

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**Rafael da Silva Ahmann**

**RODOVIA PEDAGIADA ERS-239 (NOVO HAMBURGO-  
SAPIRANGA): AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE  
SEGURANÇA VIÁRIA E SUGESTÃO DE MELHORIAS**

Avaliador:
Defesa: dia __/__/2016 às _____ horas
Local: UFRGS / Engenharia Nova Oswaldo Aranha, 99. Auditório 500
<b>Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem- vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.</b>

Porto Alegre

junho 2016

**RAFAEL DA SILVA AHMANN**

**RODOVIA PEDAGIADA ERS-239 (NOVO HAMBURGO-  
SAPIRANGA): AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE  
SEGURANÇA VIÁRIA E SUGESTÃO DE MELHORIAS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheiro Civil

**Orientador: Luiz Afonso dos Santos Senna**

Porto Alegre  
junho 2016



**RAFAEL DA SILVA AHMANN**

**RODOVIA PEDAGIADA ERS-239 (NOVO HAMBURGO-SAPIRANGA): AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA VIÁRIA E SUGESTÃO DE MELHORIAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenador(a) da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, junho de 2016

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna  
PhD pela University of Leeds  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Christine Tessele Nodari (UFRGS)**  
Dra. pela UFRGS

**Profa. Luiz Afonso dos Santos Senna (UFRGS)**  
PhD. pela University of Leeds

**Prof. Fernando Dutra Michel (UFRGS)**  
Ms. pela PUC-Rio

**Profa. Fernanda David Weber (UFPeI)**  
Dra. pela UFRGS

Dedico este trabalho a minha esposa Charline, e a minha filha Rafaela, que abdicaram de muitos momentos juntos para que este trabalho se concretizasse.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna, orientador deste trabalho, pela paciência na orientação e incentivos que tornaram possível a realização deste trabalho.

Às mulheres da minha vida, Gisele da Silva (Mãe), Romalda Dresch (Vó), Ana Paula Altenhofen (Irmã), Charline Pinheiro (Esposa) e Rafaela Pinheiro Ahmann (Filha). Isto tudo, é por vocês.

Ao Luciel, nosso querido amigo e colega de Engenharia, que Deus levou para perto dele cedo demais. Obrigado pela amizade.

Ao meu sócio na Holdprint Sistemas, Ederson Birkheuer, por me auxiliar na inspeção da rodovia.

À professora Christine Tessele Nodali, por ser uma inspiração durante toda realização deste trabalho.

À todos meus mestres que com toda maestria me ensinaram a ser o profissional de hoje.

E a todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado

Os loucos que acham que podem mudar o mundo, são os  
que efetivamente o fazem.

*Steve Jobs*

## **RESUMO**

O crescente aumento do volume de tráfego, aliado a falta de planejamento adequado têm ceifado a cada dia inúmeras vidas nas estradas. A ERS-239 localizada no estado do Rio Grande do Sul, assim como outras rodovias do estado, sofrem com a falta de segurança viária aumentando as estatísticas de acidentes diariamente. Um estudo direcionado a mitigar as deficiências na via tornam assertivas as medidas a serem realizadas no que tange a segurança aos usuários. Assim, este trabalho objetivou-se em avaliar as condições de segurança nesta rodovia, no trecho que liga as cidades de Novo Hamburgo a Sapiranga. O resultado da avaliação foi uma classificação dos 18 quilômetros de análise, analisando se o trecho é seguro para seus usuários, ou não. Esta avaliação utilizou uma classificação por notas, variando de 1 a 10, para 34 quesitos julgados fundamentais para segurança, sendo o valor mais baixo o mais inseguro, e o mais alto, o mais seguro. Na apresentação dos resultados, pode-se identificar a relação entre o índice de segurança avaliado no trecho, e as estatísticas de acidentes ocorridos nos últimos anos, apresentando um quadro dos trechos críticos, tanto em demandas proativas como reativas, ilustrando o grande volume de acidentes que o trecho absorve, bem como entender a real capacidade de investimento da empresa que administra o trecho e identificar se os seus investimentos são assertivos quanto a real necessidade de intervenções. Por fim, foi apresentado melhorias que a administradora poderia realizar, visando o aumento das condições de segurança viária aos usuários do trecho.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma indicativo das etapas da pesquisa.....	16
Figura 2 – Combinações entre fatores contribuintes ao acidente viário .....	20
Figura 3 – Tipos de desníveis no Special Report 214 .....	25
Figura 4 – Exemplo de superlargura obtida por alargamento simétrico da pista .....	26
Figura 5 – Variação da seção da pista na implantação de superelevação .....	27
Figura 6 – Tangentes longas concordadas com curvas de raio pequeno .....	29
Figura 7 – Curvas de raio longo concordadas com tangentes curtas .....	29
Figura 8 – Combinação de curvas horizontais e verticais que devem ser evitadas .....	30
Figura 9 – Representação esquemática do desenvolvimento do método de avaliação da segurança viária .....	39
Figura 10 – Exemplo de questão .....	41
Figura 11 – Níveis médios de influência atribuídos às características pesquisadas pelos grupos entrevistados .....	42
Figura 12 – Mapa de localização e indicação de trecho de estudo .....	56
Figura 13 – Fluxo de veículos por categoria na ERS-239 .....	57
Figura 14 – Evolução do Volume médio/mês de tráfego .....	58
Figura 15 – Variação ISP ao longo do trecho .....	60
Figura 16 – Análise ISP Macro-Categoria Trecho Crítico KM17 .....	61
Figura 17 – Análise ISP Macro-Categoria Trecho Crítico KM18 .....	62
Figura 18 – Análise ISP Macro-Categoria Trecho Crítico KM19 .....	62
Figura 19 – Total de acidentes por KM entre 2010 a 2015 .....	63
Figura 20 – Trechos com Acidentes acima da média .....	64
Figura 21 – Evolução do Total de Acidentes .....	65
Figura 22 – Evolução dos Acidentes com Feridos .....	65
Figura 23 – Evolução dos Acidentes Fatais .....	66
Figura 24 – Evolução da Taxa de Acidentes .....	67
Figura 25 – Valores arrecadados e desembolsados pela EGR em 2014, 2015 e 2016 .....	70
Figura 26 – Número de mortes por quilômetro .....	71
Figura 27 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 1 .....	73
Figura 28 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 2 .....	73
Figura 29 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 3 .....	74
Figura 30 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 4 .....	74
Figura 31 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 5 .....	75

Figura 32 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 6 .....	75
Figura 33 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 7 .....	76
Figura 34 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 8 .....	76
Figura 35 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 9 .....	77
Figura 36 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 10 .....	77
Figura 37 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 11 .....	78
Figura 38 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 12 .....	78
Figura 39 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 13 .....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais métodos e procedimentos de avaliação da segurança viária .....	38
Quadro 2 – Características físicas da rodovia consideradas relevantes .....	40
Quadro 3 – ISP parciais avaliadas em cada segmento .....	44
Quadro 4 – Escala semântica e de cores dos ISPs .....	47
Quadro 5 – Descrição genérica dos 4 níveis de notas associados às condições das características físicas inspecionadas na via .....	48
Quadro 6 – Gabarito de notas .....	49
Quadro 7 – Planilha de inspeção .....	51



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Impacto no número de acidentes em função da deficiência na superelevação	28
Tabela 2 – Pesos relativos das características da via .....	43
Tabela 3 – Perfil de segurança ISP do trecho avaliado .....	59
Tabela 4 – Relação entre Estatísticas de Acidentes e ISPs obtidos .....	68
Tabela 5 – Análise combinada de índices Proativos e Reativos .....	69

## **LISTA DE SIGLAS**

ASV – Auditorias de Segurança Viária

EGR – Empresa Gaúcha de Rodovias

ERS – Estrada Rio Grande do Sul

FHWA – Federal Highway Administration

ISP – Índice de Segurança Potencial

PEO – Professional Engineers of Ontario

## LISTA DE SÍMBOLOS

$i$  – características que compõem macro-categoria;

$ISP_{cur}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (curvas);

$ISP_{el.g.}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (elementos gerais);

$ISP_{global}$  – índice de segurança potencial global;

$ISP_{global/segm}$  – indica as condições globais de segurança potencial por segmento;

$ISP_{int}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (interseções);

$ISP_{lat}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (laterais da via);

$ISP_{lon}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (elementos longitudinais);

$ISP_{parcial/segm}$  – índice de segurança potencial parcial de um segmento (referente a cada uma das 9 macro-categorias);

$ISP_{segm}$  – índice de segurança potencial dos segmentos que compõem o trecho avaliado;

$ISP_{sin}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (sinalização vertical e horizontal);

$ISP_{sup}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (superfície do pavimento);

$ISP_{tran}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (elementos da seção transversal);

$ISP_{trecho}$  – índice de segurança potencial do trecho avaliado (composto por  $n$  segmentos);

$ISP_{vul}$  – índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (usuários vulneráveis);

$n$  – número de segmentos que compõem o trecho avaliado;

$n_i$  – nota da característica  $i$  resultante da inspeção em campo;

$p_i$  – peso relativo da característica  $i$  dentro de cada macro-categoria.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	14
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	14
2.2.1 Objetivo principal .....	14
2.2.2 Objetivos secundários .....	14
2.3 PREMISSA .....	15
2.4 DELIMITAÇÕES .....	15
2.5 LIMITAÇÕES .....	15
2.6 DELINEAMENTO .....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
3.1 SEGURANÇA VIÁRIA E ACIDENTES DE TRÂNSITO .....	18
3.1.1 Considerações iniciais .....	18
3.1.2 Conceitos de causa de acidentes viários .....	19
3.1.3 Componentes dos acidentes viários .....	19
3.1.4 Medidas para segurança viária .....	20
3.2 A INTERFERÊNCIA DAS CONDIÇÕES E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA VIA NA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES .....	21
3.2.1 Buracos na pista .....	22
3.2.2 Resistência a derrapagem .....	23
3.2.3 Formação de espelhos d'água .....	23
3.2.4 Desnível entre faixa de rolamento e acostamento .....	24
3.2.5 Curvas horizontais .....	25
3.2.6 Superlargura .....	25
3.2.7 Superelevação .....	26
3.2.8 Tortuosidade .....	28
3.2.9 Combinação entre alinhamento horizontal e vertical .....	29
3.2.10 Faixas adicionais e canalizações nas interseções .....	30
3.2.11 Iluminação artificial nas interseções .....	31
3.2.12 Linhas demarcadoras na faixa de rolamento .....	31
3.2.13 Placas de advertência, regulamentação e indicativas .....	32
3.2.14 Balizadores .....	33
3.2.15 Rampas .....	33

<b>3.2.16 Distância de visibilidade em curvas horizontais, verticais e interseções .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.17 Larguras das faixas e acostamentos .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.18 Acostamentos pavimentados .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.19 Taludes .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.20 Tráfego de ciclistas/peDESTRES nas adjacências da rodovia ao longo dos trechos urbanos .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.21 Elementos perigosos ao longo da rodovia .....</b>	<b>36</b>
<b>3.2.22 Comércio e propriedades lindeiros .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3 O MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.1 Módulo de estimação da segurança .....</b>	<b>39</b>
3.3.1.1 Identificação das principais características que influenciam a segurança viária ..	40
3.3.1.2 Ponderação das características .....	41
3.3.1.3 Formulação do índice .....	43
<b>3.3.2 Elaboração dos procedimentos de inspeção .....</b>	<b>47</b>
3.3.2.1 Comprimento dos segmentos e escala de notas .....	47
3.3.2.2 O procedimento de inspeção .....	48
<b>4 MÉTODO DE ANÁLISE POR ÍNDICES PROATIVOS E REATIVOS .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 ÍNDICES PRÓATIVOS .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1.1 O ISP .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1.2 Inspeção por filmagem comentada .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 ÍNDICES REATIVOS .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS TRECHOS CRÍTICOS .....</b>	<b>53</b>
<b>5 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1 CARACTERÍSTICAS DA ERS-239 .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1.1 Mapa e localização do trecho .....</b>	<b>55</b>
<b>5.1.2 Volumes e categorias de tráfego .....</b>	<b>57</b>
<b>5.1.3 Importância do trecho .....</b>	<b>58</b>
<b>5.2 OBTENÇÃO DO ISP .....</b>	<b>58</b>
<b>5.3 ANÁLISE DOS ISP OBTIDOS .....</b>	<b>60</b>
<b>5.4 ANÁLISE DE DADOS ESTATÍSTICOS DOS ACIDENTES NA VIA.....</b>	<b>63</b>
<b>5.5 TRECHOS CRÍTICOS PERANTE OS ISPs OBTIDOS E AS ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES .....</b>	<b>67</b>
<b>5.6 ANÁLISE DOS INVESTIMENTOS FEITOS PELA EGR NO TRECHO .....</b>	<b>69</b>
<b>6 SUGESTÃO DE MELHORIAS .....</b>	<b>71</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>80</b>

REFERÊNCIAS .....	82
Anexo A .....	84





## 1 INTRODUÇÃO

O grande crescimento das áreas urbanas, aliado ao baixo investimento em conservação, tem resultado em grande impacto negativo na segurança das estradas brasileiras. As estatísticas nos levam a aprimorar os estudos com o intuito de encontrar alternativas que possam contornar este cenário.

O Rio Grande do Sul, por exemplo, possui uma extensa área territorial, contudo, um ínfimo poder de investimento na manutenção de suas estradas. Com o propósito de mitigar esse problema, os governantes procuram soluções de baixo custo, entre elas conceder rodovias à iniciativa privada, como é o caso da ERS-239, uma rodovia estadual, que liga a BR-116 à Serra e ao litoral gaúcho, que são fortes polos geradores de tráfego.

Somado a isso, muitas empresas instalaram-se no trecho entre Novo Hamburgo e Sapiranga (dentre elas: transportadoras, madeireiras, indústrias químicas, etc.) ocasionando forte acréscimo na demanda de veículos de carga. No mesmo trecho, uma universidade de grande porte instalou seu principal Campus às margens da rodovia, gerando grande fluxo de coletivos e veículos de passeio.

Em 2013, a administração da rodovia foi entregue a Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR), onde a mesma assumiu a responsabilidade de administrar, manter e garantir as condições de usabilidade e segurança no trecho. Sua gestão tem sofrido vários protestos pela comunidade, criando inúmeros impasses entre usuários, prefeituras e contribuintes. Muitos desses, demandando intervenção do Ministério Público perante o judiciário com o intuito de garantir que a arrecadação na praça de cobrança, seja destinado exclusivamente a investimentos na rodovia de arrecadação.

Com base nestes fatores, o presente trabalho fará uma análise das reais condições de segurança viária no trecho, a fim de apresentar ao usuário com o que irá se deparar ao transitar na rodovia.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: como estão as condições de segurança viária na ERS-239 no trecho entre Novo Hamburgo e Sapiranga, levando em consideração as características físicas da rodovia?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal do trabalho é identificar na rodovia ERS-239 entre Novo Hamburgo e Sapiranga como estão as condições de segurança viária no trecho, levando em consideração as características físicas da rodovia.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) apresentar melhorias ao trecho para aumentar as condições de segurança viária, com base em indicadores proativos e reativos;
- b) relacionar as condições de segurança viária identificadas com as estatísticas de acidentes da via

## 2.3 PREMISSA

É premissa deste trabalho que, as condições viário-ambiental explicam parte das condições de segurança no trecho, e que indicadores proativos e reativos fornecem parâmetros para análise das condições da via e sugestão de melhorias.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a analisar a segurança viária na ERS-239 no trecho entre Novo Hamburgo e Sapiranga no estado do Rio Grande do Sul.

## 2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

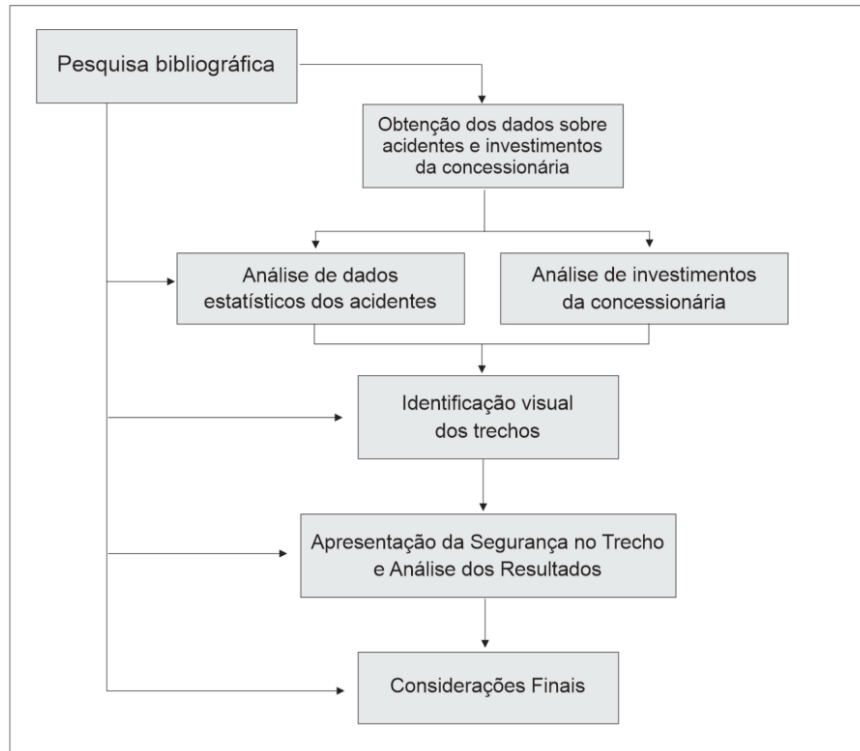
- a) as estatísticas de acidentes utilizadas somente no período de 2010 a 2015;
- b) os investimentos analisados somente da administração atual, que é feita pela EGR, sem levar em consideração os investimentos da administradora anterior;
- c) a análise de trechos foi realizada com dados visuais mediante levantamento *in loco*, não considerando dados de projeto.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) obtenção dos dados sobre acidentes e investimentos da EGR;
- c) análise de dados estatísticos dos acidentes;
- d) análise de investimentos da EGR;
- e) identificação visual dos trechos críticos;
- f) Apresentação da segurança no trecho e análise dos resultados;
- g) considerações finais.

Figura 1: Fluxograma indicativo das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

Além de ser a etapa inicial do trabalho, a revisão bibliográfica estará presente em todas as demais etapas. Para isto, serão utilizados recursos variados, como livros sobre segurança viária, manuais de órgãos competentes que normatizam os requisitos mínimos que devem estar presentes nas estradas e rodovias, tendo como objetivo agregar o maior número de embasamento técnico afim de efetuar um estudo de maior qualidade.

Para que se consiga identificar os pontos mais críticos quanto aos acidentes viários e posteriormente relacionar com a análise da segurança viária feita *in loco*, foi obtido junto aos órgãos responsáveis por catalogar as estatísticas da via em estudo, os dados que relatam os incidentes no trecho. Concomitantemente, foi solicitado a Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR), seus respectivos investimentos a fim de elaborar estudo e classificação dos valores investidos no trecho

Na análise e estatística dos dados dos acidentes foram levantados, discretizados e classificados os dados estatísticos fornecidos pelo Comando Rodoviário da Brigada Militar do Estado do Rio Grande do Sul referentes aos acidentes no trecho, separando-os por quilômetro, tipo, natureza

e volume. O objetivo desta etapa foi identificar dentro do trecho de estudo, os pontos críticos em termos de volume de incidentes e gravidade.

O objetivo principal da etapa de análise dos dados de investimentos feitos pela Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR) no trecho, em estudo, foi de classificar as informações que servirão como base para identificar se a empresa está reinvestindo na rodovia todo valor que tem arrecadado e se esta arrecadação não está sendo direcionada para outras estradas e órgãos.

Na etapa de identificação visual dos trechos será feita a inspeção da rodovia *in loco*. Identificando as condições do pavimento, sinalização horizontal e vertical, superelevações, passarelas, atenuadores de impacto, etc. Este material será a base de dados para a etapa de identificação e classificação da segurança viária no trecho.

Com base nas inspeções feitas na via, foi apresentado, quilômetro a quilômetro a segurança viária no trecho em estudo, usando mão de toda a literatura necessária para a classificação correta quanto aos aspectos que mais interferem na segurança viária. Após a apresentação da segurança, será feita uma análise dos dados obtidos, correlacionado as estatísticas dos acidentes no trecho. É válido salientar que esta correlação entre a segurança viária obtida pela inspeção visual no trecho, e as estatísticas de acidentes, foi realizada apenas com o objetivo de apresentar que alguns quilômetros com baixa segurança viária, podem ser os que também possuem o maior índice de acidentes, contudo, os modelos de análise de segurança viária não são um previsor de acidentes, apenas um indicador das condições da via.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Na busca minuciosa por encontrar e atribuir uma causa única para os acidentes viários, raríssimos são os casos que se identifica uma causa única. Na prática, os acidentes são o resultado da soma de diversos fatores, sendo esses causais ou contribuintes (NODARI, 2003, p. 8).

Com o objetivo de adquirir um referencial teórico sobre o tema, usou-se mão de vastos recursos disponíveis, como livros, manuais, *sites*, teses e dissertações relacionadas a segurança viária e análise de condições de via. A seguir apresenta-se um resumo sobre as principais informações obtidas.

#### **3.1 SEGURANÇA VIÁRIA E ACIDENTES DE TRÂNSITO**

Visando compreender os fenômenos do acidente viário, abaixo breve descrição sobre os componentes de um acidente e medidas para adoção da segurança viária.

##### **3.1.1 Considerações iniciais**

Em sua grande maioria, afirma Branco (1999, p. 18), a causa do acidente viário é a falha humana. Nos Estados Unidos, cerca de 85% dos acidentes rodoviários são oriundos dessas falhas, no Brasil, os números se assemelham, mas é sabido que uma estrada bem projetada, sinalizada e operada pode reduzir significativamente as imperícias causadas pelos motoristas em decorrência da falta de orientação adequada.

