



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES E
GESTÃO TERRITORIAL

Tiago Augusto Pianezzer

**Análise comparativa de metodologias para identificação de segmentos críticos em
rodovias rurais**

Florianópolis
2019

Tiago Augusto Pianezzer

**Análise comparativa de metodologias para identificação de segmentos críticos em
rodovias rurais**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Orientador: Prof. Jorge Destri Junior, Dr.

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da
Biblioteca Universitária da UFSC.

Pianeizzer, Tiago Augusto
Análise comparativa de metodologias para identificação
de segmentos críticos em rodovias rurais / Tiago Augusto
Pianeizzer ; orientador, Jorge Destri Junior, 2019.
165 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2.
Sistemas de Transportes. 3. Segurança Viária. 4. Rodovias
rurais. 5. Identificação de segmentos críticos. I. Destri
Junior, Jorge. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e
Gestão Territorial. III. Título.

Tiago Augusto Pianezzer

Análise comparativa de metodologias para identificação de segmentos críticos em rodovias rurais

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Amir Mattar Valente, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Eduardo Lobo, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Eugênio Cavallazzi, Dr.

Avaliador Externo

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

Coordenação do Programa

Prof. Jorge Destri Junior, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2019.

Este trabalho é dedicado aos meus amados pais, irmão e avós.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Eduardo Lobo, por ter sido meu primeiro contato na Universidade Federal de Santa Catarina. Ao Prof. Dr. Jorge Destri Junior, por ter dividido tanta paciência, conhecimento, orientações e conversas que balizaram minha vida profissional e acadêmica nesses anos de mestrado. A todos os outros docentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial (PPGTG).

Ao Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, por ter me permitido utilizar da estrutura do laboratório para realizar parte das pesquisas. À equipe de Segurança Viária do laboratório, por terem dado apoio à minha adaptação na cidade. À engenheira Dra. Camila Belleza Maciel Barreto, que, no papel de avaliadora na banca de qualificação e chefe, sempre me ensinou, apoiou e acreditou em mim.

Aos meus pais, que sempre foram meu porto seguro, onde posso recarregar minhas energias antes de voltar a navegar. Ao meu irmão, com seu jeito especial sempre me apoia. À minha avó e ao meu avô, que sempre foram o cerne da família. À família de Florianópolis, que estiveram comigo no dia-a-dia nesse último ano.

Aos amigos que sempre foram ouvidos e abraços. Em especial, à Patota amada, que há quase 15 anos nós nos apoiamos mutuamente. Ao Ian e Mah, que sempre me ajudaram a estabilizar meu barco quando a tempestade chegava. E aos seres de luz que a dança me proporciona, na figura da Tati Leme, a qual sempre acalmou minha ansiedade com seu olhar e a expressão “Foco no processo”.

A todos os outros que indiretamente fizeram parte desse trabalho.

“O futuro tem por ofício ser incerto” (Pedro Malan, ex-ministro da Fazenda)

RESUMO

A temática abordada nesse trabalho é a Segurança Viária. Uma vez que não é possível eliminar por completo os números de óbitos e feridos decorrentes de acidentes de trânsito, se faz necessário estudá-los para melhor compreensão de algumas de suas características. Sendo assim, este trabalho objetiva estudar diferentes metodologias para identificar os locais críticos de ocorrência de acidentes de trânsito em rodovias rurais. Para isso, o trabalho identifica as metodologias usadas em âmbito nacional e também as presentes na literatura acadêmica, aplicando 3 delas em um estudo de caso de um segmento da BR-116, em Santa Catarina – Brasil. Com a aplicação da metodologia reativa proposta por DNIT, da metodologia preditiva iRAP e da metodologia reativa de Potencial de Aproveitamento Financeiro, foi possível observar se havia correlação entre elas no que tange a identificação de segmentos críticos em rodovias rurais. Para isso, foi utilizada a Técnica de Correlação de Postos de Spearman, correlacionando as metodologias estudadas, par a par. Os resultados obtidos demonstraram que a metodologia proposta por DNIT não é correlacionada com a metodologia iRAP quando se analisa de forma generalizada e de acordo com o ambiente ou com o tipo de relevo, porém, isso ocorre com a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro quando se analisa de forma geral, por tipo de ambiente e na maioria dos tipos de relevo. Além disso, conseguiu-se correlacionar a metodologia iRAP e a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro em quase todas as situações analisadas, porém, exceto quando o relevo é do tipo plano. Por fim, os resultados obtidos de correlação entre metodologias estudadas indicam que comparar uma metodologia de viés preditivo com outra de viés reativo não necessariamente indica os mesmos segmentos de rodovias como críticos. Isso é corroborado por estudos estatísticos nacionais de trânsito em que a maioria dos acidentes de trânsito em rodovias são causados por fatores humanos em relação àqueles causados por fator veicular ou fator via.

Palavras-chave: Sistemas de Transportes. Segurança Viária. Rodovias rurais. Identificação de segmentos críticos.

ABSTRACT

Road Safety is addressed in this Master's Thesis. Since it is not possible to reduce to zero the number of fatalities and casualties due to traffic crashes, it is necessary to study it aiming to better understand some of their characteristics. Therefore, this thesis aims to study distinct methodologies to identify black spots in rural highways. In order to achieve it, this research identifies which are the methodologies used nationally and also presented in the literature. Three of them are applied in a study case of a rural road segment of the national Brazilian highway BR-116, located in the state of Santa Catarina. With the application of the responsive methodology proposed by DNIT, the predictive one iRAP and the responsive one called Safety Potential, it was possible to evaluate if there was some correlation between them in terms of identifying black spots in rural highways. For this reason, the Spearman Correlation was used to evaluate each pairs of the methodologies studied. The results showed that the methodology proposed by DNIT is not correlated to iRAP in a general way and regarding specifically to the land use and to the type of relief. However, the methodology proposed by DNIT is correlated to the Safety Potential in a general way, regarding to land use and most of types of relief. Moreover, it was possible to correlate iRAP methodology to Safety Potential in almost every studied situation, except in road segments that its relief was considered flat. In conclusion, the results suggest that correlating a responsive methodology to a predictive one may not necessarily identify the same road segments as critical. This is also corroborated by traffic crashes Brazilian reports, that shows that the majority of the traffic crashes occurred in highways was caused by human factors instead of those caused by vehicles or highway factors.

Keywords: Transportation Systems. Road Safety. Rural Highway. Black Spot Identification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz de Transportes de Cargas no Brasil (em milhões de toneladas).....	19
Figura 2 - Matriz de Transportes de Passageiros no Brasil (em passageiros).....	20
Figura 3 - Metodologia da Pesquisa	25
Figura 4 - Evolução histórica do número de óbitos em acidentes de trânsito em todo o território nacional.....	26
Figura 5 - Evolução histórica do número de feridos e óbitos em rodovias federais brasileiras	27
Figura 6 - Causas dos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras no ano de 2018 ..	33
Figura 7 - Tipos dos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras no ano de 2018	35
Figura 8 - Metodologia proposta por DNIT para Identificação de Segmentos Críticos.....	49
Figura 9 - Fluxograma da metodologia iRAP	55
Figura 10 - Layout do software de codificação BrazilRAP	57
Figura 11 - Pontuação da Classificação por Estrelas conforme classe de usuário da rodovia .	59
Figura 12 - Fluxograma das etapas do método numérico com fator de ponderação financeiro	61
Figura 13 - Fluxograma da revisão sistemática de literatura.....	65
Figura 14 - Filtros utilizados na etapa de revisão sistemática de literatura.....	67
Figura 15 - Avaliação da Seção B da Rodovia Bruce conectando Cooroy e Curras na Austrália	72
Figura 16 - Mapa dos locais críticos de acidentes utilizando as técnicas Gettis-Ord e Densidade Kernel	74
Figura 17 - Identificação dos segmentos com extensão de 10 quilômetros com maior número de acidentes.....	78
Figura 18 - Identificação dos segmentos com extensão de 1 quilômetro com maior número de acidentes	79
Figura 19 - Layout inicial do <i>software r</i>	84
Figura 20 - Metodologia proposta	85
Figura 21 – Localização da rodovia BR-116 conectando Fortaleza/CE à Jaguarão/RS	90
Figura 22 - Localização da rodovia BR-116 no Estado de Santa Catarina	91
Figura 23 - Localização dos dois trechos SNV escolhidos para análises	92
Figura 24 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009).....	95

Figura 25 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) do trecho SNV 116BSC2891.....	96
Figura 26 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) do trecho SNV 116BSC2895.....	97
Figura 27 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) conforme uso do solo	98
Figura 28 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) conforme relevo da rodovia	99
Figura 29 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) conforme segmentos homogêneos	101
Figura 30 - Imagem gerada na etapa de Inspeção Rodoviária.....	102
Figura 31 - Classificação por Estrelas do trecho escolhido da rodovia BR-116.....	103
Figura 32 - Classificação por Estrelas conforme metodologia iRAP	104
Figura 33 - Classificação por Estrelas do trecho SNV 116BSC2891	105
Figura 34 - Classificação por Estrelas do trecho SNV 116BSC2895	106
Figura 35 - Classificação por Estrelas conforme uso do solo	107
Figura 36 - Classificação por Estrelas conforme tipo de relevo.....	108
Figura 37 - Classificação por Estrelas conforme segmentos homogêneos.....	110
Figura 38 - Frequência de acidentes observada no trecho da BR-116 escolhido	112
Figura 39 - Quantidade de segmentos identificados como críticos por trecho SNV.....	113
Figura 40 - Potencial de Aproveitamento Financeiro (em mil reais) por trecho SNV	114
Figura 41 – (a) Quantidade de segmentos e (b) valor do Potencial de Aproveitamento Financeiro de acordo com o uso do solo	115
Figura 42 – (a) Quantidade de segmentos e (b) valor do Potencial de Aproveitamento Financeiro de acordo com o tipo de relevo.....	116
Figura 43 - Quantidade de segmentos e Potencial de Aproveitamento Financeiro de acordo com a classificação de segmento homogêneo	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características e principais atividades de cada pilar da Segurança Viária.....	28
Quadro 2 - Tipos de acidentes e suas características em relação às vítimas	29
Quadro 3 - Fatores de influência e ações para reduzir o número de acidentes durante a fase de pré-acidente	36
Quadro 4 - Fatores de influência e ações para reduzir as consequências dos acidentes durante a fase de acidente.....	37
Quadro 5 - Fatores de influência e ações para melhorar a preservação da vida durante a fase após o acidente.....	38
Quadro 6 - Componentes dos custos de acidentes rodoviários	39
Quadro 7 - Contramedidas propostas para melhorar a segurança viária nas rodovias	41
Quadro 8 - Categorização dos segmentos críticos de acordo com o nível de significância	53
Quadro 9 - Dados de suporte utilizados pela metodologia <i>iRAP</i>	58
Quadro 10 - Palavras-chave utilizadas nas bases de material acadêmico	66
Quadro 11 - Lista de material acadêmico selecionado	67
Quadro 12 - Aspectos de avaliação de rodovias e seus subcritérios correspondentes	70
Quadro 13 - Distribuição dos segmentos homogêneos no segmento analisado	92
Quadro 14 - Quantidade de acidentes ocorridos no trecho de análise.....	93
Quadro 15 – Variável ordinal da metodologia do DNIT.....	118
Quadro 16 – Variável ordinal da metodologia do <i>iRAP</i>	118
Quadro 17- Resumo da Correlação de Postos de Spearman entre metodologia DNIT e <i>iRAP</i>	120
Quadro 18 - Resumo da Correlação de Postos de Spearman entre metodologia DNIT e Potencial de Aproveitamento Financeiro	121
Quadro 19 - Resumo da Correlação de Postos de Spearman entre metodologia <i>iRAP</i> e Potencial de Aproveitamento Financeiro	122
Quadro 20 - Considerações acerca dos indicadores de decisão.....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Qualidade das rodovias brasileiras	21
Tabela 2 - Custo médio dos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras no ano de 2014	40
Tabela 3 - Peso atribuído a cada acidente de acordo com a sua gravidade	43
Tabela 4 - Peso atribuído a cada acidente de acordo com a sua gravidade	47
Tabela 5 - Nível de significância e coeficiente k.....	52
Tabela 6 - Quantidade de material fornecido por cada base utilizada.....	66
Tabela 7 – VMDA nos trechos SNV nos anos analisados	93
Tabela 8 - Custos médios por severidade de acidentes nos anos analisados.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Analytical Hierarchy Process
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BAT	Boletim de Acidente de Trânsito
CEFTRU	Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CNT	Confederação Nacional de Transporte
DATASUS	Departamento de Informática do SU
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DPVAT	Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre
FHWA	Federal Highway Administration
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
iRAP	International Road Assessment Programme
LabTrans	Laboratório de Transportes e Logística
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONSV	Observatório Nacional de Segurança Viária
PNCT	Plano Nacional de Contagem de Tráfego
PRF	Polícia Rodoviária Federal
SAPO	Safety Potential
SIOR	Sistema Integrado de Operações Rodoviárias
SNV	Sistema Nacional de Viação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VMDA	Volume Médio Diário Anual
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	21
1.2	OBJETIVOS	22
1.2.1	Objetivo geral.....	22
1.2.2	Objetivos específicos.....	22
1.3	JUSTIFICATIVA	23
1.4	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	23
1.5	METODOLOGIA.....	24
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
2.1	SEGURANÇA VIÁRIA.....	26
2.1.1	Acidentes de trânsito	29
2.1.2	Fonte de informações de acidentes de trânsito.....	30
2.1.3	Distribuição dos acidentes de trânsito	31
2.1.4	Causas dos acidentes de trânsito	32
2.1.5	Tipos de acidentes rodoviários	33
2.1.6	Matriz de Haddon.....	35
2.1.7	Custos dos acidentes rodoviários.....	39
2.2	IDENTIFICAÇÃO DE SEGMENTOS CRÍTICOS.....	40
2.2.1	Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros (DENATRAN, 1982).....	42
2.2.2	Modelo de Identificação de Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias (DNER, 1986)	43
2.2.3	Técnica de Análise de Conflitos (CET, 2001).....	44
2.2.4	Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centro Urbanos (Meneses, 2001).....	45

2.2.5	Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito (CEFTRU, 2002)	46
2.2.6	Identificação de Segmentos Críticos (DNIT, 2009)	48
2.2.6.1	<i>Coleta de dados</i>	49
2.2.6.2	<i>Cálculo do Índice de acidentes do segmento - I_j</i>	51
2.2.6.3	<i>Cálculo do Índice crítico anual de referência - λ</i>	51
2.2.6.4	<i>Cálculo do Índice crítico anual do segmento homogêneo - IC_j</i>	52
2.2.6.5	<i>Identificação dos segmentos críticos</i>	52
2.2.6.6	<i>Categorização dos segmentos críticos</i>	53
2.2.6.7	<i>Série histórica</i>	53
2.2.6.8	<i>Listagem dos segmentos críticos</i>	54
2.2.7	International Road Assessment Programme (iRAP)	54
2.2.7.1	<i>Inspeção da rodovia</i>	56
2.2.7.2	<i>Codificação da rodovia</i>	56
2.2.7.3	<i>Dados de suporte</i>	58
2.2.7.4	<i>Star Rating Scores – SRS</i>	59
2.2.7.5	<i>Contramedidas sugeridas</i>	60
2.2.8	Potencial de Aproveitamento Financeiro	60
2.2.8.1	<i>Coleta de dados</i>	61
2.2.8.2	<i>Identificação dos segmentos com acidentes na região estudada</i>	62
2.2.8.3	<i>Identificação dos locais com alta frequência de acidentes</i>	62
2.2.8.4	<i>Teste estatístico</i>	62
2.2.8.5	<i>Cálculo de SAPO e ordenamento dos locais identificados</i>	63
2.3	ESTADO DA ARTE	64
2.3.1	Revisão Sistemática de Literatura	64
2.3.2	Métodos identificados na literatura	69
2.3.2.1	<i>Avaliação de risco da rodovia</i>	69

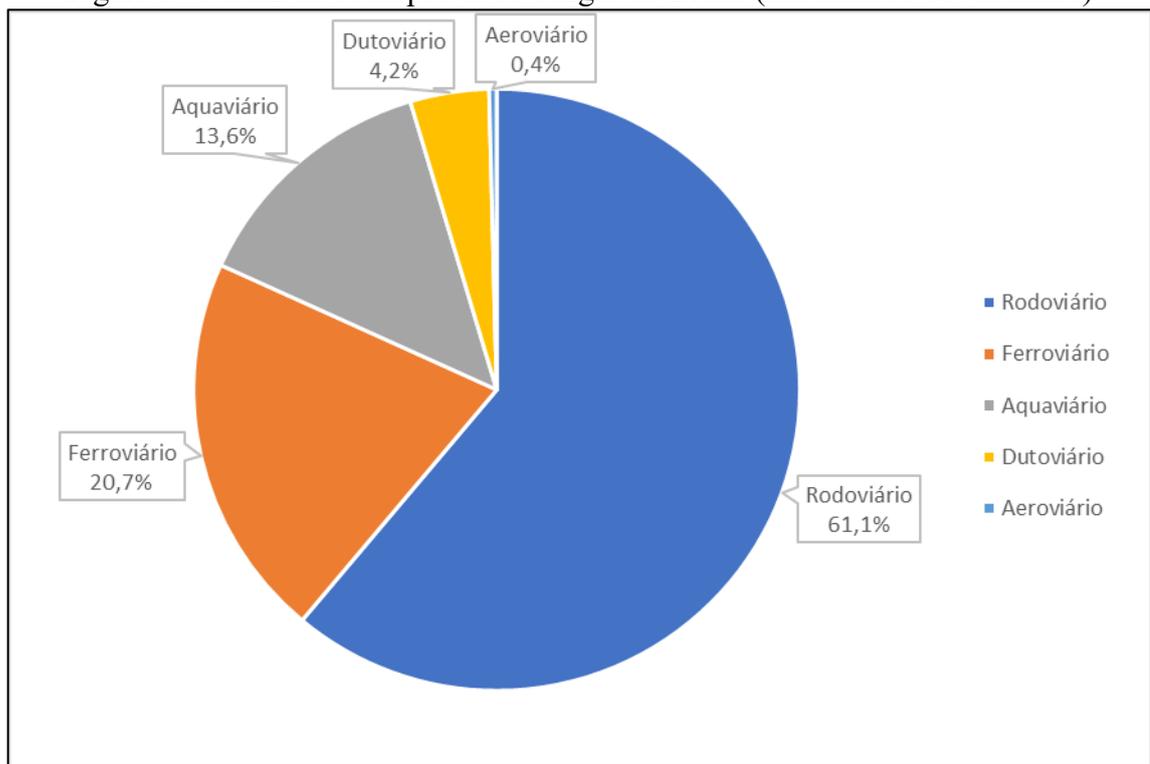
2.3.2.2	<i>Método Espacial</i>	73
2.3.2.3	<i>Método Estatístico</i>	74
2.3.2.4	<i>Método Multicritério</i>	75
2.3.2.5	<i>Método Numérico</i>	77
2.3.3	Comparação de métodos de identificação de segmentos críticos	80
2.4	CORRELAÇÃO ESTATÍSTICA	82
3	METODOLOGIA	85
3.1	DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	85
3.2	COLETA DOS DADOS NECESSÁRIOS	86
3.3	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA POR DNIT	87
3.4	APLICAÇÃO DE OUTRAS METODOLOGIAS	87
3.5	INDICADORES DE TOMADA DE DECISÃO	87
4	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	89
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	89
4.2	LEVANTAMENTO DOS DADOS NECESSÁRIOS	93
4.3	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA POR DNIT	94
4.3.1	Criticidade do trecho escolhido conforme trecho SNV	95
4.3.2	Criticidade do trecho escolhido conforme segmentos homogêneos	97
4.4	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA IRAP	102
4.4.1	Classificação por Estrelas conforme trecho SNV	105
4.4.2	Classificação por Estrelas conforme segmento homogêneo	106
4.5	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE POTENCIAL DE APROVEITAMENTO FINANCEIRO	111
4.5.1	Análise do Potencial de Aproveitamento Financeiro conforme trechos SNV 112	
4.5.2	Análise do Potencial de Aproveitamento Financeiro conforme segmento homogêneo	114

4.6	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	117
4.6.1	Organização dos resultados	118
4.6.2	Técnica de Correlação de Postos de Spearman	119
4.6.2.1	<i>Correlação de Postos de Spearman entre metodologias DNIT e iRAP</i>	<i>119</i>
4.6.2.2	<i>Correlação de Postos de Spearman entre metodologias DNIT e Potencial de Aproveitamento Financeiro.....</i>	<i>120</i>
4.6.2.3	<i>Correlação de Postos de Spearman entre metodologias iRAP e Potencial de Aproveitamento Financeiro.....</i>	<i>121</i>
4.6.3	Outros indicadores	122
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
5.1	RECOMENDAÇÕES FUTURAS	127
	REFERÊNCIAS.....	129
	APÊNDICE A – Criticidade dos segmentos analisados conforme metodologia DNIT (2009).....	141
	APÊNDICE B – Classificação por Estrelas dos segmentos analisados conforme metodologia iRAP	143
	APÊNDICE C – Identificação de locais com alta frequência de acidentes conforme metodologia proposta por Nguyen et al. (2016)	145
	APÊNDICE D – Classificação dos segmentos críticos conforme metodologia proposta por Nguyen et al. (2016)	148
	APÊNDICE E – Resultados das três metodologias conforme normalização dos resultados.....	149
	ANEXO A – Atributos considerados por iRAP (2014) na etapa de codificação da rodovia.....	151
	ANEXO B – Contramedidas propostas por iRAP (2014) e seus atributos relacionados.....	154
	ANEXO C – Detalhe dos acidentes ocorridos no trecho de análise entre os anos de 2016 e 2018 (PRF, 2019a)	158
	ANEXO D – Segmentos Homogêneos nos trechos SNV analisados.....	164

1 INTRODUÇÃO

A movimentação de cargas e passageiros pode ser realizada utilizando as seguintes modalidades: rodoviária, ferroviária, hidroviária e aeroviária. Além disso, a movimentação de cargas também pode ser feita no modo dutoviário. Observa-se na Figura 1 que, no Brasil, a matriz de transportes de cargas se encontra de forma desequilibrada. No modal rodoviário são transportadas 3 vezes mais toneladas de carga em comparação com o modal ferroviário e mais de 4 vezes em relação ao transportado no modal aquaviário. Considerando os outros dois modais de transporte de carga, dutoviário e aeroviário, a comparação fica ainda mais desequilibrada: 15 e 120 vezes a mais, respectivamente, de acordo com a Confederação Nacional de Transporte (CNT, 2019).

Figura 1 - Matriz de Transportes de Cargas no Brasil (em milhões de toneladas)

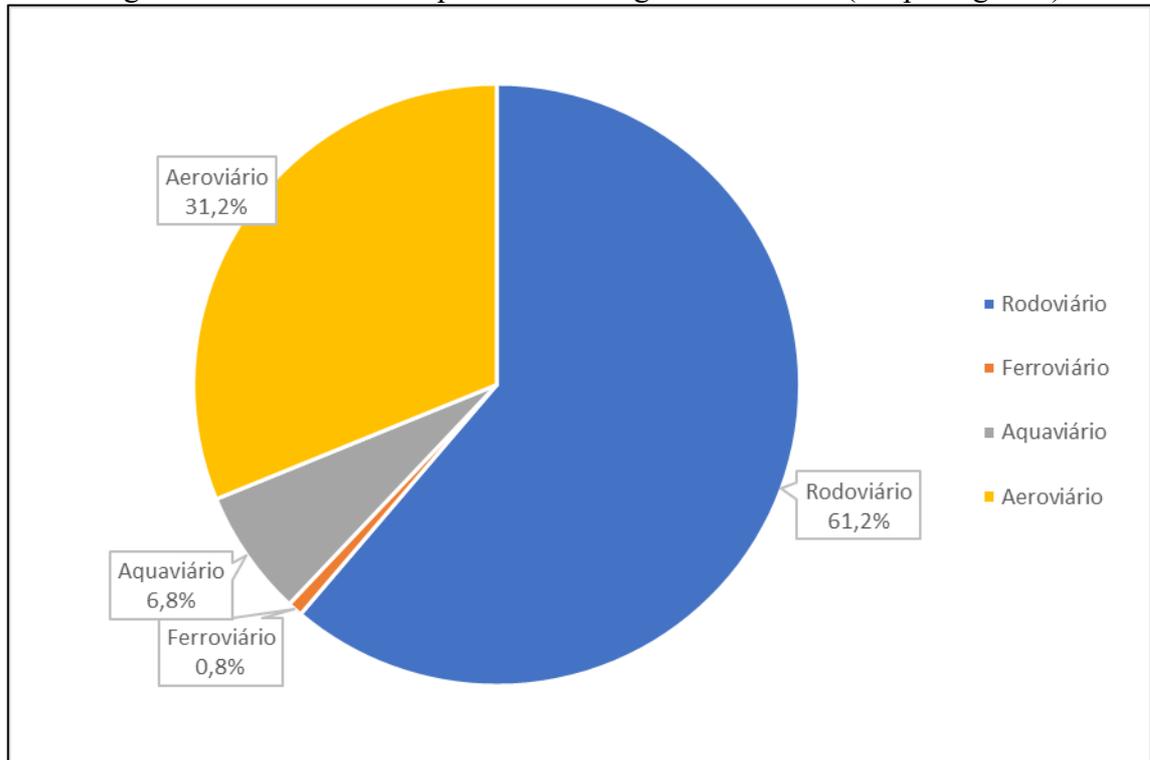


Fonte: Adaptado de Confederação Nacional de Transportes (2019)

A situação brasileira do transporte de passageiros não se encontra diferente da mostrada sobre o transporte de cargas. A Figura 2 mostra que, dos passageiros transportados, 61% foram feitos no modal rodoviário, sendo este valor o dobro daquele transportado em modal

aeroviário. Já o modal aquaviário representa 10 vezes menos que o modal rodoviário, enquanto que o modal ferroviário representa 60 vezes menos.

Figura 2 - Matriz de Transportes de Passageiros no Brasil (em passageiros)



Fonte: Adaptado de Agência Nacional de Transportes Aquaviários (2018) e Confederação Nacional de Transportes (2019)

Mesmo com toda essa predominância do uso do modal rodoviário em relação aos outros modais, tanto para o transporte de cargas como o de passageiros, a qualidade da infraestrutura rodoviária brasileira ainda pode melhorar pois, de acordo com os dados obtidos nas Pesquisas CNT de Rodovias (CNT, 2017 e 2018), mostrados na Tabela 1, mais de 50% das rodovias brasileiras avaliadas apresenta condições gerais classificadas como regular, ruim ou péssima. Nos aspectos geométricos e na qualidade do pavimento, a situação avaliada apresenta o mesmo comportamento. Já o contrário ocorre com a sinalização das rodovias, em que mais de 50% das rodovias é avaliada como boa ou ótima.

Tabela 1 - Qualidade das rodovias brasileiras

Condições Gerais	2017	2018
Regular, ruim ou péssima	61,80%	57,00%
Boa ou ótima	38,20%	43,00%
Aspectos Geométricos		
Regular, ruim ou péssima	77,90%	75,70%
Boa ou ótima	22,10%	24,30%
Qualidade do Pavimento		
Regular, ruim ou péssima	50,00%	50,90%
Boa ou ótima	50,00%	49,10%
Sinalização		
Regular, ruim ou péssima	59,20%	44,70%
Boa ou ótima	40,80%	55,30%

Fonte: Confederação Nacional de Transportes (2017 e 2018)

Mesmo observando uma melhora nos índices do ano de 2017 para 2018, a situação das rodovias ainda gera consequências negativas à sociedade. Observou-se um aumento do custo logístico da ordem de 25% de 2014 para 2015 (CNT, 2015) e uma perda de 1,3% da carga de milho e soja no ano de 2015 (PÉRA, 2017). Em relação aos acidentes rodoviários, no ano de 2018 foram registrados pela Polícia Rodoviária Federal (PRF) mais de 68 mil acidentes, totalizando mais de 76 mil feridos e mais de 5.000 óbitos em rodovias federais (PRF, 2019a). Nesses dados não estão incluídas as informações relativas a acidentes ocorridos em rodovias estaduais ou aqueles acidentes em que a polícia não foi acionada. Com essa situação apresentada pela PRF sobre os acidentes rodoviários se faz necessário analisá-los com o intuito de reduzir o número de ocorrências.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Para se analisar os acidentes rodoviários existem abordagens que podem diferir conforme as causas, aos tipos, ao momento ou a localização dos mesmos. Em específico a esse último ponto, existe o conceito de segmento crítico, que é aquele local ou segmento com uma concentração de acidentes rodoviários e a sua identificação é importante para realizar intervenções nas rodovias de forma mais assertiva. Essa identificação pode ser feita com análises consideradas reativas, quando são feitas utilizando dados sobre a série histórica de acidentes, ou consideradas preditivas, quando são feitas através de avaliações quantitativas e qualitativas da situação atual da via e como essa situação representa um risco para a segurança viária de veículos e pedestres.

Atualmente, o método mais utilizado no Brasil em rodovias rurais é um método reativo, definido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), em que são considerados a gravidade dos ferimentos nos usuários envolvidos no acidente, o local de ocorrência do mesmo e o fluxo de veículos na rodovia em análise.

Sabendo das características e das informações necessárias para a aplicação da metodologia utilizada pelo DNIT, da existência de outras abordagens possíveis para identificar trechos críticos de acidentes, de que os recursos financeiros são escassos e da necessidade de priorizar trechos rodoviários onde as intervenções serão aplicadas, chega-se à pergunta que norteará esse trabalho: “Existe diferença significativa em identificar segmentos críticos de acidentes em rodovias rurais utilizando a metodologia aplicada pelo DNIT em relação a outras metodologias existentes?”

1.2 OBJETIVOS

Para responder à pergunta deste trabalho os objetivos podem ser divididos em geral e específicos, mostrados a seguir.

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise comparativa de metodologias, usando diferentes abordagens entre si, para identificação de segmentos críticos em rodovias rurais.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar, analisar e apresentar as diversas abordagens existentes, no Brasil e em outros países, para identificação de segmentos críticos em rodovias rurais;
- b) Avaliar se as aplicações de diferentes metodologias para identificação de segmentos críticos em rodovias são convergentes ou divergentes entre si baseado em alguns parâmetros, tais como relevo da rodovia, ambiente, volume de tráfego, entre outros;

- c) Propor indicadores que permitam determinar qual metodologia para identificação de segmentos críticos de rodovias rurais podem ser utilizados frente aos recursos disponíveis e os objetivos em relação ao melhoramento da segurança viária.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os acidentes de trânsito são hoje considerados como a 8ª maior causa de morte no mundo, conforme a *World Health Organization* (WHO, 2018), chegando ao patamar de 1,35 milhão de óbitos por ano em todo o mundo. Em específico no Brasil, o Ministério da Saúde (MS, 2018) divulgou, através do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), que mais de 37 mil pessoas foram à óbito decorrente de acidentes de trânsito.

Além disso, a sociedade brasileira teve um gasto decorrente dos acidentes, no ano de 2014, de aproximadamente 55 bilhões de reais entre despesas hospitalares, remoção das vítimas e dos veículos, perda de carga, perda de produção e danos à propriedade pública e privada, de acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015).

Para tentar amenizar o problema dos acidentes rodoviários, seja em termos de número de óbitos e feridos ou em termos financeiros, faz-se necessário identificar os segmentos críticos de forma assertiva e com o mínimo de recursos necessários.

1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Algumas considerações foram feitas para limitar a extensão do trabalho, visto o número de variáveis existentes e suas possíveis combinações. São elas:

- a) A comparação será feita em vias com as seguintes características: pavimentada, pista simples e com relevo e uso do solo variado.
- b) Foram escolhidos métodos de identificação de segmentos críticos cujos dados de entrada fossem públicos, pois não existia a disponibilidade financeira para realizar pesquisas de campo.

1.5 METODOLOGIA

Definido por Gomes (2001) “a ciência é todo e qualquer conhecimento produzido sistematicamente através de método previamente definido, apoiado em técnicas de investigação que proporcione o conhecimento acerca de um determinado objeto de estudo”. Além disso, Gomes (2001) também afirma que:

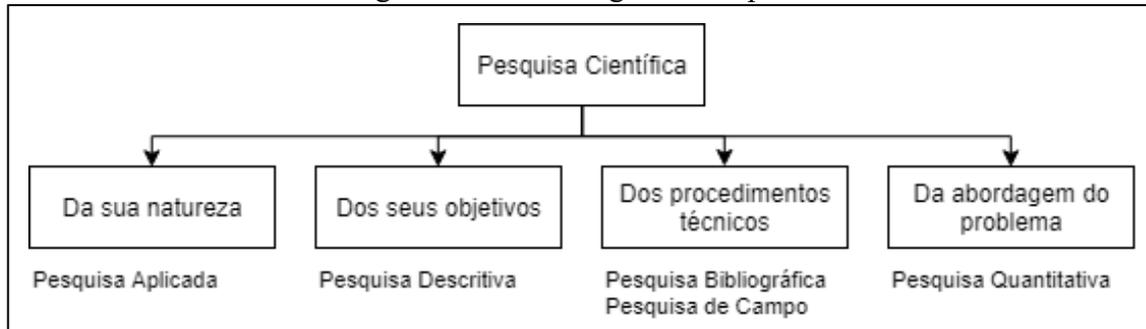
A metodologia científica lida com a avaliação de técnicas de pesquisa e com a geração ou a experimentação de novos métodos que possibilitam captar e processar informações e resolver diversas categorias de problemas teóricos e práticas de pesquisa. (GOMES, 2001, p. 6)

Com isso definido, Prodanov e Freitas (2013) classificam a pesquisa conforme a sua natureza, seus objetivos, seus procedimentos técnicos e da forma de abordagem do problema. Sendo assim a pesquisa aqui definida classifica-se:

- a) Do ponto de vista da sua natureza: pesquisa aplicada, com o “objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos, sendo assim envolve verdades e interesses locais” (PRODANOV E FREITAS, 2013).
- b) Do ponto de vista dos seus objetivos: pesquisa descritiva, em que “realiza o registro e a descrição de determinada população ou fenômeno aqui estudado” (PRODANOV E FREITAS, 2013).
- c) Do ponto de vista dos procedimentos técnicos: bibliográfica e pesquisa de campo, em que se objetiva “contato com o material do assunto da pesquisa, a busca bibliográfica se realizará em publicações em periódicos, artigos científicos, dissertações, teses e normas técnicas”, além de “conseguir informações acerca do problema estudado ou da hipótese que se queira comprovar” (PRODANOV E FREITAS, 2013).
- d) Do ponto de vista da abordagem do problema: quantitativa, em que “tudo pode ser quantificável, ou seja, traduzir-se em números as informações para classifica-las e analisa-las, requerendo assim técnicas e recursos estatísticos” (PRODANOV E FREITAS, 2013).

Isto posto, a Figura 3 mostra de forma resumida a metodologia da pesquisa.

Figura 3 - Metodologia da Pesquisa



Fonte: Autor (2019)

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos, incluindo este capítulo introdutório, sendo os demais resumidos a seguir:

Capítulo 2 – Fundamentação teórica: apresenta os conceitos de segurança viária, sobre acidentes de trânsito, as definições sobre segmentos críticos de acidentes e os conceitos relacionados à identificação desses segmentos. Também é mostrada uma sumarização das diferentes abordagens caracterizadas na literatura e os indicadores que serão usados para comparar as metodologias através da aplicação prática. Além disso, apresenta a revisão sistemática realizada para levantar material bibliográfico atual acerca de métodos de identificação de segmentos críticos. Para embasar as análises estatísticas realizadas, também são apresentados conceitos utilizados no decorrer do trabalho.

Capítulo 3 – Metodologia: apresenta a estrutura da metodologia adotada no trabalho para responder à pergunta e alcançar os objetivos propostos.

Capítulo 4 – Aplicação das metodologias e análise comparativa dos resultados: apresenta o trecho rodoviário escolhido. Também são discutidos os resultados de cada método utilizado e por fim compara todos os métodos com base em alguns indicadores.

Capítulo 5 – Considerações finais: sumariza as principais discussões acerca dos resultados obtidos e apresenta as conclusões obtidas com este trabalho. Além disso são mostradas recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

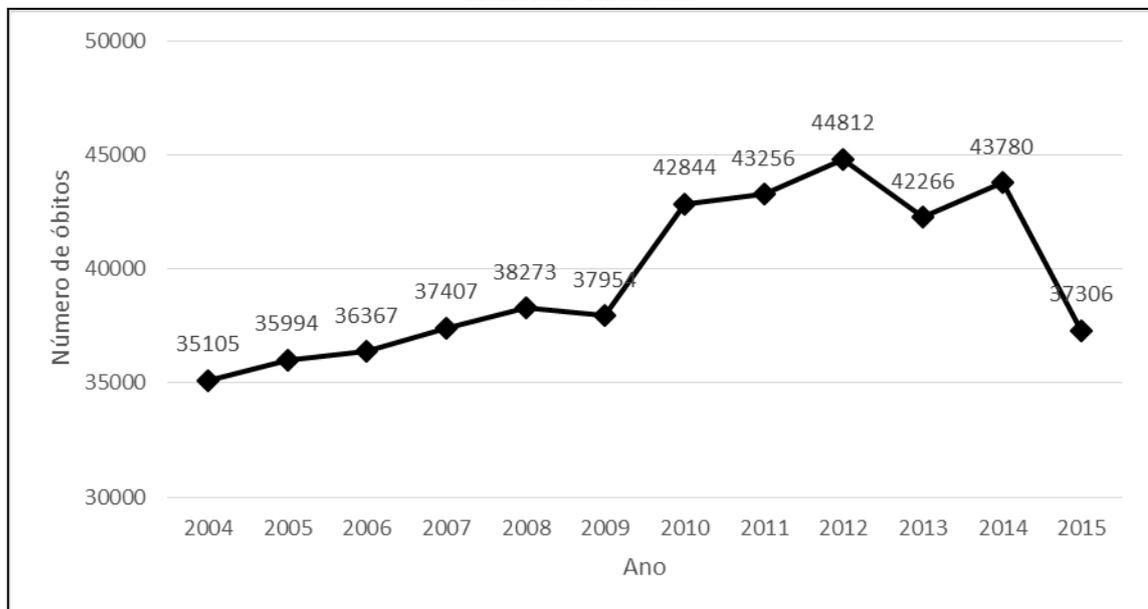
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo está dividido em três partes. A primeira aborda os conceitos relacionados ao tema do trabalho, sendo eles: segurança viária e segmentos críticos. Já a segunda parte apresenta a revisão sistemática realizada para levantar material bibliográfico acerca de métodos de identificação de segmentos críticos. Por fim, a última parte apresenta os conceitos estatísticos utilizados nesse trabalho.

