponto de ônibus e correspondente sinalização próximo ao trevo existente no local, que dá acesso a um estabelecimento comercial, indicado pela Figura 14. Também seria importante a redução de placas comerciais, instalação de sinalizadores e a redução invasão de animais na pista, com a conscientização da população que têm propriedades no entorno do segmento e deixam animais soltos, além de instalação de placas alertando sobre a presença de animais.



Figura 14: Interseção da BR-356 com a entrada de um estabelecimento comercial

Fonte: Autor

**Segmento 11:** implantação de calçada para pedestres até o fim do segmento, pintura de faixas de pedestre próximas às interseções e proteção dos elementos perigosos como os postes e o muro de contenção do trecho, com a utilização de defensas metálicas.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou avaliar características físicas da Rodovia Federal BR-356 e sua segurança para os usuários da via, considerando a influência de diversos fatores. O método avaliativo levou em conta 34 características, cada uma delas com sua importância estatística expressa em valor numérico, alocadas em 9 macro categorias. Dessa forma, foi possível estimar, também em valor numérico, o Índice de Segurança Potencial Parcial de cada um dos segmentos e de todo o trecho, chegando a um valor ISP global para o trecho de 5,55 e indicando que o trajeto, apesar de ter passado por reformas recentemente, ainda apresenta risco considerável aos usuários.

As macro categorias “elementos longitudinais” e “usuários vulneráveis” merecem atenção especial, por serem classificadas como inseguras, com médias iguais a 3,27 e 4,48, respectivamente. As “laterais da via” também exigem cuidados, visto que são classificadas como razoavelmente seguras, com média igual a 5,23.

Os elementos longitudinais, de maneira geral, receberam notas baixas pelo fato de haver uma diferença de nível entre o início e o fim do trecho de aproximadamente 440 metros, indicando uma inclinação média constante de 4%. Dessa forma, o perfil longitudinal é marcado por constantes aclives no sentido de Mariana a Ouro Preto. O trecho ainda não apresenta oportunidades de ultrapassagem, sendo esta característica constatada apenas em cerca de 300 metros de um dos onze segmentos que compõe o trajeto. A rodovia, que conta com presença intensa de veículos pesados, torna-se perigosa devido ao excesso de curvas aliadas às constantes rampas. Ainda, pode-se observar que a visibilidade em curvas e interseções é baixa, devido a formação rochosa entre as duas cidades, marcadas por morros, fato que é facilmente observado no mapa do trecho. Todas estas características contribuem para a redução da segurança no local.

A macro categoria “usuários vulneráveis” teve sua nota reduzida pela adaptação do método avaliativo, considerando agora em segmentos rurais a presença de ciclistas que usam regularmente o trecho para transporte e como rota de treinamentos. Em virtude da ausência de ciclovias e acostamento menor do que o

recomendado em todos os 7 segmentos fora do perímetro urbano, 5 deles receberam nota 3, enquanto os outros dois receberam nota 1, devido a largura do acostamento menor do que a recomendada para tráfego de bicicletas.

As laterais da via foram marcadas por acessos a propriedades e comércio sem a adequada sinalização e presentes em pontos de difícil visualização, o que pode ser explicado pela quantidade elevada de curvas. A localização/*layout* de paradas de ônibus também deixou a desejar, visto que em muitos locais de parada do ônibus intermunicipal que circula entre Ouro Preto e Mariana, não existe sequer sinalização ou ponto de ônibus físico que possibilite sua identificação na rodovia. A característica “elementos perigosos ao longo da via” foi mais presente no perímetro urbano, considerando principalmente postes e árvores que apresentassem risco aos usuários em um possível choque acidental.

Ao final do trabalho, foram propostas soluções de custo reduzido para aumentar a segurança da BR-356 entre as cidades de Mariana e Ouro Preto. Dessa forma, medidas como melhoras na sinalização, pinturas de faixas de pedestres, instalação de calçadas e redutores de velocidade em segmentos urbanos e a conscientização dos moradores da região foram sugeridas visando reduzir os riscos dos acidentes. Entretanto, outras soluções definitivas e mais onerosas, como o alargamento e duplicação da pista, teriam um efeito mais notório no aumento da segurança do trecho.

## REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, Lucinei Tavares de. **Instrumento de auditoria de segurança viária para projetos rodoviários brasileiros**. 2015. 353 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

BOTTESINI, Giovani. **Influência de medidas de segurança de trânsito no comportamento dos motoristas**. 2010. 111 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRASIL (1998). Departamento nacional de estradas de rodagem. **Guia de Redução de Acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**. 1998.

BRASIL (1999). Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Desenvolvimento tecnológico. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL (2005). Departamento nacional de infraestrutura de transportes- DNIT. Diretoria de planejamento e pesquisa. Manual de projeto de interseções. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL (2007a). Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas**. Brasília, 2007.

BRASIL (2007b). Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). **Manual brasileiro de sinalização de trânsito**. Volume II. Sinalização vertical de advertência. 218f. 1ª Edição – Brasília, 2007.

BRASIL (2009). **Nomenclatura das rodovias federais**. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/rodovias/rodovias-federais/nomenclatura-das-rodovias-federais> acesso 06 de novembro de 2018.

BRASIL (2010). Departamento nacional de infraestrutura de transportes. Diretoria Executiva. **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL (2011). Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de gerência de pavimentos**. 2011.

BRASIL (2013). **Código de Trânsito Brasileiro (CTB)**. Lei Nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília: 2013.

BRASIL (2013). Departamento nacional de estradas de rodagem. **Instruções para sinalização rodoviária** - 3ª edição, 2013.

BRASIL (2018). **Condições das rodovias – Estado: Minas Gerais / BR: 356**. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/condicoes/condicoesdrf.asp?BR=356&Estado=Minas+Gerais&DRF=6>> Acesso em 03 de novembro de 2018.

BRASIL (2018). Departamento nacional de infraestrutura de transportes. **Condições das Rodovias**. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/condicoes/condicoesdrf.asp?BR=356&Estado=Rio+de+Janeiro&DRF=7>> Acesso em 08 de junho de 2018

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Anuário CNT do transporte**. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/Rodoviario/1-1-/Principais-dados>> Acesso em: 04 de junho de 2018

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN. **Estabelece o tema e o cronograma das campanhas educativas de trânsito a serem realizadas em 2018**. Resolução Nº 722, de 06 de fevereiro de 2018

CONTRAN. **Resoluções Nº 12/98 e 62/98**. Conselho Nacional de Trânsito. Brasília. 1998.

DEARO, G. **Os 20 países com mais mortes no trânsito (e os 20 com menos)**. Disponível em: < <https://exame.abril.com.br/mundo/os-20-paises-com-mais-mortes-no-transito-e-os-20-com-menos/> > Acesso em: 04 de junho de 2018

Departamento de Polícia Rodoviária Federal. **Acidentes**. Disponível em: < <https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes> > Acesso em: 07 de outubro de 2018

DIÓGENES, M. C. **Indicadores de desempenho no gerenciamento da segurança viária**. 2004. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

EUROPEAN TRANSPORT SAFETY COUNCIL (2001). **Transport safety performance indicators**. 56f. Bruxelas, 2001.

FEDERAL HIGHWAY OF TRANSPORTATION – FHWA. **Safety Improvements on High Risk Rural Roads**. 2014

FERRAZ, C., RAIA JR., A., BEZERRA, B., BASTOS, T., EODRIGUES, K. (2012) **Segurança Viária**. São Carlos. Suprema Gráfica e Editora LTDA, 321 p.

FERREIRA, Sara Maria Pinho. **A segurança rodoviária no processo de planejamento de redes de transporte em meio urbano**. 2010. 372 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Área Metropolitana do Porto, Porto, 2010.

FREITAS, Simone Rodrigues de; BARSZCZ, Leonardo de Beltrão. **A perspectiva da mídia online sobre os acidentes entre veículos e animais em rodovias brasileiras: uma questão de segurança, desenvolvimento e meio ambiente**. Universidade Federal do Paraná, v.33, p. 261-276, abril de 2015.