Neste capítulo, com base em diversas literaturas, serão apresentados os fatores que influenciam a ocorrência de acidentes com enfoque principal no componente viário-ambiental, levando em consideração aspectos como riscos presentes no tráfego, além de analisar como o motorista reage perante as condições físicas da via e de que forma pode-se facilitar a utilização da mesma ao usuário.

### 3.1.2 Conceitos de causa de acidentes viários

Embora existam inúmeras teorias que buscam explicar os motivos causais dos acidentes, nenhuma delas efetivamente é capaz de dar suporte e explicação científica completa para os acidentes. Possivelmente, todas elas possuem dentro de suas teorias, elementos de verdade, como, por exemplo, que acidentes são até certo ponto aleatórios, que algumas pessoas possuem maior tendência a se envolverem em acidentes que as demais, e que acidentes são eventos especificamente multicausais, frutos de arranjos deficientes dos componentes viários. (SCHOPF, 2006, p. 20)

### 3.1.3 Componentes dos acidentes viários

Conforme mencionado anteriormente, acredita-se que os acidentes não estão atribuídos especificamente a um único fator, mas uma soma deles, fatores estes que podem ser classificados em três macro categorias denominadas de componentes do acidente. Em sua grande maioria, os acidentes poderão ser categorizados nos componentes: componente humano, componente veicular e componente viário-ambiental.

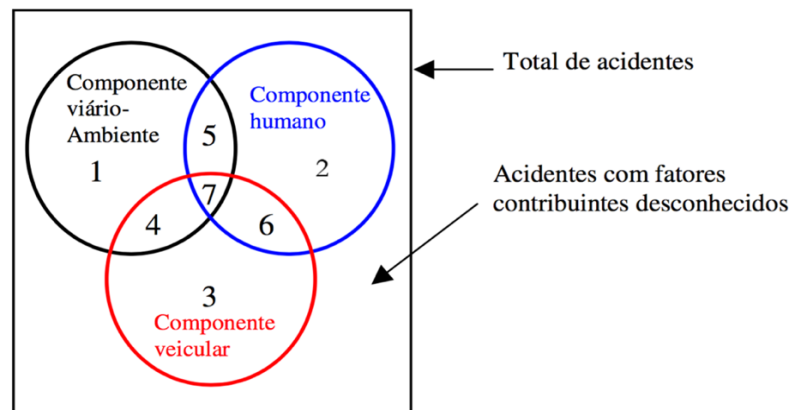
Dentre os fatores contribuintes atribuídos ao componente humano, destaca-se o uso do álcool, manobras arriscadas e abuso de velocidade. Ao componente veicular, destaca-se características intrínsecas do veículo, como as condições dos freios e pneus. Na categoria de fatores contribuintes viário-ambiental, atribui-se as características geométricas da rodovia, efeitos climáticos como chuva, neblina e luminosidade (NODARI, 2003, p. 8).

De acordo com Nodari (2003, p. 9):

Existem acidentes nos quais os fatores contribuintes estão associados a um único componente, como aqueles representados pelos números 1, 2 e 3. Porém, normalmente, os acidentes resultam da interação de dois ou mais fatores, pertencentes a dois componentes distintos. Esse é o caso dos acidentes representados pelos números 4, 5 e 6. O número 7 representa os acidentes onde estão presentes fatores contribuintes referentes aos três componentes. Existem, ainda, aqueles acidentes para os quais não é possível identificar os fatores contribuintes, representados pela área externa aos três círculos dos componentes do acidente.

Na figura 2, pode-se observar combinações entre os fatores contribuintes dos acidentes viários e seus respectivos enquadramentos.

Figura 2 – Combinações dos fatores contribuintes ao acidente viário



(fonte: NODARI, 2003, p. 8)

### 3.1.4 Medidas para segurança viária

Um programa efetivo que vá ao encontro da segurança viária, segundo Branco (1999, p. 14), é diretamente ligado a consciência da população. Sem o devido conhecimento dos riscos e das causas dos acidentes as pessoas não contribuem para a diminuição dos acidentes.

Contudo, esta mentalidade de segurança não surte efeito único e exclusivo por meio de ensinamentos, cujos quais até em muitos casos são incorporados pela população como sendo uma forma de complicar a vida das pessoas, oprimi-las. A forma mais eficiente de levar a conscientização de forma ampla é levá-las às praticas cotidianas de segurança (BRANCO, 1999, p. 14).

É sabido que os acidentes possuem características de natureza complexa, onde os mesmos podem ser fruto simultaneamente de vários componentes, como humano, viário-ambiental e veicular. Mesmo que diversas literaturas apontem para a grande relevância que o comportamento humano tem, é de grande importância avaliar os aspectos relacionados ao veiculo e à via para se diagnosticar e encontrar resultados mais efetivos na busca pela melhoria efetiva das condições de segurança (TAMAYO, 2010, p. 27).

Sabido que o componente humano não é exclusivo e isolado, embora grande responsável, alguns elementos mais correntes na prevenção de acidentes que devem ser indicados aos motoristas são destacados por Branco (1999, p. 14):

- a) a distância que ele deve manter entre o seu carro e o da frente, em cada velocidade;
- b) a perda parcial de segurança e de acuidade visual nas intempéries;



- c) os riscos de acidente em estradas mal sinalizadas, de pista única e onde transitam pedestres;
- d) a perda de velocidade de reação física quando dirige em estado de sonolência, alcoolismo ou estafa;
- e) os riscos de dirigir sob efeito de medicamentos para não dormir. (Há registro de motoristas que chegam a dirigir por 32 horas, sob efeito de drogas);
- f) os riscos de dirigir o veículo sem adequada manutenção, com freios deficientes, pneus gastos, limpadores de para-brisas enguiçados, lâmpadas queimadas, excesso de fumaça e de ruído;
- g) a relação existente entre o acréscimo de velocidade imprimido ao veículo e a crescente elevação do risco de acidente;
- h) os inconvenientes de atirar detritos na pista.

Concluindo, as medidas empregadas para a melhoria da segurança viária, juntamente com o fator viário-ambiental, têm sido predominantemente reativas. No entanto, mesmo estas ações possuem uma necessidade urgente frente às trágicas estatísticas de acidentes e mortes nas estradas e rodovias rurais e urbanas por todo o território brasileiro. Reforça-se que seja através de medidas preventivas que os avanços mais relevantes sejam encontrados para a melhoria da segurança viária nas estradas (SCHOPF, 2006, p. 24).

### 3.2 A INTERFERÊNCIA DAS CONDIÇÕES E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA VIA NA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES

O conhecimento adquirido em relação as características da via e sua efetiva contribuição na segurança viária ainda é significativamente limitado. Infelizmente, a relação entre as características da via e a segurança não possuem o mesmo nível de conhecimento e exatidão que costumeiramente se tem onde a condução de experimentos é viável (PEO<sup>1</sup>, 2002 apud NODARI, 2003, p. 27). Contudo, certas características possuem de forma clara sua influência na segurança, mas as proporções que estas influenciam ainda não foram dimensionadas. Somado a isto, há características que não possuem de forma evidente uma relação com a

---

<sup>1</sup> PEO. PROFESSIONAL ENGINEERS ONTARIO. Report of the highway 407 safety. Review Committee. Disponível em: <<http://www.peo.on.ca>>. Acesso em: março de 2002.

ocorrência de acidentes, sendo assim, não se viabiliza a possibilidade de determinar se existem acréscimos ou decréscimos nas condições de segurança da via (NODARI, 2003, p. 28).

Segundo *Transportation Research Board* (1987, p. 78), as características geométricas da via afetam de maneira diferente a segurança da via, interferindo:

- a) na capacidade de ser garantido controle do veículo pelo motorista, e identificar características e situações perigosas;
- b) na abertura para situações de conflitos, com relação ao tipo e a quantidade;
- c) no resultado de uma saída de pista de um veículo desgovernado;
- d) na atenção e atitudes dos usuários.

Por fim, será elencada uma revisão sobre cada característica e condição da via que possa interferir na segurança viária dos veículos envolvidos, identificando critérios teóricos para interpretação dos trechos críticos da via em estudo.

### **3.2.1 Buracos na pista**

Em pistas pavimentadas, os buracos são oriundos das infiltrações da água da chuva por meio do revestimento da via, que, somados às ações do tráfego, geram a degradação do pavimento. Estudos direcionados aos efeitos ocasionados à presença de buracos e ondulações na pista são corriqueiros, contudo, sua interferência tem se concentrada mais na questão do prejuízo econômico do que efetivamente na questão de prejuízo a segurança viária (NODARI, 2003, p. 29).

Um estudo australiano, citado por Nodari (2003, p. 23) afirma que cerca de 10% dos acidentes envolvendo caminhões foram provocados pela perda do controle devido à presença de buracos na pista, sendo que buracos e ondulações em pavimentos podem causar capotamento e/ou deslocamento de carga nos mesmos.

Nodari (2003, p. 23) afirma também que:

O recapeamento de rodovias é uma medida que preserva a estrutura do pavimento e melhora a qualidade da viagem, uma vez que reduz ou elimina defeitos como ondulações e buracos. Portanto, a recapeamento proporciona um ganho de qualidade na condução do veículo. Por outro lado, em consequência desse ganho de qualidade na condução do veículo, o motorista se sente apto a desenvolver maiores velocidades, o que é, na maioria das vezes, prejudicial à segurança.

### 3.2.2 Resistência à derrapagem

Precisa-se garantir um nível de fricção entre o pavimento e os pneus do veículo a fim de assegurar a realização de manobras necessárias de forma segura. Índices insuficientes de fricção entre o pneu e o pavimento, podem resultar acidentes por derrapagem, uma vez que os mesmos afetam significativamente a dirigibilidade e a capacidade de frenagem do veículo. Em interseções com pavimento molhado, além de outras situações, a derrapagem é um fator contribuinte presente em diversos acidentes (NODARI, 2003, p.30).

Tamayo (2010, p. 43) afirma que “Os acidentes mais comuns causados pela derrapagem dos veículos são as colisões traseiras e transversais em interseções e as saídas de pista nas curvas horizontais.”, complementando, Nodari (2003, p. 31) afirma que “[...] estudos verificaram reduções de 25 a 54% no número total de acidentes. Considerando apenas os acidentes com pavimento molhado os percentuais de redução de acidentes são ainda mais expressivos, variando de 47 a 83%.”.

### 3.2.3 Formação de espelhos d'água

A fim de suportar os efeitos climáticos, oriundos do mau tempo, o pavimento necessita resistir ao desgaste, permitir o escoamento das águas (drenagem), procurar não causar desgaste excessivo dos pneus e ruídos altos, permitir um deslocamento suave, além de boa resistência a derrapagens. Dentro do nível de atendimento a estes fatores, caracteriza a segurança da via e a resistência a derrapagem têm destaque importante (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2010, p. 40).

Quanto a interação entre os pneus e o pavimento, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2010, p. 40), reforça que:

Praticamente todos os pavimentos secos provêm atrito suficiente para o movimento seguro dos carros. No entanto, quando os pavimentos têm características inferiores de resistência à derrapagem, uma camada de 0,02 mm de água pode reduzir em 75% o atrito entre os pneus e o pavimento. Essa camada pode ser atingida com uma chuva de 0,20 mm, durante uma hora. Os pavimentos devem ser projetados e conservados, de modo que permitam o fluxo de água para fora da sua superfície e que mantenham coeficiente de atrito adequado durante sua vida útil.

Nas rodovias, a formação de lamina d'água e poças, podem resultar na ocorrência de hidroplanagem dos veículos, a mesma ocorre nos casos em que o veículo perde a aderência necessário sobre o pavimento devido a presença de um filme de água. Corriqueiramente este problema se torna mais frequente quando os veículos estão em grande velocidade e o estado do pavimento apresenta desgaste (OGDEN<sup>2</sup>, 1996 apud NODARI, 2003, p. 31).

### **3.2.4 Desnível entre faixa de rolamento e acostamento**

Aproximadamente 60% de todos os acidentes fatais em áreas rurais envolvem apenas um veículo, sendo que 70% destes aconteceram com veículos que abandonaram a pista de rolamento e capotam ou batem um algum objeto fixo. Os motivos pelos quais acontecem estas saídas variam; a maioria não é intencional e é fruto de erros dos motoristas, como o excesso de velocidade, fadiga, sono, falta de atenção, irresponsabilidade ao atuar, influencia de álcool ou drogas ou combinações destas causas. Contudo, em alguns casos, as saídas são intencionadas, como para desviar de algum objeto derrubado na rodovia ou evitar a colisão com veículo em sentido contrário. Por qualquer que seja o motivo, sempre que o motorista sai da pista de rolamento estará exposto a uma situação perigosa (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2010, p. 40).

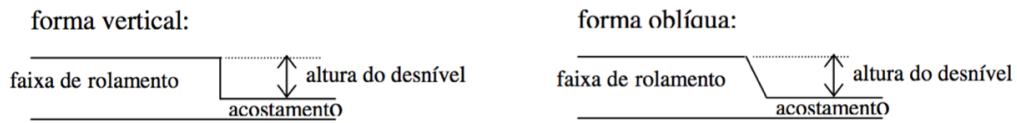
Em um estudo norte-americano citado por Nodari (2003, p. 32) que mediu a frequência com que os motoristas conseguem retornar à faixa de rolagem em dois tipos de desníveis, ilustrados na figura 3, conclui que:

[...] quanto maior a velocidade do veículo, maior é a dificuldade de uma retomada de controle bem sucedida. O desnível de 7,6 cm não impediu a retomada do controle de veículos grandes de passageiros, trafegando a 50 km/h. No teste com veículos pequenos, o mesmo desnível de 7,6 cm não impediu a retomada do controle de veículos para velocidades de até 40 km/h. Nos testes realizados com o desnível vertical de 11,4 cm, a manobra de retomada de controle não foi realizada com sucesso nas velocidades testadas. Os testes também mostraram que os desníveis oblíquos oferecem melhores chances de retomada de controle do veículo.

---

<sup>2</sup> OGDEN, K.W. Safer roads: a guide to road safety engineering. Ashgate Publishing limited, University Press, Cambridge, 1996. 516p.

Figura 3 – Tipos de desníveis estudados



(fonte: NODARI, 2003, p. 32)

### 3.2.5 Curvas horizontais

A fim de oferecer segurança e comodidade à circulação dos motoristas, as características do traçado da via em planta e em perfil são fundamentais. Caso seja adotado traçado em planta sinuoso demais, com uma elevada ocorrência de curvas horizontais, ou com inflexões com raios de curvatura pequenos, o esforço e a habilidade do motorista serão requisitados em excesso, colocando os mesmos em *stress* contínuo. Uma situação similar pode ser encontrada em um traçado de perfil irregular, com terreno que se assenta em terreno ondulado (TAMAYO, 2010, p. 31).

Em um estudo citado por Nodari (2003, p. 33), identificou-se os fatores que relacionam as curvas horizontais e os acidentes, constatou-se que o percentual de caminhões e as características de projeto da curva influenciam a ocorrência de acidentes em curvas horizontais. Acredita-se que o grau de curvatura, que é relacionado ao raio da curva, possui papel fundamental na influência potencial na ocorrência de acidentes.

Segundo Souza (2012, p. 70):

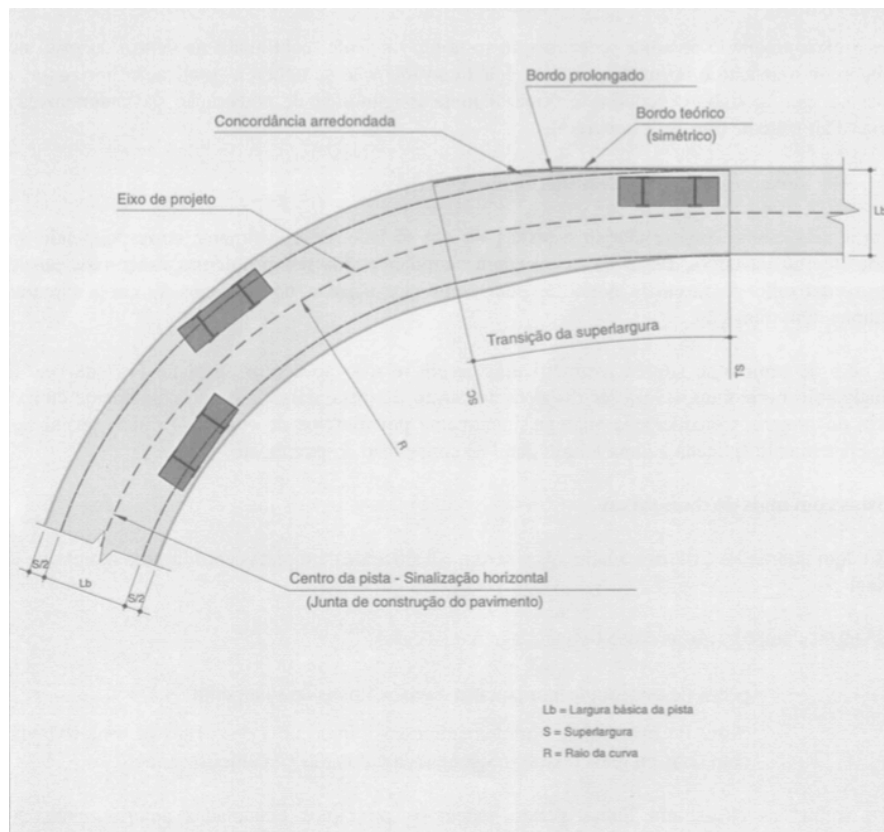
Em um projeto de interseção, devem-se considerar vários aspectos ao adotar um tipo ou outro de curva. Os aspectos estão relacionados com a segurança dos pedestres, o ângulo de giro (quanto menor o ângulo, maior o raio, e vice-versa), os veículos (tipo, volume e a velocidade dos veículos); e os custos das desapropriações (raios maiores aumentam o custo das desapropriações).

### 3.2.6 Superlargura

Para a determinação da largura de uma rodovia, utiliza-se a função das larguras máximas dos veículos que a utilizarão e de suas respectivas velocidades. Esta largura é determinada somando as larguras máximas dos veículos, e a distância entre os mesmos, necessária por questões de segurança, bem como as distâncias entre o veículo e o bordo do pavimento, conforme ilustra a figura 4.

Devido ao fato de o veículo ser rígido, quanto se está em uma curva, o mesmo não pode acompanhá-la, logo, deve-se aumentar a largura da pista para que permaneça a distância mínima entre os veículos que existiam no trecho reto. Somado a isto, está a dificuldade de percepção da distância de segurança que os motoristas possuem em curvas, com isto, se reforça o uso de superlargura (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODOVIAS, 1999, p. 73).

Figura 4 – exemplo de superlargura obtida por alargamento simétrico da pista



(fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1999, p. 84)

### 3.2.7 Superelevação

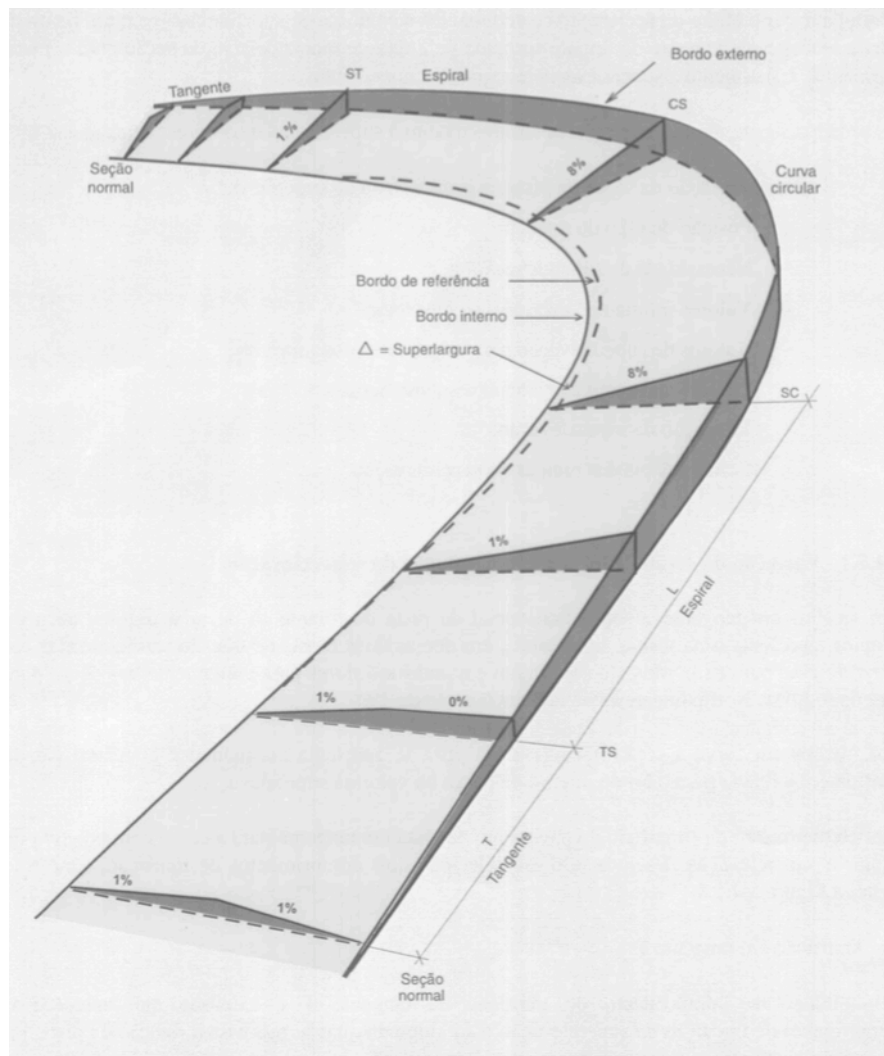
Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1999, p. 91) as superelevações são inclinações em relação ao plano horizontal em curvas acentuadas, com o objetivo de contrabalancear o efeito da aceleração centrífuga. Dentre seus critérios básicos a serem estabelecidos são:

- a) variação da seção da pista na implantação da superelevação;
- b) posição do eixo de rotação
- c) valores mínimos e máximos a considerar

- d) valores de superelevação para raios acima dos mínimos;
- e) valores de superelevação nas restaurações de rodovias;
- f) transição de superelevação;
- g) concordância das rampas de superelevação.