2.1 SEGURANÇA VIÁRIA

De acordo com o relatório da WHO (2018), os acidentes de trânsito são responsáveis por levar à óbito 1,35 milhão de pessoas por ano em todo o mundo, sendo hoje considerada a 8ª maior causa de morte. Além disso, o MS (2018), através do DATASUS, divulgou um relatório que mostra, conforme apresentado na Figura 4, a evolução histórica no número de óbitos em acidentes de trânsito em todo o território nacional.

Figura 4 - Evolução histórica do número de óbitos em acidentes de trânsito em todo o território nacional



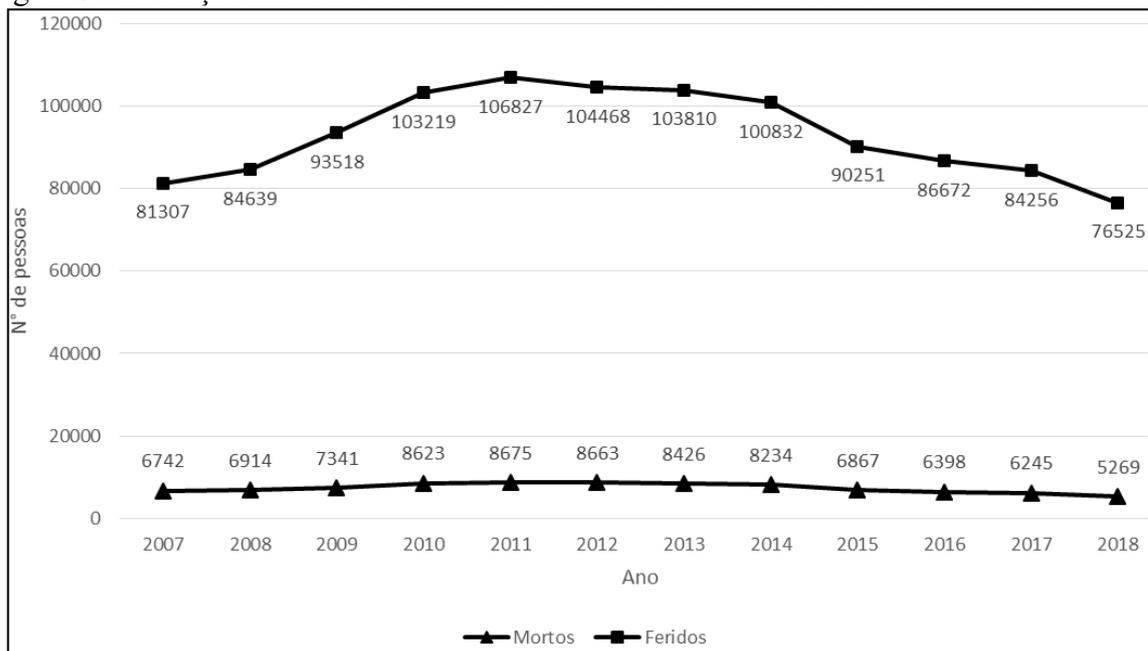
Fonte: Ministério da Saúde (2018)

Na Figura 4 é possível observar um crescimento constante no número de óbitos em acidentes de trânsito entre os anos de 2004 e 2009, seguido por um abrupto aumento no ano de

2010 de em torno de 37 mil óbitos para em torno de 42 mil. Até o ano de 2014 a situação se manteve estabilizada mostrando uma redução significativa para em torno de 37 mil óbitos ocorridos em 2015.

Em termos de rodovias federais, a situação não apresenta comportamento diferente do todo em termos de número de feridos e óbitos, os quais podem ser observados na Figura 5, contabilizados pela PRF (2019a).

Figura 5 - Evolução histórica do número de feridos e óbitos em rodovias federais brasileiras



Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2019a)

Na Figura 5 é possível observar que o número de óbitos ocorridos em rodovias federais brasileiras se manteve estável entre os anos de 2007 e 2018, porém, o mesmo não ocorreu com o número de feridos. Entre os anos de 2007 e 2011 é possível observar um crescimento nesses números e a partir do ano de 2012 foi observada uma redução constante no número de feridos, ficando até menor do observado em 2007.

Nesse contexto, é importante destacar que nem todos esses acidentes ocorrem por causa do mesmo motivo. De acordo com dados do Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV, 2019), cerca de 90% dos acidentes são causados por falha humana, 5% são causados por falha no veículo, enquanto que 5% são causados por defeito na via. Sendo assim, faz-se necessário entender como a questão da segurança viária pode ser abordada nesses 3 aspectos.

Na visão de Sinay e Tamayo (2005), a segurança viária pode ser entendida como o conjunto de condições e fatores interligados que propiciam a circulação e a interação dos diferentes elementos do tráfego na via, sob níveis aceitáveis de risco e de forma suficientemente segura. Segundo a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 1997), ela também pode ser dividida em 3 pilares fundamentais, sendo estes: Educação, Engenharia de Tráfego e Esforço Legal, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Características e principais atividades de cada pilar da Segurança Viária

Pilares	Características	Principais atividades/ações
Educação	“Tem por finalidade orientar os usuários sobre o comportamento adequado na via, preservar a vida e a integridade física das pessoas, bem como formar cidadãos responsáveis por seus direitos e obrigações no trânsito”.	<ul style="list-style-type: none"> - Educação de trânsito nas escolas - Programa de Educação de trânsito para adultos - Programas especiais de trânsito - Campanhas educativas de trânsito
Engenharia de Tráfego	“Sistema de operação de trânsito, sinalização de trânsito e gestão da segurança viária, cujo objetivo é fazer com que o deslocamento de veículos e pedestres seja realizado de maneira racional, isto é, com segurança, rapidez/fluidez e comodidade”.	<ul style="list-style-type: none"> - Projetos de novas rodovias e vias expressas com ênfase na segurança - Tratamento de locais críticos - Melhoria da manutenção das vias - Melhoria da sinalização - Definição das condições de operações com ênfase na segurança - Utilização de medidas para redução de velocidade - Utilização de dispositivos de fiscalização eletrônica - Melhoria de iluminação em locais com alta incidência de acidentes noturnos
Esforço Legal	“Tem o objetivo de fazer o cidadão cumprir as normas legais constantes do Código de Trânsito Brasileiro e melhorar a qualidade de vida, através da inibição da prática de infrações, que prejudicam a segurança e a fluidez do tráfego”.	<ul style="list-style-type: none"> - Ações de policiamento e de fiscalização

Fonte: Associação Nacional de Transportes Públicos (1997)

Dentre os três pilares mostrados no Quadro 1, é possível observar diferenças no que tange às pessoas diretamente relacionadas com as atividades e ações de cada pilar. As diferenças citadas se referem ao fato de que as atividades e ações do pilar Educação possuem o foco no usuário das ruas e rodovias, já as atividades e ações do pilar Engenharia de Tráfego possuem o foco no corpo técnico responsável por projetar e realizar a manutenção das rodovias e, por fim, o pilar Esforço Legal tem como foco que as atividades e ações propostas sejam feitas da melhor forma. Mesmo com essas diferenças, os três pilares que compõem a Segurança Viária têm como

principal semelhança tentar reduzir e amenizar os acidentes de trânsito, independente do ambiente que eles ocorreram.

2.1.1 Acidentes de trânsito

A Norma Brasileira NBR 10.697 (1989) define o acidente de trânsito como “todo evento não premeditado de que resulte dano em veículo ou na sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres, ou em áreas abertas ao público”.

Já o DNIT (2017) classifica o acidente como uma “ocorrência resultante da perda de estabilidade de um veículo, colisão entre veículos, pedestres e/ou animais, com danos materiais, humanos e ao meio ambiente”.

Esses acidentes podem ser divididos em três formas, de acordo com Gold (1998): acidentes sem vítimas, acidentes com vítimas e acidentes fatais. As características de cada uma delas são mostradas no Quadro 2.

Quadro 2 - Tipos de acidentes e suas características em relação às vítimas

Tipo de acidente	Características
Sem vítimas	<ul style="list-style-type: none"> - Produzem danos materiais, sem que destes resultem fisicamente feridas as pessoas envolvidas. - Muitos desses acidentes podem vir a ser considerados com vítimas devido à presença de lesões internas não identificadas no momento do ocorrido.
Com vítimas	<ul style="list-style-type: none"> - Produzem ferimentos resultantes, em maior ou menor grau, em pelo menos uma das pessoas envolvidas. - Dependendo do diagnóstico médico pode ser dividido em ferimentos leves ou graves.
Com vítimas fatais	<ul style="list-style-type: none"> - Tem como resultado o falecimento de pelo menos uma das vítimas envolvidas. - O falecimento pode ocorrer no momento do acidente ou até meses depois, dificultando assim o registro dos mesmos.

Fonte: Gold (1998)

Como é possível observar no Quadro 2, a classificação do tipo de acidente pode sofrer diferenças dependendo do momento do acidente que está sendo analisado. A principal situação a se atentar é em relação à base de registros utilizada, visto que alguns óbitos que vieram a ocorrer em momento posterior ao acidente não são contabilizados pelo órgão divulgador da estatística, visto a falta de uma política centralizada de saúde que impede a troca e o

rastreamento de informações entre todos os envolvidos. Essas informações acerca de acidentes rodoviários são contabilizadas e sumarizadas em diversas fontes de informações de acidentes de trânsito, as quais serão explicadas a seguir.

2.1.2 Fonte de informações de acidentes de trânsito

Algumas fontes que podem ser utilizadas para obtenção de dados relativos à acidentes de trânsito no Brasil são: Boletim de Ocorrência feito pela Polícia Militar, Polícia Civil, PRF, Polícia Rodoviária Estadual e os registros feitos por serviços de resgate e também o histórico dos seguros veiculares.

Visto que as informações podem vir de diversas fontes, as quais não possuem um padrão entre elas, e também que os registros podem ser feitos pelos próprios envolvidos, Ferraz *et al.* (2012) afirmam que esses dados podem não refletir a realidade dos acidentes de trânsito no país.

Mesmo assim, faz-se interessante observar que cada órgão responsável tem a sua particularidade para realizar o registro de acidentes. A Polícia Civil, por exemplo, anota as características dos envolvidos em atropelamentos, tais como cor de pele e a roupa utilizada no momento do acidente. Para facilitar o registro de acidentes, as unidades de polícia, tanto militar como a PRF, estão solicitando que os envolvidos em acidentes sem vítimas registrem o mesmo de forma *online* e independente da presença do oficial da polícia.

Já o DATASUS contabiliza os acidentes de trânsito através de informações dos atendimentos ocorridos em hospitais. Até mesmo o seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre (DPVAT) pode ser utilizado para buscar informações sobre acidentes de trânsito, pois o mesmo deve ser acionado quando os envolvidos no acidente desejam receber o valor do seguro.

Para fazer esse registro, a PRF faz uso do Boletim de Acidente de Trânsito (BAT), o qual pode ser definido como “o documento no qual a PRF registra os acidentes que ocorreram nas rodovias federais, como acidentes que deixaram vítimas (lesionadas ou mortas), acidentes envolvendo produto perigoso, acidentes que causem danos ao ambiente, entre outros” (PRF, 2019b). Algumas informações que fazem parte dos boletins de ocorrência são: local e horário do acidente, tipos dos veículos e vítimas envolvidas, condições e descrição do ambiente.

Em relação à classificação da PRF sobre os acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras, informações como a localização, as causas e os tipos dos mesmos serão melhor explicadas nos tópicos na sequência.

2.1.3 Distribuição dos acidentes de trânsito

A distribuição dos acidentes de trânsito é de necessário estudo, tanto em termos temporais como espaciais. Segundo Gold (1998), a importância de ter conhecimento sobre a hora e o dia do acidente se dá por conta da “análise das causas do acidente e, por conseguinte, para a escolha das medidas preventivas mais apropriadas”.

Além disso, estudar o momento do acidente se faz necessário para avaliar as variáveis que podem influenciar na ocorrência de um acidente rodoviário, tais como: luminosidade do local do acidente, visibilidade da rodovia e fatores meteorológicos. Sobre esse último aspecto, Jaroszweski e McNamara (2014) exemplificam:

A chuva causa acidentes devido à combinação de diversas condições físicas que impactam a qualidade da direção, incluindo a redução do atrito entre o pneu e a rodovia, e também a visibilidade prejudicada por conta da chuva no para-brisa. (JAROSZWESKI E MCNAMARA, 2014, p. 15)

Sendo assim, tem-se que a condição meteorológica é “considerada como um fator que afeta o número de acidentes rodoviários de forma significativa com diferentes consequências dependendo do tipo da rodovia” (BERGEL-HAYAT *et al.*, 2013).

Contudo, tão importante quanto estudar algumas características relacionadas à distribuição temporal é estudar como os acidentes rodoviários se distribuem em termos espaciais. Soares (2012) afirma que a importância da “identificação do padrão na distribuição espacial dos acidentes possibilita aos órgãos públicos vinculados ao trânsito a intervenção em locais da cidade onde, de fato, se necessite”.

De um modo geral, então, as características de acidentes rodoviários são sumarizadas por Xie e Yan (2013) como:

Acidentes de trânsito são raramente randômicos em espaço e tempo devido ao fato de que o ambiente adjacente a esses acidentes de trânsito, tais como rodovias, volumes de tráfego e, ultimamente, atividades humanas, geralmente exibem padrões de espaço e de tempo discerníveis. (Xie e Yan, 2013, p. 64)

Tem-se então, como parte fundamental do estudo dos acidentes de trânsito, a identificação desses padrões de espaço e tempo relacionados à ocorrência dos acidentes.

2.1.4 Causas dos acidentes de trânsito

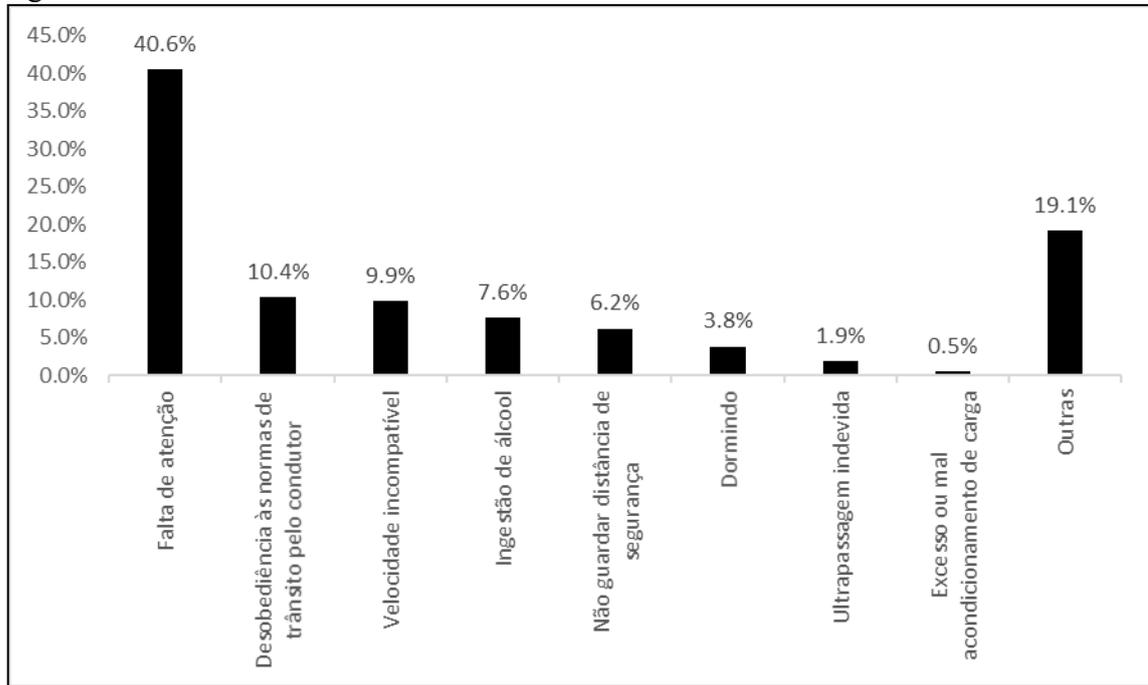
Além dos acidentes de trânsito ocorrerem em locais variados, eles variam nas causas que os originaram, especialmente se diferirem em locais de ocorrência, tais como em ruas ou em rodovias. Dependendo do órgão responsável pelo registro do acidente ou do atendimento às vítimas, as nomenclaturas e definições das causas dos acidentes podem variar.

Em relação aos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras, a PRF (2019a) considera 11 causas para o registro dos mesmos. São elas:

- Animais na pista;
- Defeito mecânico no veículo;
- Defeito na via;
- Desobediência às normas de trânsito pelo condutor;
- Condutor dormindo;
- Excesso ou mal acondicionamento de carga;
- Falta de atenção;
- Ingestão de álcool;
- Não guardar distância de segurança;
- Ultrapassagem indevida;
- Velocidade incompatível.

A Figura 6 apresenta as principais causas dos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras atendidos pela PRF em 2018.

Figura 6 - Causas dos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras no ano de 2018



Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2019a)

A partir da Figura 6 é possível observar que os acidentes ocorridos em rodovias federais registrados pela PRF se comportam de forma semelhante ao reportado pela ONSV (2019). Nesse caso, as causas relacionadas ao fator humano são responsáveis por 80,9% dos acidentes ocorridos (detalhadas na Figura 6), enquanto que as causas relacionadas aos fatores veículo e via são responsáveis por 19,1% dos acidentes ocorridos.

Além das causas dos acidentes rodoviários registrados pela PRF, mostradas na Figura 6, o órgão também faz o registro do tipo de acidente ocorrido.

2.1.5 Tipos de acidentes rodoviários

Os acidentes de trânsito podem ocorrer de variadas formas, variando principalmente pelo local de ocorrência. Da mesma forma das causas dos acidentes, a tipologia dos acidentes pode variar dependendo do órgão responsável pelo registro do acidente ou do atendimento às vítimas.

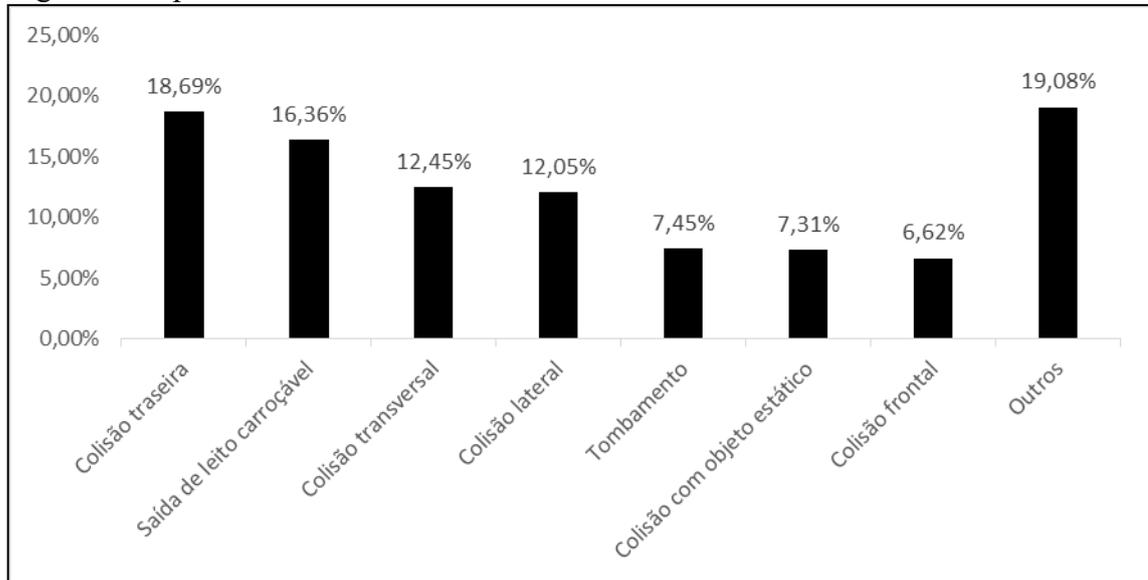
Em ambiente rodoviário, os acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras e atendidos pela PRF (2019a) podem ser classificados em 16 tipos diferentes. São eles:

- Atropelamento de animal;

- Atropelamento de pedestre;
- Capotamento;
- Colisão com objeto em movimento;
- Colisão com objeto estático;
- Colisão frontal;
- Colisão lateral;
- Colisão transversal;
- Colisão traseira;
- Danos eventuais;
- Derramamento de carga;
- Engavetamento;
- Incêndio;
- Queda de ocupante de veículo;
- Saída de leito carroçável;
- Tombamento.

A Figura 7 apresenta os principais tipos de acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras atendidos pela PRF, em 2018. Dentre os 16 tipos de acidentes considerados pela PRF, 7 deles são responsáveis por mais de 80% do número de acidentes, mostrando assim uma predominância de alguns tipos de acidentes em relação a outros.

Figura 7 - Tipos dos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras no ano de 2018



Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2019a)

Os tipos de acidentes apresentados anteriormente são relativos aos utilizados pela PRF, porém, eles podem diferir conforme o órgão responsável pelo atendimento, seja ela o Detran, a Polícia Militar ou a Polícia Rodoviária Estadual. Uma forma de fazer a análise dos acidentes rodoviários e com isso reduzi-los é analisar o momento do acidente e seus fatores de risco. É possível fazer isso com a Matriz de Haddon, a qual será apresentada a seguir.

2.1.6 Matriz de Haddon

Haddon (1980) identificou fatores de risco em três momentos do acidente: pré, durante e após acidente. Esses fatores foram separados e identificados em três esferas diferentes: das pessoas, do veículo e do ambiente. Tem-se também que “conhecer os fatores mais comuns nos acidentes que acontecem em determinado ponto crítico de segurança, ou em uma via perigosa, é condição necessária para se determinar as medidas preventivas adequadas” (PAULA E RÉGIO, 2008). Sendo assim, cada uma das fases, seus fatores correspondentes e ações para minimizar os efeitos dos acidentes serão explicados separadamente.

a) Pré-acidente

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2006), baseado em Haddon, lista na fase de pré-acidente 8 fatores que podem influenciar na prevenção do acidente. Por outro lado, Ferraz *et al.* (2012), também baseado em Haddon, exemplifica 9 ações que poderiam ser tomadas nessa fase com o objetivo de reduzir o número de acidentes. Tais informações estão contidas no Quadro 3.

Quadro 3 - Fatores de influência e ações para reduzir o número de acidentes durante a fase de pré-acidente

Fase de pré-acidente		
Esfera de impacto	Fatores de influência antes ao acidente OMS (2006)	Ações para reduzir o número de acidentes Ferraz <i>et al.</i> (2012)
Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> - Informações necessárias aos usuários de forma mais clara. - Atitudes corretas tomadas pelos usuários durante a circulação. - Aplicação correta da lei feita pelos órgãos responsáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzir a exposição ao risco por parte dos usuários, seja através da diminuição da necessidade de viajar, da redução da distância média de viagem, entre outros. - Obter um conhecimento maior das normas e regras pelos usuários. - Criação de uma cultura de segurança viária entre os usuários. - Definição de legislação mais severa e uma fiscalização mais intensa no sistema.
Veículo	<ul style="list-style-type: none"> - Mecânica do veículo (luzes, freios, direção, entre outros) em estado adequado para utilização. - Controle de velocidade condizente com o veículo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realização de um projeto do veículo voltado a ter mais itens de segurança. - Realização de uma manutenção adequada do veículo.
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Projetos das vias realizados e executados de forma correta. - Velocidade das vias estabelecidos de forma correta. - Existência de elementos de segurança para os pedestres. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adequação da geometria da via em projetos futuros ou em trechos críticos. - Definição da velocidade e da sinalização apropriada para trânsito. - Retirar elementos próximos à via para não prejudicar a visibilidade dos usuários.

Fonte: Autor (2019), adaptado de Organização Mundial de Saúde (2006) e Ferraz *et al.* (2012)

Observa-se pelo Quadro 3 em relação ao veículo e ao ambiente, o principal responsável, tanto pelas ações para reduzir o número de acidentes, bem como pelos fatores de influência ao acidente, é o corpo técnico responsável pelas ruas e rodovias. Em relação às pessoas, tanto os fatores de influência como as ações para reduzir o número de acidentes trabalham tangenciando o pilar da Segurança Viária da Educação, visto que majoritariamente são exemplificados itens relacionados à informação aos usuários, atitudes corretas dos usuários,

obtenção de um maior conhecimento por parte dos usuários e também a criação de uma cultura de segurança viária.

Porém, tanto os fatores de influência ao acidente como as ações para reduzir as consequências dos mesmos são diferentes quando se analisa a fase durante o acidente.

b) Durante o acidente

Da mesma forma que na fase de pré-acidente, a OMS (2006), baseado em Haddon, lista na fase durante o acidente 5 fatores que podem influenciar no atendimento à ocorrência. Além disso, Ferraz et al. (2012), também baseado em Haddon, exemplifica 5 ações que podem ser tomadas nessa fase com o objetivo de reduzir as consequências do acidente. Tais informações estão presentes no Quadro 4.

Quadro 4 - Fatores de influência e ações para reduzir as consequências dos acidentes durante a fase de acidente

Fase durante o acidente		
Esfera de impacto	Fatores de influência durante o acidente OMS (2006)	Ações para reduzir as consequências dos acidentes Ferraz et al. (2012)
Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização correta dos dispositivos de retenção e segurança presentes dentro do veículo. - A condição debilitada ou não dos usuários envolvidos no acidente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização correta dos itens de segurança do veículo. - Trafegar com crianças no banco traseiro e com objetos no bagageiro do veículo.
Veículo	<ul style="list-style-type: none"> - Existência e adequada condição de itens de segurança, tais como cinto de segurança. - Design do veículo pensado com proteções de impactos para reduzir a gravidade do acidente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Projetar a parte frontal do veículo como uma parte mais flexível com o objetivo de absorver parte do impacto sofrido no acidente. - Acionamento do dispositivo de segurança <i>airbags</i> sem obstrução de qualquer natureza.
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Existência dos elementos de proteção aos usuários ao longo da via, tais como barreiras de contenção e amortecedores de impactos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzir o número de obstáculos nas faixas laterais, tanto para reduzir a gravidade do acidente, como para facilitar o acesso ao local do acidente.

Fonte: Autor (2019), adaptado de Organização Mundial de Saúde (2006) e Ferraz et al. (2012)

Conforme o Quadro 4, os fatores de influência e as ações para reduzir as consequências dos acidentes relacionados às pessoas também são, durante a fase de acidente, relacionados ao pilar da Segurança Viária de Educação. Isso se mostra através da utilização correta dos dispositivos de segurança do veículo e de trafegar de forma correta com crianças no banco

traseiro e com objetos no bagageiro. Novamente, em relação aos aspectos veículos e ambiente, a responsabilidade por reduzir as consequências dos acidentes é do pessoal técnico, em que deveriam ser feitos projetos mais seguros de veículos e do ambiente que a rodovia está inserida.

A última fase do acidente a ser analisada é, considerando nesse momento os fatores de influência e as ações para melhorar a preservação da vida, após o acidente ter ocorrido.

c) Pós-acidente

Na fase após o acidente, a OMS (2006) lista 3 fatores que podem melhorar o atendimento aos usuários nesse momento. Também, Ferraz et al. (2012) exemplifica 8 ações que poderiam ser tomadas nessa fase com o objetivo de prestar melhor atendimento às vítimas do acidente. Tais informações estão presentes no Quadro 5.

Quadro 5 - Fatores de influência e ações para melhorar a preservação da vida durante a fase após o acidente

Fase após o acidente		
Esfera de impacto	Fatores de influência após o acidente OMS (2006)	Ações para melhorar a preservação da vida Ferraz et al. (2012)
Pessoas	- Os usuários terem noções corretas de primeiros socorros.	- Chegada rápida de equipe treinada e equipada ao local do acidente. - Reabilitação física e psicológica adequada das vítimas do acidente. - Tratamento hospitalar de urgência disponível.
Veículo	- Risco de o veículo entrar em combustão e sofrer um incêndio.	- Presença de extintor de incêndio no veículo e conhecimento por parte do usuário de como utilizar. - Retirada rápida das vítimas do local do acidente.
Ambiente	- Facilidade de acesso dos serviços de socorro ao local do acidente.	- Utilização de sinalização de emergência para avisar sobre acidente na pista. - Limpeza rápida da pista para evitar acidentes posteriores no mesmo local. - Realização de adequada manutenção em dispositivos de segurança que foram danificados pelo acidente.

Fonte: Autor (2019), adaptado de Organização Mundial de Saúde (2006) e Ferraz et al. (2012)

Já na fase após o acidente, como mostrado no Quadro 5, as ações para melhorar a preservação da vida, tanto em aspectos relacionados às pessoas, aos veículos ou ao ambiente, são de maior responsabilidade de pessoal técnico. Observa-se que a maioria das ações se

relaciona com a equipe médica responsável pelo atendimento às vítimas, com a equipe responsável pela limpeza da pista ou até mesmo com a equipe responsável pela manutenção dos dispositivos de segurança danificados pelo acidente.

Analisando as três fases apresentadas anteriormente, pode-se observar que um acidente de trânsito, seja ele em ruas ou em rodovias, envolve mais aspectos do que somente os usuários envolvidos no acidente em si. Todo esse conhecimento adquirido a partir da educação para o trânsito, a necessidade de pessoal técnico para realização de projetos mais seguros e disponíveis para realizar manutenções constantes e a presença de pessoal técnico para realizar os atendimentos hospitalares têm também um custo vinculado.

2.1.7 Custos dos acidentes rodoviários

Os acidentes de trânsito possuem um custo envolvido de acordo com a gravidade e localização do mesmo, o qual pode ser dividido em 3 aspectos do acidente, conforme IPEA (2015). São eles, mostrados no Quadro 6.

Quadro 6 - Componentes dos custos de acidentes rodoviários

Componentes dos custos	Descrição	Participação no custo total
Associados às pessoas	Despesas hospitalares: antes, durante e após atendimento.	18,80%
	Perda de produção.	41,20%
	Outros	2,00%
Associados aos veículos	Danos materiais	14,60%
	Outros (remoção de veículo e/ou perda de carga)	22,80%
Institucionais e danos ao patrimônio	Atendimento e danos patrimoniais	0,50%
Total		100,00%

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2015)

Nota-se no Quadro 6 é o relativo à componente perda de produção associada às pessoas, visto que ela possui a maior parcela de contribuição no custo médio de um acidente rodoviário. IPEA (2015) atesta que esse componente é referente à “perda de produção das pessoas, ou seja, quanto de renda uma vítima de trânsito deixa de auferir, tanto ao longo do período em que esteja afastada das atividades econômicas como, no caso de morte, em relação à sua expectativa de vida”.

Além disso, IPEA (2015) apresenta os custos calculados dos acidentes rodoviários ocorridos em rodovias federais brasileiras no ano de 2014. Tais dados, separados por gravidade do acidente, podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 - Custo médio dos acidentes ocorridos em rodovias federais brasileiras no ano de 2014

Gravidade do acidente	Quantidade de acidentes	Custo total (R\$)	Custo médio por acidente (R\$)
Com vítimas fatais	6.743	4.482.891.117,00	664.821,46
Com vítimas não-fatais	62.346	6.031.838.004,00	96.747,79
Sem vítimas	98.158	2.306.592.728,00	23.498,77
Total	167.247	12.821.321.848,00	261.689,00

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2015)

Conforme nota-se na Tabela 2, por mais que os acidentes com vítimas não-fatais possuam o maior custo total, ele não é o tipo com o maior custo médio. Em relação ao custo médio por acidente, é possível observar a diferença entre os acidentes com vítimas fatais e os outros dois tipos de acidentes. Os acidentes com vítimas fatais têm um custo médio de quase 7 vezes maior que o custo médio do acidente com vítimas não-fatais, enquanto que em relação aos acidentes sem vítimas essa relação é de mais de 28 vezes.

Com o foco na segurança viária é possível mensurar financeiramente cada acidente rodoviário, como já foi mostrado. Porém, quando se deseja analisar sob o enfoque da rodovia e da localização dos acidentes rodoviários é possível realizar uma análise conhecida como identificação de segmentos críticos.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DE SEGMENTOS CRÍTICOS

Os segmentos críticos de acidentes em uma rodovia são “aqueles da malha viária que, em comparação com um critério estabelecido, apresentam padrões de acidentes iguais ou superiores à referência citada” (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2002). Também se entende como aqueles segmentos “onde fatores de risco locais relacionados à geometria da via ou o tráfego contribuem substancialmente para o número de acidentes” (MONTELLA, 2010).

O estudo de segmentos críticos em rodovias é feito para “desenvolver contramedidas alternativas para aliviar as deficiências de segurança viária” (GARBER E HOEL, 2009) nesses locais. A *Federal Highway Administration* (FHWA, 2018) propõe 20 contramedidas, divididas

em 4 categorias diferentes, para melhorar a segurança viária das rodovias. O Quadro 7 apresenta essas contramedidas.

Quadro 7 - Contramedidas propostas para melhorar a segurança viária nas rodovias

Aspectos Avaliados	Contramedidas
Geometria da rodovia	<ul style="list-style-type: none"> - Melhorar o delineamento e atrito para curvas horizontais. - Marcações em relevo longitudinais à rodovia. - Pavimento com finalização correta no bordo da pista. - Melhora da geometria das curvas. - Proteções centrais na rodovia.
Intersecções	<ul style="list-style-type: none"> - Semáforos com bordas refletivas. - Melhor design das vias de acesso às rodovias. - Presença de faixas de conversão à esquerda ou direita em intersecções de dois sentidos. - Redução de conflitos em conversões à esquerda. - Instalação de rotatórias quando necessário, - Aplicação simultânea de múltiplas contramedidas de baixo custo. - Adequação do tempo de amarelo do semáforo.
Pedestres e ciclistas	<ul style="list-style-type: none"> - Adequação do tempo de semáforo de pedestres. - Refúgios para pedestres em travessias. - Semáforos acionados por pedestres em rodovias de alta velocidade. - Reconfiguração da rodovia para os pedestres. - Melhora das condições de calçadas para os pedestres.
Gerais	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de planos de Segurança Viária. - Realização de auditorias de Segurança Viária. - Limitação de velocidade conforme orientações de Segurança Viária.

Fonte: Federal Highway Administration (2018)

Deve-se atentar nas informações do Quadro 7 que nem todas as contramedidas são possíveis e/ou necessárias em todos os segmentos rodoviários. Tem-se como exemplo as contramedidas relacionadas às intersecções, as quais, dependendo do segmento rodoviário, não poderão ser aplicadas. Desta maneira, para poder determinar quais contramedidas são aplicáveis, faz-se necessário identificar quais segmentos da rodovia são críticos ou não.

Para realizar essa identificação dos segmentos críticos existem diversas abordagens possíveis. Uma das abordagens remete ao momento em que a identificação dos segmentos críticos é realizada, podendo ser considerada como reativa ou proativa. Nodari (2003) as diferencia da seguinte maneira:

O tratamento reativo da segurança viária utiliza informações sobre o histórico de acidentes a fim de identificar os locais críticos do ponto de vista da segurança e, a

partir da identificação desses locais, selecionar as medidas corretivas possíveis de serem adotadas. O tratamento proativo, por sua vez, está baseado no conceito de promover melhoras no sistema viário a fim de melhorar suas condições de segurança para evitar potenciais acidentes. (NODARI, 2003, p. 1)

Além disso, Nodari (2003) complementa essa diferenciação, em relação ao objetivo de cada abordagem citada, através de:

As medidas reativas objetivam resolver problemas revelados pela ocorrência excessiva de acidentes em determinados pontos da rede viária, enquanto as medidas proativas pretendem identificar situações potenciais de risco presentes na malha viária, antes que os acidentes venham a ocorrer. (NODARI, 2003, p.11)

Além da diferenciação das possíveis abordagens para identificar segmentos críticos em rodovias em relação ao momento da análise, as abordagens podem se diferenciar também conforme a metodologia aplicada. As metodologias nacionais se dividem principalmente entre metodologias com base estatística ou base numérica.

As metodologias de base estatísticas são aquelas cuja “finalidade é a determinação de tendências dos fenômenos e a descoberta das causas mais ligadas a estas e auxilia nos estudos em que não pode haver experimentação” (DIEHL *et al.*, 2007). Já as metodologias de base matemática são aquelas que “identificam os locais críticos a partir do cálculo de indicadores que são comparados com um valor pré-estabelecido e são declarados como locais críticos aqueles cujo indicadores calculados são maiores do que o valor de referência” (DNIT, 2009).

Neste tópico serão apresentadas algumas das metodologias utilizadas nacionalmente, sumarizadas por DNIT (2009). Em seguida, no tópico 2.3, serão mostradas as metodologias utilizadas para identificação de segmentos críticos encontradas na literatura através da Revisão Sistemática.

2.2.1 Manual de Identificação, Análise e Tratamento de Pontos Negros (DENATRAN, 1982)

A metodologia proposta pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 1982) é classificada, dentro das duas abordagens já apresentadas, como reativa e de base numérica. A metodologia pressupõe que cada acidente pode diferir conforme sua severidade: acidentes só com danos materiais (*NA_{SV}*), acidentes com vítimas não-fatais (*NA_{CV}*) e acidentes

com vítimas fatais (NA_{vf}). A Tabela 3 mostra o peso que cada acidente tem de acordo com essa severidade.

Tabela 3 - Peso atribuído a cada acidente de acordo com a sua gravidade

Gravidade do acidente	Peso Atribuído
Só com danos materiais	1
Com vítimas não-fatais	5
Com vítimas fatais	13

Fonte: Departamento Nacional de Trânsito (1982)

Com esses pesos definidos, a metodologia propõe o cálculo da Unidade Padrão de Severidade (UPS) para poder avaliar os diversos segmentos de rodovia, sejam eles em intersecção ou não. A UPS pode ser calculada conforme a Equação (1).

$$UPS = NA_{sv} + 5 * NA_{cv} + 13 * NA_{vf} \quad (1)$$

Onde:

UPS: Unidade Padrão de Severidade;

NA_{sv}: número de acidentes sem vítimas;

NA_{cv}: número de acidentes com vítimas não fatais;

NA_{vf}: número de acidentes com vítimas fatais.