GARCÍA, Daniel Sergio Presta. **Método para análise da consistência geométrica de rodovias brasileiras de pista simples**. 2008. 353 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GOOGLE MAPS. [BR-356]. 2018. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/dir/-20.3942505,-43.4363238/-20.4069578,-43.5092036/@-20.4001797,-43.4959142,13.5z/data=!4m2!4m1!3e0> >. Acesso em: 15 de setembro de 2018.

HIGHWAY CAPACITY MANUAL (2010). **Transportation Research Board**, INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras caracterização, tendências e custos para a sociedade**. Brasília, 2015.

JORGE, Maria Helena de Prado, KOIZUMI, Maria Sumie. **Acidentes de trânsito no Brasil: um atlas de sua distribuição**. ABRAMET. Associação Brasileira de Medicina de Tráfego, São Paulo, v. 26 n. 1, p. 52-58, 2008.

KER, K.; ROBERTS, I.G.; COLLIWE, T.; BEYER, F.R; BUNN, F.; FROST, C. **Post-licence driver education fot the prevention of road traffic crashes**. Cochrane Database of Systematic Reviews. n. 3, 2003.

MANTOVANI, V. R.. **Proposta de um sistema integrado de gestão em segurança do tráfego**. 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NODARI, C. T.(2003). **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. 221 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NOGUEIRA, J. A. N. (2014). **Estudo Diagnóstico do Desenvolvimento Urbano e do Sistema de Transportes da Cidade de Ouro Preto/MG: subsídios para a implantação de um teleférico**. Dissertação de mestrado, Núcleo de pesquisa e pós-graduação em Recursos Hídricos, UFOP.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA (2018). **90% dos acidentes são causados por falhas humanas, alerta observatório**. Disponível em: <http://www.onsv.org.br/90-dos-acidentes-sao-causados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio/> > Acesso em 03 de novembro de 2018.

SCHOPF, A. R.(2006). **Proposição de uma lista de verificação para revisão de segurança viária de rodovias**. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SOUZA, Márcia Lopes Rodrigues de. **Procedimento para avaliação de projetos de rodovias rurais visando a segurança viária**. 2012. 221 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

UNIVERIDADE FEDERAL DE OURO PRETO (2018). **UFOP em números**. Disponível em: < <https://ufop.br/ufop-em-numeros/> > Acesso em 15 de setembro de 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (2013). **Global Status Reporto n Road Safety**. 2013.

## APÊNDICE A – AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE TODOS OS SEGMENTOS

Índice da categoria	Trecho										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	3	3	7	3	1	1	1	1	3	3	3
3	7	7	7	7	3	1	1	3	3	3	7
4	10	10	10	7	10	10	7	7	7	7	10
5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	3	7	3	3	7	3	7	7	10	10	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	7
8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	7
9	7	7	3	3	3	3	7	3	7	10	7
10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	7
11	7	1	10	10	10	10	10	1	1	3	7
12	3	3	10	10	10	10	10	3	3	7	7
13	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
14	10	10	7	7	10	10	10	7	7	10	10
15	10	7	7	7	7	10	10	10	7	10	10
16	7	7	3	3	1	1	3	7	7	10	7
17	7	1	7	7	7	7	1	3	7	10	7
18	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10
19	3	7	3	3	1	1	3	7	7	3	3
20	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1
21	3	7	3	3	3	7	3	3	7	7	7
22	7	7	7	7	7	7	3	7	3	3	3
23	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
24	3	1	3	1	3	3	3	3	3	7	3
25	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
26	3	3	3	3	3	1	3	3	1	7	3
27	1	1	10	10	10	10	10	10	1	1	1
28	1	3	10	3	3	10	10	3	1	1	1
29	3	10	3	10	10	3	7	3	3	3	7
30	1	1	10	10	10	10	10	1	1	1	10
31	3	7	7	10	10	10	3	1	3	1	3
32	1	1	10	10	10	10	10	10	1	3	10
33	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
34	10	7	10	10	10	10	3	1	3	1	7

Certifico que o aluno Lucas Moreira Araújo, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado "AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SEGURANÇA POTENCIAL: BR-356, TRECHO ENTRE OURO PRETO E MARIANA" efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



---

Marina Bedeschi Dutra Almeida

Ouro Preto, 19 de dezembro de 2018