A figura 5 ilustra o traçado de projeto para uma superelevação.

Figura 5 – variação da seção da pista na implantação de superelevação



(fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1999, p. 92)

Na ocorrência de acidentes, a influência da superelevação é amplamente discutida e pesquisada. Como resultado, identificou-se que locais com deficiência em superelevação, a frequência de

acidentes é maior às que possuem superelevação adequada (FITZPATRICK<sup>3</sup> et. al., 2000 apud NODARI, 2003, p. 38).

A tabela 1 demonstra os impactos na frequência dos acidentes em trechos de curva com superelevação deficiente em comparação com superelevação adequada.

Tabela 1 – Impacto no número de acidentes em função da deficiência na superelevação

Deficiência na superlargura	Fator de modificação de acidentes
0	1,00
1%	1,00
2%	1,06
3%	1,09
4%	1,12

(fonte: adaptação de FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2000, p. 39)

Considerando uma curva com superelevação real de 3%, quando a recomendada pelas normas seja de 7%, o fator de modificação dos acidentes será de 1,12, isto significa que devam ocorrer aproximadamente 12% mais acidentes devido à deficiência na superelevação.

### 3.2.8 Tortuosidade

Segundo o Departamento Nacional de Estrada de Rodagem (1999, p. 63), recomenda-se o uso de traçados contínuos, evitando situações de tangentes longas seguidas de pequenos raios, como na figura 6, mas ao contrário disso, recomenda-se a utilização de curvas de raio longo, concordadas com tangentes curtas, conforme figura 7. Enfatiza que as tangentes longas são pontos extremamente perigosos pois incentivam o excesso de velocidade, além de levarem o motorista cansado ao sono e auxiliam no ofuscamento, características estas de alto risco.

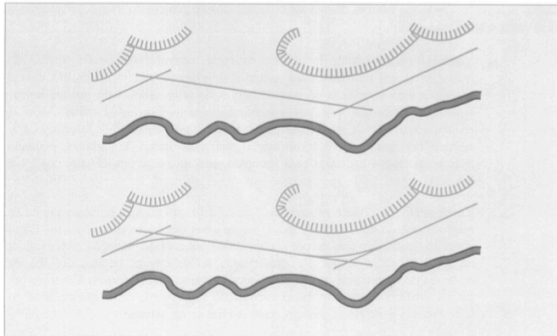
Nodari(2003, p. 39) afirma que:

O efeito da tortuosidade sobre a segurança rodoviária pode ser avaliado ainda sob a ótica da restrição das distâncias de visibilidade. Trechos tortuosos impõem aos motoristas restrições de visibilidade, especialmente no que se refere à distância de visibilidade para ultrapassagem, que podem afetar a direção segura do veículo.

<sup>3</sup> FITZPATRICK, K.; BALKE, K.; HARWOOD, D. W. AND ANDERSON, I. B. Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Report 440, Washington, DC. 2000. 104p.

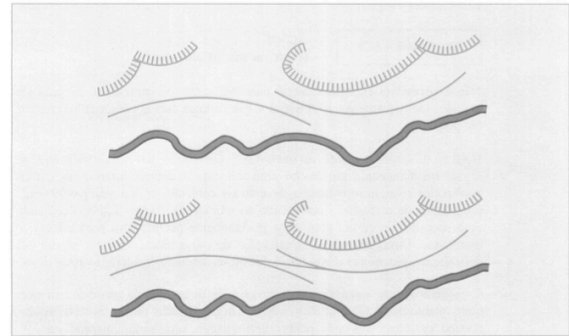


Figura 6 - Tangentes longas concordadas com curvas de raio pequeno



(fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1999, p. 64)

Figura 7 - Curvas de raio longo concordadas com tangentes curtas



(fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1999, p. 64)

### 3.2.9 Combinação entre alinhamento horizontal e vertical

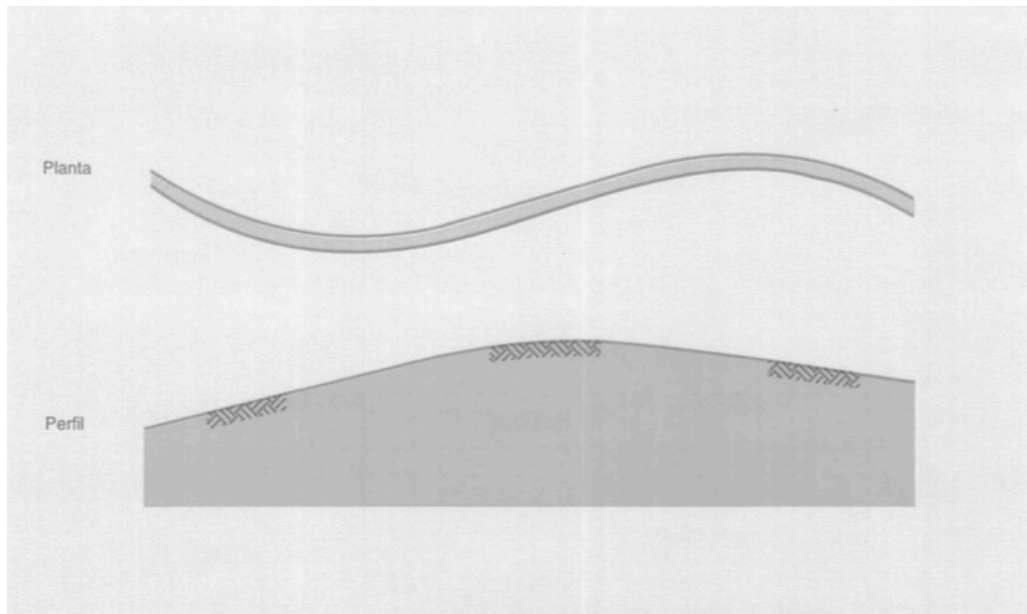
Os alinhamentos horizontal e vertical, quando combinados, influencia na segurança da rodovia, fundamentalmente, nos casos de visibilidade e velocidade operacional. Sugere-se que estes alinhamentos forneçam ao motorista a possibilidade de desempenhar uma velocidade homogênea em toda a rodovia, em um ambiente de surpresas (NODARI, 2003, p. 39).

O Departamento nacional de estradas de rodagem (1999, p. 134) recomenda que:

[...] a coordenação dos alinhamentos horizontal e vertical confere à rodovia superiores características de segurança, conforto de dirigir e aparência. A falta dessa coordenação pode agravar eventuais deficiências do traçado ou do perfil, ou mesmo anular aspectos favoráveis de um ou outro, considerados isoladamente. Essa coordenação normalmente só será alcançada se for levada em consideração e almejada desde os estágios iniciais do projeto geométrico.

A figura 8 ilustra uma combinação de alinhamento horizontal e vertical que deve obrigatoriamente ser evitada.

Figura 8 – combinação de curvas horizontais e verticais que devem ser evitadas



(fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1999, p. 136)

### 3.2.10 Faixas adicionais e canalizações nas interseções

As interseções do ponto de vista da segurança viária, são os elementos mais críticos. São nestes pontos que a atenção do motorista é exigida em maior grau. Embora os acidentes decorrentes de interseções sejam menos graves do que em demais segmentos, sabe-se que 16% das mortes em rodovias rurais americanas são decorrentes de acidentes em interseções (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS<sup>4</sup>, 1997 apud NODARI, 2003, p. 40).

Nodari (2003, p. 40) reforça que:

Interseções amplas ou complexas podem confundir os motoristas que se aproximam. Problemas de falta de segurança são bastante evidentes especialmente nas interseções onde o motorista é solicitado a tomar muitas decisões ao mesmo tempo. A adoção de faixas adicionais ou canalizações trata esse tipo de problema, reduzindo os conflitos entre veículos, ou entre veículos e outros usuários da via, facilitando assim os movimentos na interseção.

<sup>4</sup> AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). Highway safety design and operations guide. Washington, D.C. : AASHTO, 1997. 118p.

Em estudos realizados, Ogden<sup>5</sup> (1996 apud NODARI, 2003, p. 41) indica resultados sobre a redução de acidentes resultantes da adoção de canalização de faixas adicionais em interseções rurais. Os resultados identificaram uma redução de acidentes na grandeza de 40% a 50%.

### 3.2.11 Iluminação artificial nas interseções

Uma medida amplamente utilizada para mitigar problemas na segurança da via no período noturno é a utilização de iluminação artificial nas interseções. Mesmo que não se tenha pesquisas efetivas sobre as proporções das reduções de acidentes decorrentes da iluminação nas interseções, é difundido mundialmente que as reduções realmente ocorrem. Em um estudo, citado por *American Association of State Highway and Transportation Officials*<sup>6</sup> (1997 apud NODARI, 2003, p. 41), indica que a instalação de iluminação é um meio economicamente viável de redução no número de acidentes noturnos, que são três vezes maiores, ou mais, dos que ocorrem durante o dia.

### 3.2.12 Linhas demarcadoras na faixa de rolamento

Segundo Nodari (2003, p. 42):

As reduções na quantidade de acidentes reportadas nos estudos revisados variam de 3 a 60%. A grande variação nas reduções percentuais encontradas pode estar associada aos diferentes conjuntos de dados estudados. Observou-se que as linhas demarcadoras de faixa de rolamento tendem a influenciar mais na redução da ocorrência de acidentes no período da noite e nos acidentes devidos à perda de controle do veículo. Porém, alguns estudos mostraram-se inconclusivos sobre os efeitos de redução de acidentes advindos da utilização de linhas demarcadoras das faixas de tráfego.

Inúmeras pesquisas sobre sinalização horizontal e seus respectivos materiais utilizados têm sido feitas, uma vez que são as sinalizações feitas ao longo da pista de rolamento que mais rapidamente o usuário percebe (BRANCO, 1999, p. 36).

Estudos citados por Branco (1999, p. 36) indicam que:

[...] o tempo de 11 a 15 segundos como sendo o intervalo médio entre a visualização do sinal e a manobra por ele indicada, em condições de segurança. Isso significa que,

<sup>5</sup> OGDEN, K.W. Safer roads: a guide to road safety engineering. Ashgate Publishing limited, University Press, Cambridge, 1996. 516p.

<sup>6</sup> AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). Highway safety design and operations guide. Washington, D.C.: AASHTO, 1997. 118p.

com velocidade de 50 km/h, o motorista percorre de 150 a 200 metros até completar a manobra sugerida pela sinalização: e percorre 300 a 400 metros se vier a 100 km/h.

Tais dados indicam a necessidade de que os sinais sejam vistos de longa distância e que as informações sejam simples e precisas. Por outro lado, devem ser vistos de dia e à noite; com ou sem chuva.

Aumento ainda a complexidade do problema o fato de que, com a idade, os motoristas perdem a acuidade visual, necessitando de mais luz para enxergar os mesmos sinais; problema que cresce com o aumento da presença de idosos no tráfego. Especialistas afirmam que, depois dos 20 anos de idade, a cada 13 anos duplica a quantidade de luz necessária para ver o mesmo objeto. E, além disso, os mais idosos têm menor capacidade de reação, ou reagem mais lentamente, aos estímulos visuais.

### 3.2.13 Placas de advertência, regulamentação e indicativas

Empregada a muitos anos, as sinalizações verticais renovam seu valor a cada instante com novas técnicas de comunicação. Sabe-se que por meio delas se tem um aprendizado inconsciente, a mensagem de utilização é transmitida imediata e se adverte o condutor de situações que vão se apresentar logo adiante. Bem idealizadas e projetadas, as placas acabam por se integrar à paisagem, evita acidentes, orienta usuários da estrada, contudo se mal concebida ela desorienta e provoca acidentes.

Partindo desta premissa, as sinalizações precisam ser bem estudadas, projetadas e regulamentadas, de forma que se tenha uma padronização e que esta seja a mais adequada para cada informação que queira ser passada. É preciso que o condutor receba a informação e a capte inconscientemente, para que responda com rapidez e precisão à informação que lhe objetivou informar (BRANCO, 1999, p. 39).

Segundo Fitzpatrick et. al.<sup>7</sup> (2000, apud NODARI, 2003, p. 43), os quatro princípios básicos de sinalização são:

- a) localizar as placas com antecedência suficiente do ponto de tomada da decisão;
- b) prover tempo de resposta apropriado;
- c) prover informação redundante;
- d) evitar áreas em que a atenção do motorista seja muito solicitada.

<sup>7</sup> FITZPATRICK, K.; BALKE, K.; HARWOOD, D. W. AND ANDERSON, I. B. Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Report 440, Washington, DC. 2000. 104p.

### 3.2.14 Balizadores

Segundo Branco (1999, p. 45), balizadores são:

[...] elementos refletores, colocados em suporte apropriado e posicionados do lado externo da via, ou fixados em defensas e barreiras. Podem ser implantados de forma definitiva ou temporária, sempre fora da superfície pavimentada (incluindo-se os acostamentos) com o objetivo de direcionar o veículo na pista. São utilizados em trechos limitados da rodovia, onde há modificação do alinhamento horizontal (curvas, entroncamento, etc.), nas proximidades de obras de arte, estreitamento da pista, locais sujeitos a neblina, etc.

Para uma boa visualização, o balizador deve ser colocado de forma que sua borda inferior não fique a menos de 0,50 m da superfície da pista.

Devemos alertar que, por serem obstáculos físicos colocados em laterais da pista, a sua confecção deverá ser sempre de material não agressivo, em caso de acidentes, dando-se preferência para materiais bastante leves e flexíveis.

### 3.2.15 Rampas

A inclinação vertical das rampas junto às curvas verticais, é uma característica determinante no alinhamento vertical da rodovia. Para determinar qual perfil vertical deve ser utilizado em uma rodovia, parâmetros como características do terreno, nível de segurança disponível e custos construtivos, devem ser levado em consideração (FITZPATRICK<sup>8</sup> et. al., 2000 apud NODARI, 2003, p. 46).

Nodari (2003, p. 46) reforça que:

Melhorias no alinhamento vertical através da suavização de rampas se constitui numa medida de redução de acidentes. No entanto, por ser uma medida de alto custo, a suavização de rampas dificilmente se torna economicamente interessante. Sendo assim, outras medidas, como a adoção de faixas de ultrapassagem, devem ser consideradas.

### 3.2.16 Distância de visibilidade em curvas horizontais, verticais e interseções

Define-se como Distancia de Visibilidade de Parada, para uma velocidade específica, a distância mínima que um motorista médio, dirigindo a esta mesma velocidade em um carro em condições razoáveis de manutenção, rodando em uma rodovia pavimentada em conservação

---

<sup>8</sup> FITZPATRICK, K.; BALKE, K.; HARWOOD, D. W. AND ANDERSON, I. B. Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Report 440, Washington, DC. 2000. 104p.

adequada, em condições de chuva, necessita para parar com segurança após avistar algum obstáculo na rodovia (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1999, p. 51).

Quanto aos custos de investimento para melhora na segurança viária, Nodari( 2003, p. 51) indica que:

[...] para melhoria de visibilidade em curvas horizontais são frequentemente viáveis do ponto de vista econômico, uma vez que incluem medidas de baixo custo, do tipo poda de vegetação e remoção de obstáculos. Também nas interseções, obstáculos como vegetação, placas e postes podem restringir a distância de visibilidade. A realização de programas de manutenção e vistorias periódicas possibilita que obstáculos como árvores sejam removidos, e placas e postes mal posicionados sejam realocados para garantir uma distância segura de visibilidade.

### **3.2.17 Larguras das faixas e acostamentos**

A largura total da rodovia é considerada uma das características físicas da seção transversal mais relevante quanto ao desempenho da segurança viária. Corriqueiramente, pistas largas resultam em menos acidentes. O alargamento das faixas e acostamentos é a favor da segurança uma vez que aumenta a possibilidade e da oportunidade dos motoristas retomarem o controle do veículo caso ocorra saída de pista (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 1987, p. 100).

Para Nodari (2003, p. 52):

O alargamento das faixas também propicia um maior afastamento lateral entre os veículos que se cruzam em sentidos opostos e no mesmo sentido, durante manobras de ultrapassagem. Esse afastamento tem efeito positivo sobre a segurança viária reduzindo a incidência de colisões frontais e de abalroamentos. O estudo também destaca outros benefícios sobre a segurança viária resultantes do alargamento de faixas e acostamentos. Entre eles a redução dos períodos de interrupção da via devido a paradas de emergência e atividades de manutenção, e a melhoria das distâncias de visibilidade em curvas horizontais.

### **3.2.18 Acostamentos pavimentados**

Dentre as funções desempenhadas pelos acostamentos, relacionadas à segurança viária, está a recuperação dos veículos desgovernados e o afastamento em relação a objetos e estruturas existentes nas laterais da via. Em relação a segurança dos principais itens empregados no

desenvolvimento da segurança no acostamento está a pavimentação e o desnível entre o mesmo e a faixa de rolamento (OGDEN<sup>9</sup>, 1996 apud NODARI, 2003, p. 54).

Nodari (2003, p. 54) indica que “De modo geral, a literatura mostra que a pavimentação dos acostamentos em rodovias de pista simples resulta em benefícios à segurança da rodovia.”.

### 3.2.19 Taludes

Nodari (2003, p. 55) indica que:

Com vistas à melhoria das condições de segurança de uma rodovia, grande atenção tem sido dada às suas adjacências. O conceito de *forgiving roadsides*, que poderia ser traduzido como “laterais tolerantes”, refere-se ao tratamento das laterais da rodovia voltado a fornecer uma chance de recuperação aos veículos errantes e de mitigar as consequências de acidentes. A declividade dos taludes é uma das características importantes na provisão de *forgiving roadsides*.

Em decorrência da operação e à segurança do tráfego, bem como a aparência da rodovia, é adequado a utilização de taludes mais suaves possíveis, contendo inclinações aquém das calculadas apenas para manter a estabilidade, segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1999, p. 154), reforça que:

- a) a maior conformação às formas da natureza;
- b) uma melhor impressão visual e estética;
- c) a maior estabilidade geotécnica em alguns casos;
- d) menores custos de manutenção pela possibilidade não só de plantar o talude como de eventualmente mecanizar sua conserva;
- e) principalmente no caso de aterros, a segurança aumentada em caso de desgoverno do veículo, que poderá eventualmente retornar à pista sem tombar.

### 3.2.20 Tráfego de ciclistas/pedestres nas adjacências da rodovia ao longo dos trechos urbanos

Os acidentes com pedestres e ciclistas em ambiente rural é menos comum do que em vias urbanas. Contudo, mesmo em vias rurais, as rodovias com indústrias, comércio e

<sup>9</sup> OGDEN, K.W. Safer roads: a guide to road safety engineering. Ashgate Publishing limited, University Press, Cambridge, 1996. 516p.

desenvolvimento urbano em suas adjacências demandam uma atenção especial. Fitzpatrick et. al.<sup>10</sup> (2000 apud NODARI, 2003, p. 59) afirma que 14,3% dos acidentes não fatais envolvendo pedestres, registrados nos Estados Unidos, ocorreram em via rural.

Em relação ao tráfego de pedestres e ciclistas em pontes e viadutos, Nodari (2003, p. 60) afirma que:

[...] ocorre ainda mais próximo ao tráfego dos veículos. Portanto, uma separação física entre estes dois tipos de fluxos se torna altamente recomendável do ponto de vista de segurança viária. Normalmente, esta separação é feita através da construção de muretas.

A instalação de controles semaforicos e travessias separadas em nível, são alternativas como solução para problemas de falta de brechas em travessia de pedestres que supram a demanda de travessia segura (NODARI, 2003, p. 61)

### **3.2.21 Elementos perigosos ao longo da rodovia**

Nodari (2003, p. 62) indica que as saídas de pista precisam ser previstas reconhece que:

[...] apesar de todos os esforços para se evitar saídas de pista involuntárias, alguns motoristas irão de fato invadir as áreas adjacentes à rodovia. Sendo assim, é recomendado que os elementos potencialmente perigosos, situados nas adjacências da rodovia, sejam tratados de forma a oferecer condições de recuperação aos veículos errantes, para evitar a ocorrência de acidentes e/ou mitigar a consequência dos acidentes não evitáveis.

Ao longo da rodovia, muitos são os elementos perigosos presentes em suas laterais. Alguns exemplos são postes de iluminação, pilares de pontes, elementos de drenagem, muros de contenção, diques, árvores, taludes acentuados, entre outros. Estima-se que as colisões contra elementos fixos alocados ao longo das laterais da via, sejam responsáveis por 25 a 30% do total de acidentes fatais registrados. Logo, as condições de segurança em áreas adjacentes afetam quanto a quantidade e severidade dos acidentes (OGDEN<sup>11</sup>, 1996 apud NODARI, 2003, p. 61).

<sup>10</sup> FITZPATRICK, K.; BALKE, K.; HARWOOD, D. W. AND ANDERSON, I. B. Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Report 440, Washington, DC. 2000. 104p.

<sup>11</sup> OGDEN, K.W. Safer roads: a guide to road safety engineering. Ashgate Publishing limited, University Press, Cambridge, 1996. 516p.