Isto posto, com a metodologia do DENATRAN (1982) é possível utilizar o valor de UPS para comparar segmentos distintos entre si ou comparar a evolução ao longo do tempo do valor de UPS do mesmo segmento.

2.2.2 Modelo de Identificação de Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias (DNER, 1986)

A metodologia proposta pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER, 1986) é classificada, dentro das duas abordagens apresentadas, como reativa e de base estatística. Seus resultados estão fundamentados na probabilidade de ocorrência de um acidente em um determinado segmento da rodovia, sendo considerado crítico quando a probabilidade de ocorrência nesse segmento for maior que a probabilidade de ocorrência na amostra.

Em termos práticos, a metodologia do DNER (1986) define um segmento crítico como uma comparação entre o Índice de Acidentes de um Segmento j (I_j) e o Índice Crítico Anual de um Segmento (IC_j). Esses valores, tanto de I_j como de IC_j podem ser calculados conforme as Equações (2), (3) e (4).

$$I_j = \frac{10^6 * N_j}{365 * VMD_j * E_j} \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{\sum N_j}{365 * \sum VMD_j * E_j} \quad (3)$$

$$IC_j = 10^6 * \lambda + k * \sqrt{\frac{10^6 * \lambda}{10^{-6} * m_j}} - \frac{0,5}{10^{-6} * m_j} \quad (4)$$

Onde:

I_j : Índice de Acidentes de um Segmento j ;

N_j : número anual de acidentes ocorridos no segmento j ;

VMD_j : volume médio diário observado no segmento j ;

E_j : extensão do segmento j ;

λ : índice crítico anual de cada segmento;

IC_j : índice Crítico Anual de um Segmento;

k : coeficiente baseado no nível de significância desejada;

m_j : volume médio diário no Segmento j .

A metodologia em questão propõe que os segmentos sejam classificados como críticos quando o valor de I_j for maior do que o valor de IC_j .

2.2.3 Técnica de Análise de Conflitos (CET, 2001)

A metodologia proposta pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) de São Paulo, em 2001, propõe avaliar os conflitos existentes em determinado cruzamento, afim de definir quais precisam de intervenção ou não. A metodologia consiste em contar a quantidade de conflitos, dentro dos 16 previstos pelo CET, ocorridos em um período de observação, o qual muda de acordo com o grau de confiança desejado. Com a quantidade de cada tipo de conflito

obtida e vários segmentos analisados, é possível determinar os 90 percentis de conflitos de cada tipo, ou seja, a quantidade limite de conflitos. Os segmentos que possuem a quantidade de conflitos maior do que esse limite, são considerados como necessários de alguma intervenção.

As vantagens em relação às duas outras metodologias já apresentadas são referentes ao tipo de dado necessário, visto que utilizar o número de acidentes requer um tempo de acumulação de dados muito maior. Além disso, a metodologia pode ser aplicada sem ter que esperar o acidente ocorrer, visto que é considerada proativa. As dificuldades nesse caso são não ser recomendado realizar as pesquisas de conflitos em períodos de congestionamento e tráfego forçado e também quando o local apresentar um volume baixo de veículos.

2.2.4 Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centro Urbanos (Meneses, 2001)

A metodologia proposta por Meneses (2001) é baseada na proposta feita pelo DNER (1986), sendo assim ela de abordagem reativa e de base estatística, com a diferenciação de considerar centros urbanos. As principais diferenças das duas metodologias se dão com a utilização por Meneses de um Momento de Tráfego (M_s) ao invés do Volume Médio Diário (m_j) e também com a consideração de um Número Equivalente de Acidentes (NEA_s), baseado na gravidade dos acidentes ocorridos, ao invés de utilizar o número bruto de acidentes. A metodologia propõe o cálculo das Equações (5) a (9), onde é possível observar as diferenças citadas anteriormente.

$$M_s = VMD * L_s * P \quad (5)$$

$$NEA_s = NA_{sv} + 4 * NA_{cv} + 6 * NA_{vf} \quad (6)$$

$$IA_s = \frac{10^6 * NEA_s}{L_s * VMD * P} \quad (7)$$

$$I_{mt} = \frac{10^6 * NEA_t}{L_t * VMD * P} \quad (8)$$

$$IC_s = I_{mt} + z \sqrt{\frac{I_{mt}}{M_s} - \frac{0,5}{M_s}} \quad (9)$$

Onde:

M_s : Momento de tráfego;

VMD : Volume médio diário do segmento;

L_s : Extensão do segmento;

P : Período de análise;

NEA_s : Número equivalente de acidentes do segmento;

NA_{sv} : Número de acidentes sem vítimas;

NA_{cv} : Número de acidentes com vítimas não-fatais;

NA_{vf} : Número de acidentes com vítimas fatais;

IA_s : Índice de acidentes do segmento;

I_{mt} : Índice médio de acidentes em toda a extensão;

NEA_t : Número equivalente de acidentes em toda a extensão;

L_t : Extensão total;

IC_s : Índice crítico de acidentes;

Z : Número de desvios-padrão conforme grau de confiança adotado.

Os locais considerados como críticos serão aqueles que possuírem um IA_s maior do que I_{mt} . Para fazer a hierarquização dos segmentos críticos, Meneses (2001) propõe separar a rodovia por componentes uniformes, como por exemplo, intersecções, pontes, segmentos de rodovias, entre outros.

2.2.5 Procedimentos para o Tratamento de Locais Críticos de Acidentes de Trânsito (CEFTRU, 2002)

A metodologia proposta pelo Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes (CEFTRU, 2002) é baseada na metodologia proposta por DENATRAN (1982), sendo considerada de abordagem reativa e de base numérica. Dentro dessa metodologia é englobada a Técnica de Severidade de Acidentes. Essa técnica leva em consideração a gravidade dos acidentes em cada segmento, porém, com a consideração dos acidentes que envolveram pedestres e com a diferenciação dos pesos atribuídos a cada um deles. Os pesos podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Peso atribuído a cada acidente de acordo com a sua gravidade

Gravidade do acidente	Peso Atribuído
Só com danos materiais	1
Com vítimas não-fatais	4
Com vítimas não-fatais envolvendo pedestre	6
Com vítimas fatais	13

Fonte: Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes (2002)

Para a determinação da Severidade de Acidentes em cada segmento é utilizada a Equação (10), expressa, da mesma forma que o proposto por DENATRAN (1982), em UPS.

$$UPS = NA_{sv} + 4.NA_{cf} + 6.NA_{cp} + 13.NA_{vf} \quad (10)$$

Onde:

UPS: Unidade Padrão de Severidade;

NA_{sv}: número de acidentes sem vítimas;

NA_{cf}: número de acidentes com vítimas não fatais;

NA_{cp}: número de acidentes com vítimas não fatais envolvendo pedestre;

NA_{vf}: número de acidentes com vítimas fatais.

Além disso, essa metodologia “considera a quantidade de acidentes levando em conta os riscos ou periculosidade (frequência de acidentes versus volume de tráfego) e as tendências (evolução histórica na frequência de acidentes) para o local em estudo” (SCHMITZ E GOLDNER, 2012). Sendo assim, essa técnica relaciona o valor de UPS de cada segmento com a exposição do mesmo ao acidente, sendo considerado o valor médio de todos os volumes diários registrados durante um ano em uma dada seção de uma via, conhecido como Volume Médio Diário Anual (*VMDA*).

Para finalizar, o cálculo da Taxa de Severidade Acidentes, conhecida como Unidade Padrão de Severidade Relativa (*UPS_{relativa}*), para cada segmento pode ser feito de duas formas. A primeira forma é para realizar o cálculo de *UPS_{relativa}* em uma intersecção de duas rodovias, como mostrado na Equação (11), enquanto que a segunda forma é para realizar o cálculo de *UPS_{relativa}* em um segmento de rodovia, como mostrado na Equação (12).

$$UPS_{relativa} = \frac{UPS \times 10^6}{VMDa_{intersecção}} \quad (11)$$

$$UPS_{relativa} = \frac{UPS \times 10^6}{VMDa * E} \quad (12)$$

Onde:

UPS: Unidade Padrão de Severidade;

VMDA: volume diário médio anual;

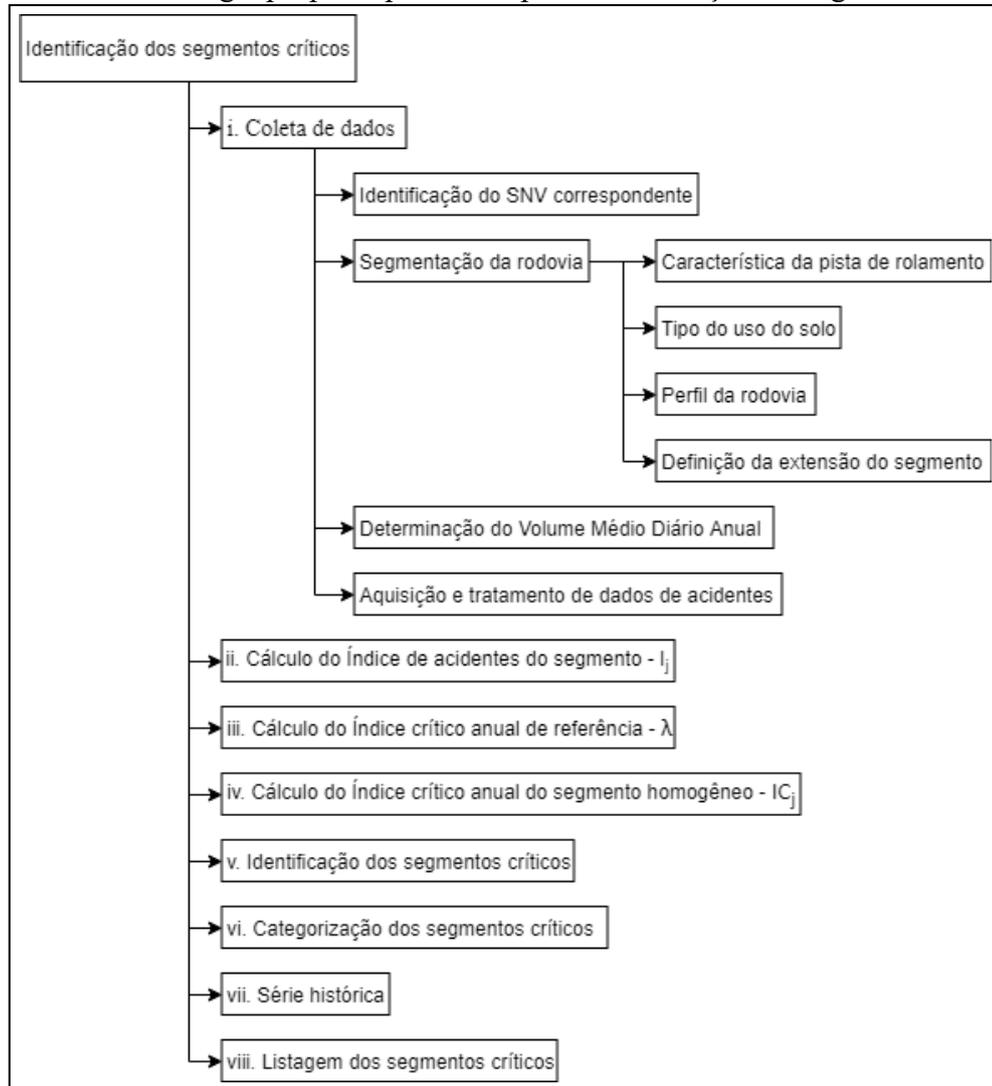
E: extensão do trecho *j*.

Após a determinação do valor de $UPS_{relativa}$ de cada segmento analisado, é possível classificá-los de forma decrescente do caso mais crítico ao menos crítico.

2.2.6 Identificação de Segmentos Críticos (DNIT, 2009)

O método proposto pelo DNIT se baseia naquele proposto em “Um Modelo para Identificação dos Segmentos Críticos de uma Rede de Rodovias – DNER/1986”. É considerado de base numérica, visto que, conforme explicado por DNIT (2009), “todos os resultados a serem obtidos da aplicação de metodologia proposta estarão fundamentadas na probabilidade da ocorrência de um acidente em um determinado segmento, tendo como base de comparação uma amostra estudada. DNIT (2009) estrutura a metodologia de identificação de segmentos críticos, a qual pode ser observada na Figura 8.

Figura 8 - Metodologia proposta por DNIT para Identificação de Segmentos Críticos



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2009)

A seguir será detalhada cada etapa proposta na metodologia.

2.2.6.1 Coleta de dados

A coleta de dados é feita em 4 etapas, sendo dividida em:

- Identificação do trecho do Sistema Nacional Viário - SNV correspondente;
- Segmentação da rodovia;
- Determinação de Volume Médio Diário Anual;
- Aquisição e tratamento de dados de acidentes.

Para facilitar a localização dos segmentos rodoviários analisados, a metodologia do DNIT (2009) propõe que os segmentos estejam correlacionados ao código do Sistema Nacional de Viação (SNV) correspondente.

Com o SNV identificado para cada segmento analisado é possível realizar a divisão da rodovia em segmentos homogêneos. As características consideradas nessa fase da coleta de dados se referem ao tipo da pista de rolamento, ao uso do solo lindeiro e ao perfil vertical da rodovia.

Sobre o tipo de pista de rolamento, as rodovias contidas no SNV podem ser diferenciadas conforme as faixas de rolamento presentes. Se a rodovia “possuir apenas uma faixa de trânsito por sentido de tráfego é considerada pista simples e se possuir duas ou mais faixas por sentido, considera-se dupla” (DNIT, 2009).

Sobre o uso do solo lindeiro em que a rodovia está inserida, a região pode ser classificada como rural ou urbana, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Sobre o perfil vertical do relevo da rodovia, este pode ser classificado em perfil plano, ondulado ou montanhoso. A diferença entre eles se dá nos limites das rampas que cada um possui. De acordo com DNIT (2009), o perfil plano possui rampa máxima de 2,0%, o perfil ondulado possui rampa entre 2,0% e 4,0% e o perfil montanhoso possui rampa mínima de 4,0%.

Para finalizar a segmentação da rodovia, é necessário determinar de forma adequada a extensão dos segmentos analisados. DNIT (2009) sugere que “a divisão final dos trechos deve ser efetuada visando atender o critério de que o comprimento dos segmentos não deve ser menor do que a precisão na localização dos acidentes”. Sendo assim, tem-se como padrão de segmentação os trechos rodoviários com comprimento básico de 1,0 km.

Com a segmentação da rodovia feita de acordo com o SNV correspondente, também é necessário determinar o VMDA, o qual é considerado por DNIT (2009), como o “valor médio de todos os volumes diários registrados durante um ano em uma dada seção da via”. Além disso, se “os dados existentes forem desatualizados ou ainda se existirem dados faltantes, é viável a atualização dos valores para o período de estudo” (DNIT, 2009).

A última informação utilizada nessa metodologia é relativa aos acidentes rodoviários, obtidos nos BAT's dos Departamentos de Polícia responsáveis. DNIT (2009) indica que os dados sobre acidentes devem conter pelo menos informações relativas ao ano de ocorrência, unidade da federação, rodovia e quilômetro da rodovia que ocorreu o acidente. Além disso, a

metodologia indica que “os dados devem corresponder a um período mínimo de três anos consecutivos”.

2.2.6.2 Cálculo do Índice de acidentes do segmento - I_j

O primeiro índice calculado pela metodologia proposta por DNIT (2009) é o Índice de acidentes do segmento (I_j), que corresponde ao valor numérico dos acidentes ocorridos em cada segmento definido nas análises. A expressão utilizada é mostrada na Equação (13).

$$I_j = \frac{10^6 * N_j}{365 * VM DA_j * E_j} \quad (13)$$

Onde:

I_j : Índice de Acidentes de um Segmento j ;

N_j : número anual de acidentes ocorridos no segmento j ;

$VM DA_j$: volume médio diário anual observado no segmento j ;

E_j : extensão do segmento j .

2.2.6.3 Cálculo do Índice crítico anual de referência - λ

O segundo índice calculado pela metodologia proposta por DNIT (2009) é o Índice crítico anual de referência (λ) para cada classificação de segmentos homogêneos da rodovia. Esse valor pode ser calculado através da Equação (14).

$$\lambda = \frac{\sum N_j}{365 * \sum VM DA_j * E_j} \quad (14)$$

Onde:

λ : índice crítico anual de cada segmento homogêneo;

N_j : número anual de acidentes ocorridos nos segmentos homogêneos j ;

$VM DA_j$: volume médio diário observado no segmento j ;

E_j : extensão do segmento j .

2.2.6.4 Cálculo do Índice crítico anual do segmento homogêneo - IC_j

O terceiro índice calculado pela metodologia proposta por DNIT (2009) é o cálculo do Índice crítico anual do segmento homogêneo (IC_j). A principal diferença dessa metodologia proposta em relação à proposta por DNER (1986) é o cálculo do IC_j para os níveis de significância diferentes, os quais podem variar de 10% a 0,1% e se relacionam com o coeficiente k . Os valores de k utilizados na metodologia proposta por DNIT (2009) são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Nível de significância e coeficiente k

Nível de significância	K
10,0%	1,28
5,0%	1,65
1,0%	2,33
0,5%	2,58
0,1%	3,00

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2009)

O cálculo de IC é feito de acordo com a Equação (15).

$$IC_j = 10^6 * \lambda + k * \sqrt{\frac{10^6 * \lambda}{10^{-6} * m_j}} - \frac{0,5}{10^{-6} * m_j} \quad (15)$$

Onde:

IC_j : índice Crítico Anual de um Segmento homogêneo;

λ : índice crítico anual de cada segmento homogêneo;

k : coeficiente baseado no nível de significância desejada;

m_j : volume médio diário no Segmento j .

2.2.6.5 Identificação dos segmentos críticos

A metodologia proposta por DNIT (2009) determina que os segmentos são considerados críticos quando o Índice crítico de acidentes for maior do que o Índice crítico anual do segmento. A Equação (16) representa essa situação.

$$I_j \geq IC_j \quad (16)$$

Onde:

I_j : Índice Crítico de um segmento j ;

IC_j : índice Crítico Anual de um Segmento homogêneo.

2.2.6.6 Categorização dos segmentos críticos

A próxima etapa a ser realizada na metodologia proposta por DNIT (2009) define uma categorização dos segmentos críticos de acordo com o nível de significância desejado, sendo que quanto maior o nível de significância adotado mais crítico o segmento analisado é considerado. O Quadro 8 resume a categorização proposta por DNIT (2009).

Quadro 8 - Categorização dos segmentos críticos de acordo com o nível de significância

Intervalos entre níveis de significância	Categorização do segmento j
$I_j < IC_{0,10}$	Não crítico
$IC_{0,10} < I_j < IC_{0,05}$	Levemente crítico
$IC_{0,05} < I_j < IC_{0,005}$	Crítico
$I_j > IC_{0,005}$	Altamente crítico

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (2009)

2.2.6.7 Série histórica

Após a categorização dos segmentos críticos, a metodologia propõe a realização de uma análise histórica regressiva a partir do ano analisado para “verificar a permanência do segmento crítico com quaisquer níveis de significância ao longo dos anos” (DNIT, 2009). Com a série histórica realizada, a metodologia propõe 3 análises para auxiliar em uma melhor identificação de segmentos críticos.

A primeira análise consiste em classificar os segmentos como extremamente críticos quando o nível de significância desse segmento for menor ou igual a 5% em toda série histórica.

A segunda análise consiste em verificar se houve uma redução no nível de significância do segmento a cada ano e que esse nível de significância seja menor ou igual a 5% no ano analisado. Com isso, o segmento necessita de estudos complementares.

Por fim, a terceira e última análise faz referência aos segmentos que não foram classificados como críticos na série histórica, porém, no ano analisado o mesmo encontra-se como crítico. Indica-se nessa situação uma avaliação do segmento para identificação da provável causa da mudança de categoria.

2.2.6.8 Listagem dos segmentos críticos

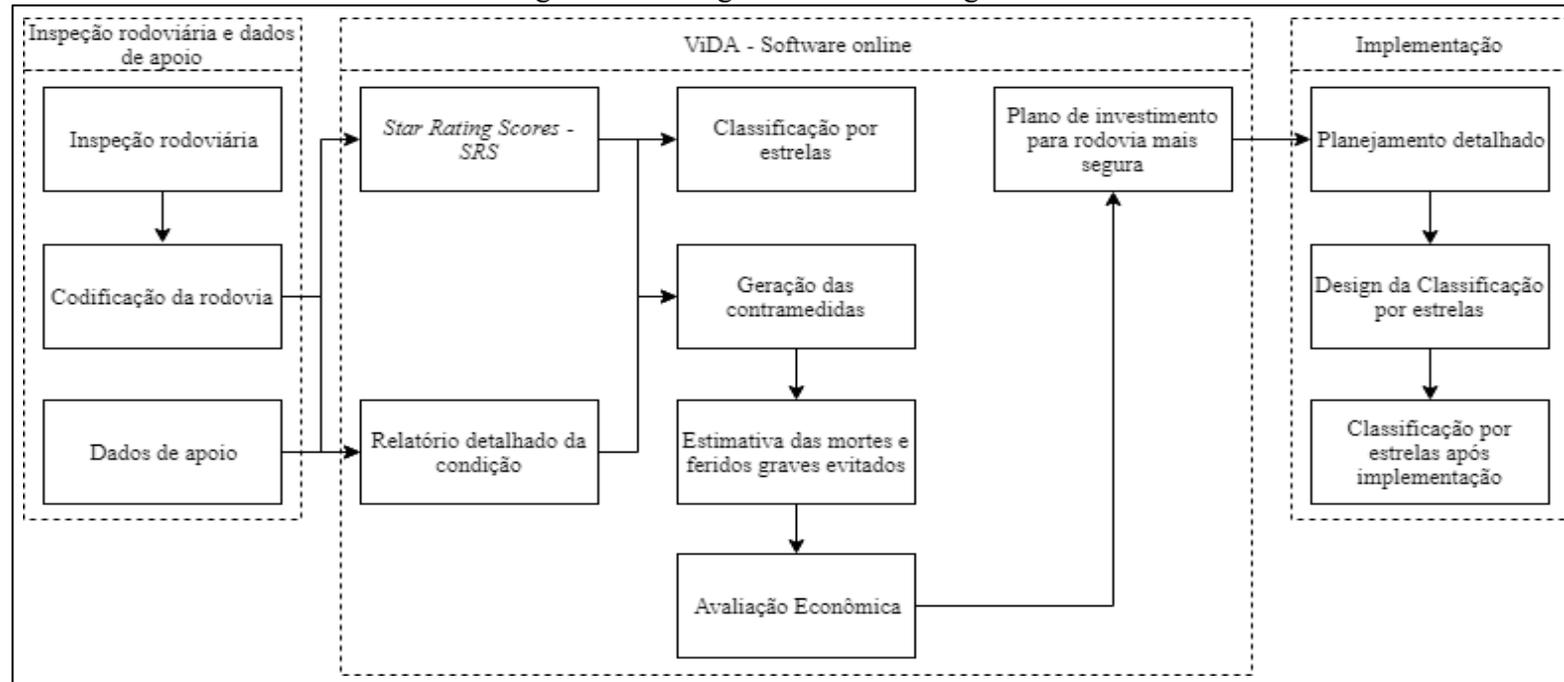
Para finalizar a metodologia proposta por DNIT (2009), é feita a listagem dos segmentos críticos, a qual deve conter as principais informações descritas anteriormente. De um modo geral, ela é composta por: Unidade de Federação; rodovia pertencente; código SNV correspondente; quilômetros iniciais e finais; extensão do segmento; classe da segmentação da rodovia; VMDA; quantidade total de acidentes nos anos analisados; e categorização final.

Além da metodologia de identificação de segmentos críticos proposta por DNIT (2009), existem outras metodologias que podem ser utilizadas. Na sequência será apresentada a metodologia de identificação de segmentos críticos, a qual faz a avaliação do risco que uma rodovia apresenta, conhecida como *International Road Assessment Programme (iRAP)*.

2.2.7 International Road Assessment Programme (iRAP)

A *International Road Assessment Programme (iRAP)* é uma metodologia para identificação de segmentos críticos baseado no risco que a rodovia apresenta ao usuário. A estrutura da metodologia proposta é apresentada na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma da metodologia iRAP



Fonte: International Road Assessment Programme (2014)

Como pode ser observado na Figura 9, a metodologia proposta por iRAP (2014) se divide em 3 partes principais. São elas: Inspeção rodoviária e obtenção dos dados de apoio; Utilização do software online ViDA; e Implementação dos resultados. As partes principais da metodologia serão detalhadas na sequência.

2.2.7.1 Inspeção da rodovia

A primeira etapa realizada na metodologia *iRAP* consiste em inspecionar a rodovia desejada com um veículo equipado com uma câmera de boa resolução e que conte com o registro de coordenadas geográficas para que possam ser avaliados os segmentos da rodovia a cada 20 metros, sendo consolidados a cada 100 metros. Após a realização da etapa de inspeção rodoviária é realizada a codificação da rodovia.

2.2.7.2 Codificação da rodovia

A etapa seguinte à inspeção rodoviária é a codificação da rodovia, que, conforme *iRAP* (2015), consiste em registrar os atributos da rodovia usando as imagens coletadas na etapa anterior. Alguns dos atributos a serem codificados propostos por *iRAP* (2014), para melhor identificação da rodovia analisada, são o nome do codificador, a data da codificação, a data da coleta, a imagem codificada, o nome da rodovia, a seção analisada, a distância do segmento, o comprimento do segmento e as coordenadas geográficas do segmento codificado.

Após essa fase inicial de identificação, os atributos que devem ser codificados conforme a metodologia *iRAP* totalizam 42. Alguns exemplos de atributos codificados são:

- Tipo de canteiro central: Registra a infraestrutura viária que separa os dois fluxos de trânsito que vem em sentido contrário.

- Severidade lateral – objeto: Registra o tipo de objeto mais próximo da demarcação da margem da rodovia que provavelmente seria alcançado, tanto para o lado direito quanto esquerdo da via.

- Tipo de interseção: Registra a presença e o tipo de interseções das vias sob avaliação com outras vias públicas administradas e mantidas por autoridade rodoviária.

Os outros 39 atributos codificados nessa etapa da metodologia estão descritos no Anexo A. A etapa de codificação pode ser realizada utilizando um *software* de codificação, tal como o mostrado na Figura 10.

Figura 10 - Layout do software de codificação BrazilRAP

 Atributos de codificação  

País: Sentido: Projeto: Rodovia: Referência: Status:

Data: Distância: Trecho (SNV): Diretório de imagens:

Codificador: Altitude: Latitude: Longitude: Coleta de imagens em campo:

Pontos de referência: Severidade lateral - distância a esquerda: Resistência ao deslizamento:

Comentários: Severidade lateral - objeto à esquerda: Delineamento:

Etiqueta de pista: Severidade lateral - distância a direita: Iluminação pública da via:

Custo dos melhoramentos: Severidade lateral - objeto à direita: Travessa de pedestres:

Fluxo de motocicletas: Sonorizadores ao longo do acostamento: Qualidade da travessa de pedestres:

Fluxo de bicicletas: Largura do acostamento pavimentado - esquerda: Travessa de pedestres (transversal):

Pedestres atravessando a rodovia: Largura do acostamento pavimentado - direita: Canalização de pedestres:

Pedestres - direita: Tipo de interseção: Advertência de zona escolar:

Pedestres - esquerda: Canalização da interseção: Supervisor de zona escolar:

Uso do solo - direita: Volume de tráfego na interseção (transversal): Gestão de velocidade:

Uso do solo - esquerda: Qualidade da interseção: Estacionamento de veículos:

Tipo de área: Pontos de acesso a propriedades: Provisão de calçada - esquerda:

Limite de velocidade: Número de faixas: Provisão de calçada - direita:

Limite de velocidade - motocicletas: Largura da faixa: Rua lateral:

Limite de velocidade - caminhões: Curvatura: Infraestrutura para motos:

Diferencial de velocidades: Qualidade da curva: Infraestrutura para bicicletas:

Tipo de canteiro central: Inclinação: Ocas viárias:

Sonorizadores no eixo da pista: Condição da rodovia: Distância de visibilidade:

      Salvar  Cancelar

Fonte: UFSC e LabTrans (2016)

Esse *software* de codificação recebe as imagens de cada seção da rodovia distante 20 metros entre cada uma, o qual gera uma planilha com todos os atributos da rodovia codificados. Tal *software* é o utilizado no Laboratório de Transporte e Logística (LabTrans) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sendo este considerado o único Centro de Excelência da metodologia iRAP no Brasil (iRAP, 2019a).

Após realizada a codificação dos atributos da rodovia e antes de realizar a Classificação por estrelas no *software online* ViDA, alguns dados de suporte são necessários conforme a metodologia *iRAP*.

2.2.7.3 Dados de suporte

Após a etapa de codificação realizada, alguns dados de suporte são necessários antes de realizar a próxima etapa. Esses dados de suporte são apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 - Dados de suporte utilizados pela metodologia *iRAP*

Dados de suporte	Descrição
Fluxo de veículos – VDMA	Registra-se o fluxo de veículos para cada trecho de via.
Porcentagem de motocicletas	Registra a porcentagem do total de veículos que pode ser classificada como veículos motorizados de duas rodas.
Fluxo de pedestres atravessando a via em horário de pico	Registra o número médio de pedestres atravessando a via a cada 100 metros durante uma hora típica de pico.
Fluxo de pedestres na hora de pico ao longo da rodovia	Registra o número médio de pedestres que caminham ao longo dos lados direito e esquerdo da rodovia.
Fluxo de bicicletas em horário de pico	Registra o número médio de bicicletas utilizando a rodovia a cada 100 metros durante uma hora típica de pico.
Velocidade real praticada – percentil 85°	É a velocidade abaixo da qual 85% dos veículos transitam e acima da qual 15% dos veículos transitam.
Velocidade real praticada	É a velocidade média do total de veículos no trecho de 100 metros.
Vias que os veículos podem ler	Registra se a via cumpre com as especificações para que os veículos possam reconhecer o alinhamento de forma automatizada.
Metas de política de Classificação por estrelas	Registra as metas mínimas estabelecidas de Classificação por estrelas para cada um dos grupos de usuários da rodovia.

Fonte: Adaptado de *iRAP* (2014)

Com toda a parte de codificação realizada, a próxima etapa é a realização da Classificação por estrelas, a qual é detalhada a seguir.

2.2.7.4 Star Rating Scores – SRS

A Classificação por Estrelas é feita utilizando o *software online* ViDA, a qual é determinada atribuindo Pontuações de Classificação por Estrelas conforme informações obtidas durante a etapa de codificação. A “pontuação dessa classificação é calculada para ocupantes de veículos, motociclistas, pedestres e ciclistas a cada 100 metros de rodovia”, conforme equações próprias da metodologia *iRAP*.

A Classificação por Estrelas varia do nível 1 sendo a pior classificação até o nível 5, sendo essa a melhor pontuação que uma rodovia pode receber. A Figura 11 apresenta as faixas de pontuação que são consideradas na metodologia proposta.

Figura 11 - Pontuação da Classificação por Estrelas conforme classe de usuário da rodovia

Classificação por Estrelas	Pontuação da Classificação por Estrelas				
	Ocupantes de veículos e motociclistas	Ciclistas	Pedestres		
			Total	Ao longo da via	Atravessando
5	0 a < 2,5	0 a < 5	0 a < 5	0 a < 0,2	0 a < 4,8
4	2,5 a < 5	5 a < 10	5 a < 15	0,2 a < 1	4,8 a < 14
3	5 a < 12,5	10 a < 30	15 a < 40	1 a < 7,5	14 a < 32,5
2	12,5 a < 22,5	30 a < 60	40 a < 90	7,5 a < 15	32,5 a < 75
1	22,5 ou +	60 ou +	90 ou +	15 ou +	75 ou +

Fonte: Adaptado de *iRAP* (2014)

Na Figura 11, é possível observar que a pontuação varia para classe de usuário e também varia conforme o comportamento do usuário na rodovia, tal qual quando analisa os pedestres caminhando ao longo da rodovia ou através dela. Para finalizar a etapa de Classificação por Estrelas, a metodologia *iRAP* propõe uma suavização da pontuação para segmentos maiores do que 100 metros para facilitar a visualização do mapa rodoviário desejado.

Após essa etapa realizada, o *software online* ViDA também apresenta um relatório de contramedidas possíveis de serem realizadas para melhorar a presente Classificação por Estrelas obtida, as quais serão apresentadas a seguir.

2.2.7.5 *Contramedidas sugeridas*

Conforme a metodologia *iRAP*, são 94 contramedidas possíveis de serem aplicadas, as quais se relacionam com os atributos da rodovia codificados anteriormente. Alguns exemplos de contramedidas e seus atributos relacionados são:

- Alinhamento horizontal: relaciona-se com a curvatura da rodovia.
- Faixa duplicada – faixa central de mais de 20 metros: relaciona-se com o tipo de faixa central e o número de faixas.
- Área escolar: relaciona-se com a presença de supervisor escolar na travessia da área escolar.

Todas as 94 contramedidas possíveis de serem utilizadas nessas metodologias são descritas no anexo B.

Para finalizar, baseado em cada contramedida possível, o relatório final de avaliação da rodovia ainda apresenta o número de vítimas fatais e feridos graves evitados em cada trecho de 100 metros da rodovia.

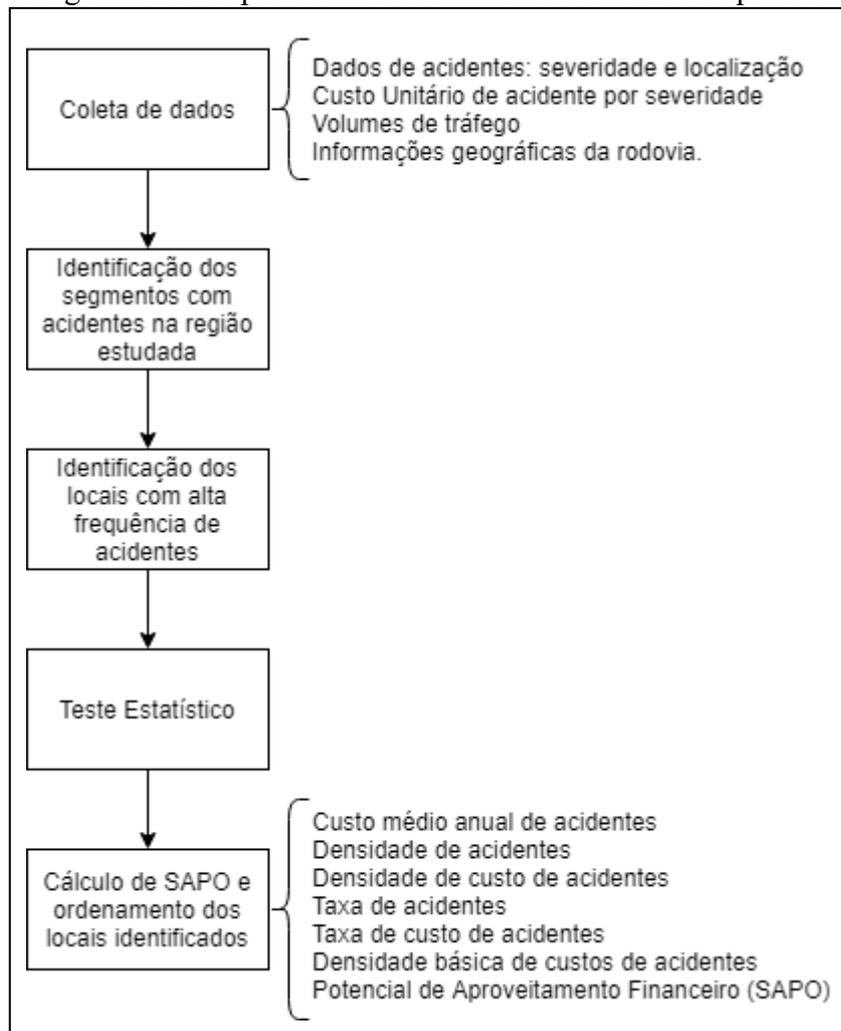
A seguir será apresentada outra metodologia de identificação de segmentos críticos, a qual leva em ponderação um valor financeiro associado ao acidente.

2.2.8 **Potencial de Aproveitamento Financeiro**

O Potencial de Aproveitamento Financeiro (SAPO, *Safety Potential* em inglês) leva em conta o custo médio que cada acidente tem na região ou país estudado, representando assim um valor financeiro caso não existissem gastos financeiros decorrentes dos acidentes ocorridos naquele segmento. O resultado, obtido com determinado fator de ponderação, é o ordenamento dos segmentos em relação ao valor de SAPO, mostrando quais locais teriam “prioridade” para receber alguma intervenção. Tem-se como vantagem a visão dos segmentos através de um parâmetro financeiro, porém, a desvantagem é que o método utiliza dados de acidentes e não analisa o ambiente da rodovia.

Nguyen *et al.* (2016) definiu a metodologia em 5 etapas diferentes, apresentadas na Figura 12, as quais serão detalhadas na sequência.

Figura 12 - Fluxograma das etapas do método numérico com fator de ponderação financeiro



Fonte: Nguyen et al. (2016)

2.2.8.1 Coleta de dados

A primeira etapa dessa metodologia é a realização da coleta de dados. Os dados necessários são:

- Informações geográficas da rodovia analisada;
- Informações sobre acidentes contendo a severidade e a localização de ocorrência;
- Custo de acidente por severidade;
- Volume Médio Diário Anual.

Os autores propõem que sejam utilizados dados de acidentes rodoviários de um período de 3 a 5 anos. Após a coleta de dados, a etapa seguinte é identificar os segmentos com acidentes na região estudada.

2.2.8.2 *Identificação dos segmentos com acidentes na região estudada*

A etapa de identificação dos segmentos com acidentes na região estudada é feita para determinar se a análise será feita relacionando os acidentes rodoviários com o design da rodovia ou se será feita por segmentos conforme as informações de localização dos acidentes.