### 3.2.22 Comércio e propriedades lindeiros

O Departamento de Transportes de Minesota desenvolveu, em 1998, um estudo que tinha como objetivo verificar e indicar as implicações potenciais do controle de acesso sobre a segurança. O estudo avaliou cinco segmentos de rodovias rurais para estimar a relação entre a ocorrência de acidentes e o volume de acessos na rodovia. Dentro os resultados do estudo, constatou que existe uma relação entre a densidade de acessos e a ocorrência de acidentes. No relatório final, foi indicado que o controle de acessos de rodovias é uma questão muito relevante na melhora da segurança. No documento, identifica-se a realização de uma revisão em onze estudos de controle de acessos em vias rurais e urbanas. Após, os projetos revisados reportaram uma redução de 40% na ocorrência de acidentes com base na adoção das medidas de controle (FITZPATRICK et. al.<sup>12</sup>, 2000 apud NODARI, 2003, p. 65).

## 3.3 O MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA VIÁRIA

São diversas as ações pró-ativas ou reativas desenvolvidas e aplicadas na análise e no tratamento do fator viário-ambiental, são muitos os modelos que buscam apresentar e identificar as condições de segurança viária, levando em consideração determinadas características, em um local específico.

Tamayo (2010, p.104), apresenta de maneira resumida, com base na revisão da literatura, os principais métodos e procedimentos para a análise e a avaliação da segurança oferecida para infraestrutura viária, como pode ser observado no quadro 1. Levando em consideração alguns critérios, como tratamento de dados e variáveis consideradas no método, e mesmo que os dados referentes aos acidentes foram disponibilizados pelo Comando Rodoviário da Brigada Militar no *site* da instituição, algumas variáveis importantes não estavam presentes nestes dados, como horário, condições do clima, etc. Optou-se então, para avaliar a ERS-239, em adotar o PITIS, Nodari (2003), que não depende de dados estatísticos de acidentes, e que considera as principais características da via de forma ponderada nas condições de segurança.

---

<sup>12</sup> FITZPATRICK, K.; BALKE, K.; HARWOOD, D. W. AND ANDERSON, I. B. Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Report 440, Washington, DC. 2000. 104p.

Quadro 1 – Principais métodos e procedimentos de avaliação da segurança viária

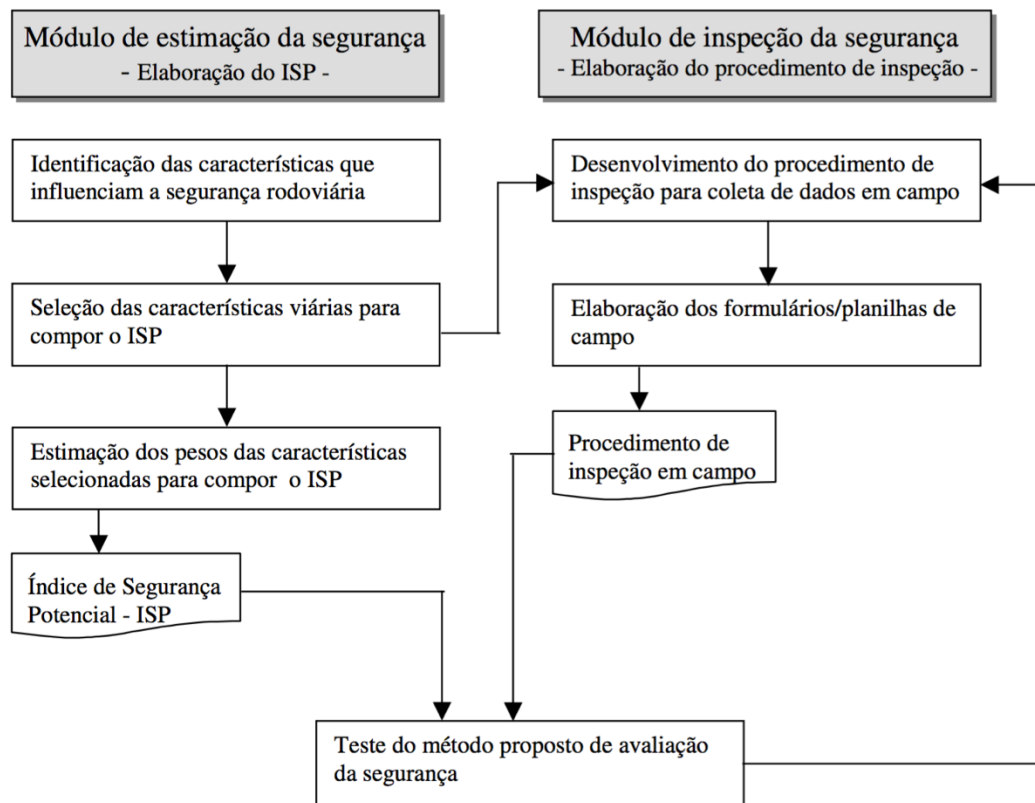
Método de avaliação	Referência	País	Aplicabilidade	Tipo de avaliação	Abordagem	Base teórica	Tratamento de dados	Variáveis consideradas
Modelos de previsão	Variada	Mais comuns em países desenvolvidos	Vias em operação	Quantitativa	Pró-ativa	-	Uso obrigatório. Depende de dados confiáveis	Volume de veículos, volume de pedestres, densidade de acessos, velocidade, uso de solo, estacionamento, etc.
Pontos críticos	Variada	Amplamente utilizado	Vias em operação	Quantitativa	Reativa	-	Geralmente, depende de dados confiáveis	Características físicas e operacionais da via nos locais.
ASV	Variada	Austrália, N. Zelândia, R.Unido, Dinamarca. Uso incipiente em países em desenvolvimento	Vias novas e em operação	Qualitativa	Pró-ativa	-	Não depende do uso de dados de acidentes	Checklists detalhados de características físicas e operacionais da via.
TCT	Variada	Reino Unido, França, EUA, Suécia, Canadá	Vias em operação	Qualitativa	Pró-ativa	-	Não depende do uso de dados de acidentes	TTC, velocidade.
PITIS	Nodari (2003)	Brasil	Rodovias de pista simples em operação	Qualitativa/ Quantitativa	Pró-ativa	ASV	Não depende do uso de dados de acidentes	36 características físicas da via agrupadas em 9 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.
Método de avaliação	Referência	País	Aplicabilidade	Tipo de avaliação	Abordagem	Base teórica	Tratamento de dados	Variáveis consideradas
Procedimento dos pontos e setores de perigo potencial	CETRA (2003)	Cuba	Vias em operação	Qualitativa	Pró-ativa	ASV, TCT	Uso opcional em função da confiabilidade dos dados	32 características físicas e operacionais associadas a diferentes aspectos da infraestrutura viária: traçado, seção transversal, sinalização, pavimento e drenagem, interseções, dispositivos de segurança, condições operacionais e outros.
Procedimento para monitorar medidas mitigadoras	Framarim (2003)	Brasil	Vias em operação	Qualitativa	Pró-ativa	TCT	Depende parcialmente de dados confiáveis	TTC, velocidade, medidas mitigadoras de acidentes.
Procedimento do NS	Sampedro (2006)	Brasil	Vias arteriais e coletoras urbanas em operação	Qualitativa/ Quantitativa	Pró-ativa	ASV	Uso opcional em função da confiabilidade dos dados	46 características físicas e operacionais da via agrupadas em 11 categorias: traçado, seção transversal, pavimento, sinalização, interseções, ciclistas e pedestres, dispositivos complementares de segurança, dispositivos de controle de tráfego, estacionamento, áreas adjacentes e condições operacionais.
Método de avaliação	Referência	País	Aplicabilidade	Tipo de avaliação	Abordagem	Base teórica	Tratamento de dados	Variáveis consideradas
Método para estimar o desempenho da segurança	NHCRP (2007)	EUA	Vias arteriais urbanas e suburbanas novas e em operação	Quantitativa	Pró-ativa	Modelos de previsão	Uso obrigatório. Depende de dados confiáveis	Volume de veículos e de bicicletas, velocidades de projeto e regulamentada, largura de faixas, curvas horizontais, tipo e largura do canteiro central, superfície do pavimento, facilidades para pedestres, distância entre acessos, velocidade de aproximação, volume de pedestres, iluminação, ângulo da interseção, condições do estacionamento, nível de serviço, tipo de controle de tráfego, ciclo e visibilidade do sinal, distância entre interseções, etc.
Método para avaliar o risco potencial de atropelamentos	Diógenes (2008)	Brasil	Travessias urbanas em meio de quadra	Qualitativa/ Quantitativa	Pró-ativa	ASV, Modelos de previsão	Depende parcialmente de dados confiáveis	Conjunto de fatores de risco associados às características do uso do solo, do transporte coletivo, da via, das instalações para pedestres e do fluxo veicular e de pedestres.

(fonte: TAMAYO, 2010, p. 104)

O método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários PITIS, consiste na utilização de um índice, denominado **Índice de Segurança Potencial (ISP)**, método este que tem por objetivo avaliar a segurança viária de rodovias, com base em pesquisas realizadas por projetistas rodoviários, especialistas internacionais, especialistas nacionais e policiais rodoviários. Levando em consideração as características da via que mais influenciam na ocorrência de acidentes de trânsito (NODARI, 2003, p. 82).

A figura 9 ilustra o procedimento científico utilizado para a obtenção do ISP, o módulo de estimação da segurança e o módulo de inspeção da segurança.

Figura 9 – Representação esquemática do desenvolvimento do método de avaliação da segurança viária



(fonte: NODARI, 2003, p. 82)

### 3.3.1 Módulo de estimação da segurança

Nesse capítulo foram levantadas e classificadas as características que compõem o Índice de Segurança Potencial (ISP), e estimados os pesos relativos dessas características para a composição do índice.

### 3.3.1.1 Identificação das principais características que influenciam a segurança viária

Para a identificação das principais características que influenciam a segurança rodoviária Nodari (2003, p. 84) utilizou *checklists* comumente empregados em Auditorias de Segurança Viária (ASV). Os mesmos foram obtidos com base em conceituadas entidades e grupos de pesquisas como:

- a) AUSTRROADS - *Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities*;
- b) *Department of Transportation of Ontario*;
- c) *University of New Brunswick*;
- d) *Transfund New Zealand*;
- e) IHT – *The Institution of Highways and Transportation*;
- f) TAC – *Transportation Association of Canada*.

Com isso, Nodari (2003, p. 85) apresenta 36 itens julgados relevantes para análise de segurança viária, apresentados no quadro 2.

Quadro 2 – Características físicas da rodovia consideradas relevantes

		características
superfície pav.	1	Buracos na pista
	2	Resistência à derrapagem
	3	Formação de espelhos d' água
	4	Presença de cascalho solto na pista
	5	Desnível entre faixa e acostamento
curva	6	Raios das curvas horizontais
	7	Adoção de superlargura
	8	Adoção de superelevação
	9	Incidência de curvas
	10	Combinação entre alinhamento horizontal e vertical
inters.	11	Faixas adicionais e canalizações
	12	Iluminação artificial nas interseções
sinalização	17	Quantidade adequada de placas de sinalização
	18	Uso de painéis de mensagem variável
	19	Uso de balizadores
	20	Legibilidade e conspicuidade da sinalização vertical
elem. longit.	21	Inclinação de rampas
	22	Oportunidades de ultrapassagem
	23	Distâncias de visibilidade
seção transversal	24	Larguras das faixas e acostamentos
	25	Pavimentação dos acostamentos
	26	Taludes laterais suaves
	27	Largura da faixa e acostamentos em pontes
usu. vuln.	28	Tráfego de ciclistas/pedestres
	29	Travessias para pedestres
laterais	30	Presença de elementos perigosos na lateral da via
	31	Acessos a propriedade e comércio lindeiro
	32	Localização e layout de pontos de ônibus
geral	33	Quantidade de outdoors comerciais
	34	Transição entre ambientes rural/urbano
	35	Compatibilidade entre velocidade regulamentada e diretriz
	36	Proteção contra a invasão de animais de grande porte

(fonte: NODARI, 2003, p. 85)

### 3.3.1.2 Ponderação das características

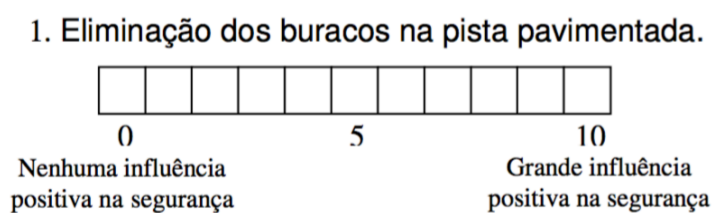
Para a ponderação dos pesos de cada característica na segurança potencial dos segmentos, optou-se por **não utilizar o método de regressão linear**, mesmo sendo o mais tradicional. O modelo de regressão linear é dependente das estatísticas dos acidentes, e a frequência dos acidentes é uma variável dependente no método de regressão linear, e é aí que está o problema, uma vez que há uma grande deficiência na disponibilidade de dados adequados sobre acidentes para utilização neste tipo de método. Frente a isto, optou-se por avaliar a **influência das características da rodovia** na segurança com base na consolidada experiência e conhecimento dos profissionais que atuam na área de segurança rodoviária (NODARI, 2003, p. 86).

Para isto, Nodari (2003, p. 86) elaborou um questionário com o objetivo de:

[...]obter o nível de influência de cada uma das 36 características previamente selecionadas na segurança de um segmento de rodovia rural pavimentada de pista simples. No questionário proposto, os entrevistados manifestaram sua opinião sobre cada característica através de uma escala de influência variando de zero a dez [...]. Nessa escala, o zero equivale a “nenhuma influência positiva na segurança” e o dez equivale à “grande influência positiva na segurança”, entendendo -se por positiva a melhoria das condições de segurança.

A figura 10 ilustra um exemplo do questionário adotado.

Figura 10 – Exemplo de questão



(fonte: NODARI, 2003, p. 87)

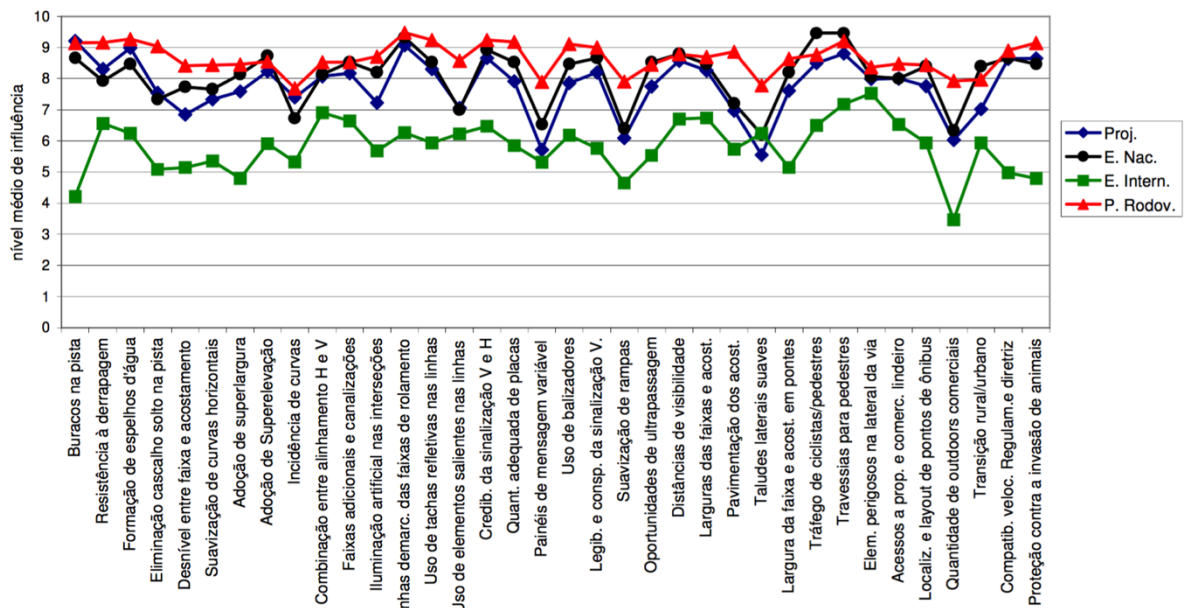
Nodari (2003, p. 88) apresenta a amostra pesquisada:

O questionário da pesquisa foi respondido por uma amostra do tipo não aleatória, obtida por conveniência. No total foram pesquisados 334 profissionais, divididos em 4 grupos: 182 policiais rodoviários, 103 projetistas rodoviários nacionais, 15 especialistas nacionais em segurança viária e 34 especialistas internacionais em segurança viária. Para obter os níveis de influência das características rodoviárias na segurança de uma rodovia através da avaliação desses profissionais, supôs-se que eles, através da experiência na função que exercem, tenham condições de avaliar

consistentemente a influência de cada característica na segurança de um segmento rodoviário.

Podemos observar na figura 11 o nível médio de influência atribuído às características por grupo pesquisado.

Figura 11 – Níveis médios de influência atribuídos às características pesquisadas pelos grupos entrevistados



(fonte: NODARI, 2003, p. 96)

Dentre as 36 características incluídas no questionário, duas foram desconsideradas na formulação do ISP, sendo elas:

- uso de painéis de mensagem variável;
- uso de bordos alertadores, conhecidos internacionalmente como *rumble strips*.

Apesar de possuírem influência significativa na preservação da segurança viária, e de estarem evoluindo quanto a sua aplicação, ainda são pouco utilizadas no Brasil, por isso foram excluídas (NODARI, 2003, p. 101).

Por fim, Nodari (2003, p. 108) apresenta os pesos relativos obtidos para cada característica da via, ilustrado na tabela 2.



Tabela 2 - Pesos relativos as características da via

macro categoria	característica rodoviária	N	influência média das características	pesos relativos das características dentro da macro-categorias
<b>superf</b>	1 Buracos	334	7,45	0,198
	2 Resistência	334	7,93	0,211
	3 Espelhos	334	8,14	0,217
	4 Cascalho	334	7,10	0,189
	5 Desnível	334	6,92	0,184
		<i>soma</i>		<i>37,54</i>
<b>curva</b>	6 Curvas	334	7,10	0,194
	7 Superlargura	334	7,07	0,194
	8 Superelev.	334	7,77	0,212
	9 Tortuosid.	334	6,72	0,184
	10 Alinhamen.	334	7,89	0,216
		<i>soma</i>		<i>36,55</i>
<b>inters.</b>	11 Projeto	334	7,93	0,519
	12 Iluminação	334	7,36	0,481
		<i>soma</i>	<i>15,29</i>	<i>1,000</i>
<b>sinal V e H</b>	13 Demarcação	334	8,42	0,176
	14 Tachas	334	7,90	0,165
	15 Cred. sinaliz.	334	8,25	0,172
	16 placas	334	7,76	0,162
	17 Balizadores	334	7,82	0,163
	18 Legib/consp	334	7,79	0,163
	<i>soma</i>		<i>47,95</i>	<i>1,000</i>
<b>elem long</b>	19 Rampas	334	6,15	0,283
	20 Ultrapass.	334	7,46	0,342
	21 Visibilidade	334	8,16	0,375
		<i>soma</i>	<i>21,77</i>	<i>1,000</i>
<b>seção trans</b>	22 faixas/acost.	334	8,00	0,278
	23 Pavim. Aco.	334	7,11	0,247
	24 Taludes	334	6,39	0,222
	25 Pontes	334	7,26	0,252
		<i>soma</i>	<i>28,76</i>	<i>1,000</i>
<b>usuários vulne</b>	26 cicl./ped.	334	8,23	0,489
	27 Travessias	334	8,62	0,511
		<i>soma</i>	<i>16,85</i>	<i>1,000</i>
<b>laterais via</b>	28 Elem.perig.	334	7,98	0,343
	29 Acessos	334	7,72	0,332
	30 paradas	334	7,56	0,325
		<i>soma</i>	<i>23,27</i>	<i>1,000</i>
<b>elem gerais</b>	31 Outdoors	334	5,70	0,203
	32 rural/urbano	334	7,27	0,259
	33 Veloc.comp.	334	7,59	0,270
	34 Animais	334	7,53	0,268
		<i>soma</i>	<i>28,08</i>	<i>1,000</i>

(fonte: NODARI, 2003, p. 108)

### 3.3.1.3 Formulação do índice

Segundo Nodari (2003. p. 109) o  $ISP_{global/segm}$  indica as condições globais de segurança potencial do segmento rodoviário analisado, para sua obtenção é levado em consideração cada um dos  $ISP_{parciais/segm}$ , cujos quais indicam as condições potenciais de segurança referente a cada uma das macro-categorias consideradas no estudo, existem 9, que são apresentadas no quadro 3.

Quadro 3 – ISP parciais avaliadas em cada segmento

<b>ISP<sub>parcial/segm</sub></b>	<b>Macro-categoria avaliada pelo ISP<sub>parcial/segm</sub></b>
ISP <sub>sup.</sub>	Superfície do pavimento
ISP <sub>cur.</sub>	Curvas
ISP <sub>int.</sub>	Interseções
ISP <sub>sin.</sub>	Sinalização vertical e horizontal
ISP <sub>lon.</sub>	Elementos longitudinais
ISP <sub>tran.</sub>	Elementos da seção transversal
ISP <sub>vul.</sub>	Usuários vulneráveis
ISP <sub>lat.</sub>	Laterais da via
ISP <sub>el.g.</sub>	Elementos gerais

(fonte: NODARI, 2003, p. 109)

Os  $ISP_{parcial/segm}$  indicam uma combinação de cada característica que compõem a macro-categoria cujo qual se refere, visto que o número de características dentro de cada macro-categoria difere. Nodari (2003, p. 109) indica que:

Os  $ISP_{parciais/segm}$  são obtidos a partir dos pesos calculados para as características viárias e das notas obtidas nas inspeções que refletem as condições em que cada característica se encontra no segmento de rodovia em avaliação. Os  $ISP_{parciais/segm}$  resultam do somatório do produto entre o peso e a nota de cada característica da macro-categoria. Sendo assim, os  $ISP_{parciais/segm}$  são modelos compensatórios, onde a presença de uma característica em nível alto compensa a presença de outra característica em nível baixo. Os seja, está sendo assumido que, uma boa iluminação em uma interseção (nível alto da característica iluminação) pode compensar o projeto deficiente da interseção (nível baixo para a característica projeto).

A equação geral do  $ISP_{parcial/segm}$  está apresentada por:

$$ISP_{parcial / segm} = \sum_{i=1}^m (p_i \times n_i) \quad (\text{fórmula 1})$$

Sendo:

$ISP_{parcial/segm}$  = Índice de segurança potencial parcial de um segmento (referente a cada uma das 9 macro-categorias);

$p_i$  = peso relativo da característica  $i$  dentro de cada macro-categoria;

$n_i$  = nota da característica  $i$  resultante da inspeção em campo;



$i$  = características que compõem macro-categoria.

A consolidação dos 9  $ISP_{\text{parcial/segm}}$  para obtenção do  $ISP_{\text{global/segm}}$  é apresentada por Nodari (2003, p. 110):

[...] através da aplicação da média geométrica nos  $ISP_{\text{parciais/segm}}$  do segmento. O uso da média geométrica é apropriado para a consolidação dos 9  $ISP_{\text{parciais/segm}}$  em um  $ISP_{\text{global/segm}}$ , uma vez que o mau desempenho em uma macro-categoria não é compensado pelo bom desempenho em outra macro-categoria. Por exemplo, curvas em más condições não são compensadas por boas interseções na provisão de um ambiente viário seguro. Portanto, com a adoção da média geométrica pretende-se valorizar aqueles segmentos que obtiveram valores de  $ISP_{\text{parciais/segm}}$  homogêneos nas 9 macro-categorias consideradas.

Assim, o  $ISP_{\text{global/segm}}$  é obtido pela expressão apresentada na fórmula 2:

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

Sendo:

$ISP_{\text{global}}$  = Índice de segurança potencial global;

$ISP_{\text{sup}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (superfície do pavimento);

$ISP_{\text{cur}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (curvas);

$ISP_{\text{int}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (interseções);

$ISP_{\text{sin}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (sinalização vertical e horizontal);

$ISP_{\text{lon}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (elementos longitudinais);

$ISP_{\text{tran}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (elementos da seção transversal);

$ISP_{\text{vul}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (usuários vulneráveis);

$ISP_{\text{lat}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (laterais da via);

$ISP_{\text{el.g.}}$  = Índice de segurança potencial parcial referente à macro-categoria (elementos gerais).

Quanto ao comprimento de inspeção que devem ser avaliados cada segmento, Nodari (2003, p. 111) orienta que:

O ISP é obtido para cada segmento de 1 quilômetro de extensão dentro do trecho de rodovia avaliado, que, por sua vez, não possui limite pré-determinado para sua extensão. O ISP referente a um segmento de 1 quilômetro ( $ISP_{segm.}$ ) reflete a condição de segurança potencial desse segmento. Porém, a condição de segurança potencial de todo o trecho rodoviário avaliado (conjunto de vários segmentos de 1 quilômetro) é indicada pelo  $ISP_{trecho}$ , que é obtido pela média geométrica dos  $ISP_{segm.}$ . O uso da média geométrica para obtenção dos  $ISP_{trecho}$  tem por objetivo privilegiar os trechos rodoviário que apresentam segmentos mais homogêneos quanto às condições de segurança. Dessa forma, busca-se minimizar a indesejável violação da expectativa dos motoristas que ocorre quando estes são submetidos a trechos rodoviários que alternam segmentos com boas e más condições de segurança.

O  $ISP_{trecho}$  é obtido a partir da fórmula 3:

$$ISP_{trecho} = \sqrt[n]{\prod ISP_{segm}} \quad (\text{fórmula 3})$$

Sendo:

$ISP_{trecho}$  = Índice de segurança potencial do trecho avaliado (composto por  $n$  segmentos);

$ISP_{segm}$  = índice de segurança potencial dos segmentos que compõem o trecho avaliado;

$n$  = número de segmentos que compõem o trecho avaliado.

Nodari (2003, p. 112) reforça ainda que:

O  $ISP_{global/trecho}$  é indicado para análises do trecho de rodovia como um todo. Esse índice é útil para indicar quais trechos rodoviários devem ser priorizados no tratamento da segurança. Os índices referentes aos segmentos, por sua vez, são indicados para orientar decisões específicas sobre os locais a tratar e tipos de intervenções a adotar, uma vez que indicam os segmentos que apresentam maiores deficiências de segurança ( $ISP_{global/segm.}$ ) e as macro-categorias que estão mais deficientes ( $ISP_{parcial/segm.}$ ). Ainda é possível, através da análise nas notas das inspeções de campo verificar qual a característica, dentro das macro-categorias que apresenta os maiores problemas quanto a segurança.

Segundo Nodari (2003, p. 120), os valores dos ISPs de cada segmento dos trechos avaliados são calculados em uma planilha eletrônica e são apresentados associados a uma escala de cores que visa expressar a condição de segurança potencial do segmento. A utilização dos destaques em cores tem por finalidade facilitar a leitura e entendimento da análise feita dos ISPs. Quanto

maior o ISP, mais seguro é o trecho, e em sua representação gráfica adota-se a cor mais clara possível, quanto menor o ISP, mais inseguro é o trecho, por consequência, mais escura será a cor da representação gráfica. Essa representação gráfica é chamada de perfil de segurança do trecho avaliado. O Quadro 4 apresenta as faixas de valores de ISP associados a descrição das condições de segurança potencial a qual estão vinculados e a cor correspondente no perfil de segurança.

Quadro 4 – Escala semântica e de cores do ISP

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

(fonte: NODARI, 2003, p. 121)

### 3.3.2 Elaboração dos procedimentos de inspeção

A etapa de inspeção é essencial para a obtenção dos resultados do ISP. Para isto, o levantamento em campo busca identificar as condições vigentes na via, com base nas características identificadas pelo método (NODARI, 2003, p. 112).

#### 3.3.2.1 Comprimento dos segmentos e escala de notas

O método orienta a utilização de comprimentos fixos e curtos, com o objetivo de que se consiga identificar, com relativa precisão, qual a condição predominante em cada uma das 34 características do trecho em avaliação. Apoiar-se a ideia de que quanto mais curto o segmento, mais precisa será a descrição das reais condições de segurança viária no momento da inspeção de campo. Contudo, adotando-se segmentos demasiadamente curtos, torna-se o levantamento

muito moroso e oneroso, com base nisto, orienta-se a adoção de segmentos de um quilômetro de extensão (NODARI, 2003, p. 113).

Em relação a escala de notas para calcular o ISP de um determinado segmento, Nodari (2003, p. 113) orienta a utilização de 4 níveis, onde uma nota numérica deve ser atribuída ao segmento, do tipo quanto maior, melhor. O quadro 5 apresenta uma descrição genérica dos 5 níveis de notas às condições das características físicas da via.

Quadro 5 – Descrição genérica dos 4 níveis de notas associados às condições das características físicas inspecionadas na via

	Condições em campo da característica em análise	NOTA
Nível 1	Não existe o “problema” descrito	10
Nível 2	Existe uma quantidade pequena do “problema” descrito	7
Nível 3	Existe uma quantidade moderada do “problema” descrito	3
Nível 4	Existe uma grande quantidade do “problema” descrito	1

(fonte: NODARI, 2003, p. 108)

### 3.3.2.2 O procedimento de inspeção

A inspeção precisa ser feita, no mínimo, por dois indivíduos, sendo um como motorista e o outro como avaliador. Para facilitar o processo de inspeção, Nodari (2003, p. 114) recomenda a utilização de um gabarito de notas conforme apresentado no quadro 6. No entanto, o autor adverte que algumas características avaliadas requerem um bom conhecimento técnico sobre segurança viária. Portanto a inspeção necessita ser feita por profissional com qualificação adequada.

Nodari (2003, p. 16) reforça que:

[...] dificuldade destacada no teste do método refere-se às paradas sucessivas ao longo da rodovia em avaliação, para o registro das notas das características. Com frequência, os pontos onde foi necessário parar (ao final de cada quilômetro inspecionado) não apresentaram condições seguras para fazê-lo. Nessas situações a própria atividade de inspeção impôs um perigo a mais às condições de operação da rodovia. Acredita-se que uma alternativa para superar essa dificuldade seria a filmagem comentada da rodovia e suas laterais para posterior preenchimento da folha de inspeção em escritório. No entanto, a viabilidade técnica dessa alternativa precisa ainda ser testada.

Quadro 6 – Gabarito de notas

		ITENS DO QUESTIONÁRIO	NOTA				
			10	7	3	1	
superf	CH	1	Buracos na superfície	não tem	eventuais	freqüentes	constantes
		2	resistência à derrapagem da superfície (verificar a formação de espelhamento)	não tem	eventuais	freqüentes	constantes
		3	Formação de espelhos d' água	não tem	eventuais	freqüentes	constantes
		4	cascalho solto na pista	não tem	eventuais	freqüentes	constantes
		5	Desnível entre faixa de tráfego e acostamento (verificar se a saída do veículo pode implicar perda de controle o veículo)	não tem	permite retorno	permite a parada e depois o retorno	não permite retorno
curva		6	Severidade das Curvas (verificar necessidade de reduzir velocidade)	sem curva	curva sem redução velocidade	moderada redução vel.	redução acentuada de vel
		7	Superlargura	sem curva	visível	talvez existente	sem superlargura
		8	Superelevação	sem curva	suficiente	insuficiente	invertida
		9	Quantidade de curvas no segmento (tortuosidade)	sem tortuosidade	eventuais	freqüentes	constantes
		10	Combinação entre alinhamento horizontal e vertical (verificar se pode levar a má interpretação do ambiente por parte do motorista)	não tem	compromete pouco a interpretação	compromete moderadamente a interpretação	compromete muito a interpretação
inters.	NO	11	Interseções (verificar uso de canalizações e faixas adicionais)	não tem	bom projeto	projeto regular	projeto deficiente
		12	Iluminação artificial nas interseções	não tem	boa iluminação	iluminação deficiente	sem iluminação
sinal V e H	NO	13	Linhas demarcadoras das faixas	linhas bem visíveis	linhas desbotadas	linhas ora visíveis ora ausentes	sem linhas
		14	Tachas refletivas usadas nos limites das faixas de rolamento (verificar presença em situações potencialmente perigosas como curvas, interseções e acessos)	sempre presentes e visíveis	presentes e visíveis nas situações potencialmente perigosas	presentes mas pouco visíveis	não tem
		15	Credibilidade da informação veiculada pela sinalização vertical e horizontal (verificar coerência ou discrepância com a realidade da via)	boa credibilidade	moderada credibilidade	pequena credibilidade	nenhuma credibilidade
		16	Quantidade de placas de advertência, regulamentação e indicativas (verificar se não existe excesso/falta de informação necessária)	quantidade adequada	quantidade levemente inadequada (excesso ou falta)	quantidade moderadamente inadequada (excesso ou falta)	quantidade inadequada (excesso ou falta)
		17	Uso de balizadores em curvas	não tem curvas	uso adequado (inclusive ausência)	uso inadequado	ausência de balizadores necessários
	NO	18	Legibilidade e destaque das placas de sinalização (verificar visibilidade noturna e/ou destaque frente a vegetação-anúncios comerciais e/ou manutenção da placa, incluindo obstrução pela vegetação)	adequada	pequena deficiência	moderada deficiência	grande deficiência
elem long		19	Perfil longitudinal (rampas) (verificar necessidade de redução da velocidade de veículos pesados ou de baixa potência)	sem rampa	rampa não causa redução de velocidade	moderada redução de velocidade.	redução acentuada de velocidade
		20	Oportunidades de ultrapassagem (verificar linha tracejada ou 3ª faixa)	oportunidades constantes	oportunidades frequentes	oportunidades eventuais	ausência de oportunidades
		21	Distâncias de visibilidade em curvas H e V e interseções (verificar restrição por elementos como vegetação, postes, placas, curvas H e V)	plano, reto e sem interseção	boa visualização	visualização comprometida	visualização muito comprometida

(fonte: NODARI, 2003, p. 188)

Nodari (2003, p. 114) recomenda também que:

O trecho rodoviário em inspeção deve ser percorrido na velocidade regulamentada. Partindo de um ponto definido como o ponto inicial da inspeção, o trecho em avaliação deve ser percorrido em um sentido de forma contínua para uma observação geral das suas condições (sem que seja preenchida a planilha de inspeção). Essa primeira passagem pela rodovia tem por objetivo permitir que o avaliador tenha uma percepção geral das condições em que se encontra a rodovia, o que facilitará a posterior avaliação das condições específicas de cada característica. A avaliação específica de cada uma das 34 características do ISP será realizada no percurso de retorno ao ponto inicial da inspeção. Nesse percurso o avaliador, munido do gabarito de notas e da planilha de inspeção [...].

O acompanhamento da quilometragem, para definição dos segmentos em avaliação, será orientado, conjuntamente, pelos marcos quilométricos da rodovia e pelo odômetro do veículo, para que se alcance uma melhor precisão na definição dos pontos de início e fim de cada segmento de 1 quilômetro inspecionado.

Ao final de cada segmento de 1 km o veículo deve parar para que sejam anotadas as notas das características referentes ao segmento percorrido. Portanto, para cada segmento é atribuída apenas uma nota para cada característica que deve refletir as condições predominantes nos dois sentidos de circulação. Como cada segmento terá um único ISP, que sintetiza as condições de segurança experimentadas pelo usuário nos dois sentidos de circulação e ao longo de toda extensão de 1 quilômetro, o avaliador deve considerar a pior situação observada de cada característica como aquela que determina a segurança de todo o segmento.

O quadro 7 ilustra o modelo de planilha de inspeção a ser adotada para lançamento de dados coletados em campo.

Quadro 7 – Planilha de inspeção

**informe:**

km inicial da inspeção:  rodovia:   continuação  
 km final da inspeção:  trecho:

hora da inspeção: condições do tempo: segmento: (km inicial / final) sentido da inspeção: 

superf	1	Buracos na superfície	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Resistência da superf. à derrap.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Formação de espelhos d' água	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4	Presença de cascalho na pista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5	Desnível entre faixa e acostam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
curva	6	Curvas acentuadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7	Deficiências na superlargura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8	Deficiências na superelevação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9	Incidências de curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
inters.	10	Combinação entre alinham.H e V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11	Projeto das interseções	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sinal V e H	12	Iluminação nas interseções	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13	Condições linhas demarcadoras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	14	Condições tachas refletivas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15	Credibilidade sinalização H e V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	16	Quantidade de placas de sinaliz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	17	Balizadores em curvas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
elem long	18	Legibilidade/destaque das placas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	19	Perfil longitudinal (rampas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	20	Oportunidades de ultrapassagem	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	21	Visibilidade em curvas/interseções	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
seção transv	22	Larguras faixas e acostamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	23	Condições superfíc. acostamentos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	24	Declividade dos taludes laterais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	25	Estreitamento da pista em pontes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
usuário vulner.	26	Cond. tráfico cicl/ped(seg. urbano)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	27	Travessias seguras para pedestres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
laterais via	28	Elem. perigosos ao longo da via	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	29	Acessos a prop. e comérc. lindeiro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	30	Local./layout de paradas de ônibus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geral	31	Uso outdoors e placas comerciais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	32	Transição ambientes rural/urbano	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	33	Compatib. veloc. regul. e projeto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	34	Invasão animais de porte grande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(fonte: NODARI, 2003, p. 190)

## **4 MÉTODO DE ANÁLISE POR ÍNDICES PROATIVOS E REATIVOS**

Com o objetivo de aprimorar o resultado ao sinalizar as maiores demandas de segurança viária, optou-se por combinar índices proativos e reativos na indicação dos trechos críticos. Com esta combinação tem-se a possibilidade de destacar possíveis intervenções com base em uma investigação *in loco* do trecho em estudo, além de elencar os trechos que mais possuem acidentes com base em análise estatística.

### **4.1 ÍNDICES PROATIVOS**

Os índices proativos possuem como objetivo apresentar informações preventivas quanto as demandas de segurança viária, isto é, medidas para evitar, ou no mínimo mitigar a baixa qualidade quanto a segurança de cada característica viária em sua análise. Nem todos os fatores do acidente viário podem ser totalmente prevenidos, contudo, ao que tange o componente viário-ambiental, a aplicação de uma metodologia eficiente e direcionada a características proativas, tendem a fornecer um resultado satisfatório para aumentar a segurança viária aos usuários.

#### **4.1.1 O ISP**

O Índice de Segurança Potencial (ISP), do método PITIS, foi o método escolhido para apresentar as maiores demandas quanto a medidas proativas na análise dos trechos críticos da rodovia no trecho em estudo. Conforme já relatado anteriormente, a escolha foi feita devido ao fato de o método direcionar seu estudo nas características da via, objetivando uma análise ponderada dos aspectos que mais afetam a segurança ao usuário.

#### **4.1.2 Inspeção por filmagem comentada**

Com o intuito de a inspeção da via não se tornar um fator que afete a segurança viária durante a análise, optou-se por realizar uma filmagem comentada, ao invés de parar a cada quilômetro para realizar as anotações. Para a realização deste procedimento, faz-se algumas indicações:



- Utilizar câmera de boa qualidade, mínimo de 720p, para facilitar a visualização no retorno da inspeção;
- Ao início de cada novo marco quilométrico, relatar verbalmente no vídeo;
- Solicitar ao motorista que argumente demandas deficitárias identificadas durante o percurso, como aumento de demandas de atenção em curvas, inseguranças sentidas em interseções, dificuldades de leitura de sinalizações, seu sentimento de segurança ao trafegar a noite e para realizar ultrapassagens, etc;
- Manter boa distância de veículos e dar preferência por realizar a inspeção fora do horário de pico de demanda da via para não limitar o campo de gravação da filmagem;
- Calcular, antes de iniciar a inspeção, o espaço de memória livre que o dispositivo de gravação deverá ter, uma vez que cada quilômetro gravado com um veículo a uma velocidade média de 60km/h, com uma câmera em uma resolução de 1080p HD a 30fps consome em média 150mb;
- Aconselha-se que o responsável pela filmagem, mantenha uma posição confortável para gravação, como um travesseiro para apoiar os braços, além de um apoio de pé, que mantenha seus joelhos acima do abdômen. Isso se deve ao fato de que ao decorrer da filmagem a resistência para manter a posição de gravação diminui e afeta a qualidade e campo de análise, ocasionando vídeos trêmulos e desvio de foco para o painel do veículo, perdendo trechos para análise *a posteriori*.

## 4.2 ÍNDICES REATIVOS

Inicialmente, os métodos puramente proativos, possuem grande eficiência no que tange a análise de segurança viária de rodovias, contudo, somar a isso uma análise reativa, fornece maior amplitude na análise dos trechos críticos, uma vez que acrescenta alguns aspectos dos demais componentes dos acidentes viários no levantamento, que em análises puramente proativas, tendem a ser relativizadas. Com este objetivo, foi acrescentada as estatísticas de acidentes na análise de segurança viária do trecho.

## 4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS TRECHOS CRÍTICOS

Com o levantamento dos índices proativos e reativos para um mesmo trecho, tem-se duas classificações para um mesmo ponto quilométrico, uma contendo informação para medidas preventivas, e ou outra para medidas reacionárias. Visando ordenar estas informações, e criar

um parâmetro de relevância, optou-se por ordenar estas duas informações utilizando a metodologia de curva ABC.

A curva ABC é um método de classificação de informações, para que se separem os itens de maior importância ou impacto, os quais são normalmente em menor número. Trata-se de ordenação estatística, baseada no princípio de Pareto, em que se considera a relevância dos itens em análise para gerar uma ordem de nível, A, B e C (PINTO, 2002, p. 142).

Os parâmetros utilizados para classificar o nível de importância de cada quilômetro do trecho em análise, foi dividido em duas partes:

- 1) o volume de acidentes, baseado nas estatísticas fornecidas. Pegando-se o total de acidentes do maior quilômetro, e ordenando-os decrescentemente. A soma dos trechos que resultarem em 50% do total de acidentes, serão considerados Nível A, os outros 30%, resultando um total de 80% do total de acidentes será atribuído o Nível B, o restante 20%, somando um total de 100% de todos os acidentes, serão considerados Nível C;
- 2) ordenando-se os Índices de Segurança Potencial (ISP), de menor valor, até o de maior valor, onde o primeiro será o trecho que teve a avaliação mais baixa, e o último o de melhor avaliação

Com isso, obtêm-se uma tabela, classificando os índices reativos (Estatísticas de Acidentes), e os proativos (ISPs), em ordem de maior relevância, até menor relevância. Esta tabela oferece a referência para análise de melhoria em trechos críticos na análise de condições de segurança na via. Para complementar a análise, visando ser ainda mais assertivo na identificação dos trechos que merecem atenção redobrada, complementa-se a esta análise de Curva ABC, mais um parâmetro considerado relevante, que é o volume de mortes no trecho.

Recomenda-se também acrescentar a média geométrica de notas que foram dadas na análise do ISP a cada uma das 34 (trinta e quatro) características da segurança, ordenadas da pior nota, até a de valor mais elevado, mas estas, devem ser apresentadas em tabela apartada, uma vez que cada média engloba todo trecho em análise e não está agrupada por quilômetro, o resultado deste ordenamento será um ótimo parâmetro de quais características da via afetam de uma forma mais elevada todo o trecho analisado, e não apenas pontualmente em um quilômetro específico.

## **5 ESTUDO DE CASO**

Este capítulo descreve as características da via e todos os passos para obtenção das condições de segurança viária e cálculo dos Índices de Segurança Potencial (ISPs) no trecho em estudo. Após a obtenção, uma série de análises e correlações são apresentadas com o objetivo de ilustrar a segurança viária, bem como entender os fenômenos correlacionados com o estudo feito. Por fim, são apresentados os investimentos que a administradora tem realizado na rodovia com o objetivo de entender a capacidade de arrecadação e reinvestimento da EGR no trecho.