2.2.8.3 *Identificação dos locais com alta frequência de acidentes*

A terceira etapa dessa metodologia consiste em identificar dos segmentos que tiveram ocorrência de acidentes rodoviários aqueles com uma alta frequência de acidentes, comparada com a amostra estudada. Os autores definem que os segmentos com alta frequência de acidentes são aqueles que contem mais acidentes do que um valor limite sugerido. Esse valor limite é definido conforme a Equação (17).

$$\text{Valor Limite} = \max[\bar{x}, m] \quad (17)$$

Onde:

Valor Limite: Numero limite de acidentes;

\bar{x} : Media de acidentes na amostra estudada;

m: mediana de acidentes na amostra estudada.

Na Equação (17) tem-se que o valor limite de acidentes para identificar os segmentos com alta frequência de acidentes rodoviários é o maior valor entre a média e a mediana de acidentes ocorridos na amostra estudada.

2.2.8.4 *Teste estatístico*

A quarta etapa da metodologia é feita para garantir que a variação do número de acidentes ocorridos nos segmentos identificados como potencialmente críticos se deu de forma real e não de forma randômica. Para garantir isso, é calculado o intervalo de confiança do número de acidentes com 95% de confiança, no período analisado. Os segmentos que se

encontrarem dentro do intervalo de confiança, calculado no Modelo de Probabilidade de Poisson, tem enfim seus parâmetros calculados e ordenados conforme criticidade.

2.2.8.5 Cálculo de SAPO e ordenamento dos locais identificados

Por fim, a metodologia propõe o cálculo de 7 parâmetros em cada segmento analisado, os quais são utilizados para ordená-los conforme a criticidade em termos de potencial de aproveitamento financeiro. Esses parâmetros são detalhados conforme as equações (18) a (24).

$$AC_a = \frac{\sum nA_c \times MCA_c}{t} \quad (18)$$

$$AD = \frac{nA}{t} \quad (19)$$

$$ACD = \frac{AC}{1000 \times t} \quad (20)$$

$$AR = \frac{10^6 \times nA}{365 \times AADT \times t} \quad (21)$$

$$ACR = \frac{1000 \times AC}{365 \times AADT \times t} \quad (22)$$

$$bACD = \frac{bACR \times ADT \times 365}{10^6} \quad (23)$$

$$SAPO = ACD - bACD \quad (24)$$

Onde:

AC_a : Custo médio anual de acidente, em \$/ano;

nA_c : número de acidentes por severidade;

MCA_c : custo médio por severidade de acidentes;

t : período de análise dos dados, em anos;

AD : densidade de acidentes;

nA : número de acidentes;

ACD : densidade de custo de acidentes;

AC: custo de acidentes;
AR: taxa de acidente;
AADT: volume médio diário anual;
ACR: taxa de custo de acidente;
bACD: densidade de custo básico de acidente;
bACR: taxa de custo básico de acidente;
ADT: volume médio diário;
SAPO: Potencial de aproveitamento financeiro.

Após os cálculos de todos esses parâmetros por segmento crítico, o ordenamento dos mesmos se dá em ordem decrescente. O maior valor é considerado o segmento mais crítico, com maior potencial para aproveitar recursos financeiros, enquanto que o menor valor o segmento menos crítico, com menor potencial para aproveitar recursos financeiros.

Em seguida será apresentada a revisão sistemática realizada nesse trabalho e os resultados com ela obtidos.

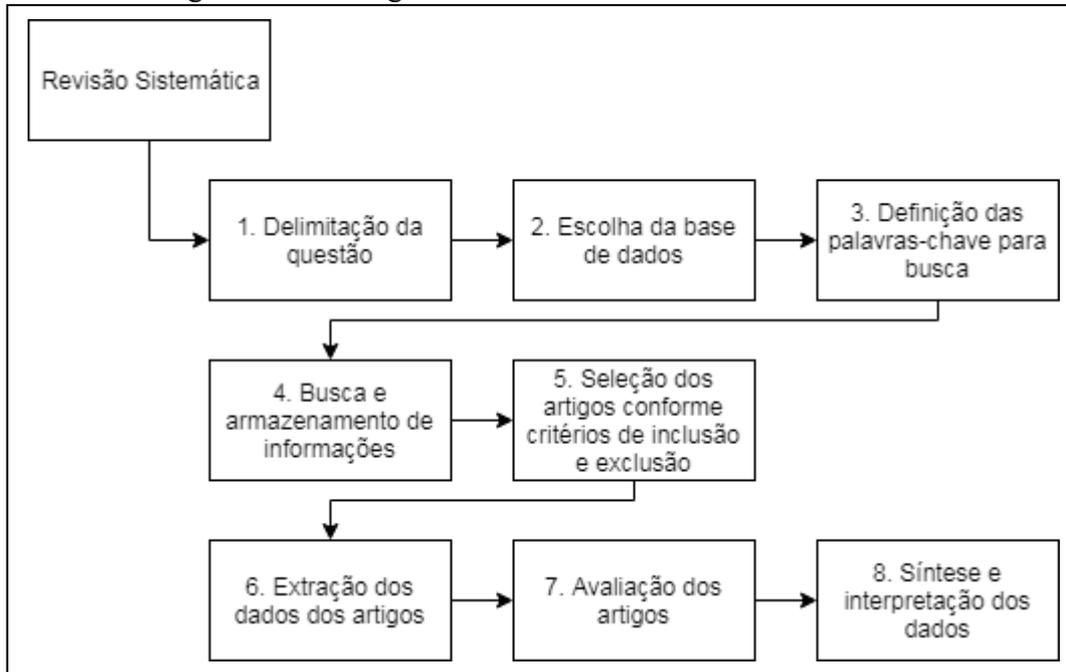
2.3 ESTADO DA ARTE

O processo de identificação de segmentos críticos em rodovias é, como já foi visto, um trabalho necessário para melhorar os níveis de segurança viária. Diversos métodos já foram desenvolvidos para realizar essa identificação, porém, eles acabam diferindo conforme a técnica utilizada e as características da rodovia em que são melhores aplicados. Além disso, o estudo de metodologias para identificação de segmentos críticos e estudos de comparação entre metodologias são possíveis de serem realizados. Sendo assim, para identificar esses outros estudos presentes na literatura e diferentes das metodologias utilizadas no Brasil foi realizada uma revisão sistemática de literatura.

2.3.1 Revisão Sistemática de Literatura

A revisão sistemática de literatura utilizada no trabalho foi proposta por Zoltowski *et al.* (2014) e consiste em 8 etapas, as quais podem ser observadas na Figura 13. Cada etapa será explicada na sequência.

Figura 13 - Fluxograma da revisão sistemática de literatura



Fonte: Costa e Zoltowski (2014)

A pergunta que norteia a revisão sistemática de literatura é a mesma que dá base para esse trabalho: “Existe diferença significativa em identificar segmentos críticos de acidentes em rodovias rurais utilizando a metodologia aplicada pelo DNIT em relação a outras metodologias existentes?”.

A seleção de artigos foi realizada em 5 bases de material acadêmico, as quais foram acessadas através da conexão da Universidade Federal de Santa Catarina. A escolha das bases se deu pela facilidade de acesso provido pela rede utilizada e pela sua relevância na área de estudo. Foram elas: *ScienceDirect*; *Scopus*; *JSTOR*; *Wiley*; *Scielo*.

Para realizar o levantamento dentro dessas 5 bases de material acadêmico, foram selecionadas algumas palavras-chave relevantes ao tema. Foi feita a primeira delimitação em relação a busca, na qual os artigos buscados nas 4 bases internacionais seriam escritos em inglês, enquanto que na base nacional foram utilizadas as palavras-chave em português. O Quadro 10 mostra as palavras-chave utilizadas nas bases de material acadêmico.

Quadro 10 - Palavras-chave utilizadas nas bases de material acadêmico

Base internacional	Base nacional
<i>Accident location</i>	Localização de acidente
<i>Black spot</i>	Pontos negros
<i>Crash</i>	Colisão
<i>Hot spot</i>	Segmentos críticos
<i>Road accident</i>	Acidente rodoviário
<i>Road safety</i>	Segurança viária
<i>Traffic accident</i>	Acidente de trânsito

Fonte: Autor (2019)

Foram realizadas buscas de cada termo em cada uma das bases de material acadêmico. Nesse momento foram adicionados mais dois critérios de seleção. Um deles foi a seleção dos materiais publicados entre os anos de 2016 e 2019, enquanto que o outro foi a seleção de artigos que possuíam acesso integral ao material. Com isso posto, cada base de material acadêmico forneceu a quantidade de material mostrados na Tabela 6.

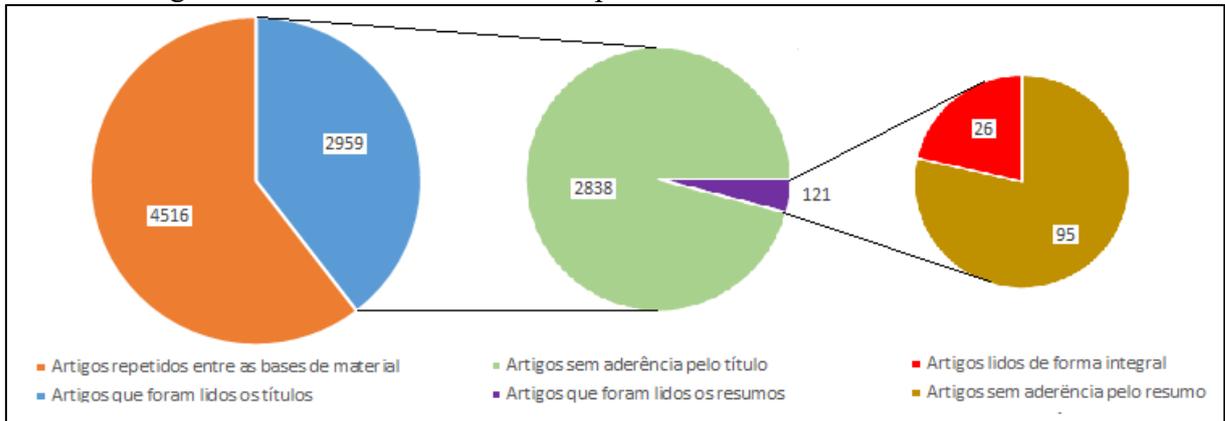
Tabela 6 - Quantidade de material fornecido por cada base utilizada

Base de material acadêmico	Quantidade de material
<i>ScienceDirect</i>	2505
<i>Scopus</i>	3467
<i>JSTOR</i>	631
<i>Wiley</i>	763
<i>Scielo</i>	109
Total	7475

Fonte: Autor (2019)

Com um banco de material acadêmico extenso para analisar, foi utilizado o software de gerenciamento bibliográfico *Zotero*, o qual é classificado como “um software livre e de linguagem aberta que auxilia na coleta, organização e análise de materiais de pesquisa” (*Zotero*, 2019). A Figura 14 mostra os filtros utilizados para se identificar os materiais que seriam analisados na sequência.

Figura 14 - Filtros utilizados na etapa de revisão sistemática de literatura



Fonte: Autor (2019)

Conforme a Figura 14, a utilização do *software* Zotero facilitou a identificação de 4516 materiais repetidos entre as 5 bases analisadas. Sendo assim, o banco bruto de artigos para realizar a primeira análise de exclusão conta com 2959 títulos.

Em seguida realizou-se a leitura do título de todos os materiais com o objetivo de excluir aqueles que não possuíam aderência com o tema da pesquisa. Nesse momento foram identificados que 2838 materiais não possuíam aderência com a linha da pesquisa, restando para uma posterior análise 121 títulos.

A próxima etapa foi a realização da leitura do resumo desse grupo de materiais selecionados, nos quais foi observada uma maior relevância com o tema proposto. Nessa segunda etapa de exclusão foi observada a existência de 96 materiais que poderiam ser excluídos. Sendo assim, restaram 26 títulos para ser feita uma análise mais aprofundada.

Para identificar a relevância acadêmica de cada material, foi obtido o número de citações feitas por outros autores através de informações presentes no *Google Scholar*. O Quadro 11 apresenta a lista de títulos definida como final para análise, bem como seus autores, ano de publicação e número de citações.

Quadro 11 - Lista de material acadêmico selecionado

Título	Autores	Ano	Citações
<i>A Cask Evaluation Model to Assess Safety in Chinese Rural Roads</i>	Shi, L.; Huseynova, N.; Yang, B.; Li, C.; Gao, L.	2018	1
<i>A Comparative Empirical Analysis of Statistical Models for Evaluating Highway Segment Crash Frequency</i>	Agbelie, B. R. D. K.	2016	4
<i>A Feasibility Study for Developing a Transferable Accident Prediction Model for Czech Regions</i>	Ambros, J.; Sedoník, J.	2016	10

Quadro 11 - Lista de material acadêmico selecionado

Título	Autores	Ano	Citações
<i>A Methodology to Analyze Road Landscape in Accident Black-Spots: The Case of Southern Expressway, Sri Lanka</i>	<i>Dharmasena, S. R.; Suresh, E. A. T.</i>	2018	0
<i>A Novel Bayesian Hierarchical Model for Road Safety Hotspot Prediction</i>	<i>Fawcett, L.; Thorpe, N.; Matthews, J.; Kremer, K.</i>	2017	8
<i>A Novel Framework to Analyze Road Accident Time Series Data</i>	<i>Kumar, S.; Toshniwal, D.</i>	2016a	24
<i>A Study of Traffic Accidents in Spanish Intercity Roads by Means of Feature Vectors</i>	<i>Ubeda, D.; Gil, A.; Payá, L.; Reinoso, O.</i>	2016	2
<i>An Improved Deep Learning Model for Traffic Crash Prediction</i>	<i>Dong, C.; Shao, C.; Li, J.; Xiong, Z.</i>	2018	0
<i>Analysis and Assessment of Lithuanian Road Accidents by AHP Method</i>	<i>Jakimavicius, M.</i>	2018	0
<i>Analysis of Hourly Road Accidents counts Using Hierarchical Clustering and Cophenetic Correlation Coefficient (CPCC)</i>	<i>Kumar, S.; Toshniwal, D..</i>	2016b	21
<i>Analysis of Road Accidents Using Data Mining Techniques</i>	<i>Nidhi, R.; Kanchana, V.</i>	2018	0
<i>Analysis of Road Traffic Safety Through Direct Relative Indicators for Traffic Accidents Fatality: Case of Republic of Macedonia</i>	<i>Babanoski, K.; Illijevski, I.; Dimovski, Z.</i>	2016	1
<i>Application of a Crash-predictive Risk Assessment Model to Prioritise Road Safety Investment in Australia</i>	<i>Jurewicz, C.; Excel, R.</i>	2016	5
<i>Applying GIS to Identify the Spatial and Temporal Patterns on Road Accidents Using Spatial Statistics (case study: Ilam Province, Iran)</i>	<i>Aghajani, M. A.; Dezfoulan, R. S.; Arjroody, A. R.; Rezaei, M.</i>	2017	6
<i>Approach to Identifying Black Spots Based on Potential Saving in Accidents Costs</i>	<i>Nguyen, H. H.; Taneerananon, P.; Luathep, P.</i>	2016	6
<i>Comparison Different Black Spot Identification Methods</i>	<i>Ghadi, M.; Torok, A.</i>	2017	0
<i>Comparison of Italian and Hungarian Black Spot Ranking</i>	<i>Borsos, A.; Cafiso, S.; D'Agostino, C.; Miletics.</i>	2016	6
<i>Determining Hotspots of Road Accidents Using Spatial Analysis</i>	<i>Shariff, S. S. R.; Maad, H. A.; Halim, N. A.; Derasit, Z.</i>	2018	1
<i>Geocodificação de Acidentes Rodoviários para Identificação de Trechos Críticos com Estatística Espacial</i>	<i>Batistão, M. D. C.; Flores, E. F.; da Silva, J. F. C.</i>	2017	0
<i>GIS Tools for Analyzing Accidents and Road Design: a Review</i>	<i>Satria, R.; Castro, M.</i>	2016	9
<i>Identification and Prioritization of “Black Spots” Without Using Accident Information</i>	<i>Keymanesh, M.; Ziari, H.; Roudini, S.; Ahangar, A. N.</i>	2017	3

Quadro 11 - Lista de material acadêmico selecionado

Título	Autores	Ano	Citações
<i>Identification of Accident Blackspots on Rural Roads Using Grid Clustering and Principal Component Clustering</i>	<i>Shen, L.; Lu, J.; Long, M.; Chen, T.</i>	2019	0
<i>Identification of Hazardous Locations in Regional Road Network – Comparison of Reactive and Proactive Approaches</i>	<i>Ambros, J.; Havránek, P.; Valentová, V.; Krivánková, Z.; Striegler, R.</i>	2016	9
<i>Portuguese Two-Lane Highways: Modelling Crash Frequencies for Different Temporal and Spatial Aggregation of Crash Data</i>	<i>Da Costa, J. O.; Jacques, M. A. P.; Pereira, P. A. A.; Freitas, E. F.; Soares, F. E. C.</i>	2018	4
<i>Three Strategies Reducing Accident Rates at Black Spots and Black Sites Road in Riau Province, Indonesia</i>	<i>Sandhyavitri, A.; Zamri; Wiyono, S.; Subiantoro.</i>	2017	3
<i>Using Cluster Analysis Methods for Multivariate Mapping of Traffic Accidents</i>	<i>Selvi, H. Z.; Caglar, B.</i>	2018	0

Fonte: Autor (2019)

Após realizar a leitura de todos os materiais acadêmicos listados no Quadro 11, foi observada uma repetição dos métodos utilizados entre eles, os quais serão explicados no tópico 2.3.2.

2.3.2 Métodos identificados na literatura

Os métodos identificados nos artigos selecionados durante a revisão sistemática podem ser agrupados em 5 categorias. São elas: avaliação de risco da rodovia, espacial, estatístico, multicritério e numérico. Cada um deles será melhor explicado nos tópicos a seguir.

2.3.2.1 Avaliação de risco da rodovia

Esse tipo de método realiza uma avaliação da rodovia em relação aos fatores de risco presentes que possam favorecer a ocorrência de acidentes. Sendo assim, esse método não utiliza dados de acidentes já ocorridos, o que permite realizá-lo em rodovias com pouca informação acerca disso e/ou rodovias com pouco tempo de operação.

A avaliação é feita levando em conta parâmetros que podem influenciar na ocorrência de um acidente, tais como condição da via, condição do entorno do local e características operacionais. A principal vantagem é que é possível obter um panorama de qual aspecto precisa

de intervenção para melhorar o índice de criticidade, porém, a avaliação dos parâmetros é feita de forma subjetiva pelo avaliador. Dentre os artigos selecionados, aqueles que usam esse tipo de método são: Shi *et al.* (2018); Jurewicz e Excel (2016); e Ambros *et al.* (2016).

Shi *et al.* (2018) utilizaram desse método para avaliar um trecho de 4,56 km localizado em uma rodovia rural de Xiaodang, em Shanghai, China. Os autores dividiram o trecho em seções, nas quais foram avaliados 4 aspectos da rodovia, seus subcritérios correspondentes e seus pesos relativos na composição final da avaliação da rodovia, as quais podem ser observadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Aspectos de avaliação de rodovias e seus subcritérios correspondentes

Aspectos de Avaliação	Subcritérios de Avaliação	Peso Relativo
Geometria da via (Peso relativo = 0,22)	Sem curvas fechadas Comprimento de tangente entre 40 e 1000 metros	4
	Presença de curva vertical	3
	Comprimento de tangente menor do que 40 metros ou maior do que 1000 metros	2
	Presença de curva horizontal	1
Condição do pavimento (Peso relativo = 0,24)	Pavimento de boa condição sem obstáculos e nem falhas	4
	Pavimento de boa condição, porém, com um pouco de falhas	3
	Pavimento com má condição em que os veículos precisam reduzir um pouco sua velocidade	2
	Pavimento com má condição em que os veículos sofrem por conta dos obstáculos e falhas	1
Condição da lateral da via (Peso relativo = 0,22)	Presença de barreiras de segurança e ausência de obstáculos na lateral ($L > 1,5$ m)	4
	Ausência de barreiras de segurança e ausência de obstáculos na lateral ($1,5 > L > 1,0$ m)	3
	Ausência de barreiras de segurança e ausência de obstáculos na lateral ($L > 1,5$ m)	2
	Ausência de barreiras de segurança e presença de obstáculos na lateral ($1 > L > 0,5$ m)	1
Sinalização viária (Peso relativo = 0,31)	Sinalização presente, boa condição e de fácil identificação	4
	Sinalização presente, levemente danificada, mas de fácil identificação	3
	Sinalização pode não estar presente ou não é possível identificá-la	2
	Sinalização ausente	1

Fonte: Shi *et al.* (2018)

Baseado em estudos anteriores, os autores determinaram o limite que classifica uma seção como segura ou não de acordo com a pontuação obtida. Quando entre 3 e 4, a seção é considerada segura, e quando entre 1 e 3, a seção é considerada insegura. Com isso posto, os autores avaliaram com maior ênfase 3 interseções do trecho, as quais foram classificadas como não seguras. Além disso, os autores também conseguiram criar um panorama da situação daquela rodovia, chegando à conclusão que o motivo do baixo nível em segurança viária era a ausência de sinalização viária e das condições da geometria e da lateral da via.

Outra metodologia utilizada para avaliação de risco de rodovia e presente na revisão sistemática é a metodologia iRAP. Essa metodologia foi apresentada no tópico 2.2.7.

Para exemplificar o uso dessa metodologia, tem-se a avaliação da rodovia Bruce, que conecta Cooroy e Curra B, no nordeste da Austrália, feita por iRAP (2018). O trecho de 62 km foi avaliado e dividido em 4 seções diferentes. A pior seção, chamada de Seção B, foi classificada como 2 estrelas somente, tendo assim prioridade na execução de suas obras. Após finalizadas as intervenções de engenharia necessárias, a avaliação iRAP obteve uma classificação de 4 e até 5 estrelas nessa mesma seção, mostrando uma redução de até 84% nos números de vítimas feridas em um período de 3 anos. Tal situação da Seção B é possível ver na Figura 15.

Figura 15 - Avaliação da Seção B da Rodovia Bruce conectando Cooroy e Curras na Austrália



Fonte: Adaptado de iRAP (2018).

Na Figura 15 é possível ver a localização da rodovia e algumas seções de antes e depois das alterações. Observa-se que antes a rodovia era de pista simples, com pouco ou nenhum dispositivo de segurança entre os fluxos opostos. Com a melhora da segurança viária nas duas seções foi possível tanto aumentar em 30 km/h a velocidade praticada, como reduzir o nível de acidente. Para finalizar, é possível observar na Figura 15 que a rodovia apresentava classificação majoritariamente de 2 estrelas (cor vermelha), enquanto que, após as intervenções, a rodovia apresentou majoritariamente classificação de 4 estrelas (cor amarela) e de 5 estrelas (cor verde).

A seguir será abordada a segunda categoria de métodos identificados nos artigos selecionados.

2.3.2.2 Método Espacial

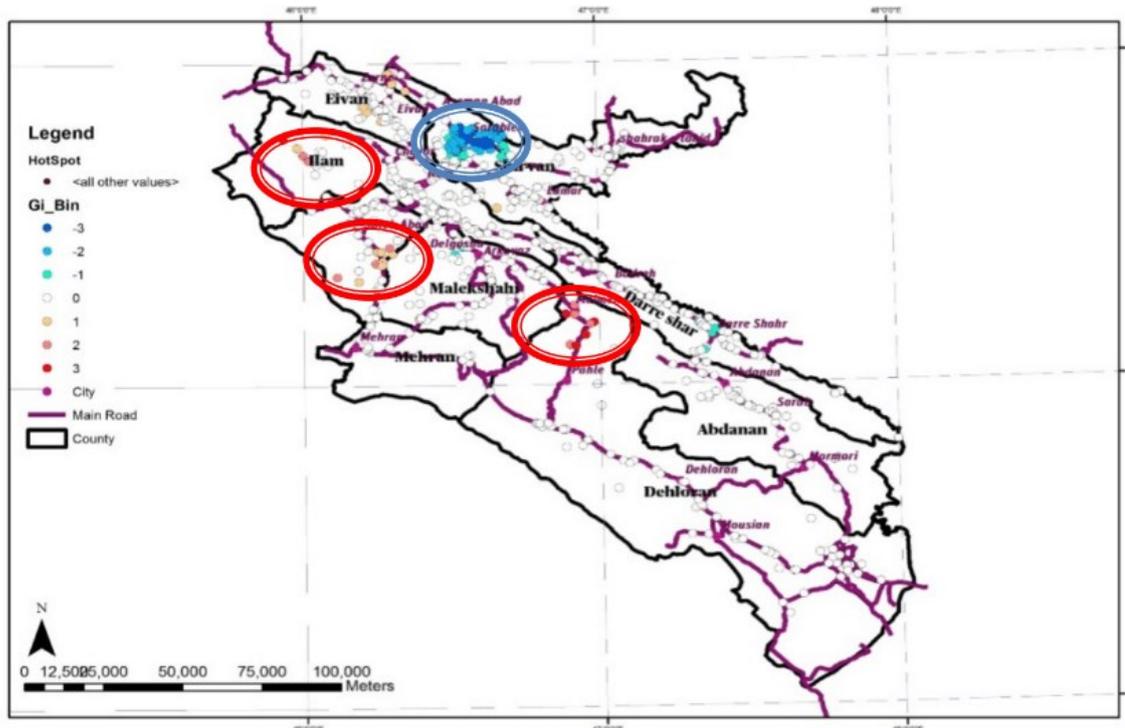
Os métodos espaciais são aqueles que utilizam técnicas de geoprocessamento para realizar suas análises. No caso, é necessário determinar a localização dos acidentes, bem como o peso que cada acidente tem na técnica escolhida. O resultado é um aglomerado de pontos com maior densidade de acidentes. A principal vantagem desse tipo de método é a obtenção dos aglomerados com uma maior ou menor precisão conforme o tipo de análise desejada.

Da mesma forma que outros tipos de métodos, tais como os apresentados no tópico 2.2, esse é considerado reativo, pois utiliza o número de acidentes como um parâmetro de entrada e não realiza a análise do ambiente e condições da via. Dentre a literatura, aqueles que aplicaram esse tipo de método são Kumar e Toshniwal (2016a), Kumar e Toshniwal (2016b), Aghajani *et al.* (2017), Shariff *et al.* (2018), Satria e Castro (2016), Shen *et al.* (2019), Selvi e Caglar (2018), Ivan e Tesla (2015), Dereli e Erdogan (2017), Hashimoto *et al.* (2016), Agrawal *et al.* (2018), Schmitz (2011), Stephen *et al.* (2018) e Murat e Cakici (2017).

Satria e Castro (2016) fazem um resumo de diversas técnicas espaciais apresentadas na literatura para avaliar a criticidade de rodovias, mostrando maiores detalhes de 3 técnicas específicas, conhecidas como Moran I, Gettis-Ord e Densidade Kernel.

Usando essas técnicas, Aghajani *et al.* (2017) fizeram uma análise das principais rodovias da Província de Ilam, uma região montanhosa do Irã. Os autores obtiveram os dados de vítimas fatais e feridos nas rodovias estudadas, topografia da região e mapa de chuvas, bem como a localização de cada uma dessas informações. Com a técnica de Moran I, foi observado se os dados possuíam uma correlação espacial entre eles, além de usar Gettis-Ord e Densidade Kernel para gerar um mapa de densidade de acidentes, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Mapa dos locais críticos de acidentes utilizando as técnicas Gettis-Ord e Densidade Kernel



Fonte: Aghajani *et al.* (2016)

Conforme é possível observar na Figura 16, os autores chegaram à conclusão de que os principais aglomerados de acidentes nas rodovias da região se encontram na parte noroeste, a qual também se faz presente um terreno mais montanhoso e maiores volumes de precipitação, mostrando uma correlação significativa entre esses dados.

A seguir será abordada a terceira categoria de métodos identificados nos artigos selecionados.

2.3.2.3 Método Estatístico

Os métodos estatísticos são aqueles que utilizam técnicas estatísticas para fazer a análise dos acidentes rodoviários e sua localização. Para tal tipo de método é necessário definir qual o período de acidentes que será analisado, visto que os mesmos podem fazer uma análise histórica dos acidentes, bem como realizar uma previsão dos acidentes esperados.

Tem-se como vantagem desse tipo de método a realização da análise de vários aspectos relativos aos acidentes ao mesmo tempo, tais como localização, severidade, características do

clima, dos usuários, entre outros. Como ponto negativo, esse método é considerado reativo aos acidentes.

Dentre a literatura, os autores que utilizaram alguma técnica estatística são Ambros e Sedoník (2016), Fawcett *et al.* (2017), Dong *et al.* (2018), Ghadi e Török (2017), Borsos *et al.* (2016), Ambros *et al.* (2016), Elyasi, Saffarzade e Boroujerdian (2016), Cheng *et al.* (2017), Debrabant *et al.* (2018), Abebe e Belayneh (2018) e Costa, Qu e Parajuli (2015).

Ambros *et al.* (2016) avaliaram 1.000 quilômetros de uma rede de rodovias rurais na República Tcheca. Essa rede foi dividida em 372 segmentos diferentes, os quais eram majoritariamente pavimentados, de pista simples e não dividida. Os autores compararam 2 técnicas estatísticas diferentes, sendo elas a Técnica de Frequência de Acidentes e a Técnica Empirical Bayes (EB), com a Técnica de Análise de Risco, já apresentada no tópico 2.3.2.1.

A primeira técnica, Frequência de Acidentes, foi utilizada pelos autores para identificar segmentos de rodovia que contassem com uma frequência de acidentes maior do que 3 por ano. A segunda técnica, Empirical Bayes, foi utilizada para criar um modelo de frequência de acidentes esperado por segmento, sendo considerado nas análises o fluxo de veículos, o comprimento dos segmentos e a mudança de alinhamento da rodovia. A última técnica, Análise de Risco, considerou os fatores de risco dos segmentos, a lateral da rodovia e a qualidade do pavimento para realizar a identificação de segmentos críticos.

Por fim, os autores chegaram à conclusão de que os resultados de Avaliação de Risco foram praticamente similares à técnica de Empirical Bayes para a determinação dos segmentos críticos da rodovia, porém, a técnica estatística Frequência de Acidentes apresentou uma performance inferior comparada às outras duas.

A seguir será abordada a quarta categoria de métodos identificados nos artigos selecionados.

2.3.2.4 *Método Multicritério*

Os métodos de Análise Multicritério são aqueles métodos que analisam uma determinada situação considerando mais de um critério ao mesmo tempo. Para esse tipo de método é preciso definir necessariamente qual das técnicas existentes melhor se encaixa à situação analisada e definir os critérios que serão considerados para avaliação. Nesse tipo de

método também é necessário definir os prováveis segmentos críticos, os quais serão classificados por prioridade.

A principal vantagem desse tipo de método é a possibilidade de realizar um teste de sensibilidade para analisar a consistência das análises realizadas. Mesmo sendo um tipo de método que não utiliza dados dos acidentes, não é possível criar um panorama das condições da rodovia e de possíveis contramedidas que poderiam ser adotadas.

Dentre a literatura, os autores que utilizaram alguma técnica do método multicritério são Jamikavicius (2018), Keymanesh *et al.* (2017) e Fancello, Carta e Fadda (2018).

Keymanesh *et al.* (2017) avaliaram uma rodovia de pista dupla em uma região montanhosa que conecta o Porto Chabahar às outras partes do Irã. A rodovia foi dividida em 8 seções com características físicas e operacionais uniformes, as quais foram subdivididas em segmentos menores. A técnica utilizada pelos autores para análise da rodovia foi uma variação da técnica de Auditoria Viária, em que foram avaliados 9 aspectos de cada segmento. São eles:

- Curvas horizontais não apropriadas;
- Curvas verticais não apropriadas;
- Falta de sinalização;
- Falta de iluminação;
- Distância de visibilidade não apropriada;
- Falta de acostamento;
- Falta de elementos de segurança na lateral da via;
- Fluxo de veículos de contrabandistas;
- Falta de mudanças de características da rodovia em áreas residenciais.

Foi realizado um questionário com 5 especialistas que conheciam a área para determinar a importância de cada critério apresentado para avaliação da rodovia. O peso final de cada critério, compilando com as atribuições dadas por cada especialista, foi obtido utilizando a técnica multicritério *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

Os autores chegaram à conclusão de que as principais causas para os acidentes rodoviários naquela região foram a falta de mudança das características da rodovia em áreas residenciais, seguido por curvas horizontais não apropriadas e o fluxo de contrabandistas na rodovia.

Além disso, os resultados obtidos como identificação dos segmentos críticos para cada seção foram comparados com os obtidos considerando o número de acidentes. Comparando

esses dois tipos de métodos, foram identificadas diferenças nos resultados obtidos, tanto para a presença de seções consideradas críticas, como a ordem de prioridade de criticidade de cada um.

A seguir será abordada a quinta categoria de métodos identificados nos artigos selecionados.

2.3.2.5 Método Numérico

Os métodos numéricos se diferenciam dos métodos estatísticos mostrados, visto que tais métodos realizam somente uma análise numérica dos acidentes e suas localizações, sem a utilização de técnicas estatísticas. Cada acidente, nesse tipo de método, está vinculado a um segmento da rodovia com tamanho fixo.

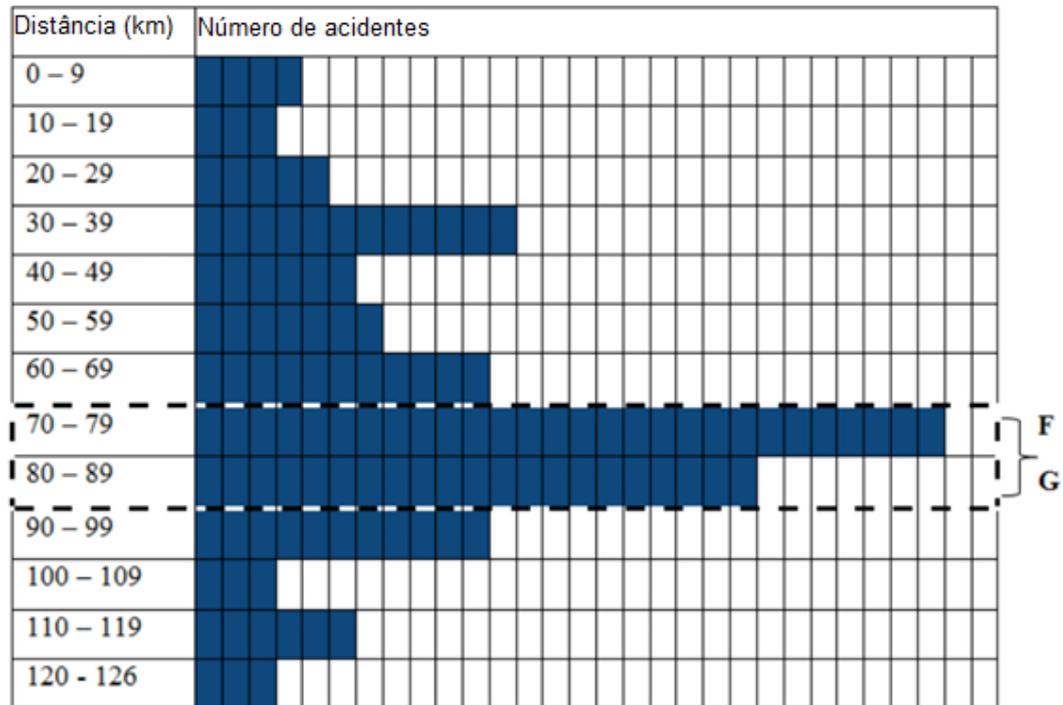
O resultado obtido com esse tipo de método é a identificação dos segmentos da rodovia com maiores índices, com base em um fator de ponderação desejado. Esse fator de ponderação pode ser relacionado à severidade do acidente, ao número de acidentes, ao tipo de acidente ocorrido ou ao custo do acidente. Os segmentos de rodovia com os maiores valores desse índice representam os locais com maior necessidade intervenção.

A principal vantagem desse tipo de método é a facilidade de aplicação, porém, necessita de dados de acidente e não considera características e o ambiente da rodovia em si. Dentre a literatura, os autores que utilizaram alguma técnica do método numérico são Dharmasena e Suresh (2018), Sandhyavitri *et al.* (2017), Lasmar *et al.* (2017) e Sugiyanto, Fadli e Santi (2017).

Considerando o número de acidentes como fator de ponderação, Dharmasena e Suresh (2018) utilizaram o método numérico para identificar os segmentos críticos da Rodovia Sul, com extensão de 126 quilômetros, conectando duas importantes províncias do Sri Lanka. Os acidentes relacionados a causas comportamentais foram analisados por quilômetro, englobando um período de 4 anos, os quais foram divididos de acordo com fatores humanos, físicos e do ambiente.

Em seguida, a rodovia foi dividida em seções com extensão de 10 quilômetros para identificação dos locais com maior quantidade de acidentes envolvendo fatores comportamentais, conforme apresenta a Figura 17.

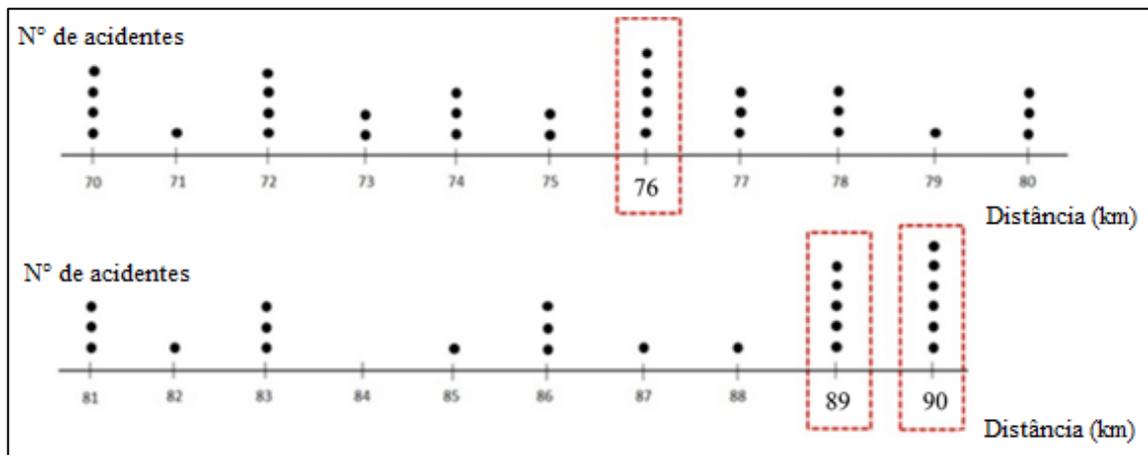
Figura 17 - Identificação dos segmentos com extensão de 10 quilômetros com maior número de acidentes



Fonte: Dharmasena e Suresh (2018)

Com a Figura 17, os autores puderam identificar que duas seções de 10 quilômetros, englobando os segmentos de 70 a 79 quilômetros (seção F) e o de 80 a 89 (seção G), concentravam o maior número de acidentes. Da mesma forma, após tal etapa, foi realizada a identificação dos segmentos com extensão de 1 quilômetro, dentro das seções F e G, para identificar aqueles com maior concentração de acidentes. A Figura 18 mostra essa segunda parte da análise feita pelos autores.

Figura 18 - Identificação dos segmentos com extensão de 1 quilômetro com maior número de acidentes



Fonte: Dharmasena e Suresh (2018)

Na Figura 18, é possível observar que 3 segmentos foram considerados críticos pelos autores. Na seção F foi observado somente um segmento crítico (quilômetro 76), enquanto que na seção G foram observados dois segmentos críticos (quilômetros 89 e 90). Além disso, os autores avaliaram também nesse estudo a percepção dos usuários em cada segmento, avaliando se a rodovia apresentava dificuldades para os motoristas trafegando a uma velocidade máxima de 100 km/h.

Outro estudo que utilizou o método numérico para identificação de segmentos críticos foi o proposto por Nguyen *et al.* (2016). Ao contrário do fator de ponderação utilizado por Dharmasena e Suresh (2018), os autores nesse estudo utilizaram o Potencial de Aproveitamento Financeiro (SAPO).

No artigo em questão identificado na literatura, os autores mapearam os acidentes obtidos de um período de 3 anos, onde foi possível observar a existência de 108 possíveis segmentos críticos. Em seguida, os locais com frequência de acidentes menor do que 6 por ano foram excluídos, resultando em uma amostra de 32 locais concentradores de acidentes para analisar. Em seguida, Nguyen *et al.* (2016) determinam os intervalos de confiança e a probabilidade de ocorrência de um número de acidentes maior do que a média observada, para garantir que a amostra era válida.

Por fim, os autores calcularam os parâmetros apresentados com o objetivo de obter o SAPO, valor utilizado para comparação dos segmentos analisados. Com esses valores de cada segmento analisado obtido, foi possível ordenar os segmentos com maior possibilidade de se

aproveitar recursos financeiros para os menores, mostrando quais locais seriam prioritários em relação a outros.

Na sequência serão apresentadas as considerações acerca dos trabalhos identificados na revisão sistemática que realizaram a comparação de métodos de identificação de segmentos críticos.

2.3.3 Comparação de métodos de identificação de segmentos críticos

Com a leitura dos 26 títulos que foram considerados dentro dos critérios adotados para a realização da revisão sistemática, foi possível identificar aqueles que realizaram uma comparação de métodos para identificação de segmentos críticos. Dentre os 26 artigos, 21 são trabalhos que aplicam somente um tipo de método para identificação de segmentos críticos, enquanto que 5 realizam a comparação de 2 ou mais métodos, o que cada método utilizado no artigo é apresentado no próprio material. Tais artigos que realizam uma comparação de métodos são apresentados a seguir:

- Ambros et al. (2016) comparam três métodos para identificação de segmentos críticos, sendo dois estatísticos e um de avaliação de risco. São eles: método reativo de Frequência de Acidentes, método reativo estatístico usando a técnica *Empirical Bayes*, e um método preditivo de avaliação de risco. Como já apresentado no tópico 2.3.2.3, os autores chegaram à conclusão de que o método preditivo de avaliação de risco produziu resultados similares aos resultados do método reativo estatístico *Empirical Bayes*, enquanto que o método reativo estatístico Frequência de Acidentes produziu resultados inferiores.

- Borsos et al. (2016) comparam 5 métodos reativos de identificação de segmentos críticos, os quais são utilizados na Itália e na Hungria. Tais métodos reativos estudados são: Frequência de Acidentes, Taxa de Acidentes, Número de Acidentes Esperado usando *Empirical Bayes*, Potencial de Melhora de Segurança e Taxa Crítica de Acidente. Para compará-los, os autores aplicam todos esses métodos nos dois países citados, através de informações de acidentes ocorridos em 105 seções de rodovia na Hungria e 37 seções na Itália. Os autores concluíram que a técnica de *Empirical Bayes* foi considerada a melhor em identificar os segmentos críticos, seguida pelo método de Potencial de Melhora de Segurança. Além disso, os autores observaram que esses dois métodos não apresentaram resultados que fossem correlacionados com aqueles obtidos pelos métodos de Frequência de Acidentes e Taxa de

Acidentes. Ainda mais, o método de Taxa de Acidente Crítico também não foi correlacionado com nenhuma das outras metodologias estudadas.

- Ghadi e Török (2017) comparam dois métodos reativos espaciais para identificar segmentos críticos em rodovias, sendo eles a *Sliding Window* e a Autocorrelação Espacial. Para isso, os autores avaliaram os acidentes com vítimas graves e fatais ocorridos em duas rodovias de características semelhantes da Hungria entre os anos de 2013 e 2015. A principal diferença entre as duas rodovias era em relação à velocidade média dos veículos presentes. Uma delas consistia de 281 km de extensão com média de velocidade entre 90 e 130 km/h, enquanto que a outra consistia de 50 km de extensão com média de velocidade entre 50 e 70 km/h. Os autores chegaram à conclusão de que o método espacial Autocorrelação Espacial foi mais eficaz em identificar segmentos críticos na rodovia com menor velocidade média. Isso devido ao observado pelos autores de que os acidentes nesse tipo de rodovia tendem a se concentrar em locais de perigo, tais como interseções, cruzamentos de pedestres, entre outros, o que favoreceu a flexibilidade que tal método possui. Já o método de *Sliding Window* foi mais eficaz em identificar segmentos críticos na rodovia em que possuía maior velocidade média, visto que a comparação com um limite pré-determinado era facilitada.

- Selvi e Caglar (2018) comparam três métodos espaciais para identificação de segmentos críticos, os quais geram mapas de concentração de acidentes utilizando as técnicas de *k-means*, *k-medoids* e *Agglomerative and Divisive Hierarchical Clustering (AGNES)*. Para poder realizar essa comparação, os autores avaliaram os dados de quantidade de acidentes envolvendo vítimas fatais e feridas ocorridos nas cidades da Turquia nos anos de 2011 e 2012. Os parâmetros avaliados para aplicação das três técnicas foram: quantidade de veículos, quantidade de acidentes com vítimas feridas e fatais, quantidade de acidentes, e quantidade de vítimas feridas. Os autores concluíram que a melhor técnica para identificação dos agrupamentos avaliando os 4 parâmetros de forma simultânea foi a técnica de *k-medoids*. Mesmo assim, os autores concluíram que as 3 técnicas produziram resultados semelhantes, visto que geralmente foram identificados agrupamentos com as mesmas cidades independente da técnica escolhida.

- Shariff et al. (2018) comparam dois métodos reativos espaciais para identificação de segmentos críticos em rodovias. São eles: Agrupamento pelo Vizinho mais próximo (NNH) e Agrupamento Espacial Temporal (STAC). Para isso, os autores analisaram a quantidade de acidentes com vítimas feridas e fatais ocorridos em uma rodovia de 350 km de extensão na

Malásia, a qual foi dividida em 6 seções diferentes para análises. Os autores puderam identificar que, mesmo que a aplicação das duas técnicas tenha gerado quantidades semelhantes de agrupamento, com a técnica NNH gerando 12 e a técnica STAC 14, a técnica STAC produziu resultados de agrupamentos melhores, independente se analisados somente os acidentes com vítimas fatais ou todos os acidentes com alguma vítima envolvida. Mesmo com essa diferença de performance em identificar diferentes quantidades de agrupamentos, as duas técnicas os indicaram na mesma seção da rodovia.

Como pode ser observado anteriormente, 4 artigos que realizam a comparação de métodos de identificação de segmentos críticos em rodovias utilizam dois ou três métodos reativos do mesmo tipo para comparação. Além disso, esses métodos variam entre estatísticos, com mudança nos parâmetros utilizados, e espaciais, com mudança nas técnicas aplicadas. Somente um artigo identificado realiza a comparação de métodos predito e reativo. Tal artigo visa analisar dois métodos estatísticos diferentes e comparar seus resultados com a identificação de risco feita baseado em inspeção rodoviária de risco.

Sendo assim, analisando esses 5 artigos que realizam a comparação de métodos para identificação de segmentos críticos em rodovias, é possível inferir que nenhum deles realiza a comparação proposta nesse trabalho: comparar um método reativo estatístico (DNIT, 2009) com um método reativo numérico balizado por um fator financeiro (Nguyen et al., 2016) e com um método de avaliação de risco (*iRAP*, 2014).

Em seguida serão apresentados alguns conceitos estatísticos necessários para as análises dos resultados apresentados na sequência.

2.4 CORRELAÇÃO ESTATÍSTICA

A estatística é a ciência que trata de estudar e analisar dados. Ela pode possuir até três significados diferentes, conforme Shimakura (2008): coleção de informações numéricas ou dados; medidas resultantes de um conjunto de dados; ou métodos usados na coleta e interpretação de dados. Uma das técnicas que visa correlacionar duas amostras de dados independentes é chamada de Correlação, a qual pode se diferir dependendo das características da amostra estudada. Sendo assim, conforme Lira e Neto (2006), a Correlação pode diferir entre Correlação Linear de Spearman, que supõe uma correlação linear de duas amostras contínuas e normais, e a Correlação de Postos de Spearman, que será explicada na sequência.

Conforme Shimakura (2008), esse tipo de técnica pode ser utilizado quando “os dados não pertencem a uma escala de medida padrão, mas existe uma ordenação clara”, visto que essa técnica é considerada não-paramétrica. A vantagem dessa técnica é a possibilidade de correlacionar amostras quantitativas e qualitativas ordinais.

Além disso, a utilização dessa técnica é feita comparando as amostras par a par, de forma que seus elementos sejam ordenados de forma crescente e atribuídos a eles postos (ou posições), os quais serão avaliados para obter o valor de ρ . Com isso feito, o resultado da aplicação dessa técnica de correlação de Spearman “não indica necessariamente tendência linear, mas podem ser considerados como índices de monotonicidade, ou seja, para aumentos positivos da correlação, aumentos no valor de X correspondem a aumentos no valor de Y, e para coeficientes negativos ocorre o oposto” (LIRA E NETO, 2006).

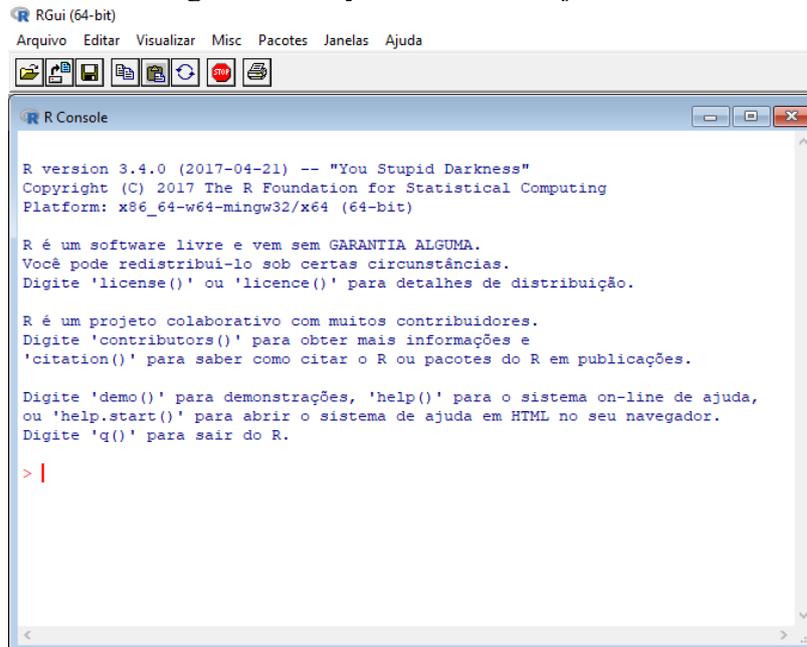
Ainda mais, na análise das hipóteses utilizando a Técnica de Correlação de Postos de Spearman, a cada par de metodologias será testada a hipótese nula (H_0) e a hipótese alternativa (H_1), as quais são apresentadas a seguir:

- $H_0: \rho = 0$, ou seja, as duas metodologias comparadas não são correlacionadas.
- $H_1: \rho \neq 0$, ou seja, as duas metodologias comparadas são correlacionadas.

A hipótese nula é aceita ou rejeitada conforme o nível de significância desejado e o valor-p obtido na aplicação da Técnica de correlação de postos de Spearman. Quando o valor-p for maior do que o valor-p_{crítico}, então aceita-se a hipótese nula H_0 de que as duas metodologias não são correlacionadas. De forma contrária, se o valor-p for menor do que o valor-p_{crítico}, então rejeita-se a hipótese nula H_0 e aceita-se a hipótese alternativa H_1 de que as metodologias avaliadas são correlacionadas.

Com a hipótese alternativa H_1 aceita, avalia-se o valor de ρ , o qual mais perto de 0 se apresentar, menor será a correlação entre as duas amostras estudadas. Quanto mais próximo de 1 ou de -1 o valor de ρ se apresentar, mais forte será essa correlação.

Por fim, para facilitar a aplicação da Técnica de Correlação de Postos de Spearman, indica-se utilizar a ferramenta livre *software r*. Tal *software* é capaz de realizar diversas análises, tais como testes paramétricos e não paramétricos, modelagem linear e não-linear, análise de séries temporais, simulação e estatística espacial, entre outros (*r-Project*, 2019). A Figura 19 apresenta o layout inicial do *software*, a partir do qual são realizadas todas essas análises.

Figura 19 - Layout inicial do *software r*

```
RGui (64-bit)
Arquivo  Editar  Visualizar  Misc  Pacotes  Janelas  Ajuda

R Console

R version 3.4.0 (2017-04-21) -- "You Stupid Darkness"
Copyright (C) 2017 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

R é um software livre e vem sem GARANTIA ALGUMA.
Você pode redistribuí-lo sob certas circunstâncias.
Digite 'license()' ou 'licence()' para detalhes de distribuição.

R é um projeto colaborativo com muitos contribuidores.
Digite 'contributors()' para obter mais informações e
'citation()' para saber como citar o R ou pacotes do R em publicações.

Digite 'demo()' para demonstrações, 'help()' para o sistema on-line de ajuda,
ou 'help.start()' para abrir o sistema de ajuda em HTML no seu navegador.
Digite 'q()' para sair do R.

> |
```

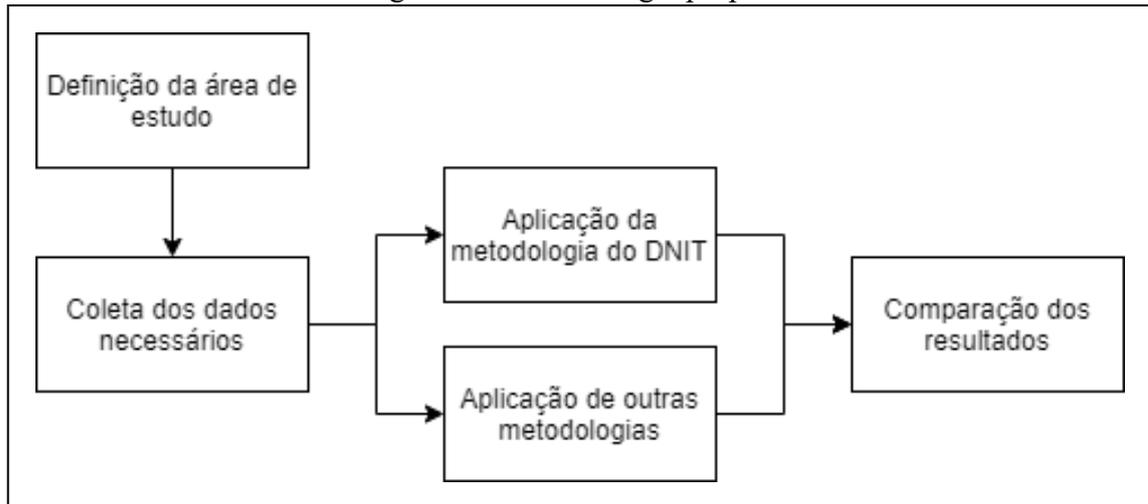
Fonte: Autor (2019)

Na sequência, no capítulo 3, será abordada a metodologia utilizada nesse trabalho para responder à pergunta da pesquisa proposta.

3 METODOLOGIA

A metodologia proposta neste trabalho com o objetivo de responder à pergunta da pesquisa é apresentada no fluxograma mostrado na Figura 20.

Figura 20 - Metodologia proposta



Fonte: Autor (2019)

A metodologia proposta, conforme mostrado na Figura 20, conta com 5 etapas, as quais serão explicadas na sequência.

3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para realizar a aplicação prática proposta na metodologia, cinco considerações devem ser adotadas para a escolha da área de estudo.

A primeira consideração é relativa à escolha da rodovia para estudo que possua as características de segmentos homogêneos consideradas pela metodologia do DNIT, sendo elas: rodovia pavimentada, de faixa simples ou dupla, cruza ambiente rural ou urbano, e possui relevo plano, ondulado ou montanhoso.

A segunda consideração versa sobre a disponibilidade dos dados referentes a uma rodovia federal brasileira ou rodovia estadual, visto que é necessário obter os dados relativos a acidentes e as informações acerca do VMDA para a aplicação da metodologia proposta pelo DNIT.

A terceira consideração versa sobre a segmentação da rodovia em trechos que podem ser utilizados independente da metodologia que se deseja avaliar. Em aplicações das metodologias em rodovias federais é indicado que seja considerada a segmentação da rodovia de acordo com a definição de segmentos homogêneos proposto pelo DNIT.

A quarta consideração é relativa à facilidade de obtenção de dados em campo na rodovia estudada.

A quinta e última consideração é relativa ao período dos acidentes considerados na análise. Dependendo da metodologia aplicada, o período de tempo poderá diferir. Porém, se faz necessário que os períodos de análises de todas as metodologias aplicadas sejam correspondentes.

Além dessas considerações, algumas considerações poderão se fazer necessárias dependendo das metodologias escolhidas para serem comparadas com a do DNIT. A seguir será apresentada a etapa de coleta dos dados necessários.

3.2 COLETA DOS DADOS NECESSÁRIOS

A segunda etapa da metodologia proposta consiste em coletar os dados necessários para cada metodologia que será utilizada na etapa de aplicação prática. Os dados básicos necessários, visto que são utilizados pela metodologia do DNIT, são extensão do segmento, VMDA, e quantidade e severidade dos acidentes ocorridos no período desejado. No caso da aplicação das metodologias em rodovias federais, uma fonte confiável de dados de tráfego são os obtidos através do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT). Outros dados pertinentes às outras metodologias escolhidas se farão necessárias.

Nessa etapa também se faz necessário atualizar os dados coletados para o período de análise. Tem-se como exemplo o VMDA que geralmente não é realizado todos os anos. Dessa forma, na ausência desses dados para o ano de análise o DNIT (2006) indica fazer uma projeção do tráfego da ordem de 3% ao ano. Outras atualizações dos dados utilizados se farão necessários de acordo com as metodologias escolhidas para comparação com a metodologia proposta pelo DNIT.

A seguir será apresentada a etapa de aplicação de metodologia proposta por DNIT.

3.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA POR DNIT

A terceira etapa da metodologia proposta no trabalho consiste em aplicar a metodologia proposta por DNIT (2009) no trecho de rodovia escolhido para análise. Nessa etapa serão identificados os segmentos conforme sua criticidade, utilizando para isso uma planilha eletrônica. Também serão apresentados os resultados da série histórica considerando os dados dos anos de análise. A criticidade do trecho de rodovia escolhido será apresentada com relação ao quilômetro da rodovia e a classificação dos segmentos homogêneos presentes.

A seguir será apresentada a etapa de aplicação de outras metodologias para identificação de segmentos críticos de rodovia.

3.4 APLICAÇÃO DE OUTRAS METODOLOGIAS

A quarta etapa da metodologia proposta nesse trabalho consiste em aplicar as outras metodologias que se desejam estudar no trecho de rodovia escolhido.

Nessa etapa a aplicação de cada metodologia escolhida poderá ser feita em planilha eletrônica ou em *software* específico e os resultados serão apresentados de acordo com o proposto em cada metodologia. Para melhor visualizar a segmentação da rodovia, é indicado que a mesma se faça presente na apresentação dos resultados mesmo que a metodologia não indique tal passo.

A seguir será apresentada a última etapa da metodologia proposta nesse trabalho, que consiste na análise dos indicadores de tomada de decisão para escolha da metodologia para identificação de segmentos críticos em rodovias.

3.5 INDICADORES DE TOMADA DE DECISÃO

Na sequência serão abordados os indicadores utilizados para decidir a escolha da metodologia para identificação de segmentos críticos em rodovias. A última etapa da metodologia proposta nesse trabalho é de comparar os resultados dos métodos aplicados nas últimas etapas apresentadas.

Visto que o objetivo da aplicação das metodologias é compará-las com a metodologia proposta pelo DNIT, tem-se então que correlacionar as metodologias estudadas em todos os

segmentos de rodovia considerados. Além disso, visto que os resultados da aplicação da metodologia do DNIT são variáveis do tipo qualitativa e ordinal, se faz válido usar a técnica de correlação de postos de Spearman. Para isso, os resultados das metodologias estudadas deverão estar na forma de uma variável ordinal, sendo então, se necessário, normalizar os resultados de forma que elas sejam apresentadas de forma ordinal.

Além de definir as convergências e divergências das metodologias para identificação de segmentos críticos em rodovias, outros indicadores poderão se fazer necessários na decisão de qual metodologia adotar.

Dois parâmetros importantes são custo e tempo necessários para realizar a coleta de dados de cada metodologia e realizar o processamento dessas informações. Esses dois parâmetros em cada metodologia se fazem necessários ser discutidos visto que cada metodologia analisada requer dados de entrada diferentes e processos distintos.

Dependendo da metodologia escolhida para comparar com a metodologia proposta pelo DNIT, os dados de entrada necessários podem não ser de acesso público, levando à duas situações possíveis: um aumento de tempo para obter a liberação das informações ou um aumento de custo para poder realizar as coletas em campo.

Além disso, esses dois parâmetros também podem ser balizadores dependendo da forma de aplicação da metodologia. Ao comparar duas ou mais metodologias, pode ser que o processamento e análise de cada metodologia requeira tempo e custo de processamento que devem ser levados em conta na decisão de qual metodologia para definição de segmentos críticos utilizar.

Na sequência será apresentada a aplicação de metodologia proposta com um estudo de caso.

4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

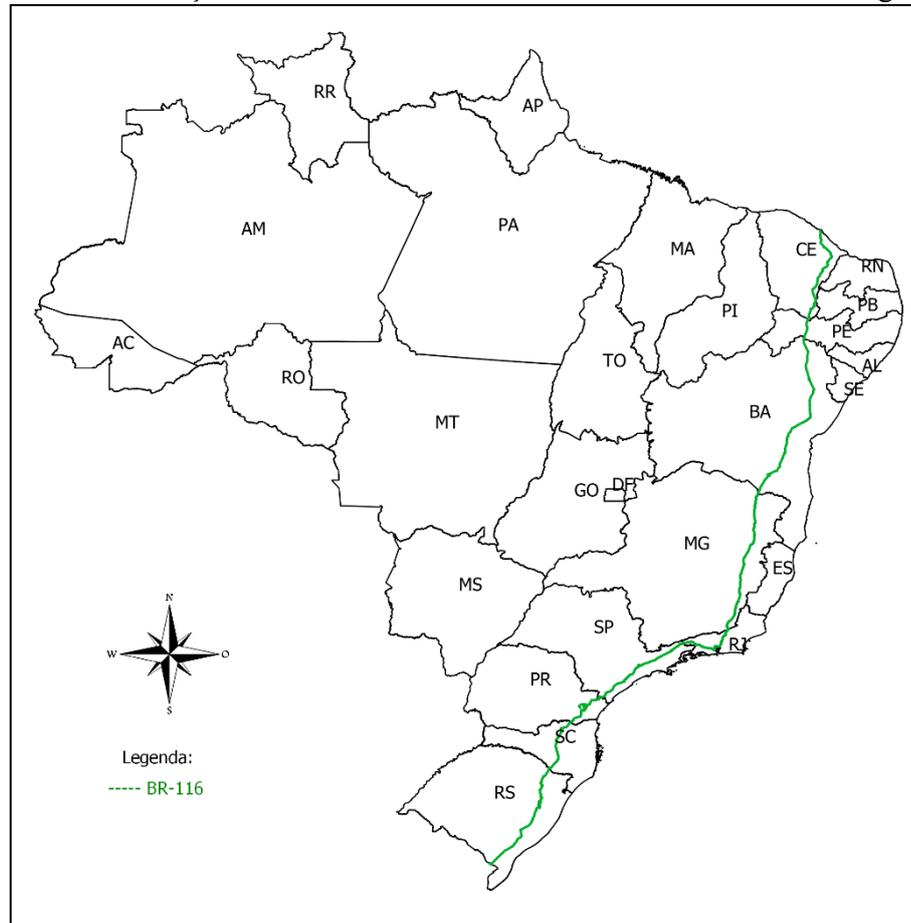
Neste capítulo é apresentada a aplicação da metodologia proposta no capítulo 3, no qual, para efeitos de comparação com a metodologia proposta por DNIT, serão consideradas as metodologias *International Road Assessment Programme- iRAP* e a Potencial de Aproveitamento Financeiro (Nguyen *et al.*, 2016).

Tais análises apresentadas na sequência foram realizadas para o ano de 2018. Porém, quando determinado método necessitar que sejam feitas análises para anos anteriores, os dados de entrada serão ajustados para tal ano.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A rodovia federal selecionada para aplicação prática dos três métodos de identificação de segmentos críticos foi a BR-116, a qual conecta o estado do Ceará com o Estado do Rio do Grande do Sul, passando por outros 8 estados de forma longitudinal no país. Sua extensão, conforme informação obtida na plataforma *online* Sistema Integrado de Operações Rodoviárias (SIOR) (DNIT e LabTrans, 2019), conta com 4.753,5 quilômetros, a qual pode ser observada na Figura 21.

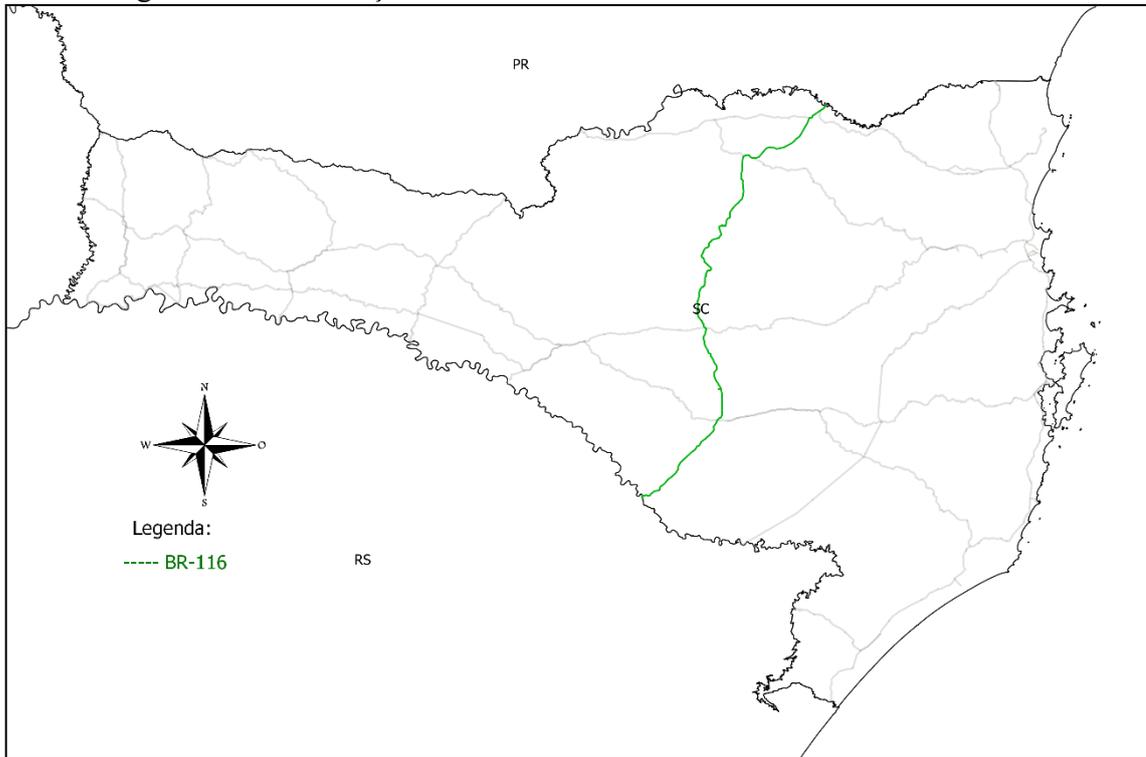
Figura 21 – Localização da rodovia BR-116 conectando Fortaleza/CE à Jaguarão/RS



Fonte: Autor (2019)

O segmento escolhido da rodovia para as análises pertinentes a esse trabalho se localiza no Estado de Santa Catarina, no qual a BR-116 conta com 311,8 quilômetros do total da rodovia, a qual pode ser observada na Figura 22.

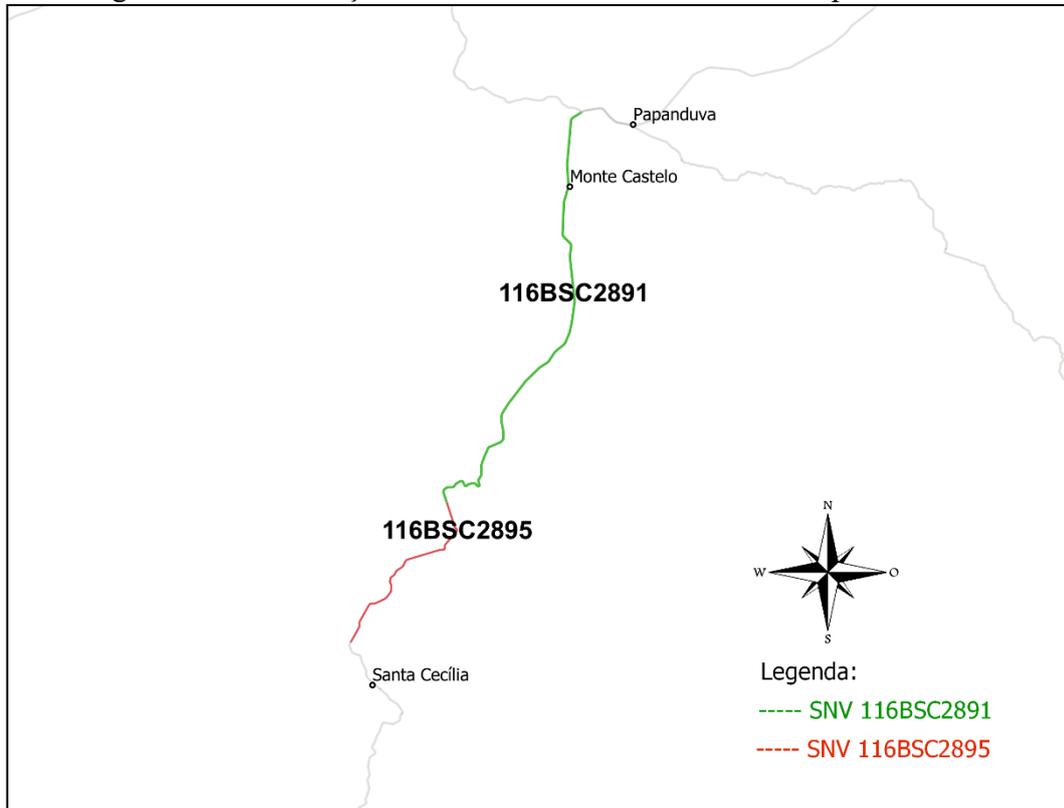
Figura 22 - Localização da rodovia BR-116 no Estado de Santa Catarina



Fonte: Autor (2019)

A plataforma *online* SIOR (DNIT e LabTrans, 2019) também foi utilizada para definir o segmento da BR-116, no Estado de Santa Catarina, no qual seriam realizadas as análises necessárias. Foi identificado que, considerando do quilômetro 59,8 ao quilômetro 132,7, dois trechos SNV consecutivos seriam englobados de forma completa. Esses dois trechos SNV foram o 116BSC2891 e o 116BSC2895, os quais totalizaram 72,9 quilômetros, sendo apresentados na Figura 23.

Figura 23 - Localização dos dois trechos SNV escolhidos para análises



Fonte: Autor (2019)

Ainda conforme as definições de segmentos homogêneos mostradas no tópico 2.2.6, os dois trechos SNV englobavam a maioria das situações possíveis. O Quadro 13 mostra a distribuição de segmentos homogêneos do segmento analisado.

Quadro 13 - Distribuição dos segmentos homogêneos no segmento analisado

Característica do segmento homogêneo		Extensão no segmento analisado	
Tipo de pista	Simple (S)	72,9 km	100 %
	Dupla (D)	0,0 km	0%
Uso do solo	Rural (R)	65,9 km	90,4%
	Urbano (U)	7,0 km	9,6%
Perfil da rodovia	Montanhoso (M)	17,2 km	23,6%
	Ondulado (O)	33,2 km	45,5%
	Plano (P)	22,5 km	30,9%

Fonte: DNIT e LabTrans (2019)

Com o segmento da rodovia BR-116 definido, os dados necessários para a realização das análises serão mostrados na sequência, no tópico 4.2.

4.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS NECESSÁRIOS

Os dados necessários para a realização das análises propostas são descritos nesse tópico. O primeiro dado utilizado se refere aos acidentes ocorridos entre os anos de 2016 e 2018, contemplando assim um período de 3 anos completos. No trecho compreendido entre os quilômetros 59,8 e 132,7 da rodovia BR-116, no estado de Santa Catarina, foram registrados pela PRF, 209 acidentes, os quais são apresentados, de acordo com a severidade, no Quadro 14.

Quadro 14 - Quantidade de acidentes ocorridos no trecho de análise

Ano	Tipo de acidente			Total
	Sem vítima	Com vítima não fatal	Com vítima fatal	
2016	39	43	5	87
2017	21	40	2	63
2018	15	41	3	59
Total	75	124	10	209

Fonte: Polícia Rodoviária Federal (2019a)

O detalhamento desses 209 acidentes, obtidos através da plataforma *online* Sistema Integrado de Operações Rodoviárias (SIOR), registrados entre os anos de 2016 e 2018 está presente no Anexo C. Para a realização da metodologia proposta por DNIT (2009) também são necessários os segmentos homogêneos do trecho estudado, os quais são detalhados no Anexo D.

Além disso, para as análises também é necessário o VMDA. Conforme informações contidas no PNCT (DNIT, 2017) e ajustadas conforme orientações sugeridas por DNIT (2006), trafegaram nos trechos SNV em cada ano analisado a quantidade de veículos mostrada na Tabela 7.

Tabela 7 – VMDA nos trechos SNV nos anos analisados

Trecho SNV	VMDA (Veículos/dia)		
	2016	2017	2018
116BSC2891	4504	4640	4779
116BSC2895	4220	4347	4477

Fonte: PNCT (2017) e DNIT (2006)

Para finalizar, o último dado necessário é relativo ao custo médio por severidade do acidente. Baseado nos dados de custos médios de acidentes calculados por IPEA (2015) para o

ano de 2014, esses valores foram atualizados para os anos de 2016 a 2018 de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (Banco Central do Brasil, 2019) ocorrido. Esses valores sumarizados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Custos médios por severidade de acidentes nos anos analisados

Gravidade do acidente	Custo médio por acidente (R\$)		
	2016	2017	2018
Com vítimas fatais	832.158,09	856.684,68	888.771,69
Com vítimas não-fatais	121.099,36	124.668,58	129.338,03
Sem vítimas	29.413,45	30.280,36	31.414,51

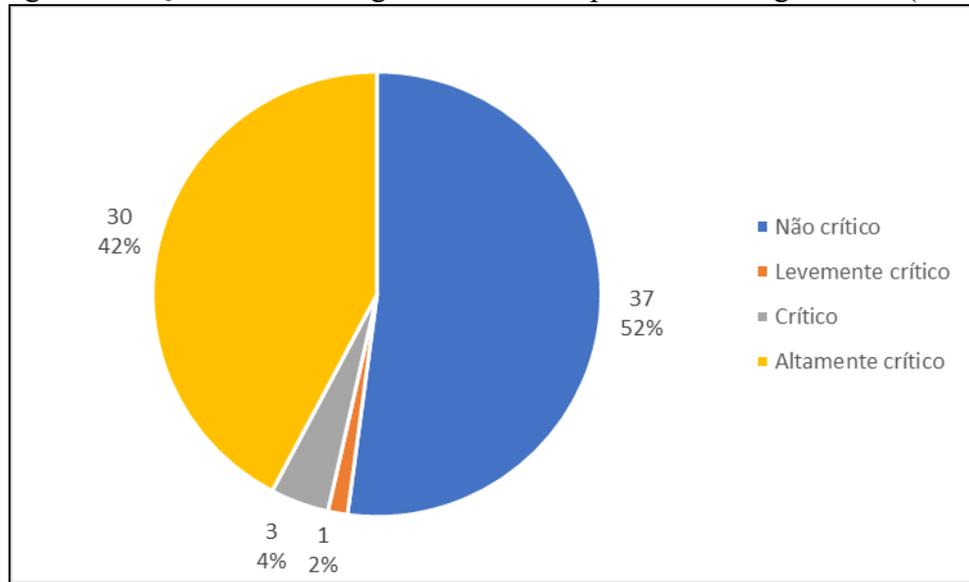
Fonte: IPEA (2015) e Banco Central do Brasil (2019)

Com todos os dados necessários obtidos, na sequência serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação das três metodologias adotadas.