### **5.1 CARACTERÍSTICAS DA ERS-239**

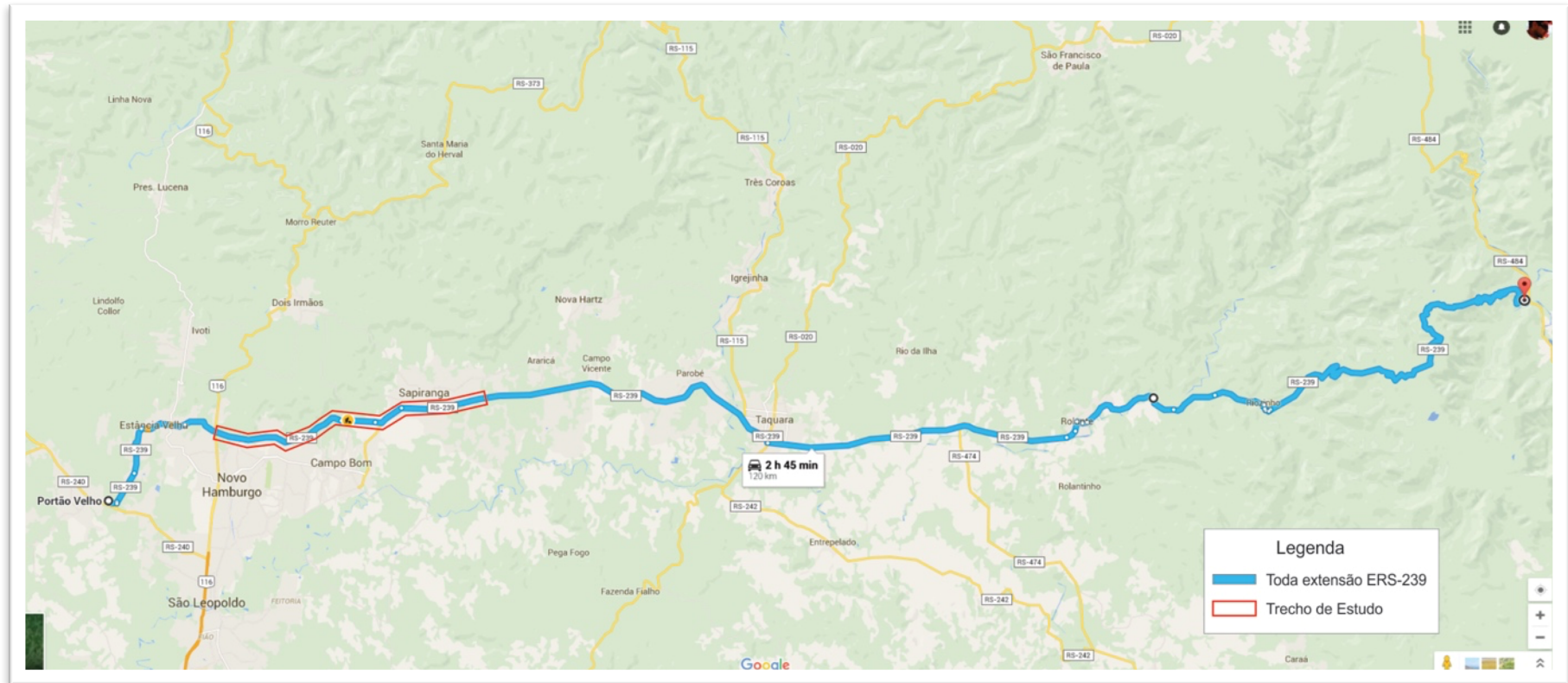
A rodovia ERS-239 é uma rodovia estadual gaúcha também conhecida como Rodovia Nestor Herculano de Paula. A extensão da rodovia é de 123,01 quilômetros, sendo ela duplicada desde Estância Velha até Taquara, e em pista simples de Taquara a Riozinho. O trecho entre Taquara e Rolante está sendo duplicado. O único trecho não-asfaltado é entre Riozinho e Barra do Ouro.

O trecho compreendido do entroncamento da BR-116 (para Novo Hamburgo) a Riozinho (fim da extensão urbana), quilômetros 13,20 a 86,86, é administrado pela EGR e mantido com os recursos do Pedágio Comunitário cobrado na Praça de Pedágio de Campo Bom.

#### **5.1.1 Mapa e localização do trecho**

A ERS-239 liga o município de Portão à localidade de Barra do Ouro, no município de Maquiné. A estrada cruza os municípios de Estancia Velha, Novo Hamburgo, Campo Bom, Sapiranga, Araricá, Nova Hartz, Parobé, Taquara, Rolante e Riozinho. A figura 12 apresenta o mapa de localização de toda a extensão da rodovia, juntamente com o trecho em estudo.

Figura 12 – Mapa de Localização da ERS-239 e indicação do trecho de estudo

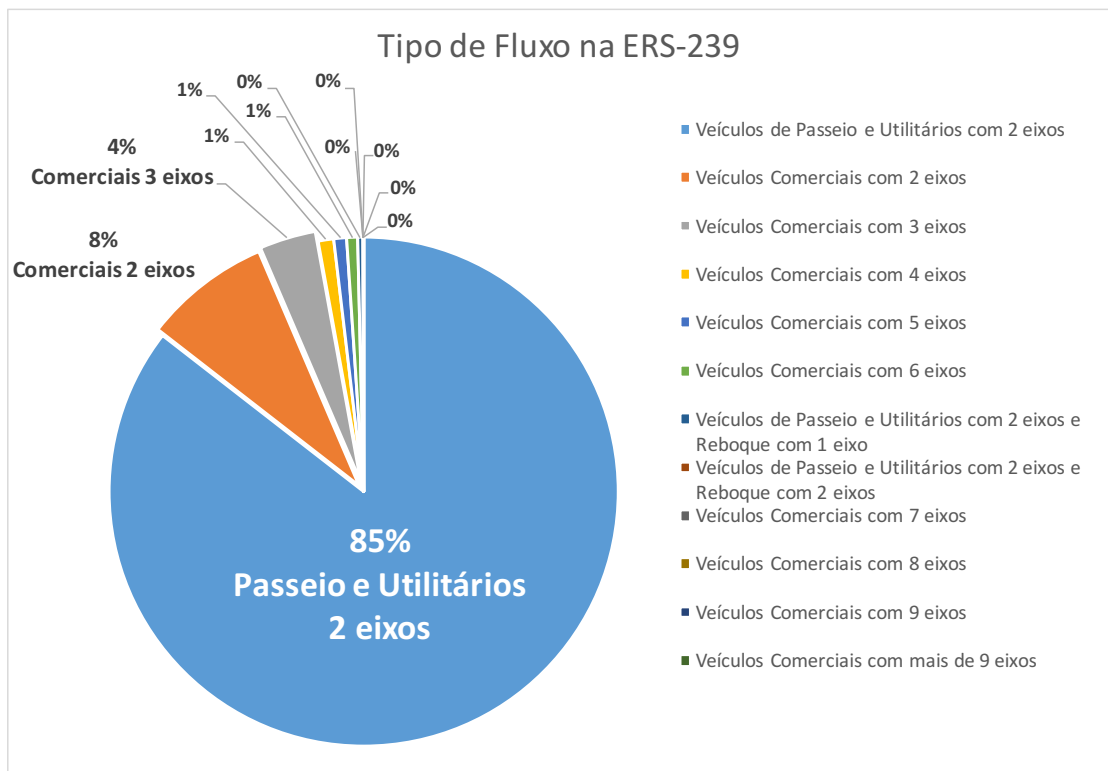


(fonte: Adaptado de Google Maps, 2016)

### 5.1.2 Volumes e categorias de tráfego

A rodovia apresenta a maior parte de seu volume de tráfego concentrado em veículos de passeio de dois eixos, com um total de 85% de todo o tráfego. O restante está dividido em 8% veículos comerciais de dois eixos, 4% em veículos comerciais de três eixos e a soma das demais categorias de veículos chegando ao total aproximado de 3%, como pode ser observado na figura 13.

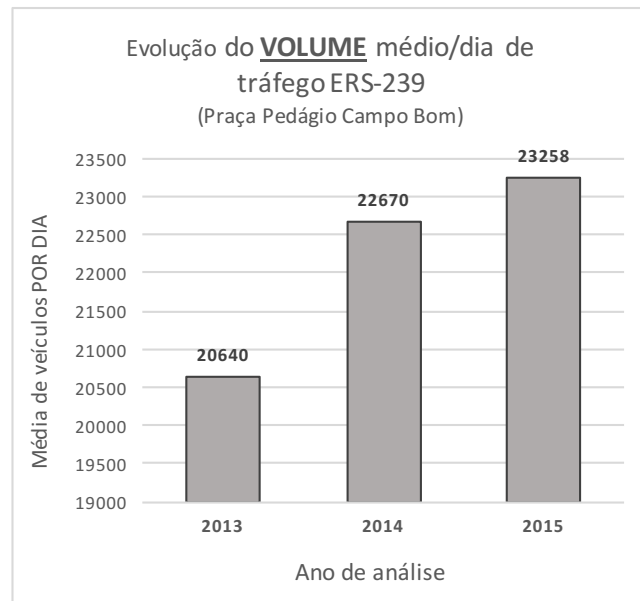
Figura 13 – Fluxo de veículos por categoria na ERS-239



(fonte: Empresa Gaúcha de Rodovias, 2016)

Em se tratando de quantitativo de veículos que transitam no trecho, a figura 14 apresenta o volume médio/mês de veículos que transitaram pela praça de pedágio administrado pela Empresa Gaúcha de Rodovias (EGR) na cidade de Campo Bom, situado entre os km 19 e 20, nos anos de 2013, 2014 e 2015.

Figura 14 – Evolução do Volume Médio/Mês de Tráfego



(fonte: EMPRESA GAÚCHA DE RODOVIAS, 2016)

### 5.1.3 Importância do trecho

A ERS-239 é uma importante via para a região metropolitana de Porto Alegre e Vale do Sinos, dentre seu traçado está o acesso ao Litoral e a Serra Gaúcha, levando turistas tanto no período de férias, quanto no de alto inverno. Vale ressaltar que, além de ser uma importante via de acesso aos locais turísticos, há inúmeras empresas instaladas em sua faixa de domínio, transportando diariamente inúmeras pessoas entre os municípios de Estância Velha, Novo Hamburgo, Campo Bom e Sapiranga. No quilômetro dezesseis, compreendido dentro do trecho de estudo, está situada a Universidade Feevale, que possui atualmente 16.500 alunos, sendo a ERS-239, sua principal via de acesso, transportando diariamente uma elevada quantidade de alunos.

## 5.2 OBTENÇÃO DO ISP

Para a obtenção do Índice de Segurança Potencial, partiu-se para inspeção na rodovia. Foram realizadas 3(três) vistorias, todas acompanhadas por um motorista e uma pessoa na filmagem, conforme indicação abaixo:

- 1) 28/04/2016 às 15h: Céu azul, sem chuva, sem nuvens;
- 2) 28/04/2016 às 21h: Condições noturna, sem chuva, sem nuvens;
- 3) 11/05/2016 às 14h: Condições de chuva média constante.

Conforme orientação do método, indicado no item 4.1.2, a fim de mitigar os riscos de comprometer a segurança viária no momento da inspeção, optou-se por realizar filmagem comentada no trecho em estudo ao invés de parar a cada 1km e realizar a anotação das notas. Com isto, após retorno da inspeção, fez-se a atribuição em planilha eletrônica, das notas de cada uma das 34 características que formam o ISP, juntamente com o cálculo do ISP dos respectivos trechos, conforme tabela 3.

Tabela 3 - Perfil de segurança ISP do trecho avaliado

		km																																							
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	segmento:																				
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
superf	1	Buracos na superfície	7	7	7	7	7	10	7	10	10	10	7	7	10	10	7	7	10	10	7	7	10	7	7	7	7	7	10	7	10	10	7	7	10						
	2	Resistência da superf. à derrap.	3	7	3	3	3	7	3	7	7	3	7	3	7	3	7	3	7	3	7	3	3	3	3	7	3	3	3	7	3	7	3	3	3	3					
	3	Formação de espelhos d'água	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	7	3	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
	4	Presença de cascalho na pista	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7					
	5	Desnível entre faixa e acostam.	3	7	7	3	7	7	7	7	7	7	7	10	7	3	7	10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	7	7	10	7	7	7	7	7					
curva	6	Curvas acentuadas	3	7	7	7	3	7	7	7	3	7	7	3	7	10	10	7	10	10	7	10	10	3	7	7	7	3	7	7	7	7	7	7	10	10					
	7	Deficiências na superlargura	3	3	7	7	3	7	7	7	3	7	7	7	7	7	10	10	7	10	10	7	10	10	3	3	7	7	3	7	7	7	7	7	7	10	10				
	8	Deficiências na superelevação	3	7	7	7	7	7	7	7	7	3	7	7	7	10	10	7	10	10	7	10	10	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	10					
	9	Incidências de curvas	3	7	7	7	3	7	7	7	3	7	7	7	7	7	10	10	7	10	10	7	10	10	3	7	7	7	3	7	7	7	7	7	7	10	10				
	10	Combinação entre alinham. H e V	3	1	7	7	3	7	7	7	7	3	7	7	7	7	10	10	7	10	10	7	10	10	3	1	7	7	3	7	7	7	7	7	7	10	10				
inters	11	Projeto de Interseções	10	3	3	3	3	3	1	3	7	3	7	3	3	10	10	3	3	7	3	3	7	10	3	3	3	3	3	1	3	7	3	7	3	3	7				
	12	Iluminação nas Interseções	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	7	3	7	7	7	3	3	7	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3				
sinal V e H	13	Condições linhas demarcadoras	3	10	7	3	3	3	7	7	7	7	7	10	7	7	7	7	3	3	7	3	3	7	3	10	7	3	3	7	7	7	7	7	7	3	3	7			
	14	Condições tachas refletivas	3	3	3	3	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	3	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	7	7	7	7	7	3	3	3			
	15	Credibilidade sinalização H e V	7	7	3	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	3	7	7	7	3	7	3	3	7	7	7	7	7	3	3	7			
	16	Quantidade de placas de sinaliz.	7	7	7	3	3	3	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	7	7	7	7	7	3	3	3	7	7	7	7	7	3	7	7			
	17	Balizadores em curvas	3	1	7	7	1	7	7	7	7	3	7	7	7	7	10	10	7	0	10				3	1	7	7	1	7	7	7	3	7	7	10	10	7	0	10	
elem long	18	Legibilidade/destaque das placas	3	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	7	3	3	7	3	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	3	3	7				
	19	Perfil longitudinal (rampas)	3	3	3	3	3	1	3	7	3	3	3	3	3	7	10	10	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	7	3	3	3	3	3	3				
seção transv	20	Oportunidade de ultrapassagem	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10				
	21	Visibilidade em curvas/interseções	7	3	3	7	3	3	7	7	3	7	7	7	7	7	10	10	7	10	10	7	10	3	7	3	3	7	3	3	7	7	7	7	7	10	3				
	22	Larguras faixas e acostamentos	3	10	7	3	7	3	3	3	7	7	7	7	7	10	7	3	3	7	7	7	7	7	3	10	7	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7				
	23	Condições superfíc. Acostamentos	7	10	7	3	7	3	3	3	7	7	7	10	7	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	7	3	7	3	7	7	7	7	7	7	7				
	24	Declividade dos taludes laterais	10	3	3	3	3	7	7	10	7	3	10	10	10	7	10	10	7	10	10	7	3	3	10	3	3	3	3	7	7	7	7	7	7	3	3				
norma to volum C.	25	Estreitamento da pista em pontes	1	10	10	3	7	7	10	10	10	10	10	10	3	7	7	7	3	10	10	7	10	10	1	10	10	3	7	7	10	10	10	10	3	10	10				
	26	Cond. Tráfego cicl/ped(seg. Urbano)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	7	7	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3				
	27	Travessias seguras para pedestres	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	28	Elem. Perigosos ao longo da via	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	7	3	1	10	10	1	7	7	7	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7				
	29	Acessos a prop. E comérc. Lindeiro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	7	3	1	7	7	1	7	7	1	7	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	3				
geral	30	Local./layout de paradas de ônibus	10	7	7	10	3	3	3	3	3	10	3	10	3	7	7	3	7	3	7	3	7	3	10	7	7	10	3	3	3	3	10	3	10	3	7				
	31	Uso outdoors e placas comerciais	3	7	3	3	3	1	3	7	7	3	7	7	7	7	3	3	7	7	7	7	7	7	3	7	3	3	3	1	3	7	7	7	7	7	7				
	32	Transição ambientes rural/urbano	10	10	10	10	10	10	10	10	1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10				
	33	Compatib. Veloc. Regul. e projeto	7	10	7	7	7	1	7	7	7	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	7	7	7	1	7	7	7	7	7	7	7	7			
	34	Invasão animais de porte grande	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10				

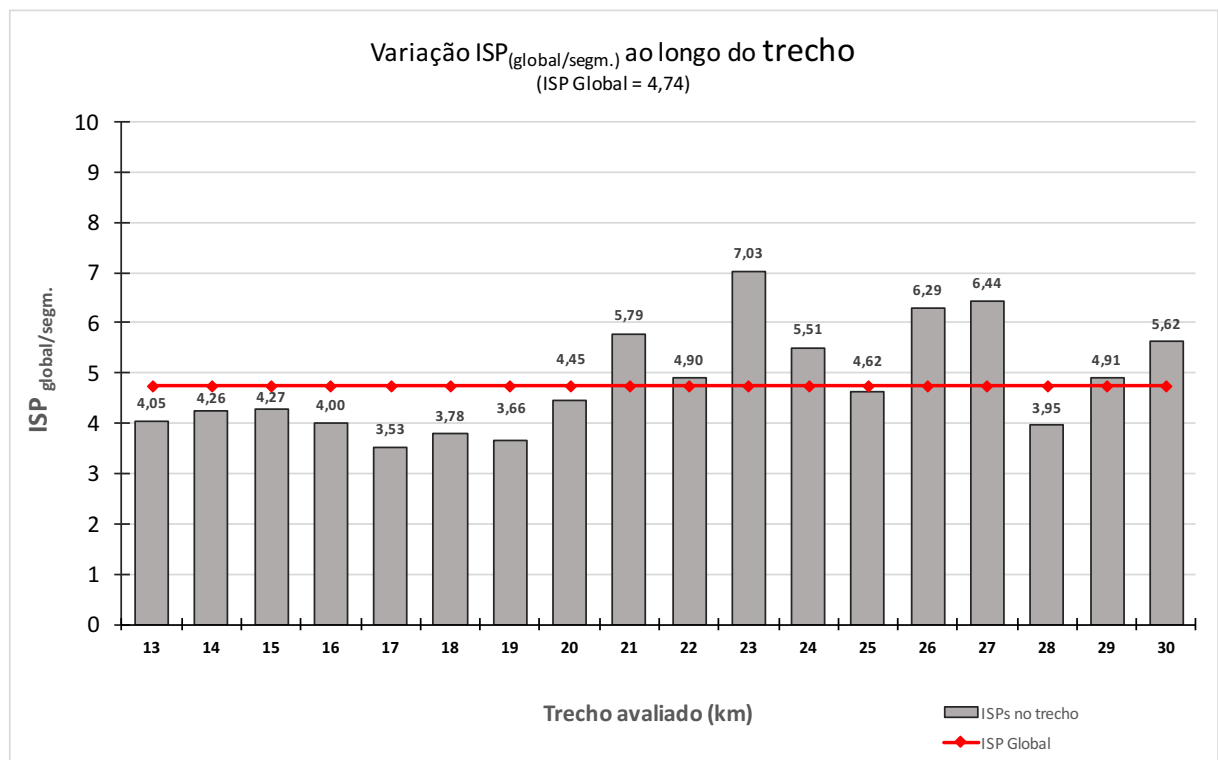
ISP <sub>Global/segm</sub>	4,05	4,26	4,27	4,00	3,53	3,78	3,66	4,45	5,79	4,90	7,03	5,51	4,62	6,29	6,44	3,95	4,91	5,62
ISP <sub>Global/trecho</sub>	4,74																	

(fonte: elaborado pelo autor)

### 5.3 ANÁLISE DOS ISPs

Como indicado no item 3.3.1.3, o ISP também nos fornece a possibilidade de analisar a continuidade das condições de segurança viária ao longo de todo trecho avaliado. Na visão da segurança viária, é desejável que o ambiente viário seja o mais homogêneo possível quanto à oferta das condições de segurança. O que se busca oferecer aos motoristas é uma rodovia sem oscilações nas exigências de desempenho dos mesmos. Isto é, em uma rodovia ora boa, ora ruim, exige mais do motorista por ele estar esperando trechos bons continuamente, em uma rodovia homogeneamente ruim, o motorista estará preparado sempre para trechos ruins, logo, não será pego de surpresa. A Figura 15 apresenta a variação do ISP ao longo de todo trecho analisado.

Figura 15 – Variação ISP ao longo do trecho



(fonte: elaborado pelo autor)

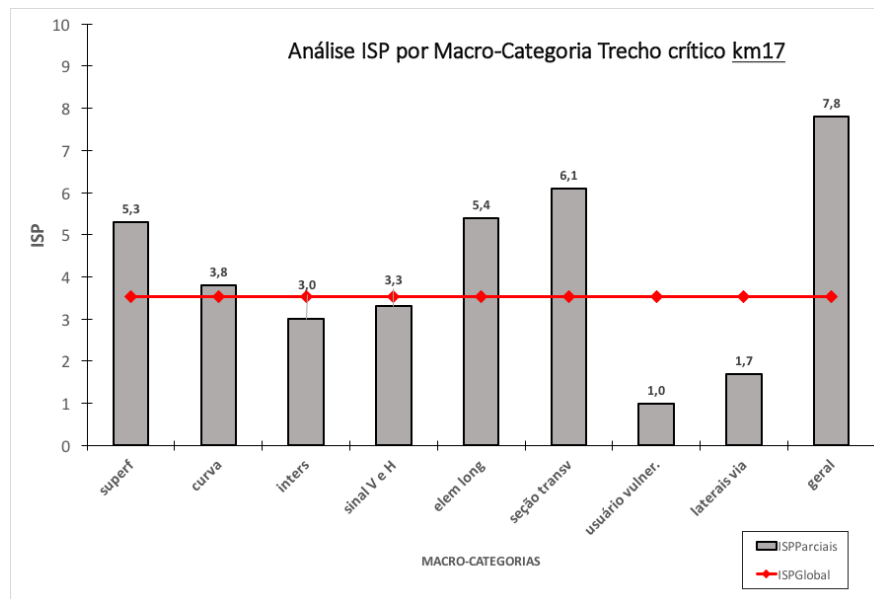
A linha vermelha indica o  $ISP_{Global}$  de todo o trecho analisado. Com base neste  $ISP_{Global}$  pode-se observar que determinados trechos possuem significativas oscilações em seus ISPs em relação ao mesmo índice global, gerando uma sobre carga de atenção do motorista, que sai de trechos com segurança mais elevado, para trechos potencialmente inseguros.