4.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA POR DNIT

A metodologia proposta por DNIT (2009) foi um dos métodos utilizados para classificar os segmentos críticos do trecho escolhido, com base nos acidentes ocorridos no ano de 2018. As análises foram feitas utilizando uma planilha eletrônica, a qual gerou como resultado as informações presentes no Apêndice A. De forma resumida, os 71 segmentos homogêneos apresentaram o resultado de criticidade mostrado na Figura 24.

Figura 24 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009)



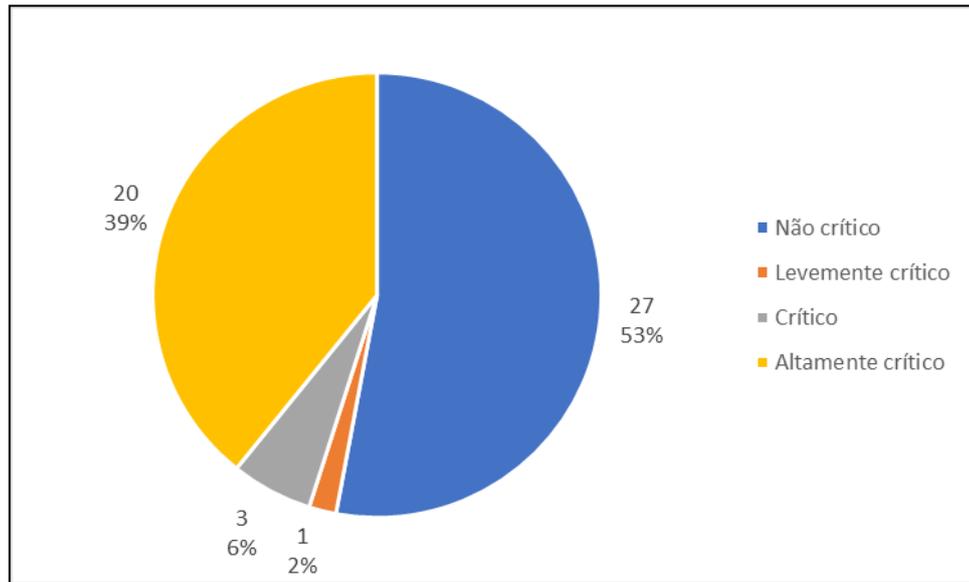
Fonte: Autor, 2019.

Observa-se pela Figura 24 que, de um modo geral, o trecho da BR-116 escolhido para análise apresenta em sua maioria uma criticidade considerada como “Não crítico”, porém, ao mesmo tempo esse trecho apresenta uma porcentagem alta de segmentos considerados como “Altamente crítico”. Cabe detalhar na sequência como a criticidade se distribui em cada um dos trechos SNV identificados no trecho escolhido e em termos da classificação de segmentos homogêneos.

4.3.1 Criticidade do trecho escolhido conforme trecho SNV

O primeiro SNV analisado presente no trecho escolhido da BR-116 é o 116BSC2891, o qual compreende do quilômetro 58,9 ao 111,5. A criticidade desse trecho SNV conforme a aplicação da metodologia DNIT pode ser observada na Figura 25.

Figura 25 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) do trecho SNV 116BSC2891

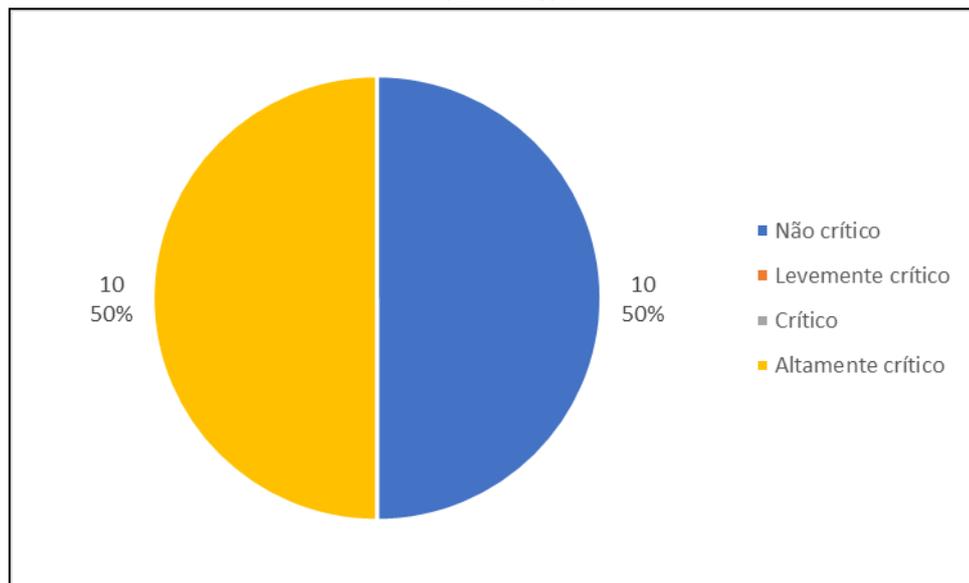


Fonte: Autor (2019)

Pela Figura 25 é possível observar que o comportamento da criticidade no primeiro trecho SNV do trecho escolhido da BR-116 é semelhante com o comportamento do trecho escolhido inteiro. Nota-se que a maioria dos trechos é considerada como “Não crítico” e “Altamente crítico”, porém, existem 4 segmentos com criticidade intermediária.

O segundo SNV analisado no trecho escolhido da BR-116 é o 116BSC2895, o qual compreende do quilômetro 111,5 ao 132,7. A criticidade desse trecho SNV pode ser observada na Figura 26.

Figura 26 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) do trecho SNV 116BSC2895



Fonte: Autor (2019)

Conforme a Figura 26, é possível observar que o comportamento da criticidade no segundo trecho SNV presente no trecho escolhido da BR-116 é semelhante ao comportamento do primeiro trecho SNV escolhido, porém, nota-se que não existem segmentos considerados como “Levemente crítico” ou “Crítico”, e que a rodovia apresenta um comportamento “Não crítico” e “Altamente crítico” bastante caracterizado.

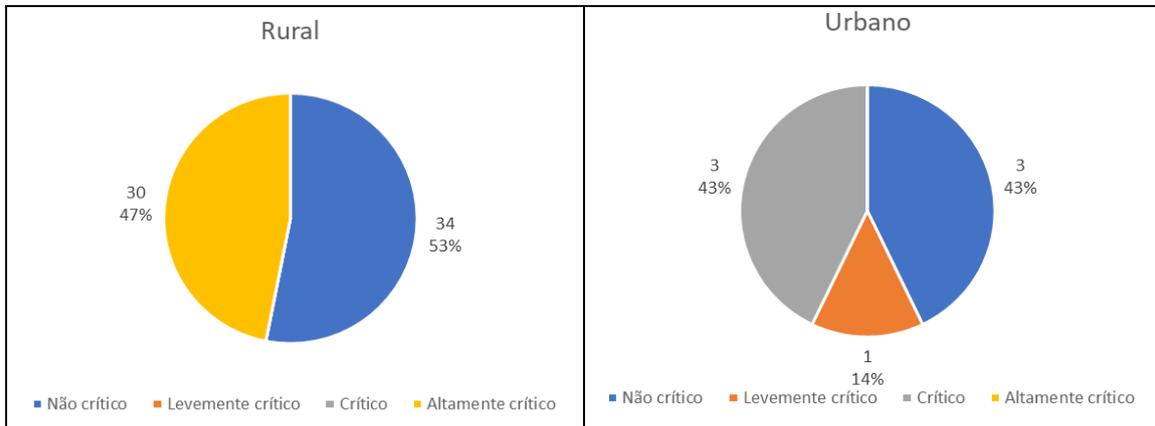
A seguir, para uma análise mais detalhada em relação às características da rodovia, serão apresentados os resultados conforme os segmentos homogêneos.

4.3.2 Criticidade do trecho escolhido conforme segmentos homogêneos

Como mostrado no Quadro 13, a rodovia está dividida conforme 71 segmentos homogêneos. As análises feitas nesse tópico são relacionadas somente ao tipo de solo e ao relevo em que a rodovia está inserida, visto que todo o trecho escolhido possui somente pista simples em sua extensão.

A Figura 27 mostra a criticidade do trecho analisado conforme o uso do solo, sendo o mesmo diferido entre Rural e Urbano.

Figura 27 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) conforme uso do solo

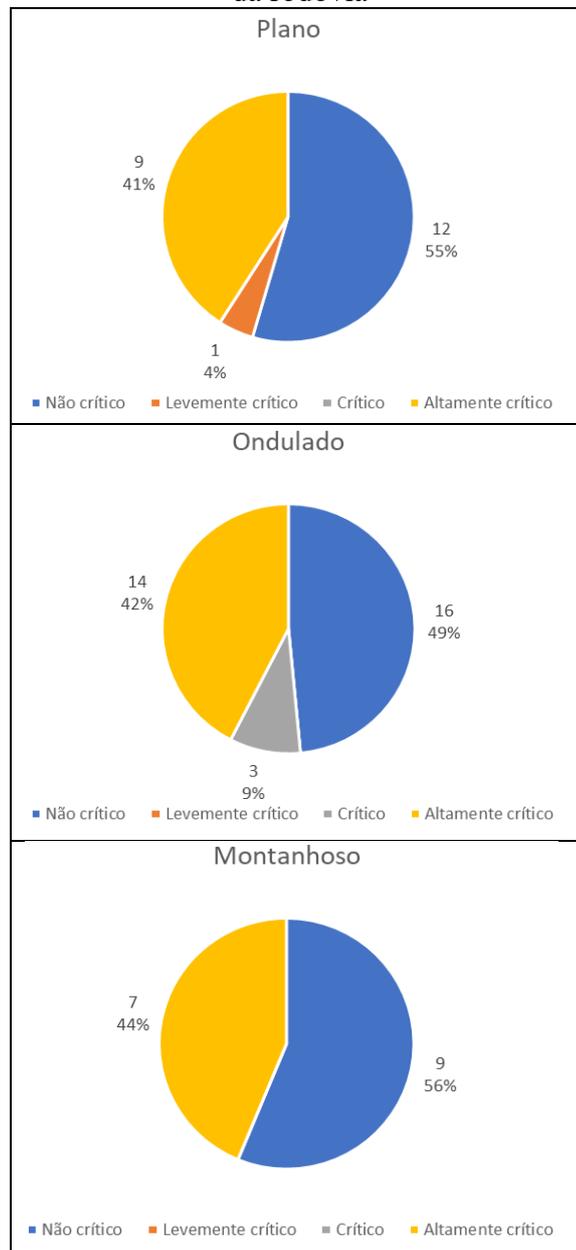


Fonte: Autor (2019)

Conforme a Figura 27, é possível observar que existe uma diferença da criticidade conforme o uso do solo. Dentro do ambiente urbano, não foi identificado segmento considerado como “Altamente crítico”, porém, na mesma proporção foram identificados segmentos classificados como “Crítico” e “Não crítico”. Pelo contrário, no ambiente rural a criticidade dos segmentos se comporta de forma diferente do ambiente urbano. Nele é possível observar que a maior parte dos segmentos é considerado como “Não crítico”, enquanto que aqueles considerados como “Altamente crítico” possuem bastante expressão no número de segmentos do trecho escolhido.

Em relação ao relevo que a rodovia está inserida, a Figura 28 mostra a criticidade dos segmentos de acordo com a classificação Plano, Ondulado e Montanhoso.

Figura 28 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) conforme relevo da rodovia



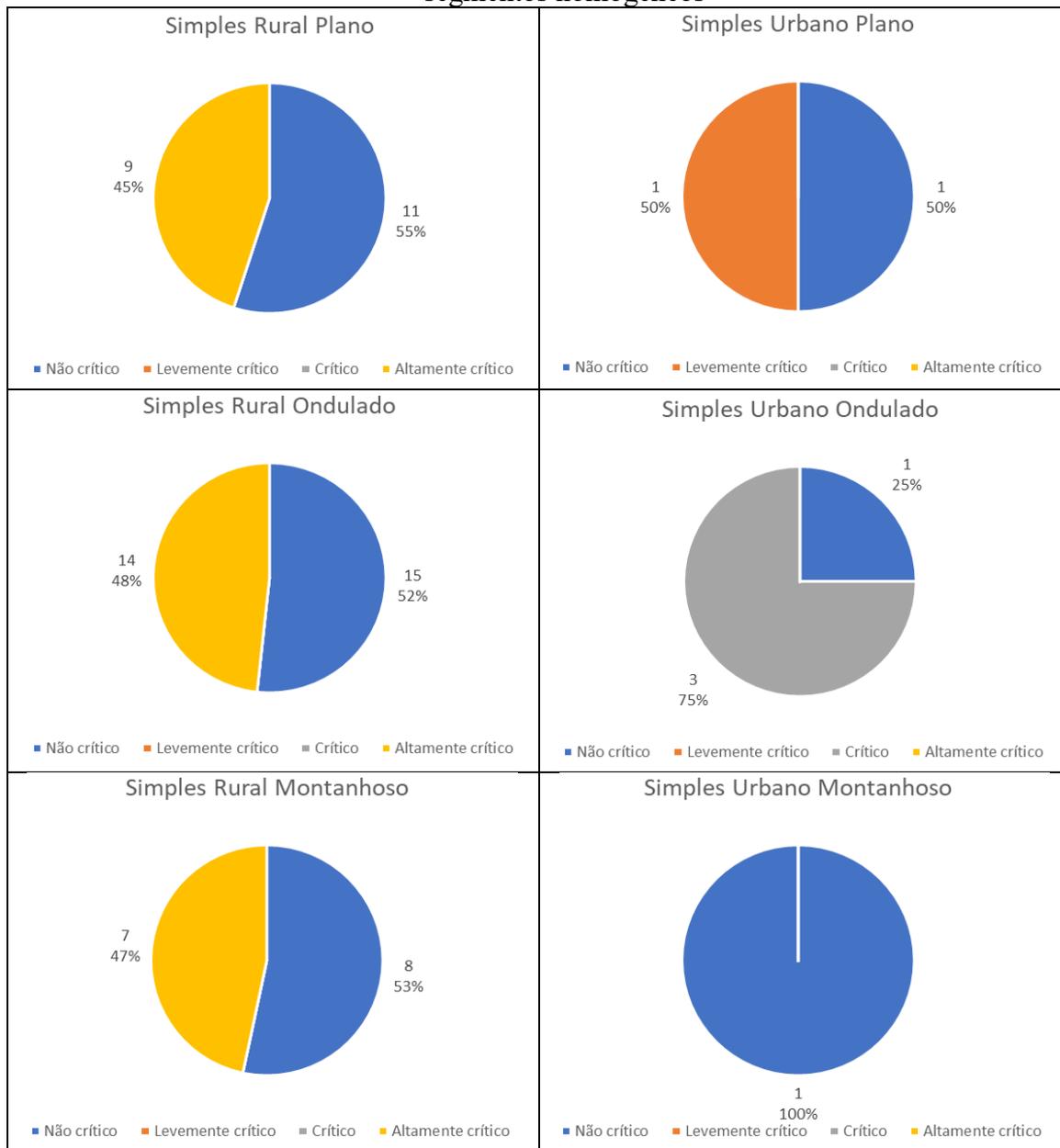
Fonte: Autor (2019)

Conforme a Figura 28, é possível observar que não existe diferença significativa na classificação “Altamente crítico” quando são comparados os 3 tipos de relevo. Já em comparação dos tipos de relevo Plano e Montanhoso, a proporção de segmentos considerados como “Não crítico” também se mantém semelhantes. O mesmo não é possível de atestar quando a rodovia está em relevo considerado como Ondulado, visto que existe uma proporção de

segmentos classificados como “Crítico” maior do que o observado nos outros dois tipos de relevo.

Após essa análise da rodovia considerando de forma separada cada característica da rodovia, é possível fazer também a mesma análise para os segmentos homogêneos. Como visto, é possível obter 12 tipos de segmentos homogêneos diferentes, os quais combinam entre si as características apresentadas no Quadro 13. Visto que a rodovia é composta somente de pista simples, não serão considerados os segmentos homogêneos que contêm a pista dupla. Na Figura 29 é possível observar a quantidade de segmentos críticos por classificação de segmento homogêneo.

Figura 29 - Quantidade de segmentos críticos pela metodologia DNIT (2009) conforme segmentos homogêneos



Fonte: Autor (2019)

Como se pode observar na Figura 29, de um modo geral não há diferença significativa na classificação da criticidade de segmentos rodoviários em termos de segmentos homogêneos. O principal ponto a se atentar é que os segmentos homogêneos com comportamento diferente no que tange a criticidade se dão em ambiente urbano, o que já foi observado na análise feita relacionando a criticidade com o ambiente ou o relevo da rodovia de forma individual. Essa

diferença também pode ser explicada pela pouca quantidade de segmentos urbanos no trecho estudado.

No tópico a seguir será apresentada a aplicação da metodologia *iRAP* no mesmo trecho e os resultados com ela obtidos.

4.4 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA IRAP

A metodologia *iRAP* foi um dos métodos utilizados para classificar os segmentos críticos do trecho escolhido.

Conforme a metodologia propõe, a primeira etapa consistiu em realizar a inspeção rodoviária, a qual ocorreu no dia 03 de agosto de 2019, podendo na sequência apresentar divergências de risco para os anos de 2016 a 2018. Essa etapa foi necessária para coletar as imagens da rodovia que seriam analisadas em um momento posterior. A inspeção rodoviária dos 73,3 km analisados gerou 3.666 imagens e uma delas pode ser observada na Figura 30.

Figura 30 - Imagem gerada na etapa de Inspeção Rodoviária

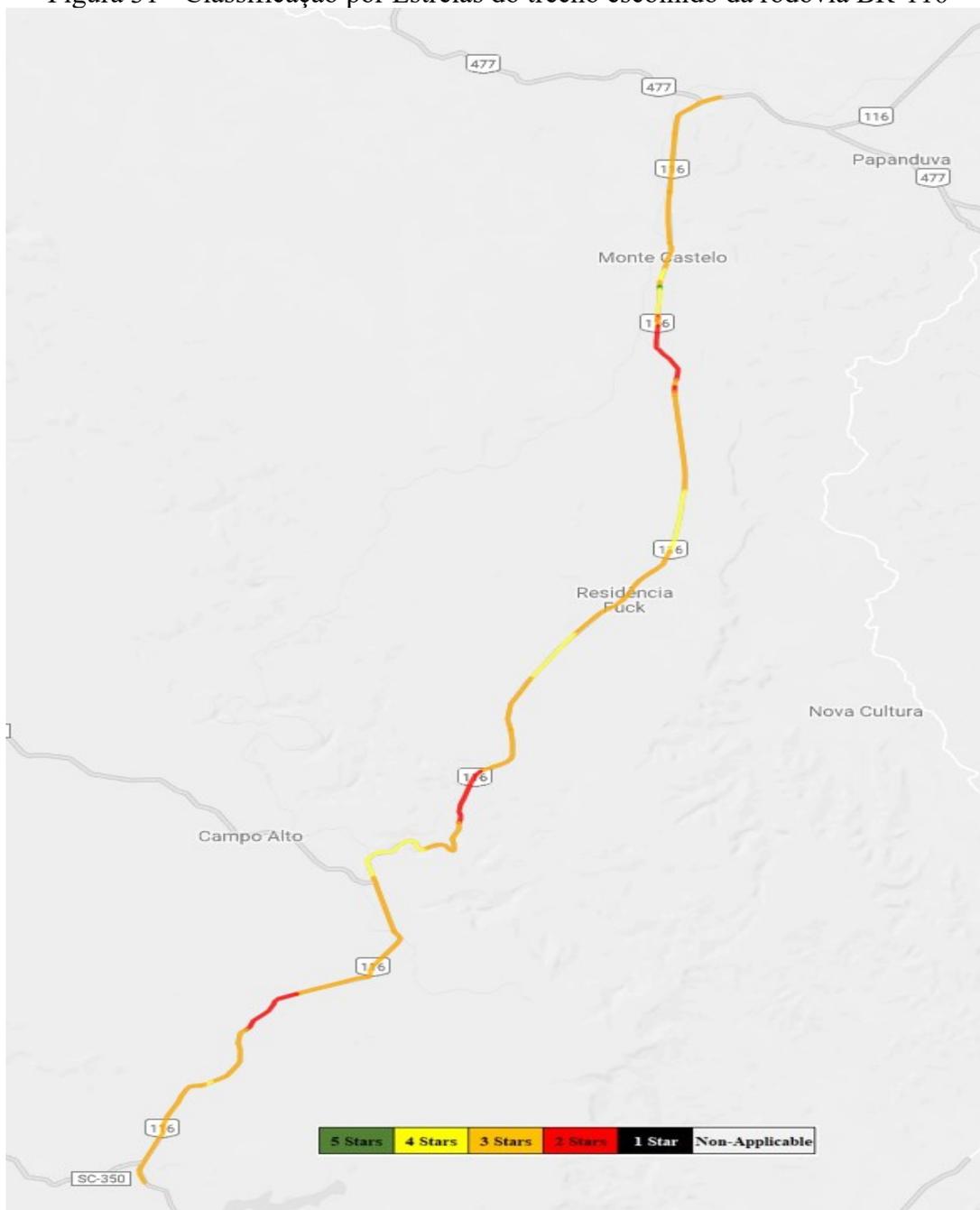


Fonte: Autor (2019)

Após a obtenção dessas imagens, os atributos da rodovia foram codificados a cada 20 metros utilizando o *software BrazilRAP (UFSC e LabTrans, 2016)*. Após a codificação, as informações de atributos foram processadas pelo *software online ViDA (iRAP, 2019b)* para

poder ser gerada a classificação da rodovia por estrelas, conforme proposto pela metodologia. O trecho da rodovia BR-116 analisado teve a Classificação de Estrelas conforme o apresentado na Figura 31.

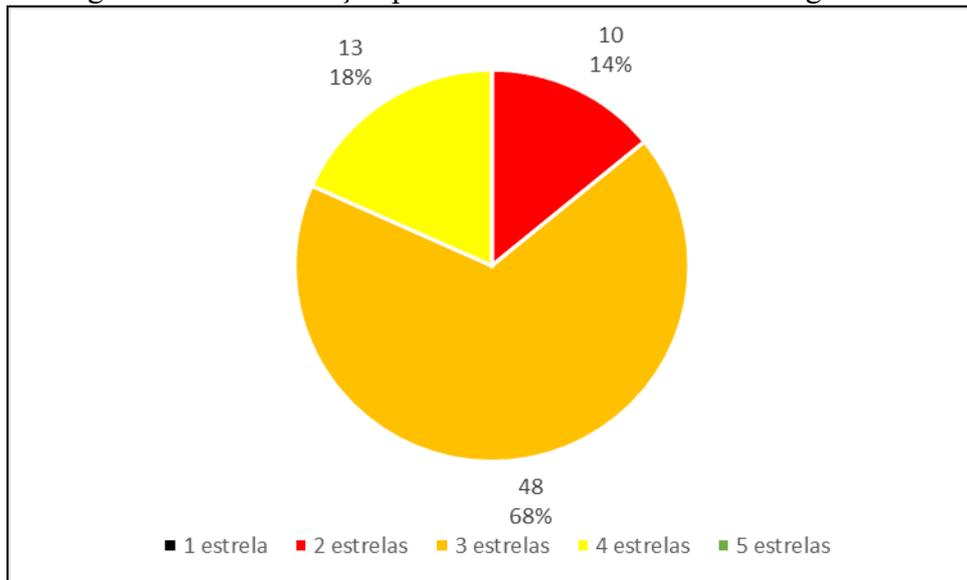
Figura 31 - Classificação por Estrelas do trecho escolhido da rodovia BR-116



Fonte: Adaptado de iRAP (2019a)

A Classificação por Estrelas do trecho analisado é apresentada no Apêndice B. Para melhor detalhar o trecho de rodovia analisado, tais informações relativas à Classificação por Estrelas são sumarizadas na Figura 32.

Figura 32 - Classificação por Estrelas conforme metodologia iRAP



Fonte: Autor (2019)

Através da Figura 32 é possível observar que o trecho de rodovia selecionado apresenta Classificação de Estrelas majoritariamente com 3 ou mais estrelas, totalizando 85,9% do total. Os outros 14,1% foram considerados com 2 estrelas somente. Ao analisar a rodovia pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas (iRAP, 2019c), em que se objetiva uma classificação mínima da rodovia como 3 estrelas, tem-se que a rodovia analisada apresenta a maior parcela dela condizente com esse objetivo.

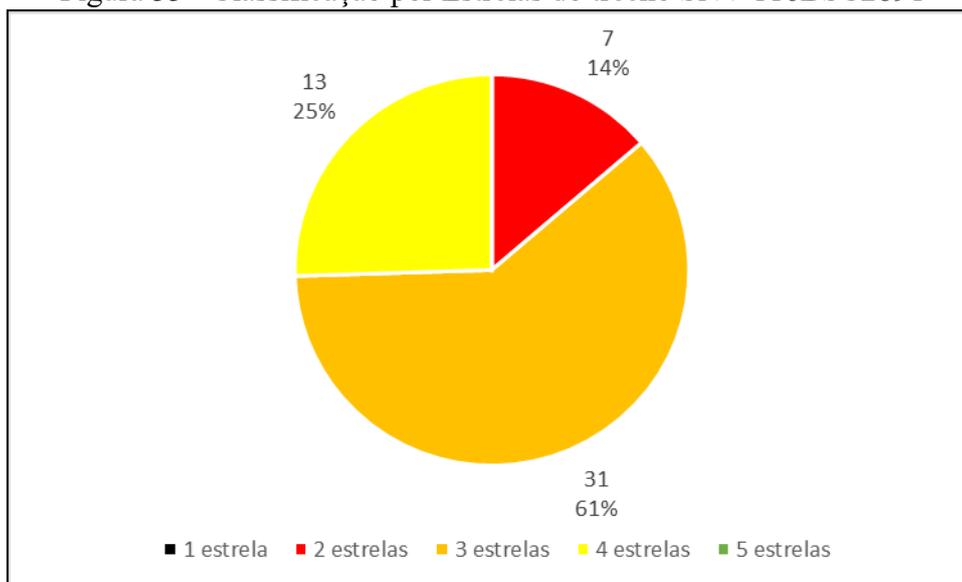
Além disso, o trecho da BR-116 selecionado não apresenta Classificação por Estrelas de somente 1 estrela, porém, também não apresenta nenhum trecho com a melhor classificação de 5 estrelas.

Na sequência a Classificação por Estrelas será analisada de acordo com os trechos SNV e os segmentos homogêneos presentes no trecho escolhido da BR-116.

4.4.1 Classificação por Estrelas conforme trecho SNV

O primeiro trecho SNV que será analisado é o SNV 116BSC2891, o qual compreende do quilômetro 58,9 ao 111,5. A Classificação por Estrelas desse trecho SNV conforme a aplicação da metodologia iRAP pode ser observada na Figura 33.

Figura 33 - Classificação por Estrelas do trecho SNV 116BSC2891

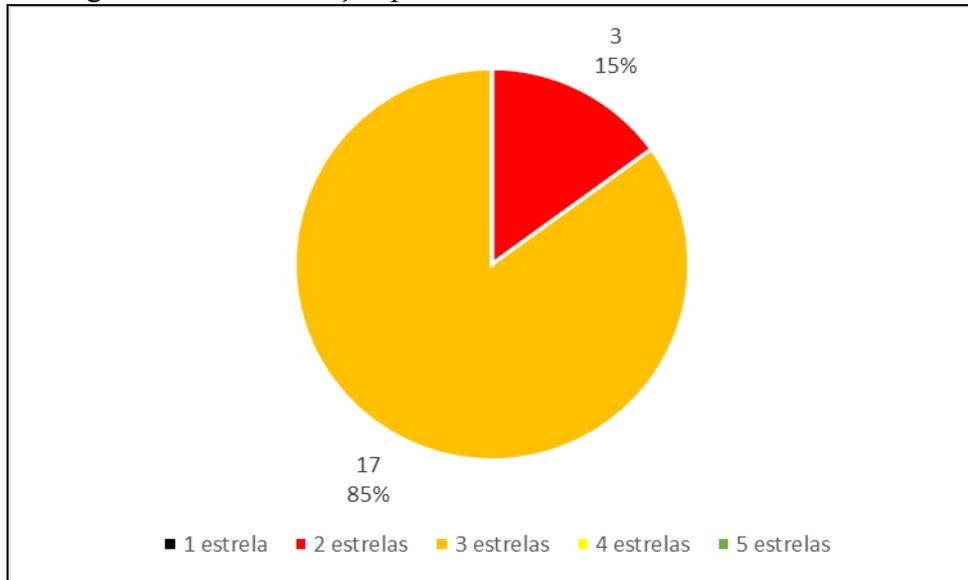


Fonte: Autor (2019)

De acordo com a Figura 33, é possível observar que o primeiro trecho SNV, 116BSC2891, possui uma Classificação de Estrelas com comportamento semelhante ao observado no trecho completo analisado. Observa-se que a quantidade de segmentos classificados com 2 estrelas e os segmentos classificados com 3 ou mais estrelas se mantém na mesma proporção. A principal diferença se observa no que diz respeito à classificação de 3 ou mais estrelas. Nela é possível observar que o primeiro trecho SNV, 116BSC2891, possui uma classificação de 4 estrelas presente em mais segmentos do que quando se analisa o trecho selecionado como um todo, diferindo de 18,3% para 25,5%.

O segundo SNV analisado no trecho escolhido da BR-116 é o 116BSC2895, o qual compreende do quilômetro 111,5 ao 132,7. A Classificação por Estrelas desse trecho SNV é apresentada na Figura 34.

Figura 34 - Classificação por Estrelas do trecho SNV 116BSC2895



Fonte: Autor (2019)

Como pode ser observado na Figura 34, é possível notar que o segundo trecho SNV, 116BSC2895, possui uma Classificação de Estrelas com comportamento semelhante ao observado no trecho completo. Observa-se que a quantidade de segmentos classificados com 2 estrelas e aqueles classificados com 3 estrelas se mantém na mesma proporção. A principal diferença se observa na Classificação com 3 ou mais estrelas, em que não se nota Classificação de 4 ou 5 estrelas, mostrando um trecho SNV levemente mais crítico do que o trecho SNV anterior.

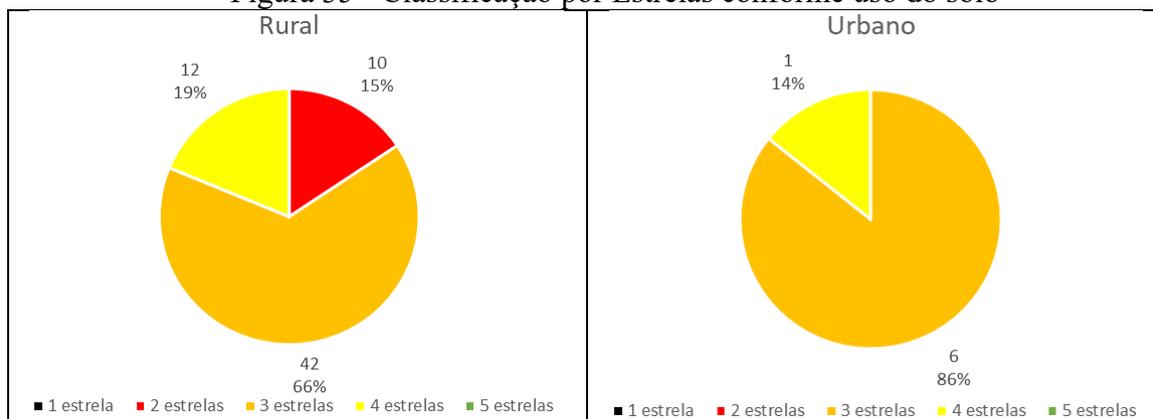
A seguir, para uma análise mais detalhada em relação às características da rodovia, serão apresentados os resultados conforme os segmentos homogêneos.

4.4.2 Classificação por Estrelas conforme segmento homogêneo

As análises feitas nesse tópico são relacionadas aos segmentos homogêneos encontrados no trecho da BR-116 escolhido, porém, as análises são feitas somente ao tipo de solo e ao relevo em que a rodovia está inserida, visto que todo o trecho escolhido possui somente pista simples.

A Figura 35 mostra a criticidade do trecho analisado conforme o uso do solo, sendo o mesmo diferido entre Rural e Urbano.

Figura 35 - Classificação por Estrelas conforme uso do solo

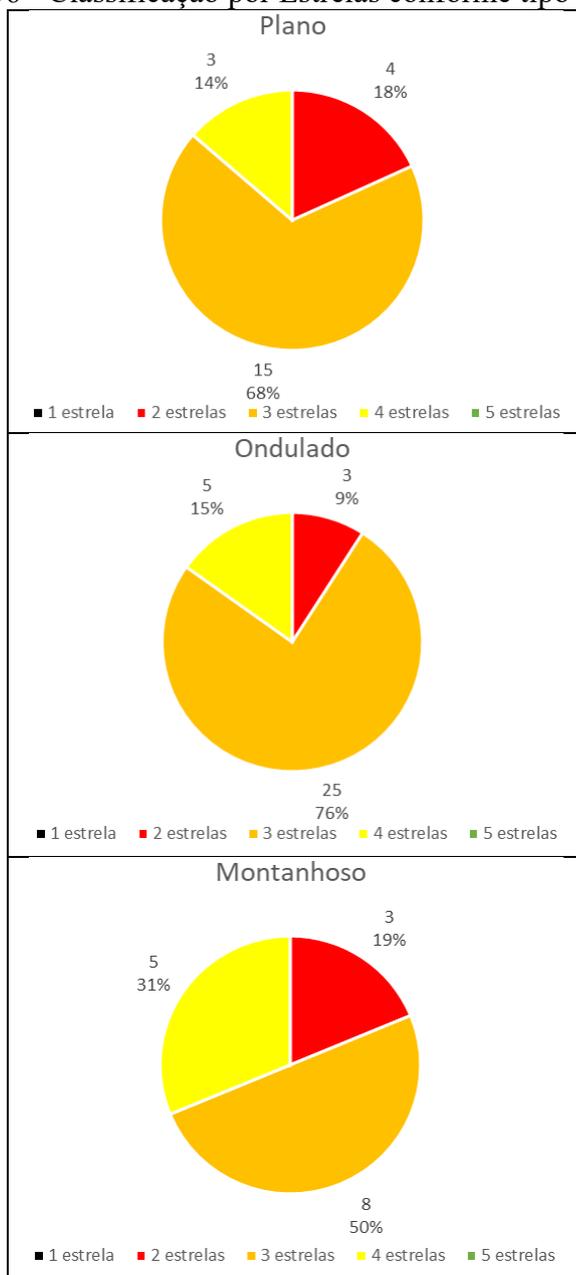


Fonte: Autor (2019)

Conforme a Figura 35, é possível observar que existe uma diferença considerável na Classificação por Estrelas conforme o uso do solo. Observa-se que a Classificação no ambiente Rural apresenta comportamento semelhante ao observado na rodovia como um todo, sendo a Classificação de 3 ou mais estrelas presente na maior parte dos trechos, enquanto que se observam segmentos em ambiente rural com classificação de 2 estrelas. No outro ambiente, o urbano, observam-se que todos os segmentos são classificados com 3 ou mais estrelas. Isso pode ser um indicativo de uma maior priorização em segurança viária em trechos urbanos do que em trechos rurais.

Em relação ao relevo que a rodovia está inserida, a Figura 36 mostra a Classificação por Estrelas dos segmentos de acordo com a classificação Plano, Ondulado e Montanhoso.

Figura 36 - Classificação por Estrelas conforme tipo de relevo



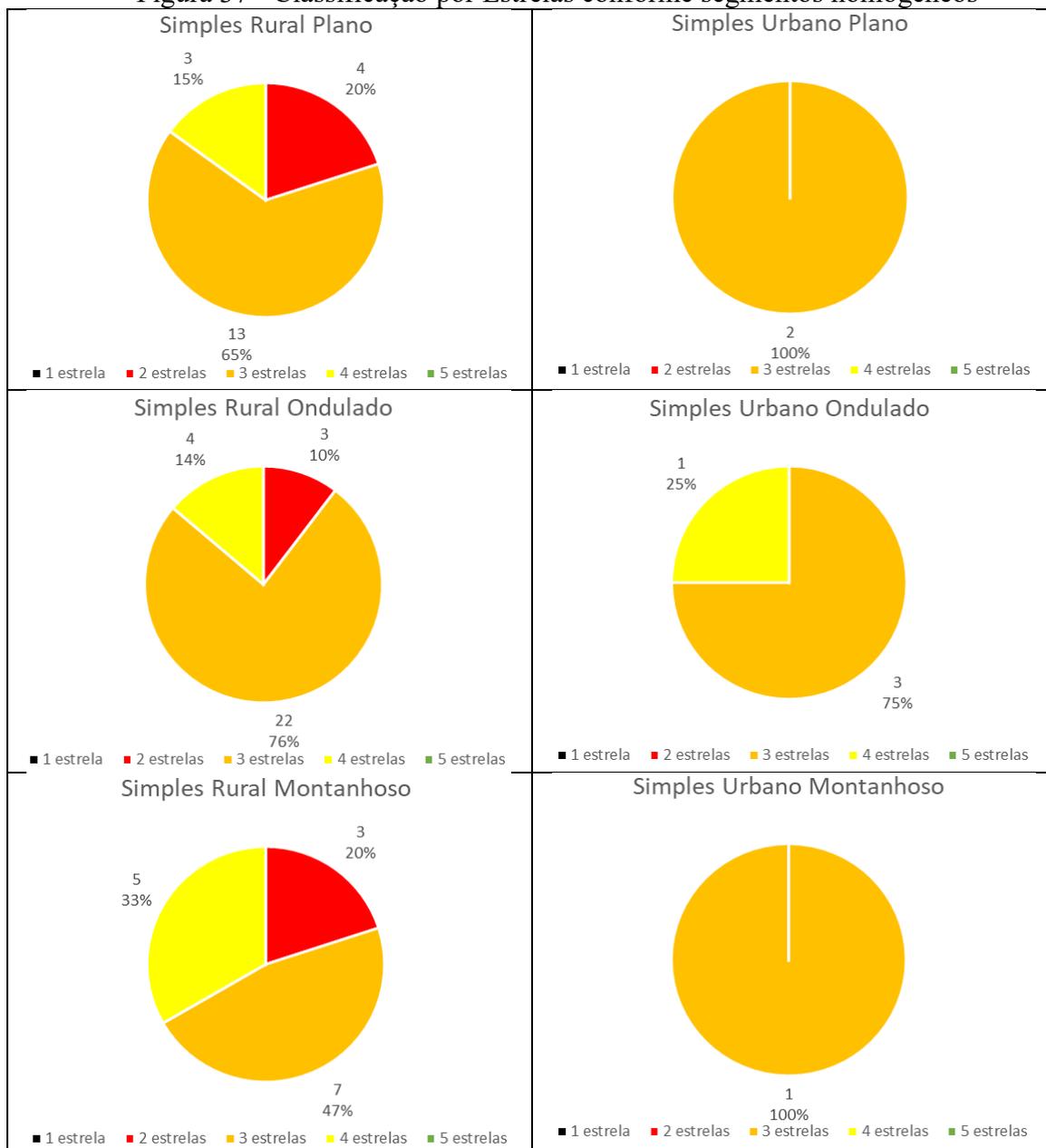
Fonte: Autor (2019)

Através da Figura 36 é possível observar que a Classificação por Estrelas do trecho de rodovia selecionado em termos de tipo de relevo apresenta comportamento semelhante ao analisar o relevo Plano e Montanhoso, o qual também é semelhante com a Classificação por Estrelas do trecho escolhido como um todo. Nesses dois tipos de relevo se observa que a proporção entre segmentos com classificação de 2 estrelas ou segmentos com classificação de 3 ou mais estrelas se mantém a mesma. A diferença que se observa é que o relevo Montanhoso apresenta mais segmentos com classificação de 4 estrelas do que o relevo do tipo Plano,

mostrando assim uma rodovia mais segura nesse tipo de relevo. Já em relação ao relevo do tipo Ondulado, é possível observar que a proporção entre segmentos classificados com 3 ou mais estrelas e aqueles classificados com 4 estrelas é maior, indicando assim que os segmentos de rodovia com esse tipo de relevo são considerados mais seguros do que os outros dois tipos de relevo apresentados.

Além disso, é possível fazer também a mesma análise para os segmentos homogêneos considerando simultaneamente as classificações do tipo de solo e do tipo de relevo. Na Figura 37 é possível observar a quantidade de segmentos classificados por Estrelas de acordo com cada classificação de segmento homogêneo.

Figura 37 - Classificação por Estrelas conforme segmentos homogêneos



Fonte: Autor (2019)

Conforme a Figura 37, é possível observar que a Classificação de 2 estrelas se encontra em locais com o uso do solo considerado rural, indicando assim um maior investimento em melhorar os atributos da rodovia em ambiente classificados como urbano. Além disso, a Classificação por Estrelas conforme segmentos homogêneos não segue o mesmo comportamento da Classificação do todo da rodovia, visto que as proporções de segmentos homogêneos são diversas. Para finalizar, é possível observar que os segmentos homogêneos

possuem predominância de Classificação como 3 estrelas independente da classe de segmento homogêneo.

No tópico a seguir será apresentada a aplicação da metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro no mesmo trecho e os resultados com ela obtidos.

4.5 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE POTENCIAL DE APROVEITAMENTO FINANCEIRO

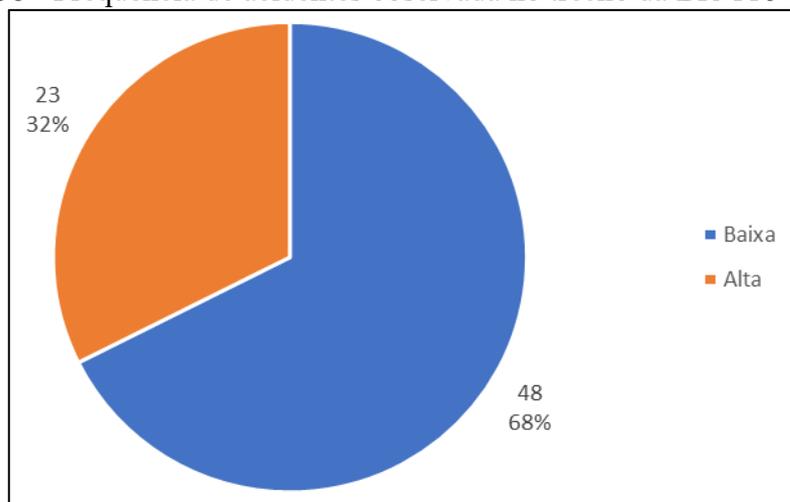
A terceira metodologia utilizada para avaliar o segmento da BR-116 escolhido foi a proposta por Nguyen *et al.* (2016). Nessa metodologia foram utilizados os dados de acidentes ocorridos entre os anos de 2016 e 2018, compreendendo um período de 3 anos como sugerido pelos autores. Como mostrado no tópico 2.2.8, a metodologia proposta por Nguyen *et al.* (2016) conta com 5 etapas, as quais serão detalhadas na sequência.

A primeira etapa de metodologia consistiu em organizar os dados de acidentes mostrando o local de ocorrência e a gravidade de cada acidente. Tais dados são os mesmos utilizados na aplicação da metodologia do DNIT (2009) e encontram-se no Anexo C.

A segunda etapa da metodologia consistiu em definir qual a forma de segmentação da rodovia seria adotada para as análises. Como as outras duas metodologias analisadas apresentam seus resultados por quilômetro da rodovia, este também será o parâmetro adotado para concentrar os acidentes para análises.

A terceira etapa da metodologia consistiu em identificar quais são os segmentos de rodovia que são considerados como alta frequência de acidentes. A listagem com todos os segmentos do trecho escolhido avaliado por frequência de acidentes pode ser observada no Apêndice C, porém, os resultados dessa etapa são resumidos na Figura 38.

Figura 38 - Frequência de acidentes observada no trecho da BR-116 escolhido



Fonte: Autor (2019)

Na Figura 38 é possível observar que mais de 50% dos segmentos presentes no trecho da BR-116 são considerados como segmentos de baixa frequência de acidentes, os quais não precisam ser analisados nas etapas posteriores.

A quarta etapa da metodologia proposta consiste em identificar quais desses locais com alta frequência de acidentes sofreram variação na quantidade de acidentes decorrentes de forma real ou não. Como a metodologia proposta indicava realizar as análises posteriores de todos os segmentos que sofreram essa variação de forma real e os resultados mostraram que essa situação se apresentou para os 23 segmentos analisados nessa quarta etapa, nenhum segmento foi excluído nessa etapa.

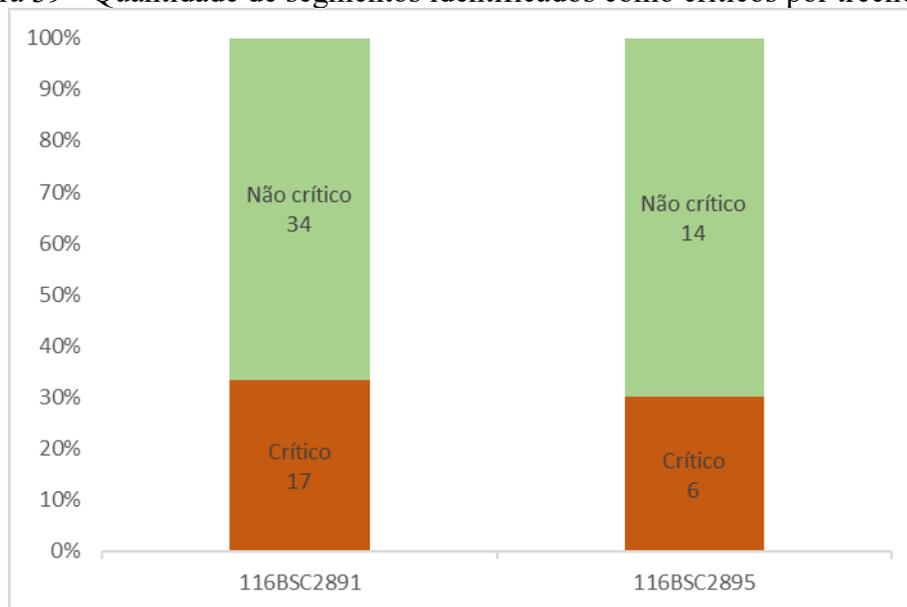
A quinta etapa da metodologia consiste em calcular o valor de SAPO, conforme mostrado no tópico 2.2.8, dos 23 segmentos considerados com alta frequência de acidentes. A tabela com todos os parâmetros calculados pode ser observada no Apêndice D, porém, as análises realizadas conforme o SNV e os segmentos homogêneos serão apresentadas na sequência.

4.5.1 Análise do Potencial de Aproveitamento Financeiro conforme trechos SNV

Com os dados analisados e os resultados de criticidade obtidos conforme a metodologia proposta por Nguyen *et al.* (2016), foi possível observar que, comparando os dois trechos SNV presentes no trecho escolhido da BR-116, o primeiro trecho (116BSC2891)

contém mais segmentos críticos do que o segundo trecho (116BSC2895). Isso é possível de observar no resumo na Figura 39.

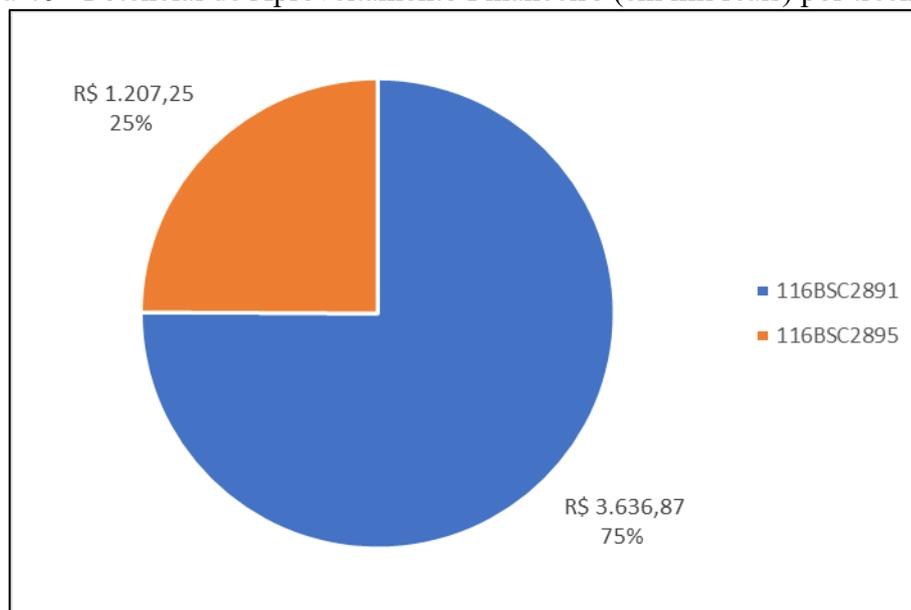
Figura 39 - Quantidade de segmentos identificados como críticos por trecho SNV



Fonte: Autor (2019)

Além disso, fazendo uma análise do total de Potencial de Aproveitamento Financeiro que existe nos dois SNV analisados decorrentes dos acidentes que ocorreram entre os anos de 2016 e 2018, obtém-se as informações de cada trecho SNV apresentadas na Figura 40.

Figura 40 - Potencial de Aproveitamento Financeiro (em mil reais) por trecho SNV



Fonte: Autor (2019)

Com os resultados da Figura 40, é possível observar que o trecho SNV 116BSC2891 responde pelo maior Potencial de Aproveitamento Financeiro do trecho analisado, fazendo jus à distribuição de segmentos considerados críticos apresentados na Figura 39. Além disso, isso reflete que os segmentos críticos do trecho SNV 116BSC2895 não apresentaram quantidade suficiente de acidentes com vítimas fatais ou acidentes com vítimas feridas para se equiparar ao Potencial de Aproveitamento Financeiro do trecho SNV 116BSC2891.

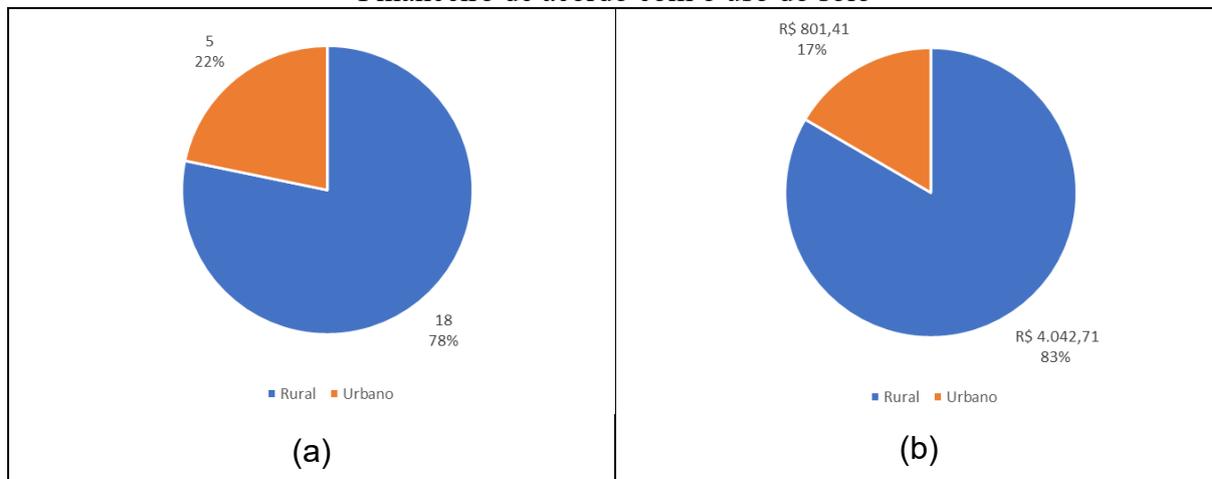
A seguir serão apresentadas as análises referentes à classificação da rodovia por segmento homogêneo.

4.5.2 Análise do Potencial de Aproveitamento Financeiro conforme segmento homogêneo

Da mesma forma como foi realizada na aplicação da metodologia do DNIT (2009), as análises da metodologia proposta por Nguyen *et al.* (2016) relacionando os segmentos homogêneos serão feitas de acordo com o tipo de solo e o relevo da rodovia, visto que a rodovia possui pista do tipo simples.

A Figura 41 mostra a quantidade de segmentos que foram identificados como críticos de acordo com o tipo de solo em que a rodovia está inserida e o Potencial de Aproveitamento Financeiro dos mesmos segmentos.

Figura 41 – (a) Quantidade de segmentos e (b) valor do Potencial de Aproveitamento Financeiro de acordo com o uso do solo

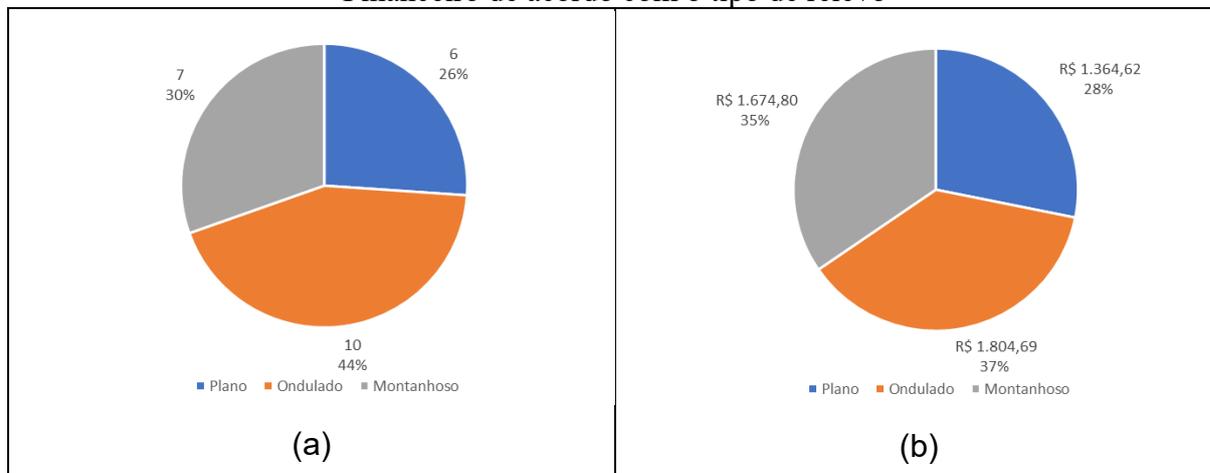


Fonte: Autor (2019)

Observa-se pela Figura 41 que existe uma predominância de acidentes ocorrendo em ambientes rurais em relação ao ambiente urbano, seja em termos de quantidade de segmentos (Figura 41a) identificados como críticos ou de acordo com o valor do Potencial de Aproveitamento Financeiro (Figura 41b). Visto que a proporção do número de segmentos identificados como críticos é menor em comparação com o Potencial de Aproveitamento Financeiro, é possível observar uma indicação de que os acidentes que ocorreram no ambiente rural foram mais severos (em quantidade de feridos e de mortos) quando comparado com aqueles ocorridos em ambiente urbano.

Da mesma forma é possível fazer a análise relacionando o tipo de relevo em que a rodovia está inserida. Na Figura 42 são apresentados a quantidade de segmentos identificados como críticos e o Potencial de Aproveitamento Financeiro de acordo com o tipo de relevo.

Figura 42 – (a) Quantidade de segmentos e (b) valor do Potencial de Aproveitamento Financeiro de acordo com o tipo de relevo

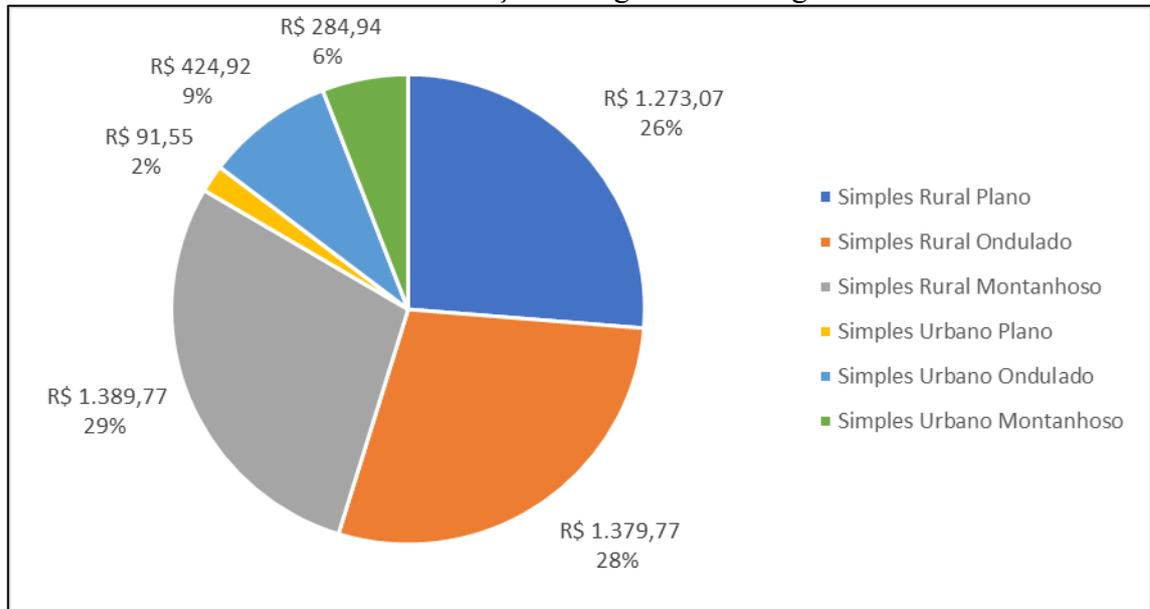


Fonte: Autor (2019)

Observa-se pela Figura 42, que a quantidade de segmentos identificados como críticos possui uma distribuição mais homogênea quando avaliado por tipo de relevo, se comparado com a distribuição dos segmentos críticos por tipo de solo. Pela mesma figura é possível observar que o relevo Montanhoso, mesmo com uma quantidade de segmentos críticos menor do que o relevo Ondulado, é responsável pela mesma proporção em termos de Potencial de Aproveitamento Financeiro. Isso pode indicar duas situações possíveis: houve mais acidentes em segmentos classificados como Montanhoso do que naqueles classificados como ondulado ou os acidentes ocorridos em segmentos do tipo Montanhoso foram mais severos em quantidade de vítimas feridas e vítimas fatais do que aqueles ocorridos em segmentos do tipo Ondulado. A mesma afirmação pode ser feita comparando o relevo do tipo Plano com o relevo do tipo Ondulado.

Além disso, é possível fazer também a mesma análise para os segmentos homogêneos considerando simultaneamente as classificações do tipo de solo e do tipo de relevo. Na Figura 43 é possível observar a quantidade de segmentos considerados como críticos e o Potencial de Aproveitamento Financeiro de acordo com cada classificação de segmento homogêneo.

Figura 43 - Quantidade de segmentos e Potencial de Aproveitamento Financeiro de acordo com a classificação de segmento homogêneo



Fonte: Autor (2019)

Da mesma forma que identificado através da metodologia proposta por DNIT (2009), na metodologia proposta por Nguyen *et al.* (2016) observa-se que a principal diferença entre as quantidades de segmentos identificados como críticos de acordo com a classificação de segmento homogêneo se dá em termos do tipo de ambiente em que a rodovia está inserida. É possível observar também, de acordo com a Figura 43, que existe um indício dos acidentes ocorridos em segmentos homogêneos de ambiente rural sejam mais severos ou tenham ocorrido em maior quantidade do que aqueles ocorridos em ambiente urbano.

No tópico a seguir serão comparados os três métodos apresentados anteriormente, tanto em questão das facilidades e dificuldades da aplicação de cada método, como na identificação dos mesmos segmentos críticos.

4.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

A comparação dos resultados apresentados nos 3 tópicos anteriores será feita em 2 etapas. A primeira etapa consiste em organizar os resultados para que os resultados sejam apresentados de forma ordinal. A segunda etapa consiste em comparar os resultados através da técnica de correlação de postos de Spearman.

Essa última etapa será feita avaliando o trecho da BR-116 de forma completa, e também analisar conforme os segmentos homogêneos. Para auxiliar as análises dessa técnica, os resultados serão analisados com o auxílio do *software* estatístico r (r-Project, 2019). Além disso, os resultados apresentados na sequência são consequência direta da escolha do trecho rodoviário como amostra estudada.

4.6.1 Organização dos resultados

Nessa etapa será feita a organização dos resultados das 3 metodologias aplicadas, visto que, para a utilização do *software* estatístico r (r-Project, 2019), é preciso que os resultados estejam como variável ordinal.

Para isso, tem-se que na metodologia do DNIT as 4 classificações obtidas serão consideradas conforme o Quadro 15.

Quadro 15 – Variável ordinal da metodologia do DNIT

Criticidade DNIT (variável ordinal)	
Não crítico	1
Levemente crítico	2
Crítico	3
Altamente crítico	4

Fonte: Autor (2019)

Como se pode observar no Quadro 15, os segmentos que foram classificados como “Não crítico” obtém a menor classificação normalizada, enquanto que os segmentos que foram classificados como “Altamente crítico” obtém a maior classificação normalizada.

Já na metodologia *iRAP*, as 5 classificações de estrela obtidas serão consideradas conforme o Quadro 16.

Quadro 16 – Variável ordinal da metodologia do *iRAP*

Metodologia iRAP (variável ordinal)	
1 estrela	1
2 estrelas	2
3 estrelas	3
4 estrelas	4
5 estrelas	5

Fonte: Autor (2019)

Por fim, na metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro, as classificações obtidas foram consideradas de forma quantitativa, visto que a utilização da técnica de correlação de postos de Spearman permite a utilização de variáveis do tipo quantitativa. Além disso, a utilização dessa técnica permite correlacionar duas metodologias independente das escalas estarem em ordem crescente ou decrescente. Pode-se, assim, comparar a metodologia DNIT, que possui resultados mais críticos com valores maiores, com a metodologia iRAP, que possui resultados mais críticos com valores menores, com a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro, que possui resultados quantitativos maiores quando a criticidade também cresce.

Com os resultados das 3 metodologias organizados de forma qualitativa ordinal ou quantitativa, tem-se no Apêndice E os resultados organizados que foram avaliados com o *software* r (r-Project, 2019). Em seguida serão apresentadas as comparações dos 3 métodos conforme a utilização da técnica de correlação de postos de Spearman.

4.6.2 Técnica de Correlação de Postos de Spearman

Nessa etapa foram avaliados os valores de p-valor e o coeficiente ρ para verificar se os resultados das metodologias eram correlacionados. Nas análises na sequência, será considerado como valor-p igual à 0,05, correspondendo assim a uma significância de 95%. Para obter esses valores foram processados no *software* r (r-Project, 2019) os resultados de cada metodologia par a par utilizando a técnica de Correlação de Postos de Spearman, os quais serão apresentados na sequência.

4.6.2.1 Correlação de Postos de Spearman entre metodologias DNIT e iRAP

O primeiro par de metodologias a ser discutido correlaciona a metodologia proposta por DNIT com a metodologia *iRAP*. Os resultados dessa correlação, feita pelo *software* r (r-Project, 2019), são apresentados no Quadro 17.

Quadro 17- Resumo da Correlação de Postos de Spearman entre metodologia DNIT e iRAP

Correlação entre DNIT e iRAP						
	Geral	Uso do solo		Tipo de relevo		
		Rural	Urbano	Plano	Ondulado	Montanhoso
p-valor	0,6099	0,6578	-	0,7634	0,3043	0,1554
ρ	0,0615	0,0564	-	0,0680	-0,1843	0,3724

Fonte: Autor (2019)

De acordo com o Quadro 17, é possível observar que, entre a metodologia proposta por DNIT e a metodologia *iRAP*, a correlação dos resultados estudados não é significativa de modo geral, visto que o valor-p é maior do que o valor-p_{crítico} de 0,05. Isso indica então que a hipótese nula (H_0) do teste é aceita e que os resultados da aplicação das duas metodologias, para o trecho escolhido da BR-116, não são correlacionados. Em termos práticos, isso sugere também que não necessariamente os segmentos de rodovia classificados como menos seguros (menor quantidade de estrelas *iRAP*) influenciam na quantidade de acidentes, representando o que a ONSV (2019) atesta sobre as causas dos acidentes de trânsito de que cerca de 90% dos acidentes são causados por fator humano.

O mesmo se observa quando se analisa o p-valor relacionado com o uso do solo e o tipo de relevo. Como os valores de p-valor são maiores do que o valor-p_{crítico} de 0,05, isso indica que em nenhum dos casos, no trecho da rodovia BR-116 escolhido, a metodologia *iRAP* é correlacionada com a metodologia DNIT.

Na sequência são apresentados os resultados da Técnica de Correlação de Postos de Spearman entre as metodologias proposta por DNIT e a Potencial de Aproveitamento Financeiro.

4.6.2.2 Correlação de Postos de Spearman entre metodologias DNIT e Potencial de Aproveitamento Financeiro

A outra correlação feita foi entre a metodologia proposta por DNIT e a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro, a qual é apresentada no Quadro 18.

Quadro 18 - Resumo da Correlação de Postos de Spearman entre metodologia DNIT e Potencial de Aproveitamento Financeiro

Correlação entre DNIT e Potencial de Aproveitamento Financeiro						
	Geral	Uso do solo		Relevo		
		Rural	Urbano	Plano	Ondulado	Montanhoso
p-valor	0,0000	0,0000	-	0,0019	0,0001	0,2786
ρ	0,5445	0,5612	-	0,6222	0,6037	0,2884

Fonte: Autor (2019)

Com essa correlação apresentada no Quadro 18, é possível observar que, entre a metodologia proposta por DNIT e a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro, a correlação dos resultados estudados é significativa, visto que o valor-p é menor do que o valor- $p_{\text{crítico}}$ de 0,05. Isso indica então que a hipótese nula (H_0) é rejeitada e que os resultados da aplicação dessas duas metodologias, para o trecho escolhido da BR-116, são correlacionados. Ainda mais, pelo Quadro 18, é possível identificar que, devido o valor de ρ ser de 0,5445, as duas metodologias apresentam resultados correlacionados fortes e positivos. Em outras palavras, quanto maior a criticidade de um trecho de rodovia identificado pela metodologia proposta por DNIT, maior será o Potencial de Aproveitamento Financeiro esperado decorrido dos acidentes desse trecho.

Além disso, essa correlação entre a metodologia DNIT e a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro também ocorre quando se avalia sob o uso do solo rural, relevo plano e relevo ondulado, visto que o valor-p é menor do que o valor- $p_{\text{crítico}}$ de 0,05 e o valor de ρ é maior do que 0,5. Quando se analisa o p-valor no relevo do tipo montanhoso, é possível observar que as duas metodologias não são correlacionadas, visto que o valor-p é maior do que o valor- $p_{\text{crítico}}$ de 0,05.

Na sequência são apresentados os resultados da Técnica de Correlação de Postos de Spearman entre as metodologias iRAP e a Potencial de Aproveitamento Financeiro.

4.6.2.3 Correlação de Postos de Spearman entre metodologias iRAP e Potencial de Aproveitamento Financeiro

A última correlação feita foi entre a metodologia iRAP e a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro, a qual é apresentada no Quadro 19.

Quadro 19 - Resumo da Correlação de Postos de Spearman entre metodologia iRAP e Potencial de Aproveitamento Financeiro

Correlação entre iRAP e Potencial de Aproveitamento Financeiro						
	Geral	Uso do solo		Relevo		
		Rural	Urbano	Plano	Ondulado	Montanhoso
p-valor	0,0426	0,0626	-	0,9096	0,2713	0,0207
ρ	0,2412	0,2340	-	-0,0256	0,1972	0,5713

Fonte: Autor (2019)

Com o Quadro 19 é possível observar que a metodologia iRAP e a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro são correlatas de uma forma geral, visto que o valor-p é menor do que o valor-p_{crítico} de 0,05. Isso indica então que a hipótese nula (H_0) é rejeitada e que os resultados da aplicação dessas duas metodologias, para o trecho escolhido da BR-116, são correlacionados. Além disso, de acordo com o Quadro 19, é possível identificar que, devido ao valor de ρ ser de 0,2412, as duas metodologias apresentam uma correlação positiva, porém, fraca. Em outras palavras, quanto maior o risco que um trecho de rodovia oferece ao usuário identificado pela metodologia *iRAP*, não necessariamente maior será o Potencial de Aproveitamento Financeiro que aquele trecho irá apresentar.

Além disso, a correlação entre as duas metodologias não é identificada quando se analisa o uso do solo rural, o tipo de relevo plano e o ondulado. Isso, devido ao valores-p serem maiores do que o valor-p_{crítico} de 0,05. O contrário foi observado no relevo do tipo montanhoso, em que o valor-p é menor do que 0,05, indicando que os resultados da aplicação dessas duas metodologias, para o trecho escolhido da BR-116, são correlacionados positivamente e forte (ρ maior do que 0,5).

Para finalizar, as metodologias serão discutidas sob a ótica dos outros dois indicadores considerados importantes na decisão de qual metodologia escolher para utilizar: tempo e custo necessários para execução.

4.6.3 Outros indicadores

Por fim, as metodologias serão discutidas sob a ótica dos fatores tempo e custo necessários para execução e obtenção dos resultados das metodologias, conforme apresentado no Quadro 20.

Quadro 20 - Considerações acerca dos indicadores de decisão

Metodologia	Indicadores de decisão	
	Tempo	Custo
DNIT	<ul style="list-style-type: none"> - Pode variar conforme a disponibilidade de acesso aos dados sobre acidentes de trânsito; - Pode ter a necessidade de se buscar essas informações em outras fontes ou até mesmo realizar novos estudos para coletas. 	- O custo considerado baixo, pois, de posse de todos as informações necessárias, as análises todas são realizadas em escritório.
iRAP	<ul style="list-style-type: none"> - Pode variar bastante visto a necessidade de deslocar uma equipe de campo para realizar a inspeção da rodovia; - O trabalho de codificação em escritório também necessita de bastante tempo, sendo recomendada a codificação pela metodologia na faixa de 5 km/h. 	- Pode aumentar significativamente com a necessidade de deslocar a equipe e prover equipamentos necessários para realizar a inspeção rodoviária.
Potencial de Aproveitamento Financeiro	<ul style="list-style-type: none"> - Pode variar conforme a disponibilidade de acesso aos dados sobre acidentes de trânsito; - Pode ter a necessidade de se buscar essas informações em outras fontes ou até mesmo realizar novos estudos para as coletas. 	- Considerado baixo, pois, de posse de todos as informações necessárias, as análises todas são realizadas em escritório.

Fonte: Autor (2019)

Quando se analisa a metodologia proposta pelo DNIT, o fator tempo e custo podem sofrer bastante variação no que tange a execução dessa metodologia. Conforme mostrado, o tempo pode variar quando o acesso aos dados sobre acidentes de trânsito no local estudado não

for disponibilizado de forma pública, gerando assim uma necessidade de buscar essas informações em outras fontes ou até mesmo realizar novos estudos para coletas de dados de acidentes de trânsito, o que não ocorreu na execução dessa metodologia no trecho escolhido da rodovia BR-116. Além disso, o custo para executar essa metodologia pôde ser considerado baixo, pois todos os cálculos e análises foram realizados em escritório.

Analisando a metodologia de Potencial de Aproveitamento Financeiro, o fator tempo e custo possuem as mesmas características no que tange a execução. A principal diferença que se necessitou atentar, que pode aumentar o custo e o tempo para execução, foi relacionado à coleta de dados relacionado ao valor financeiro. Tal valor pode não estar disponível para o trecho estudado ou mesmo para a região desejada, fazendo com que estudos adicionais sejam realizados, o que também não ocorreu na execução dessa metodologia no trecho escolhido da rodovia BR-116.

Quando se analisa a metodologia proposta por iRAP, o principal fator que pode impactar é o tempo necessário para deslocar uma equipe a campo para realizar a inspeção da rodovia e o tempo necessário para codificar os atributos em escritório. Como exemplo tem-se que, a execução dessa metodologia no trecho escolhido da BR-116, levou 9 horas de viagem para ir e voltar do local inspecionado mais 1 hora e meia para inspecionar o trajeto da rodovia à velocidade de 60 km/h. Ainda mais, considerando o tempo de escritório, com uma pessoa realizando as codificações de forma individual, os 73,3 km do trecho selecionado da BR-116 foram codificados em aproximadamente 14 horas. Sendo assim, somente para a parte de inspeção em campo e codificação foram dispendidas aproximadamente 25 horas no total. Além disso, na metodologia iRAP o custo foi um fator importante, visto esse deslocamento de uma equipe ao local de inspeção e também a necessidade de um veículo e uma câmera para realizar a inspeção da rodovia.

Por fim, quando se precisa definir qual metodologia utilizar para a definição de segmentos críticos em rodovias, faz-se necessário ponderar tanto o custo como o tempo dispendido, bem como analisar se os resultados dessas metodologias são correlacionados entre si ou não.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário de transportes brasileiro não se apresenta de forma muito otimista. A matriz de transporte, tanto de carga quanto de passageiro, se mostra desequilibrada, apresentando predominância, na ordem de 61% do uso do modal rodoviário em detrimento dos outros modais de transporte (CNT, 2019).

Além disso, as rodovias brasileiras não são predominantemente consideradas boas ou ótimas nos quesitos: avaliação geral, aspectos geométricos, qualidade do pavimento ou sinalização (CNT, 2017 e 2018). Como consequência observam-se aumento no custo logístico de 25% (CNT, 2015), perda de 1,3% carga (Péra, 2017) e principalmente aumento no número e gravidade de acidentes rodoviários (PRF, 2019a).

Entre as diversas formas de se analisar um acidente rodoviário, tais como relacionadas às causas, aos tipos, ao momento de ocorrência, objetiva-se com esse trabalho abordar os acidentes rodoviários sob o viés da identificação da localização e priorização dos locais mais críticos. O principal ponto necessário a se atentar quando se estuda a localização de ocorrência dos acidentes rodoviários está relacionado ao tipo de análise realizada, podendo ela ser uma análise reativa, quando é feita considerando uma série histórica de acidentes, ou uma análise preditiva, quando são feitas avaliações quantitativas e qualitativas da situação da via. Sendo assim, nesse trabalho foi comparada a aplicação do método para identificação de segmentos críticos atualmente utilizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), considerado um método reativo, com outro método reativo (Potencial de Aproveitamento Financeiro) e também com um método preditivo (*International Road Assessment Programme - iRAP*).

Com o intuito de realizar essa comparação, neste trabalho foi realizada uma aplicação em um trecho rodoviário de 71,3 quilômetros localizado na parte catarinense da rodovia BR-116 e os resultados apresentados anteriormente são consequências diretas da escolha da amostra estudada. Em tal trecho foram registrados pela Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2019a), entre os anos de 2016 e 2018, 209 acidentes. A escolha desse trecho rodoviário se deu devido à identificação da maioria dos tipos de segmentos homogêneos propostos pelo DNIT: pista simples, ambiente urbano ou rural, tipo de relevo plano, ondulado ou montanhoso.

Com esse estudo de caso foi observado que os dois métodos reativos, o proposto pelo DNIT e o de Potencial de Aproveitamento Financeiro, apresentaram correlação dos locais

identificados como forte e positiva, na ordem de ρ igual a 0,54. Isso indica que, de um modo geral, quanto mais crítico um segmento é avaliado pelo método do DNIT, maior será o Potencial de Aproveitamento Financeiro obtido no mesmo segmento. Além disso, avaliando os dois métodos pelos segmentos homogêneos, observou-se que eles são correlacionados para ambiente rural e tipos de relevo plano e ondulado.

Por outro lado, avaliar a correlação da metodologia reativa Potencial de Aproveitamento Financeiro com a metodologia preditiva *iRAP* indicou a significância dessa correlação, porém, de forma fraca. Nas análises baseadas nos segmentos homogêneos, foi observada que não houve correlação significativa entre os dois métodos em todos os casos, exceto no relevo montanhoso. Nesse cenário, os dois métodos apresentaram uma correlação forte e positiva, indicando que quanto maior o risco que uma rodovia apresenta ao usuário, maior será o Potencial de Aproveitamento Financeiro observado decorrente dos acidentes.