Nos locais onde o índice de segurança potencial apresentou valores relativamente baixos, recomenda-se uma análise aprofundada levando em consideração cada um dos ISPs das 9 macro-categorias do método (superfície, curvas, interseções, sinalização horizontal e vertical, elementos longitudinais, seção transversal, usuários vulneráveis, laterais da rodovia e elementos gerais). Com base nisso, analisou-se individualmente os 3 (três) trechos mais críticos, isto é, os trechos que obtiveram os menores ISPs.

A Figura 16 apresenta o trecho mais crítico de todos os avaliados, localizado entre os quilômetros 17 e 18, cada barra do gráfico apresenta uma das 9 macro-categorias com seu respectivo ISP. Com base nisso, podemos observar que as deficiências estão concentradas nas características da rodovia referentes às interseções, a sinalização horizontal e vertical, aos usuários vulneráveis e às laterais da via. Logo, a melhoria das condições desses aspectos deve ser priorizada nas ações voltadas ao aprimoramento da segurança rodoviária.

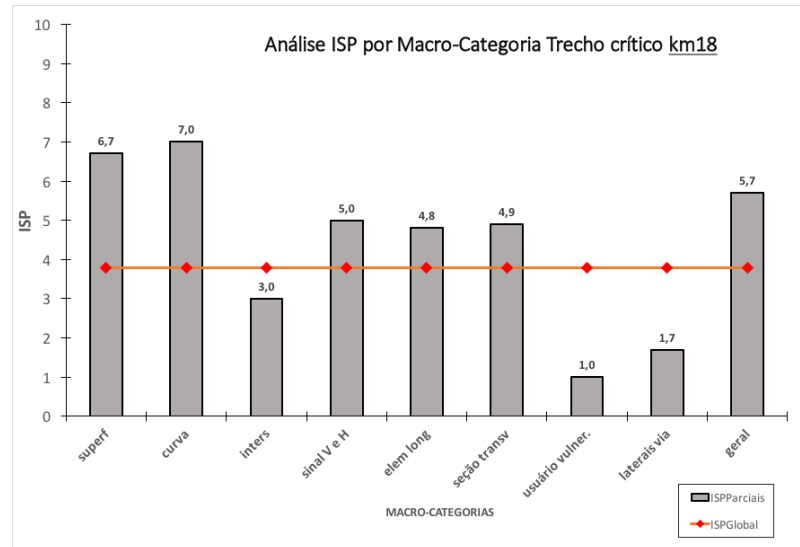
Figura 16 – Análise ISP Macro-Categoria Trecho Crítico KM17 ( $ISP_{Global} = 3,53$ )



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando agora o segmento compreendido entre os quilômetros 18 e 19, conforme figura 17, identifica-se semelhantes deficiências, contudo direcionadas apenas nas características de interseções, aos usuários vulneráveis e às laterais da via.

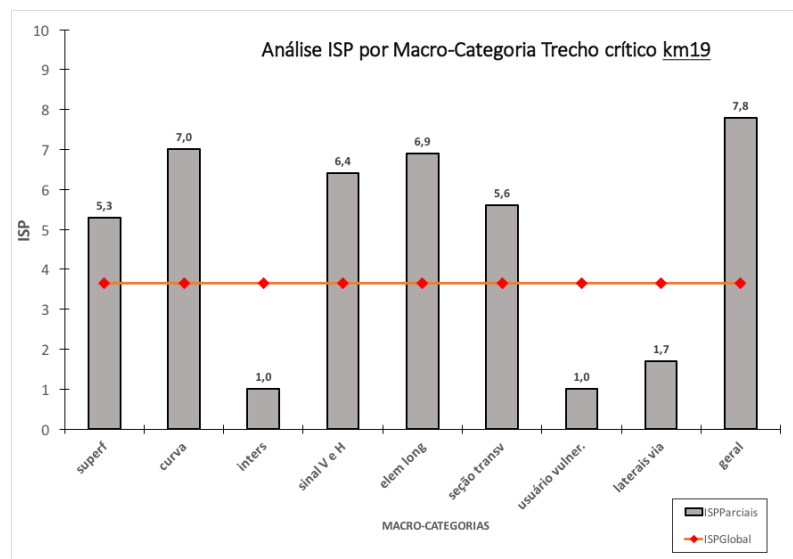
Figura 17 – Análise ISP Macro-Categoria Trecho Crítico KM18 ( $ISP_{Global} = 3,78$ )



(fonte: elaborado pelo autor)

Na Figura 18, compreendido entre os quilômetros 19 e 20, podemos identificar exatamente a mesma concentração de deficiências identificadas no trecho anterior, a melhoria das condições desses aspectos deve ser priorizada nas ações voltadas ao aprimoramento da segurança rodoviária.

Figura 18 – Análise ISP Macro-Categoria Trecho Crítico KM19 ( $ISP_{Global} = 3,66$ )



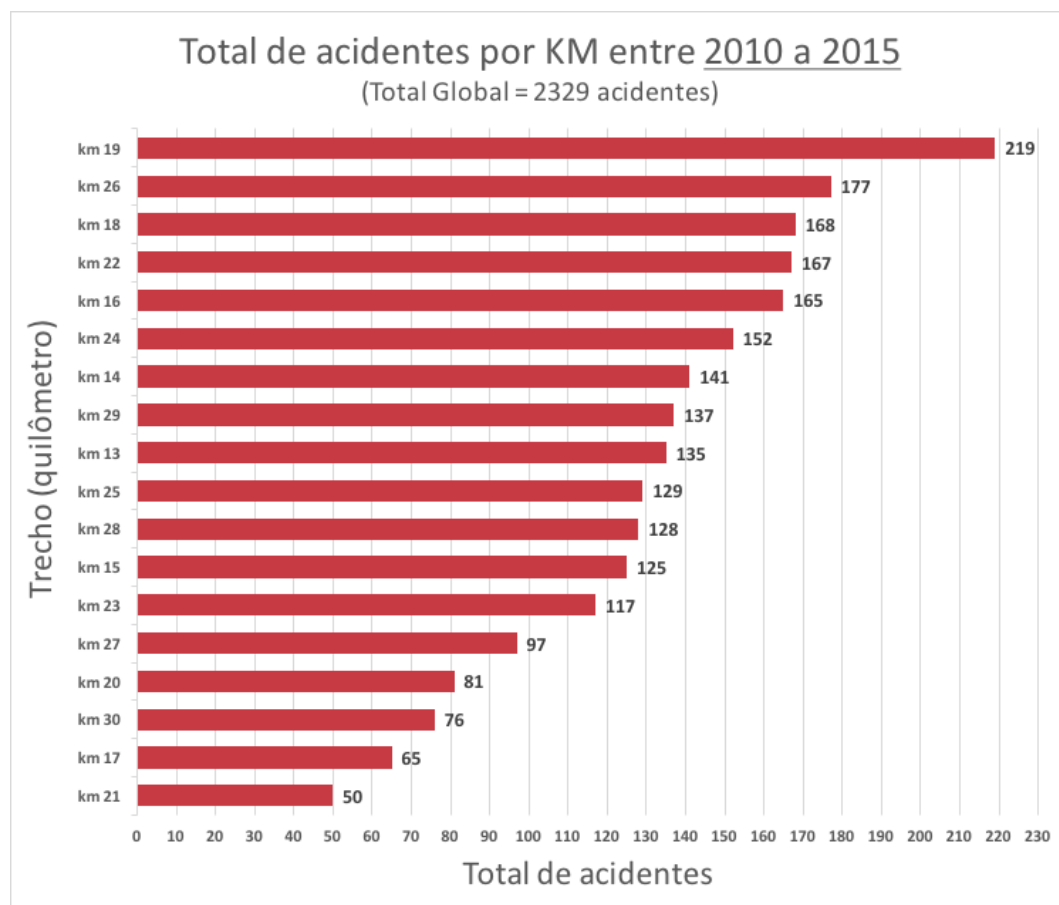
(fonte: elaborado pelo autor)

## 5.4 ANÁLISE DE DADOS ESTATÍSTICOS SOBRE ACIDENTES NA VIA

Um dos métodos mais comuns e eficientes de identificar e quantificar um problema em qualquer meio e/ou atividade é usar mão de análises estatísticas que levam em consideração amostras de dados reais e verdadeiros. Nesta etapa, objetivou-se no levantamento e categorização de dados de acidentes ocorridos do trecho analisado, condicionando as pesquisas aos quilômetros 13 ao 30 da ERS-239, o período analisado foi de 2010 a 2015, dados estes obtidos na página oficial do Comando Rodoviário da Brigada Militar do Rio grande do Sul.

Na Figura 19 podemos observar o total de acidentes ocorridos no trecho de análise, discretizando por quilômetro com o objetivo de quantificar o trecho com maior volume de acidentes.

Figura 19 – Total de acidentes por KM entre 2010 a 2015

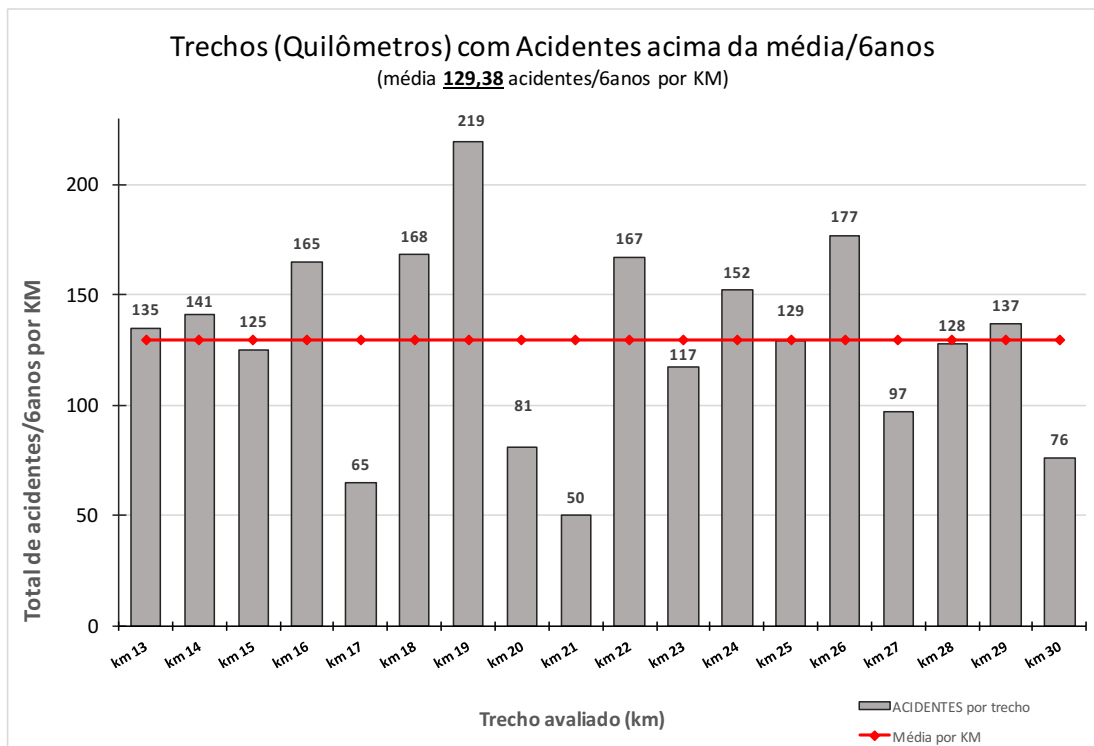


(fonte: COMANDO RODOVIÁRIO DA BRIGADA MILITAR – RS, 2016)

Pode-se observar o quilômetro 19 liderando o ranking estatístico de acidentes, com 219 incidentes no período. Identifica-se também, que na terceira posição, está o quilômetro 18, com 168 acidentes. Juntos, o trecho é responsável por 16,6% de todos os acidentes analisados.

Para entender a significância de cada trecho, a Figura 20 apresenta os acidentes por quilômetro, juntamente com a média dos mesmos.

Figura 20 – Trechos com Acidentes acima da média

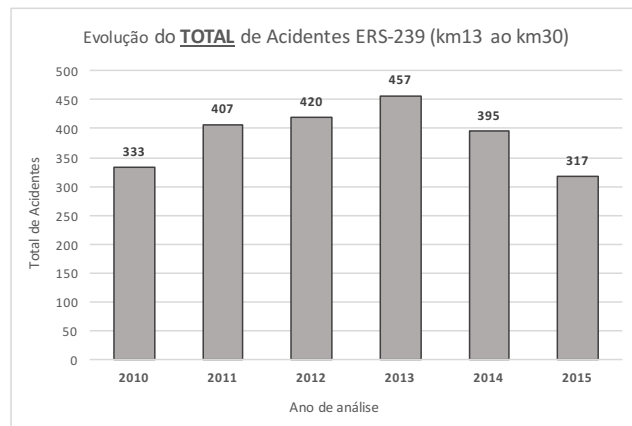


(fonte: COMANDO RODOVIÁRIO DA BRIGADA MILITAR – RS, 2016)

Com isto, conseguimos destacar os trechos que possuem elevada significância na contribuição dos acidentes em todo trecho analisado, os quilômetros que estão acima da linha vermelha de média, representam um total de quase 70% de todos acidentes, e são um total de 50% dos trechos, indicando que o volume de acidentes destes trechos que estão acima da média, divididos pela linha vermelha da figura 20, contribuem significativamente para elevar a taxa de acidentes de um modo geral. Para complementar o estudo, entendeu-se necessário complementar a estatísticas com dados segmentos por ano de ocorrência, com o objetivo de entender a evolução dos acidentes ao ano.

Na Figura 21 são apresentados o total de acidentes ocorridos entre 2010 a 2015, observa-se que em relação apenas a quantidade dos acidentes, sem levar em consideração se gerou feridos ou vítimas fatais, identifica-se o pico de ocorrência em 2013, mas a partir daí uma redução nas ocorrências. Chegando em 2015 a uma quantidade inferior a registrada na primeira leitura, que foi a de 2010.

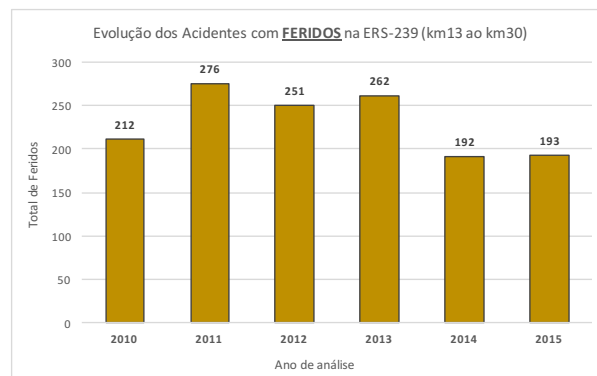
Figura 21 – Evolução do Total de Acidentes



(fonte: COMANDO RODOVIÁRIO DA BRIGADA MILITAR – RS, 2016)

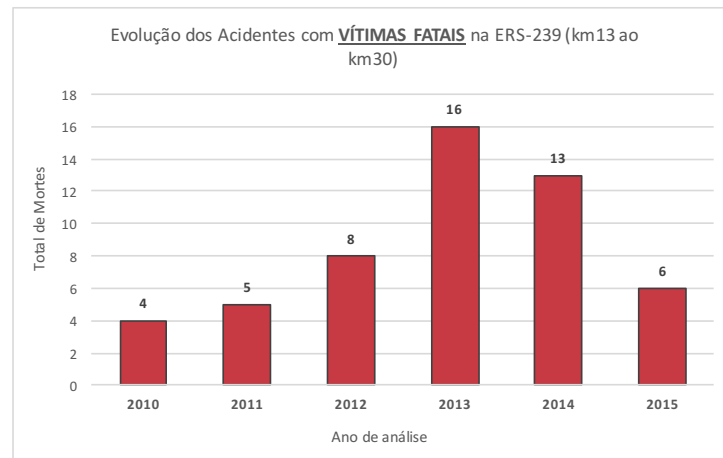
Após identificar a evolução do volume total dos acidentes, neste caso específico, conforme já relatado, identificou-se uma redução, viu-se a necessidade de analisar especificando o nível de gravidade das ocorrências. Com isto, as Figuras 22 e 23, apresentam a evolução dos acidentes com feridos, e com vítimas fatais, respectivamente:

Figura 22 – Evolução dos Acidentes com Feridos



(fonte: COMANDO RODOVIÁRIO DA BRIGADA MILITAR – RS, 2016)

Figura 23 – Evolução dos Acidentes Fatais

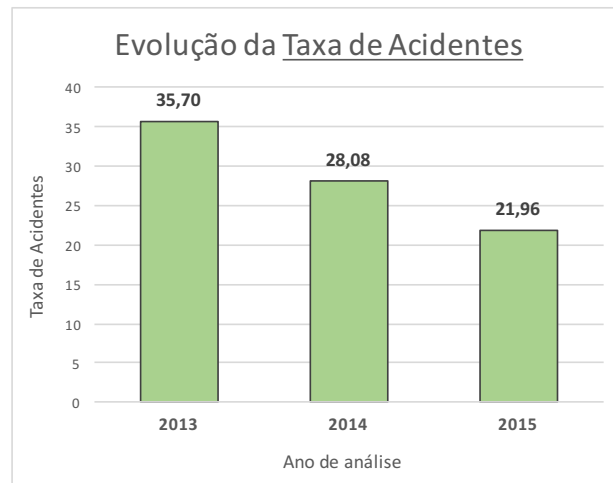


(fonte: COMANDO RODOVIÁRIO DA BRIGADA MILITAR – RS, 2016)

Constata-se, nos gráficos apresentados, que a mesma tendência de redução nos índices ocorridos no volume total de acidentes, também ocorrem nos acidentes com feridos e vítimas fatais. Isso nos mostra que, além de diminuir a quantidade, a severidade também tem acompanhado a tendência.

Contudo, mesmo tendo as estatísticas apresentadas nos apontarem para uma redução, optou-se por complementar a análise, cruzando volume de tráfego no trecho e o volume de acidentes. Esta correlação nos dá parâmetro para entender se a diminuição nas ocorrências de acidentes e vítimas não seriam decorrentes de uma redução apenas no volume de tráfego. Para isto, deve-se observar na figura 14, apresentada no item 5.1.2, que apresentou esta evolução do volume de tráfego. Identifica-se então, que o volume de tráfego não acompanhou a queda que ocorreu quanto ao volume de acidentes. Pelo contrário, obteve aumento em seu volume médio, o que poderia reforçar a conclusão de que o índice de acidentes tem diminuído. Para exemplificar e quantificar, a Figura 24 apresenta a taxa de acidentes nos anos de 2013, 2014 e 2015, obtida pelo resultado da divisão do número de acidentes, e o volume de acidentes no trecho (MVR), em milhões de veículos por quilômetro.

Figura 24 – Evolução da Taxa de Acidentes



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

Ao analisarmos a evolução da taxa de acidentes apresentadas na figura 24, se poderia concluir que uma redução de acidentes estaria acontecendo, contudo, pelo fato de a amostra utilizada ser de um período muito curto, o fenômeno de regressão a média poderia estar acontecendo. Este fenômeno refere-se a flutuações aleatórias na qualidade do desempenho. Um desempenho acima da média pode ser devido à sorte em uma tentativa particular, sendo provável que piore em nova tentativa. Quando o desempenho for singularmente ruim, há probabilidade de melhorar independentemente do que um instrutor fizer. Mas este tende a vincular uma interpretação causal às flutuações inevitáveis de um processo aleatório (COSTA, 2013).

## 5.5 TRECHOS CRÍTICOS PERANTE OS ISPs OBTIDOS E AS ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES

Embora o ISP seja um indicador das condições de segurança potenciais de um segmento, e não um modelo de previsão de acidentes, e considerando que o componente viário-ambiental não é o único, nem tampouco o principal componente causador dos acidentes, é razoável esperar que o uso de um índice exclusivamente baseado em características viárias não seja capaz de prever a ocorrência da totalidade dos acidentes.

Com isso, conforme apresentado anteriormente no item 4.3, a tabela 4, apresenta os ISPs obtidos, juntamente com os acidentes e mortes em cada quilômetro, na forma classificada por Curva ABC, ordenando os trechos mais críticos, para os menos críticos, fornecendo uma análise tanto com aspectos proativos, quanto reativos.

Tabela 4 – Análise combinada de índices Proativos e Reativos

	Acidentes	%Acum	Classe		ISPs		Mortes	%Acum	Classe
km 19	219	9,4	A	km 17	3,53	km 16	9	17,3	A
km 26	177	17,0	A	km 19	3,66	km 22	6	28,8	A
km 18	168	24,2	A	km 18	3,78	km 28	5	38,5	A
km 22	167	31,4	A	km 28	3,95	km 17	4	46,2	A
km 16	165	38,5	A	km 16	4,00	km 19	4	53,8	B
km 24	152	45,0	A	km 13	4,05	km 26	4	61,5	B
km 14	141	51,1	B	km 14	4,26	km 15	3	67,3	B
km 29	137	56,9	B	km 15	4,27	km 18	3	73,1	B
km 13	135	62,7	B	km 20	4,45	km 24	3	78,8	B
km 25	129	68,3	B	km 25	4,62	km 30	3	84,6	C
km 28	128	73,8	B	km 22	4,90	km 13	2	88,5	C
km 15	125	79,1	B	km 29	4,91	km 20	2	92,3	C
km 23	117	84,2	C	km 24	5,51	km 14	1	94,2	C
km 27	97	88,3	C	km 30	5,62	km 23	1	96,2	C
km 20	81	91,8	C	km 21	5,79	km 27	1	98,1	C
km 30	76	95,1	C	km 26	6,21	km 29	1	100,0	C
km 17	65	97,9	C	km 27	6,44	km 21	0	100,0	C
km 21	50	100,0	C	km 23	7,03	km 25	0	100,0	C
Total:	2329					Total:	52		

(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

Para facilitar a relação, a tabela 4 foi dividida em 3 classes, sendo elas A, B e C. A classe A apresenta os trechos que possuem a maior representatividade nos acidentes, onde limitando a este grupo os quilômetros que acumulados representam até 50% de todos os acidentes. Já para a classe B, o acumulado de até 80%, e por fim, a classe C acumulado os demais, isto é, até 100%.

Identificou-se, também, na tabela 4, que o quilômetro 17, consta como um dos mais inseguros em termos da avaliação de segurança viária, o que vai totalmente ao oposto do que consta nas estatísticas apresentadas, onde o mesmo apresenta baixo índice de acidentes, contudo, se analisarmos as estatísticas de mortes, este mesmo trecho consta em Nível A de ocorrência. Conclui-se que, isto pode ter ocorrido devido a imprecisão por parte do Comando Rodoviário da Brigada Militar na hora de lançar a localização no momento da ocorrência, uma vez que, tanto o quilômetro 16, quanto o 18, possuem maior índice de acidentes.



Conforme recomendado no item 4.3 acrescentou-se a média geométrica de notas que foram dadas na análise do ISP a cada uma das 34 (trinta e quatro) características da segurança, ordenadas da pior nota, até a de valor mais elevado, conforme indicado na tabela 5. Verifica-se que as 4 (quatro) primeiras características merecem uma atenção redobrado na avaliação de possíveis intervenções de melhorias do trecho.

Tabela 5 – Valores Arrecadados e Desembolsados pela EGR em 2014 e 2015

Característica	Média
Travessias seguras para pedestres	1,13
Cond. Tráfego cicl/ped(seg. Urbano)	1,66
Acessos a prop. E comérc. Lindeiro	1,94
Elem. Perigosos ao longo da via	2,12
Iluminação nas Interseções	3,06
Formação de espelhos d'água	3,14
Perfil longitudinal (rampas)	3,72
Projeto de Interseções	3,97
Resistência da superf. à derrap.	4,17
Uso outdoors e placas comerciais	4,31
Condições tachas refletivas	4,58
Local./layout de paradas de ônibus	4,96
Larguras faixas e acostamentos	5,24
Credibilidade sinalização H e V	5,53
Quantidade de placas de sinaliz.	5,53
Legibilidade/destaque das placas	5,53
Balizadores em curvas	5,56
Visibilidade em curvas/interseções	5,60
Declividade dos taludes laterais	5,67
Compatib. Veloc. Regul. e projeto	5,75
Condições linhas demarcadoras	5,76
Combinação entre alinham. H e V	5,91
Condições superfíc. Acostamentos	6,03
Curvas acentuadas	6,28
Deficiências na superlargura	6,28
Desnível entre faixa e acostam.	6,32
Presença de cascalho na pista	6,37
Estreitamento da pista em pontes	6,52
Incidências de curvas	6,58
Deficiências na superelevação	6,90
Buracos na superfície	8,20
Transição ambientes rural/urbano	8,80
Oportunidade de ultrapassagem	9,80
Invasão animais de porte grande	10,00

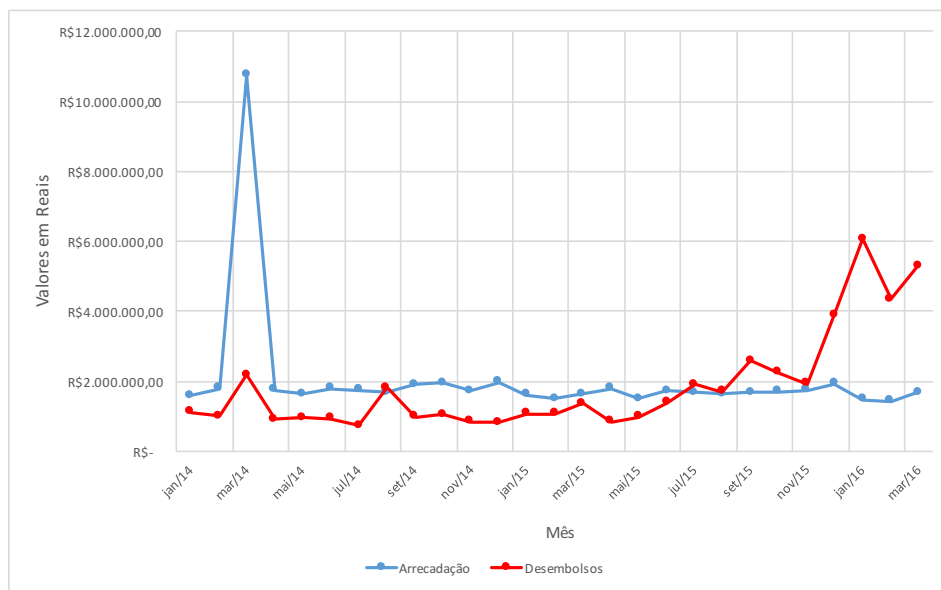
(fonte: EMPRESA GAÚCHA DE RODOVIAS, 2016)

## 5.6 ANÁLISE DOS INVESTIMENTOS FEITOS PELA EGR NO TRECHO

A EGR não disponibiliza em seu site, de forma clara, os valores investidos por quilômetro e nem os classifica em que tipo de investimento está sendo feito. Apenas apresenta as licitações finalizadas e as que estão em andamento, o que dificulta uma relação, e conseqüentemente análise se os valores investidos em cada quilômetro estão indo ao encontro das maiores

demandas de segurança viária. Contudo, em seu site, é disponibilizado uma tabela de fluxo financeiro da ERS-239. Com isso podemos entender quanto foi arrecadado, e quanto foi reinvestido no trecho em estudo. A figura 25 apresenta estas informações para os anos de 2014, 2015 e 2016.

Figura 25 – Valores Arrecadados e Desembolsados pela EGR em 2014, 2015 e 2016



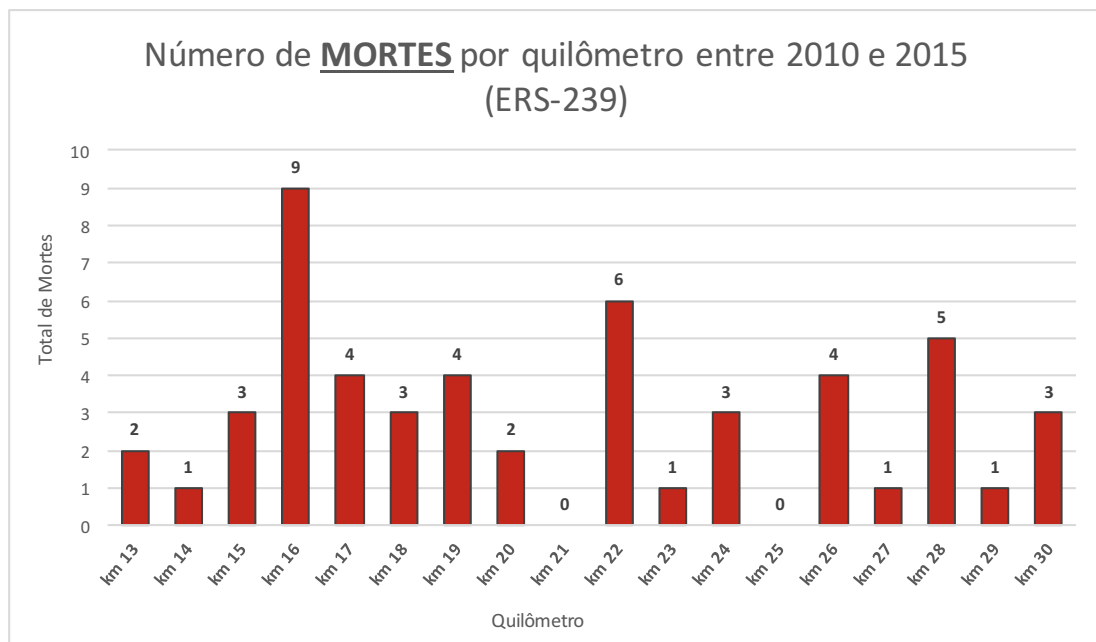
(fonte: EMPRESA GAÚCHA DE RODOVIAS, 2016)

De uma forma geral, a instituição possui um fluxo de caixa conservador. Sua sobra de caixa ao início de abril de 2016 foi de aproximadamente 5 milhões. Suas maiores demandas de investimentos vieram neste ano de 2016, no mês de março de 2014 houve um aporte de R\$9.345.000,00 conforme lei estadual N° 14.372/2013 realizado pelo Poder Executivo a título de aumento de capital social da EGR, fora isto, a empresa está limitada em termos de investimentos ao que arrecada, onde não possui estrutura organizacional e fiscal dentro de suas atribuição perante o poder legislativo de realizar aportes oriundos de empréstimos. Ao se realizar a vistoria, notou-se que a rodovia estava sofrendo inúmeras intervenções, em sua grande maioria na recuperação da camada superficial de concreto asfáltico, sinalização, jardinagem e adaptações em acostamentos, divididas em duas frentes de trabalho, uma em torno do quilômetro 24, no sentido Campo Bom-Sapiranga, e a outra frente de trabalho, atuando no quilômetro 26, no sentido contrário.

## 6 SUGESTÃO DE MELHORIAS

De uma forma geral, acredita-se que a EGR tem investido de maneira emergencial e nas demandas primárias da via. Contudo, mesmo que os índices apontam para uma redução na incidência de acidentes, o volume de mortes que o trecho carrega em suas estatísticas em hipótese alguma pode ser aceitável, conforme ilustra a Figura 26:

Figura 26 – Número de mortes por quilômetro



(fonte: COMANDO RODOVIÁRIO DA BRIGADA MILITAR – RS, 2016)

Além do mais, as estatísticas fornecidas pelo Comando Rodoviário da Brigada Militar do Rio Grande do Sul nos apresentam que, de 2010 a 2015, tivemos 1386 pessoas feridas em acidentes, o que nos dá quase **uma pessoa sendo ferida todos os dias** no trecho avaliado.

Identifica-se, por meio na análise do ISP, que a administradora deveria concentrar seus investimentos não somente nas condições superficial da via, ou e em sinalização horizontal, existem outros elementos que precisam de uma atenção especial, principalmente nos trechos críticos, onde claramente apresentam excesso de interseções e acessos lindeiros, além de grande

fluxo de pedestres circulando dentro da faixa de domínio, que são fatores extremamente relevantes quanto a incidência de acidentes viários.

Logo, viu-se necessário a apresentação de sugestões de melhorias visando o aumento de segurança no trecho avaliado. Para isto, usou-se como critério:

- Os piores quilômetros avaliados em termos de Índice de Segurança Potencial (ISP);
- As piores médias de notas que foram dadas na análise dos ISP dentre as 34 (trinta e quatro) características da segurança viária;
- Os piores quilômetros quanto ao volume de acidentes;
- Os piores quilômetros quanto ao volume de mortes;

Embora levar em consideração as piores médias dentre as 34 características seja relevante como referencial de prioridade de execução ao sugerir as melhorias no trecho, o método do Índice de Segurança Potencial não indica a viabilidade desta analogia ser adequada. O objetivo da utilização deste parâmetro, é a possibilidade de entender, dentro todas as características, as que deveriam ser atacadas primeiro, por possuírem menor índice de segurança potencial no momento da vistoria.

Com base nisto, apresenta-se abaixo a lista de melhorias a serem implantadas, a fim de aumentar a segurança viária no trecho:

- 1) Iluminação de todo o perímetro analisado. Levando em consideração que todo o trecho analisado, que é do quilometro 13 ao 30, estar localizado em perímetro urbano, nenhum dos quilômetros pode ser descartado quanto a iluminação. Uma grande parte do trecho já possui a estrutura de iluminação instalada, principalmente do trecho 13 ao 20. Contudo, as mesmas não funcionam, conforme figura 27;

Figura 27 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 1



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 2) Construção de uma passarela para pedestres em frente à Vila Brito, na proximidade do Comando Rodoviário da Brigada Militar em Campo Bom, no quilômetro 24, conforme figura 28;

Figura 28 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 2



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 3) Construção de uma passarela para pedestres nas proximidades dos postos Ipiranga, no quilômetro 27 em Sapiranga, conforme figura 29;

Figura 29 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 3



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 4) Construção de uma passarela para pedestres nas proximidades da Universidade Feevale, no quilômetro 15, conforme figura 30;

Figura 30 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 4



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)



- 5) Redutor eletrônico de velocidade em frente a Hípica Porto Palmeira, acesso ao bairro Quatro Colônias no quilômetro 22, conforme figura 31;

Figura 31 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 5



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 6) Construção de uma passarela para pedestres em frente à Rua Cruzeiro do Sul, junto à empresa Beira Rio, no quilômetro 29, em Sapiranga, conforme figura 32;

Figura 32 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 6



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 7) Modificação do acesso em frente GVD e OK Center, entre os quilômetros 18 e 19. Bloqueando o acesso dos veículos que ingressam na pista no sentido Novo Hamburgo Campo Bom, oriundos do acesso lateral, e tentam diretamente acessar o retorno para Novo Hamburgo, evitando assim atravessar a via abruptamente, conforme figura 33;

Figura 33 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 7



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 8) Modificação do retorno de acesso à Universidade Feevale, em Novo Hamburgo, no quilômetro 16. Levando o fluxo até o viaduto do bairro São José. Para isto, sugere-se a criação de uma faixa adicional no sentido Novo-Hamburgo/Campo Bom, até o viaduto. Eliminando-se assim o retorno em frente a universidade, conforme figura 34;

Figura 34 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 8



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)



- 9) Reavaliação da camada superior de concreto asfáltico em todo o trecho avaliado, possível readequação da textura porosa, com o objetivo de mitigar efeitos de aquaplanagem. Vale salientar, que alguns quilômetros já se encontravam em obra, justamente na remoção e aplicação de nova camada superficial de concreto asfáltico, como nos quilômetros 24 e 26, conforme figura 35;

Figura 35 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 9



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 10) Modificação do acostamento nos quilômetros 24 e 25, após o Comando Rodoviário da Brigada Militar em Campo Bom. O mesmo não possui pavimentação, apenas saibro, conforme figura 36;

Figura 36 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 10



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 11) Modificação do acesso ao bairro Vila Irma, pela Travessa Jaraguá, no quilômetro 26, recomenda-se criar pista de acesso, evitando que os veículos reduzam a velocidade diretamente na via, mas sim desacelerar na pista auxiliar, conforme figura 37;

Figura 37 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 11



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 12) Criação de alça de acesso à Av. Bento Gonçalves, em Novo Hamburgo, no quilômetro 15, para veículos oriundos do sentido Campo Bom/Novo Hamburgo, conforme figura 38;

Figura 38 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 12



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

- 13) Modificação do acesso a via no quilômetro 15, de veículos oriundos da Av. Bento Gonçalves, em Novo Hamburgo. Bloqueando o acesso direto ao retorno aos veículos que buscam sentido à BR-116, permitindo acesso apenas ao próximo retorno, conforme figura 39.

Figura 39 – Indicação de adaptação/criação/melhoria 13



(fonte: Elaborado pelo Autor, 2016)

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de entender os fenômenos que geram o grande volume de acidentes e vítimas no trânsito, precisa-se cada vez mais se investir em estudos e projetos. O alinhamento entre as estatísticas de acidentes, juntamente com conhecimento técnico e a vasta bibliografia existente para segurança viária, devem ser cada vez mais explorados para mitigar os acidentes viários que ocorrem diariamente em nossas estradas.

Este trabalho se focou em avaliar, dentro de suas delimitações de trecho, as condições de segurança viária da rodovia. Obtendo êxito no estudo, e constatando-se que o trecho possui oscilação quanto as condições de segurança, intercalando sua classificação entre potencialmente inseguro, potencialmente razoavelmente seguro e potencialmente seguro. Identificou que muitos dos trechos considerados inseguros coincidem com as estatísticas de acidentes que os apresentam como grandes causadores de acidente.

Em análise as estatísticas de acidentes fornecidas pelo Comando Rodoviário da Brigada Militar do Rio Grande do Sul, identificou-se que após um crescente até 2013, os índices de acidentes têm reduzido na rodovia, contudo, devido ao curto período de amostra, não se pode afirmar que está redução é devido aos esforços da EGR em melhorar a segurança do trecho têm obtido êxito, pois podem estar ocorrendo o fenômeno de regressão à média. O objetivo de identificar trechos críticos e sugerir melhorias, utilizando índices proativos e reativos, ordenando as estatísticas de acidentes, relacionando os ISPs, utilizando como parâmetro a Curva ABC, obteve êxito. Como resultado, identificou-se treze aspectos que necessitam de atenção emergencial por parte da Empresa Gaúcha de Rodovias, destes, alguns necessitam de aplicação em todo trecho analisado, contudo, na grande maioria, são intervenções pontuais, de baixo custo, como bloqueio de retornos, e adaptações de faixas, mas que possuem papel determinante para aumento da segurança viária no trecho.

Em relação aos dados de investimentos feitos pela EGR, conseguiu-se identificar o volume de arrecadação na praça de pedágio compreendida no trecho de estudo, bem como teve-se acesso ao volume total de desembolso mensal por parte da empresa nos últimos anos. Contudo, a EGR não forneceu acesso aos investimentos por trecho e tipo de investimento, inviabilizando a possibilidade de identificar em cada quilômetro analisado, em que foi investido, e se este

investimento estaria diretamente ligado as maiores demandas de segurança viária. A EGR argumenta que as licitações feitas são gerais, para longos trechos, e para simultâneas rodovias, o que retorna inviável a análise requerida.

Por fim, acredita-se que a escolha da rodovia, a ERS-239, bem como o trecho, entre Novo-Hamburgo e Sapiranga, entre os quilômetros 13 ao 30, foi assertiva, uma vez que apresentaram inúmeras intervenções em termos de segurança viária a serem implantados. Acredita-se também, que a escolha do método do Índice de Segurança Potencial (ISP), foi satisfatória, tanto em relação a facilidade de aplicação, possibilitando uma inspeção objetiva, direta e de real relação com as condições reais de segurança viária.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). **Highway safety design and operations guide**. Washington, D.C. : AASHTO, 1997.
- BRANCO, A. M. **Segurança Rodoviária**. São Paulo: Editora CL-A, 1999.
- COSTA, F. N. **Regressão a média**. 2013. Disponível em: <https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/2013/08/27/regressao-a-media/>. Acessado em jun. 2016.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM, 1999, **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, Brasil.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias**. Publicação IPR – 741, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2010.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Estudos de Tráfego**. Publicação IPR – 723, Ministério dos Transportes, Rio de Janeiro, 2006.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 1989, Traffic Conflict Techniques for Safety and Operations. Publication No. FHWA A-IP-88-027, EUA.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2000, **Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways**. Publication No. FHWA-RD-99-207, EUA. Disponível em: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/99207>. Acessado em nov. 2015.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2001a, **Evaluation of Automated Pedestrian Detection at Signalized Intersections**. Publication No. FHWA-RD-00-097. EUA. Disponível em: [http://www.walkinginfo.org/task\\_orders/to\\_11/peddetec.pdf](http://www.walkinginfo.org/task_orders/to_11/peddetec.pdf). Acessado em nov. 2015.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2001b, **National Review of the Highway Safety Improvement Program**. U.S. Department of Transportation. EUA. Disponível em: [http://safety.fhwa.dot.gov/state\\_program/hsip/hsip\\_final.htm](http://safety.fhwa.dot.gov/state_program/hsip/hsip_final.htm). Acessado em nov. 2015.
- FITZPATRICK, K.; BALKE, K.; HARWOOD, D. W. AND ANDERSON, I. B. **Accident mitigation guide for congested rural two-lane highways**. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Report 440, Washington, DC. 2000.
- GENERAL ACCOUNTING OFFICE, 2003, **Research Continues on the Variety of Factors That Contribute to Motor Vehicle Crashes**. Report to Congressional Requesters No. GAO-03-436, EUA. Disponível em: <http://www.gao.gov/new.items/d03436.pdf>. Acessado em nov. 2015.

NODARI, C. T. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

OGDEN, K.W. **Safer roads: a guide to road safety engineering**. Ashgate Publishing limited, University Press, Cambridge, 1996.

PINTO, C. V. - **Organização e gestão da manutenção**. 2ª ed. Lisboa: Edições Monitor, 2002.

SCHOPF, A. R. **Proposição de uma lista de verificação para revisão de segurança viária de rodovias**. 2006. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SOUZA, M. L. R. de **Procedimento para avaliação de projetos de rodovias rurais visando a segurança viária**. 2012. 206 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

TAMAYO, A. S. **Procedimento para avaliação e análise da segurança de tráfego em vias expressas urbanas**. 2010. 223 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE), Rio de Janeiro, 2010.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Designing safer roads: practices for resurfacing, restoration and rehabilitation**. Special report 214, Washington, DC: National Research Council, 1987.

**ANEXO A – Fotos ERS-236 (km 13 ao 30)**