Já a avaliação da correlação da metodologia reativa proposta por DNIT e a metodologia preditiva *iRAP* indica que as duas metodologias não apresentaram, de um modo geral, significância estatística, visto que o p-valor da análise ter sido superior ao limite de 5%. Mesmo nas análises por segmentos homogêneos as duas metodologias não apresentaram correlação significativa. Isso reflete o observado pelo Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV, 2019), uma vez que a maior parte dos acidentes rodoviários tem como causa o fator humano em comparação com os fatores veículo e via. Naturalmente, tal constatação não descaracteriza a necessidade de identificação dos segmentos críticos de acidentes em rodovias, porém, alerta para o fato de que a melhora da segurança viária tangencia tanto os pilares da Engenharia de Tráfego, como os da Educação e do Esforço Legal.

Sobre os objetivos propostos nesse trabalho, considera-se que o objetivo geral dele foi alcançado ao realizar a comparação abordada anteriormente entre duas metodologias de viés reativo e uma de viés preditivo.

Considera-se também alcançado o objetivo específico (a) de identificar e apresentar as diversas abordagens existentes para identificação de segmentos críticos em rodovias rurais, tanto no Brasil como em outros países. Isso pode ser visto no tópico 2.2 em que são apresentadas as metodologias já utilizadas no país e no tópico 2.3 em que são identificados, através de uma revisão sistemática, as metodologias e abordagens presentes na literatura.

Também é considerado alcançado o objetivo específico (b) de avaliar se os resultados da aplicação de metodologias com diferentes abordagens são convergentes ou divergentes entre

si, tanto de forma geral ou de acordo com alguns parâmetros como uso do solo e tipo de relevo. É possível observar isso no capítulo 4 em que é realizado um estudo de caso baseado na metodologia proposta no capítulo 3.

Para finalizar os objetivos específicos, foi considerado que também foi alcançado o (c) de propor indicadores para determinar qual metodologia para identificar segmentos críticos de rodovias indica-se usar. Observa-se isso no tópico 4.6 em que são avaliadas as correlações entre as metodologias estudadas de acordo com a classificação de segmentos homogêneos proposta por DNIT. Além disso, ao comparar as metodologias sob esse viés, facilita-se para aqueles que precisam decidir qual metodologia adotar em suas análises ao realizar uma simples identificação das características da rodovia. Com o tópico 4.6.3 também foi possível observar outros fatores que podem balizar na escolha de qual metodologia adotar: tempo e custo. No trabalho em questão, devido aos poucos recursos disponíveis, tanto de tempo, como financeiro, a principal dificuldade observada foi executar a metodologia do iRAP, em que foi necessária uma inspeção de campo da rodovia. Sendo então que, tanto a metodologia proposta por DNIT como a de Potencial de Aproveitamento Financeiro, apresentaram menos dificuldades para a obtenção dos dados de entrada necessários.

5.1 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Indicam-se algumas novas considerações para trabalhos futuros.

A primeira consideração se dá em relação às metodologias escolhidas para análises. Indica-se, se possível, que sejam estudadas metodologias que tenham outra abordagem diferente das aqui utilizadas, seja isso através de uma metodologia de avaliação de risco, estatística, espacial, de multicritério ou numérica. Além disso, relacionado às metodologias, uma definição clara das mesmas de serem consideradas reativas ou preditivas.

A segunda delas se dá em relação ao objeto de estudo para avaliar a comparação das metodologias. Indica-se que o objeto de estudo englobe todas as situações possíveis, sendo de faixa simples ou dupla, ambiente urbano ou rural e relevo do tipo plano, ondulado ou montanhoso, mesmo que ele precise englobar trechos de mais de uma rodovia ao invés de um segmento contínuo da mesma rodovia. Também se indica que o número de observações seja maior, ou melhor distribuído em termos de segmentos homogêneos, pois foi possível observar que as análises não puderam ser realizadas quando em ambiente urbano.

A terceira consideração se dá como produto do trabalho de pesquisa. Como os resultados obtidos indicam que não houve uma correlação entre uma metodologia reativa e uma preditiva em termos de segmentos críticos e também devido ao fato dos acidentes rodoviários terem uma grande influência de fatores humanos, indica-se uma comparação entre uma metodologia reativa e preditiva considerando somente os acidentes com causas relacionadas à fatores de via. Assim observa-se se os segmentos de rodovia considerados de alto risco para o usuário refletem ou não na ocorrência de acidentes com a causa relacionada ao fator via.

Por fim, a quarta consideração versa sobre a utilização de inovação tecnológica para segurança viária e identificação de segmentos críticos em rodovias rurais. Estudos sobre tais inovações podem tangenciar tantos fatores humanos como de vias e veiculares. Isso devido ao fato que as inovações tecnológicas podem, por exemplo, auxiliar em uma melhor navegabilidade do usuário nas vias, ou até mesmo prover um controle mais automático ao veículo em segmentos considerados mais severos e também inovações tecnológicas para reduzir a severidade e as consequências de tais acidentes na rodovia.

REFERÊNCIAS

ABEBE, Mandefro Terefe; BELAYNEH, Moltot Zewdie; **Identifying and ranking dangerous road segments: a case of Hawassa-Shashemene-Bulbula two-lane two-way rural highway, Ethiopia.** Journal of Transportation Technologies, vol. 8, 2018.

AGBELIE, Bismark R. D. K. **A comparative empirical analysis of statistical models for evaluating highway segment crash frequency.** Journal of Traffic and Transportation Engineering, vol. 3. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. **Caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de passageiros e cargas na região amazônica.** – Belém. 2018.

AGHAJANI, Mohammad Ali. DEZFOULIAN, Reza Shahní.

ARJROODY Abdolreza Rezaee. REZAEI, Mohammadreza. **Applying GIS to identify the spatial and temporal patterns of road accidents using spatial statistics (case study: Ilam Province, Iran).** Transportation Research Procedia, vol. 25. 2017.

AGRAWAL, Kavita; RUTH, Vimala Manohara; NANDINI Y; SRAVANI K. **Analysis of road accident locations using DBSCAN Algorithm.** International Journal of Scientific Research in Science and Technology, vol. 4, 2018.

AMBROS, Jiri; HAVRÁNEK, Pavel; VALENTOVÁ, Veronika; KRIVÁNKOVÁ, Zuzana; STRIEGLER, Radim. **Identification of hazardous locations in regional road network – comparison of reactive and proactive approaches.** Transportation Research Procedia, vol. 14. 2016.

AMBROS, Jiri; SEDONIK, Jiri. **A feasibility study for developing a transferable accident prediction model for Czech regions.** Transportation Research Procedia, vol. 14. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697: Pesquisa de Acidentes de Trânsito**. Brasília, 1989.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP. **Transporte humano - cidades com qualidade de vida**. São Paulo, 1997.

BABANOSKI, Kire. ILIJEVSKI, Ice. DIMOVSKI, Zlate. **Analysis of road traffic safety through direct relative indicators for traffic accidents fatality: case of republic of Macedonia**. Safety and Security in Traffic. 2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**. 2019. Disponível em: < <https://www.bcb.gov.br>>. Acesso em 25 set 2019.

BATISTÃO, Mariana Dias Chaves. FLORES, Edilson Ferreira. SILVA, João Fernando Custódio da. **Geocodificação de acidentes rodoviários para identificação de trechos críticos com estatística espacial**. Anuário do Instituto de Geociências, vol. 40. 2017.

BERGEL-HAYAT, Ruth. DEBBARH, Mohammed. ANTONIOU, Constantinos. YANNIS, George. **Explaining the road accident risk: Weather effects**. Accident Analysis and Prevention, vol. 60, p. 456 – 465, 2013.

BORSOS, A. CAFISO, S. AGOSTINO, C. D. MILETICS, D. **Comparison of Italian and Hungarian black spot ranking**. Transportation Research Procedia, vol. 14. 2016.

CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES (Org.). **Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. Brasília. 2002.

CHENG, Wen; GILL, Gurdiljot Singh; DASU, Ravi; XIE, Meiquan; JIA, Xudong; ZHOu, Jiao. **Comparison of multivariate Poisson lognormal spatial and tem**

poral crash models to identify hot spots of intersections based on crash types. Accident analysis and prevention, vol. 99, 2017.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Nota Técnica 210: Técnica de Análise de Conflitos.** São Paulo. 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (Org.). **Boletim estatístico 2019.** – Brasília: CNT: SEST SENAT, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (Org.). **Pesquisa CNT de rodovias 2015: relatório gerencial.** – Brasília: CNT: SEST SENAT, 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (Org.). **Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial.** – Brasília: CNT: SEST SENAT, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (Org.). **Pesquisa CNT de rodovias 2018: relatório gerencial.** – Brasília: CNT: SEST SENAT, 2018.

COSTA, Jocilene Otilia da; JACQUES, Maria Alice Prudêncio; PEREIRA, Paulo António Alves; FREITAS, Elisabete Fraga; SOARES, Francisco Emanuel Cunha. **Portuguese two-lane highways: modelling crash frequencies for different temporal and spatial aggregation of crash data.** Transport, vol. 33. 2018.

COSTA, Stephen da; QU, Xiaobo; PARAJULI, Partha Mani. **A crash severity-based black spot identification model.** Journal of Transportation Safety and Security, vol. 7, 2015.

DEBRABANT, Birgit; HALEKOH, Ulrich; BONAT, Wagner Hugo; HANSEN, Dennis L.; HJELMBORG, Jacob; LEURITSEN, Jens. **Identifying traffic accident black spots with Poisson-Tweedie models.** Accident Analysis and Prevention, vol. 111, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de análise, diagnóstico, proposição de melhorias e avaliações econômicas dos segmentos críticos.** Brasília. 1986.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (Org.). **Glossário de termos técnicos rodoviários.** - 2. ed. – Rio de Janeiro, 2017. 324p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (Org.). **Identificação e proposição de melhorias em segmentos críticos da malha rodoviária federal do DNIT: metodologia para identificação de segmentos críticos.** Santa Catarina, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE (Org.). **Plano Nacional de Contagem de Tráfego – PNCT.** 2017. Disponível em < <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/DadosTrafego>>. Acesso em: 25 set 2019.

DERELI, Mehmet Ali; ERDOGAN, Saffet. **A new model for determining the traffic accident black spots using GIS-aided spatial statistical methods.** Transportation Research Part A, vol. 103, 2017.

DHARMASENA, Shameen Randika; SURESH, Edirisooriya Arachchige Tharanga. **A methodology to analyze road landscape in accident black-spots: the case of southern expressway, Sri Lanka.** International Journal of Architectural Research, vol. 12. 2018.

DIEHL, Carlos Alberto. SOUZA, Marcos Antônio de; DOMINGOS, Laura Elaine Cabral. **O uso da estatística descritiva na pesquisa em custos: análise do XIV congresso brasileiro de custos.** Revista ConTexto, Porto Alegre, v. 7, n. 12, 2007.

DNIT.LABTRANS. **SIOR – Sistemas Integrado de Operações Rodoviárias.** 2019. Disponível em: < <http://servicos.dnit.gov.br/sior>>. Acesso em: 25 set 2019.

DONG, Chunjiao. SHAO, Chunfu. LI, Juan. XIONG, Zihua. **An improved deep learning model for traffic crash prediction.** Journal of Advanced Transportation. 2018.

ELYASI, Mohammad Reza; SAFFARZADE, Mahmoud; BOROIJERDIAN, Amin Mirza. **A novel dynamic segmentation model for identification and prioritization of black spots based on the pattern of potential for safety improvement.** Transportation Research Part A, vol. 91, 2016.

FANCELLO, Gianfranco; CARTA, Michele; FADDA, Paolo. **Road intersections ranking for road safety improvement: comparative analysis of multi-criteria decision making methods.** Transport Policy, 2018.

FAWCETT, Lee; THORPE, Neil; MATTHEWS, Joseph; KREMER, Karsten. **A novel Bayesian hierarchical model for road safety hotspot prediction.** Accident Analysis and Prevention, vol. 99. 2017.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Proven Safety Countermeasures.** United States of America. 2018. Disponível em <<https://safety.fhwa.dot.gov/provencountermeasures/>>. Acessado em: 24 de fevereiro de 2019.

FERRAZ et al. **Segurança viária.** São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2012.

GARBER, Nicholas J.; HOEL, Lester A.; **Traffic and Highway Engineering – 4th edition.** Toronto, Canada. Cengage Learning. 2009.

GHADI, Maen. TÖRÖK, Árpád. **Comparison different black spot identification methods.** Transportation Research Procedia, vol. 27. 2017.

GOLD, Philip Anthony. **Segurança de trânsito: Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes.** [s. L.]: Banco Interamericano de Desenvolvimento, 1998.

GOMES, Alberto Albuquerque. **Considerações sobre a pesquisa científica: em busca de caminhos para a pesquisa científica.** Intertemas: Revista da Toledo. Presidente Prudente, v. 5, 2001.

HADDON Jr W. **Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy.** Public Health Report, 1980, 95:411–421.

HASHIMOTO, Seiji; YOSHIKI, Syuji; SAEKI, Ryoko; Mimura, Yasuhiro; ANDO, Ryosuke; NANBA, Shutaro. **Development and application of traffic accident density estimation models using kernel density estimation.** Journal of Traffic and Transportation Engineering, vol. 3, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Org.). **Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do IPEA.** Brasília, 2015.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (Org.). **iRAP Methodology Fact Sheets.** 2014.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (Org.). **Case Study: Bruce Highway Cooroy to Curra B.** 2018.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (Org.). **Partnering to Save Lives.** 2019a. Disponível em: < <https://www.irap.org/partnering-to-save-lives/>>. Acesso em 30 nov. 2019.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (Org.). **Software ViDA.** 2019b. Disponível em: <www.vida.irap.org>. Acesso em 25 set 2019.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (Org.). **3 Star or Better.** 2019c. Disponível em: < <https://www.irap.org/3-star-or-better/>>. Acesso em 30 set 2019.

IVAN, Igor. TESLA, Jan. **Road and intersection accidents: localization of black spots in Ostrava.** Geographical Journal, vol. 67, 2015.

JAKIMAVICIUS, Marius. **Analysis and assessment of Lithuanian road accidents by AHP Method.** The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, vol. 13. 2018.

JAROSZWESKI, David. MCNAMARA, Tom. **The influence of rainfall on road accidents in urban areas: a weather radar approach.** Travel Behaviour and Society, vol. 1, p. 15 – 21, 2014.

JUREWICZ, Chris. EXCEL Rita. **Application of a crash-predictive risk assessment model to prioritise road safety investment in Australia.** Transportation Research Procedia, vol. 14. 2016.

KEYMANESH, Mahmoudreza; ZIARI, Hasan; ROUDINI, Samira; AHANGAR, Ali Nasrollahtabar. **Identification and prioritization of “black spots” without using accident information.** Modeling and Simulation in Engineering. 2017.

KUMAR, Sachin; TOSHNIWAL, Durga. **A novel framework to analyze road accident time series data.** Journal of Big Data, vol. 3. 2016a.

KUMAR, Sachin; TOSHNIWAL, Durga. **Analysis of hourly road accidents counts using hierarchical clustering and cophenetic correlation coefficient (CPCC).** Journal of Big Data. 2016b.

LASMAR, Maria Teresa; MORAES, Bernardo Moeller de; INOUE, Tiago Inada; BACALTCHUCK, Paulo Brukirer; PAMBOUKIAN, Sergio Vicente Denser. **Identificação e classificação de pontos críticos de acidentes de trânsito.** Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, vol. 17, 2017.

LIRA, Sachiko Araki; NETO, Anselmo Chaves. **Coefficientes de Correlação para Variáveis Ordinais e Dicotômicas Derivados dos Coeficiente Linear de Pearson**. RECIE, v. 15, n. ½, p. 45 – 53, Uberlândia, 2006.

MENESES, Fernando Antônio Bezerra. **Análise e tratamento de trechos rodoviários críticos em ambientes de grandes centros urbanos**. 2001. 251 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) –Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MINISTÉRIO DA JUSTIÇA (Org.). **Manual de identificação, análise e tratamento de pontos negros**. Brasília. 1982.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Org.). **Estatísticas nacionais de acidentes de trânsito**. 2018. Disponível em: < http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/estatisticas/estatisticas_nacionais>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2019.

MINISTÉRIO DA SEGURANÇA PÚBLICA (Org.). **Dados abertos sobre acidentes de trânsito**. 2019a. Disponível em: <<https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

_____. **Boletim de acidente de trânsito**. 2019b. Disponível em: < <https://www.prf.gov.br/portal/atendimento-a-acidentes/CopiaBAT>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (Org.). **Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. Brasília. 2002.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (Org.). **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, 2006.

MONTELLA, Alfonso. **A comparative analysis of hotspot identification methods.** Accident Analysis Prevention. 42(2), 571–581. 2010.

MURAT, Yetis Sazi; CAKICI, Ziya. **An integration of different computing approach in traffic safety analysis.** Transportation Research Procedia, vol. 22, 2017.

NGUYEN, Huy Huu. TANEERANANON, Pichai. LUATHEP, Paramet. **Approach to identifying black spots based on potential saving in accidents costs.** Engineering Journal, vol 20. 2016.

NIDHI, R.; KANCHANA, V. **Analysis of road accidents using data mining techniques.** International Journal of Engineering and Technology, vol. 7. 2018.

NODARI, Christine Tessele. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples.** Porto Alegre, 2003.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA (Org.). **90% dos acidentes são causados por falha humana.** 2019. Disponível em: < <https://www.onsv.org.br/90-dos-acidentes-sao-causados-por-falhas-humanas-alerta-observatorio/>>. Acesso em: 10 out. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (Org.). **Prevenção de lesões causadas pelo trânsito: manual de treinamento.** 2006.

PAULA, Max Ernani Borges de; RÉGIO, Maurício. **Investigação de acidentes de trânsito fatais: Gerência de Segurança no Trânsito.** São Paulo. 2008.

PERÁ, Thiago Guilherme. **Modelagem das perdas na agro logística de grãos no Brasil: uma aplicação de programação matemática.** São Paulo. 2017.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2ª edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

R-PROJECT. **Software estatístico r**. 2019. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em 30 set 2019.

SANDHYAVITRI, Ari; ZAMRI; WIYONO, Sugeng; SUBIANTORO. **Three strategies reducing accident rates at black spots and black sites road in Riau Province, Indonesia**. Transportation Research Procedia, vol. 25. 2017.

SATRIA, Romi. CASTRO, Maria. **GIS tool for analyzing acidentes and road design: a review**. Transportation Research Procedia, vol. 18. 2016.

SCHMITZ, Anelise. **Proposta metodológica baseada em GIS para análise dos segmentos críticos de rodovia – estudo de caso na BR-285/RS**. Florianópolis, 2011.

SCHMITZ, Anelise; GOLDNER, Lenise Grando. **Aplicação e análise de métodos de cálculo de segmentos críticos de rodovias em interface GIS**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SELVI, Huseyin Zahit; CAGLAR, Burak. **Using cluster analysis methods for multivariate mapping of traffic accidents**. Open Geosciences, vol. 10. 2018.

SHARIFF, S. Sarifah Radiah. MAAD, Hamdan Abdul. HALIM, Nursyaza Narsuha Abdul. DERASIT, Zuraidah. **Determining hotspots of road acidentes using spatial analysis**. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol. 9. 2018.

SHEN, Ling; LU, Jian; LONG, Man; CHEN, Tingjun. **Identification of accident blackspots on rural roads using grid clustering and principal component clustering**. Mathematical problems in Engineering. 2019.

SHI, Longyu; HUSEYNOVA, Nigar; YANG, Bin; LI, Chunming; GAO, Lijie. **A cask evaluation model to assess safety in chinese rural roads**. Sustainability. 2018.

SHIMAKURA, Silvia Emiko. **Notas de aula de Bioestatística Avançada**. 2008. Laboratório de Estatística e Geoinformação, UFPR. Disponível em: <<http://www.leg.ufpr.br/~silvia/>>.

Acesso em: 15 set. 2019.

SINAY, Maria Cristina Fogliatti de; TAMAYO, Amilcar Sampedro. (2005) **Segurança Viária: Uma Visão Sistêmica**. In: Rio de Transportes III, Rio de Janeiro.

SOARES, RACKYNELLY ALVES SARMENTO et al. **Characterization of victims of traffic accidents attended by the Mobile Emergency Service in João Pessoa-PB in 2010**. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 21, n. 4, p. 589-600, dez. 2012.

STEPHEN, Leni; KELAKON, Gladwin G.; SOJAN, Jency Maria; SREELAKSHMI, K. S.; VISHNU N. B. **Identification and analysis of accident blackspots using GIS**. International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 05, 2018.

SUGIYANTO, Gito; FADLI, Ari; SANTI, Mina Yumei. **Identification of black spot and equivalent accident number using upper control limit method**. Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 12, 2017.

ÚBEDA, D.; GIL, A.; PAYÁ, L.; REINOSO, O. **A study of traffic accidents in Spanish intercity roads by means of feature vectors**. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, vol. 11. 2016.

UFSC. LABTRANS. **Manual do usuário do BrazilRAP**. Florianópolis: LabTrans, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (Org.). **Global Status Report on road safety**. 2018.

XIE, ZHIXIAO; YAN, JUN. **Detecting traffic accident clusters with network kernel density estimation and local spatial statistics: an integrated approach**. Journal of Transport Geography 31:64 – 71. 2013.

ZOLTOWSKI, Ana Paula Couto; COSTA, Angelo Brandelli; Teixeira, Marco Antônio Pereira; KOLLER, Sílvia Helena. **Qualidade metodológica das revisões sistemáticas em periódicos de psicologias brasileiros**. Psicologia: Teoria e Pesquisa, v. 30, n.1, Brasília, 2014.

ZOTERO. **Sobre Zotero**. 2019. Disponível em < <https://www.zotero.org/about/>>. Acesso em: 05 mai. 2019.

**APÊNDICE A – Criticidade dos segmentos analisados conforme metodologia DNIT
(2009)**

UF	BR	SNV	Quilômetro		Extensão	Segmento Homogêneo	VMDA	N. de Acidentes	Criticidade
			Inicial	Final					
SC	116	116BSC2891	59.8	61	1.2	SRO	4779	3	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	61	62	1	SRP	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	62	63	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	63	64	1	SRP	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	64	65	1	SRO	4779	4	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	65	66	1	SRO	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	66	67	1	SRP	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	67	68	1	SUP	4779	1	Levemente crítico
SC	116	116BSC2891	68	69	1	SUO	4779	1	Crítico
SC	116	116BSC2891	69	70	1	SUM	4779	1	Não crítico
SC	116	116BSC2891	70	71	1	SUO	4779	1	Crítico
SC	116	116BSC2891	71	72	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	72	73	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	73	74	1	SRP	4779	2	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	74	75	1	SRO	4779	2	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	75	76	1	SRO	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	76	77	1	SRP	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	77	78	1	SRO	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	78	79	1	SRO	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	79	80	1	SRO	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	80	81	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	81	82	1	SRO	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	82	83	1	SRP	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	83	84	1	SRP	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	84	85	1	SRP	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	85	86	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	86	87	1	SRP	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	87	88	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	88	89	1	SRP	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	89	90	1	SRM	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	90	91	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	91	92	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	92	93	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	93	94	1	SRO	4779	3	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	94	95	1	SRM	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	95	96	1	SRO	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	96	97	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	97	98	1	SUO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	98	99	1	SUP	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	99	100	1	SUO	4779	1	Crítico
SC	116	116BSC2891	100	101	1	SRO	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	101	102	1	SRM	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	102	103	1	SRM	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	103	104	1	SRM	4779	0	Não crítico

UF	BR	SNV	Quilômetro		Extensão	Segmento Homogêneo	VMDA	N. de Acidentes	Criticidade
			Inicial	Final					
SC	116	116BSC2891	104	105	1	SRM	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	105	106	1	SRM	4779	2	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	106	107	1	SRO	4779	2	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	107	108	1	SRM	4779	5	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	108	109	1	SRM	4779	0	Não crítico
SC	116	116BSC2891	109	110	1	SRM	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2891	110	111.5	1.5	SRM	4779	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	111.5	113	1.5	SRP	4477	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	113	114	1	SRO	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	114	115	1	SRM	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	115	116	1	SRP	4477	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	116	117	1	SRP	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	117	118	1	SRO	4477	5	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	118	119	1	SRP	4477	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	119	120	1	SRP	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	120	121	1	SRP	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	121	122	1	SRP	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	122	123	1	SRO	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	123	124	1	SRP	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	124	125	1	SRM	4477	2	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	125	126	1	SRO	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	126	127	1	SRO	4477	0	Não crítico
SC	116	116BSC2895	127	128	1	SRM	4477	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	128	129	1	SRO	4477	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	129	130	1	SRP	4477	3	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	130	131	1	SRP	4477	1	Altamente crítico
SC	116	116BSC2895	131	132.7	1.7	SRM	4477	2	Altamente crítico

APÊNDICE B – Classificação por Estrelas dos segmentos analisados conforme metodologia iRAP

UF	BR	SNV	Quilômetro		Extensão	Segmento Homogêneo	VMDA	Classificação por Estrelas
			Inicial	Final				
SC	116	116BSC2891	59,8	61	1,2	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	61	62	1	SRP	4779	3
SC	116	116BSC2891	62	63	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	63	64	1	SRP	4779	3
SC	116	116BSC2891	64	65	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	65	66	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	66	67	1	SRP	4779	3
SC	116	116BSC2891	67	68	1	SUP	4779	3
SC	116	116BSC2891	68	69	1	SUO	4779	3
SC	116	116BSC2891	69	70	1	SUM	4779	3
SC	116	116BSC2891	70	71	1	SUO	4779	4
SC	116	116BSC2891	71	72	1	SRO	4779	4
SC	116	116BSC2891	72	73	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	73	74	1	SRP	4779	2
SC	116	116BSC2891	74	75	1	SRO	4779	2
SC	116	116BSC2891	75	76	1	SRO	4779	2
SC	116	116BSC2891	76	77	1	SRP	4779	2
SC	116	116BSC2891	77	78	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	78	79	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	79	80	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	80	81	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	81	82	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	82	83	1	SRP	4779	4
SC	116	116BSC2891	83	84	1	SRP	4779	4
SC	116	116BSC2891	84	85	1	SRP	4779	4
SC	116	116BSC2891	85	86	1	SRO	4779	4
SC	116	116BSC2891	86	87	1	SRP	4779	3
SC	116	116BSC2891	87	88	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	88	89	1	SRP	4779	3
SC	116	116BSC2891	89	90	1	SRM	4779	3
SC	116	116BSC2891	90	91	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	91	92	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	92	93	1	SRO	4779	4
SC	116	116BSC2891	93	94	1	SRO	4779	4
SC	116	116BSC2891	94	95	1	SRM	4779	4
SC	116	116BSC2891	95	96	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	96	97	1	SRO	4779	3

UF	BR	SNV	Quilômetro		Extensão	Segmento Homogêneo	VMDA	Classificação por Estrelas
			Inicial	Final				
SC	116	116BSC2891	97	98	1	SUO	4779	3
SC	116	116BSC2891	98	99	1	SUP	4779	3
SC	116	116BSC2891	99	100	1	SUO	4779	3
SC	116	116BSC2891	100	101	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	101	102	1	SRM	4779	2
SC	116	116BSC2891	102	103	1	SRM	4779	2
SC	116	116BSC2891	103	104	1	SRM	4779	2
SC	116	116BSC2891	104	105	1	SRM	4779	3
SC	116	116BSC2891	105	106	1	SRM	4779	3
SC	116	116BSC2891	106	107	1	SRO	4779	3
SC	116	116BSC2891	107	108	1	SRM	4779	4
SC	116	116BSC2891	108	109	1	SRM	4779	4
SC	116	116BSC2891	109	110	1	SRM	4779	4
SC	116	116BSC2891	110	111,5	1,5	SRM	4779	4
SC	116	116BSC2895	111,5	113	1,5	SRP	4477	3
SC	116	116BSC2895	113	114	1	SRO	4477	3
SC	116	116BSC2895	114	115	1	SRM	4477	3
SC	116	116BSC2895	115	116	1	SRP	4477	3
SC	116	116BSC2895	116	117	1	SRP	4477	3
SC	116	116BSC2895	117	118	1	SRO	4477	3
SC	116	116BSC2895	118	119	1	SRP	4477	3
SC	116	116BSC2895	119	120	1	SRP	4477	3
SC	116	116BSC2895	120	121	1	SRP	4477	3
SC	116	116BSC2895	121	122	1	SRP	4477	2
SC	116	116BSC2895	122	123	1	SRO	4477	2
SC	116	116BSC2895	123	124	1	SRP	4477	2
SC	116	116BSC2895	124	125	1	SRM	4477	3
SC	116	116BSC2895	125	126	1	SRO	4477	3
SC	116	116BSC2895	126	127	1	SRO	4477	3
SC	116	116BSC2895	127	128	1	SRM	4477	3
SC	116	116BSC2895	128	129	1	SRO	4477	3
SC	116	116BSC2895	129	130	1	SRP	4477	3
SC	116	116BSC2895	130	131	1	SRP	4477	3
SC	116	116BSC2895	131	132,7	1,7	SRM	4477	3

APÊNDICE C – Identificação de locais com alta frequência de acidentes conforme metodologia proposta por Nguyen et al. (2016)

UF	BR	SNV	Quilômetro		2016			2017			2018			2016 - 2018	Frequência de Acidentes
					Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.	Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.	Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.	Acid. Vit.	
			Inicial	Final											
SC	116	116BSC2891	59,8	61	4	4	0	0	3	0	1	2	0	9	Alta
SC	116	116BSC2891	61	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	62	63	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	63	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	64	65	0	0	0	0	0	0	1	3	0	3	Alta
SC	116	116BSC2891	65	66	1	1	0	1	0	0	0	1	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2891	66	67	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	67	68	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	Alta
SC	116	116BSC2891	68	69	1	3	0	0	0	0	0	1	0	4	Alta
SC	116	116BSC2891	69	70	0	1	0	1	6	0	1	0	0	7	Alta
SC	116	116BSC2891	70	71	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3	Alta
SC	116	116BSC2891	71	72	1	3	0	0	0	0	0	1	0	4	Alta
SC	116	116BSC2891	72	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	73	74	1	0	0	0	2	0	1	1	0	3	Alta
SC	116	116BSC2891	74	75	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	75	76	0	2	0	0	0	0	1	0	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2891	76	77	0	1	1	1	0	0	0	1	0	3	Alta
SC	116	116BSC2891	77	78	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	78	79	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2891	79	80	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	80	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	81	82	3	0	0	1	0	0	0	1	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	82	83	2	2	0	1	3	0	0	0	0	5	Alta

UF	BR	SNV	Quilômetro		2016			2017			2018			2016 - 2018	Frequência de Acidentes
					Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.	Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.	Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.		
			Inicial	Final										Acid. Vit.	
SC	116	116BSC2891	83	84	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	84	85	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	85	86	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	86	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	87	88	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	88	89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	89	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	90	91	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	91	92	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	92	93	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	93	94	0	0	0	1	1	0	0	2	1	4	Alta
SC	116	116BSC2891	94	95	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	95	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	96	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	97	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	98	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	99	100	0	3	0	1	1	0	0	1	0	5	Alta
SC	116	116BSC2891	100	101	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2891	101	102	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2891	102	103	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2891	103	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	104	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2891	105	106	3	1	0	0	0	0	0	2	0	3	Alta
SC	116	116BSC2891	106	107	0	1	0	0	0	0	0	2	0	3	Alta
SC	116	116BSC2891	107	108	4	3	0	0	0	0	2	3	0	6	Alta
SC	116	116BSC2891	108	109	1	2	1	2	1	0	0	0	0	4	Alta

UF	BR	SNV	Quilômetro		2016			2017			2018			2016 - 2018	Frequência de Acidentes
					Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.	Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.	Acid. Dan. Mat.	Acid. Vit. Ferid.	Acid. Vit. Fat.		
			Inicial	Final	Acid. Vit.		Acid. Vit.		Acid. Vit.		Acid. Vit.				
SC	116	116BSC2891	109	110	1	0	0	0	1	0	0	1	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2891	110	111,5	1	0	0	0	0	1	0	2	0	3	Alta
SC	116	116BSC2895	111,5	113	0	1	0	1	1	0	0	1	0	3	Alta
SC	116	116BSC2895	113	114	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2895	114	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2895	115	116	0	0	0	0	2	0	1	0	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2895	116	117	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2895	117	118	1	0	0	2	0	0	2	3	0	3	Alta
SC	116	116BSC2895	118	119	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2895	119	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2895	120	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2895	121	122	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2895	122	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2895	123	124	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2895	124	125	1	0	0	0	1	0	0	2	0	3	Alta
SC	116	116BSC2895	125	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2895	126	127	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	Baixa
SC	116	116BSC2895	127	128	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	Baixa
SC	116	116BSC2895	128	129	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3	Alta
SC	116	116BSC2895	129	130	0	0	1	1	0	0	0	2	1	4	Alta
SC	116	116BSC2895	130	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Baixa
SC	116	116BSC2895	131	132,7	1	2	0	0	0	0	0	1	0	3	Alta

APÊNDICE D – Classificação dos segmentos críticos conforme metodologia proposta por Nguyen et al. (2016)

UF	BR	SNV	Quilômetro		VMDA	N. de acidentes			AC	AD	AR	ACD	ACR	bACR	bACD	SAPO	#
			Inicial	Final		Dan. Mat.	Vit. Fer.	Vit. Fat.									
SC	116	116BSC2891	59.8	61	4779	5	9	0	R\$440,371.61	4.67	2.68	R\$ 440.37	R\$ 252.46	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 402.58	3
SC	116	116BSC2891	64	65	4779	1	3	0	R\$139,809.53	1.33	0.76	R\$ 139.81	R\$ 80.15	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 102.02	18
SC	116	116BSC2891	67	68	4779	0	3	0	R\$129,338.03	1.00	0.57	R\$ 129.34	R\$ 74.15	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 91.55	20
SC	116	116BSC2891	68	69	4779	1	4	0	R\$182,922.21	1.67	0.96	R\$ 182.92	R\$ 104.87	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 145.13	11
SC	116	116BSC2891	69	70	4779	2	7	0	R\$322,731.74	3.00	1.72	R\$ 322.73	R\$ 185.02	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 284.94	7
SC	116	116BSC2891	70	71	4779	0	3	0	R\$129,338.03	1.00	0.57	R\$ 129.34	R\$ 74.15	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 91.55	21
SC	116	116BSC2891	71	72	4779	1	4	0	R\$182,922.21	1.67	0.96	R\$ 182.92	R\$ 104.87	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 145.13	12
SC	116	116BSC2891	73	74	4779	2	3	0	R\$150,281.04	1.67	0.96	R\$ 150.28	R\$ 86.15	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 112.49	14
SC	116	116BSC2891	76	77	4779	1	2	1	R\$392,954.09	1.33	0.76	R\$ 392.95	R\$ 225.27	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 355.16	5
SC	116	116BSC2891	82	83	4779	4	1	0	R\$ 84,998.69	1.67	0.96	R\$ 85.00	R\$ 48.73	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 47.21	23
SC	116	116BSC2891	93	94	4779	1	3	1	R\$436,066.76	1.67	0.96	R\$ 436.07	R\$ 249.99	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 398.27	4
SC	116	116BSC2891	99	100	4779	1	5	0	R\$226,034.89	2.00	1.15	R\$ 226.03	R\$ 129.58	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 188.24	9
SC	116	116BSC2891	105	106	4779	3	3	0	R\$160,752.54	2.00	1.15	R\$ 160.75	R\$ 92.16	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 122.96	13
SC	116	116BSC2891	106	107	4779	0	3	0	R\$129,338.03	1.00	0.57	R\$ 129.34	R\$ 74.15	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 91.55	22
SC	116	116BSC2891	107	108	4779	6	6	0	R\$321,505.08	4.00	2.29	R\$ 321.51	R\$ 184.31	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 283.71	8
SC	116	116BSC2891	108	109	4779	3	3	1	R\$457,009.77	2.33	1.34	R\$ 457.01	R\$ 262.00	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 419.22	2
SC	116	116BSC2891	110	111.5	4779	1	2	1	R\$392,954.09	1.33	0.76	R\$ 392.95	R\$ 225.27	R\$ 21.67	R\$ 37.79	R\$ 355.16	6
SC	116	116BSC2895	111.5	113	4477	1	3	0	R\$139,809.53	1.33	0.82	R\$ 139.81	R\$ 85.56	R\$ 21.67	R\$ 35.40	R\$ 104.41	15
SC	116	116BSC2895	117	118	4477	5	3	0	R\$181,695.55	2.67	1.63	R\$ 181.70	R\$ 111.19	R\$ 21.67	R\$ 35.40	R\$ 146.29	10
SC	116	116BSC2895	124	125	4477	1	3	0	R\$139,809.53	1.33	0.82	R\$ 139.81	R\$ 85.56	R\$ 21.67	R\$ 35.40	R\$ 104.41	16
SC	116	116BSC2895	128	129	4477	0	3	0	R\$129,338.03	1.00	0.61	R\$ 129.34	R\$ 79.15	R\$ 21.67	R\$ 35.40	R\$ 93.93	19
SC	116	116BSC2895	129	130	4477	1	2	2	R\$689,211.32	1.67	1.02	R\$ 689.21	R\$ 421.77	R\$ 21.67	R\$ 35.40	R\$ 653.81	1
SC	116	116BSC2895	131	132.7	4477	1	3	0	R\$139,809.53	1.33	0.82	R\$ 139.81	R\$ 85.56	R\$ 21.67	R\$ 35.40	R\$ 104.41	17

APÊNDICE E – Resultados das três metodologias conforme normalização dos resultados

UF	BR	SNV	Quilômetro		Extensão	Segmento Homogêneo	DNIT	iRAP	Potencial de Aproveitamento Financeiro	
			Inicial	Final					R\$	
SC	116	116BSC2891	59.8	61	1.2	SRO	4	3	R\$	421.87
SC	116	116BSC2891	61	62	1	SRP	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	62	63	1	SRO	1	3	R\$	35.09
SC	116	116BSC2891	63	64	1	SRP	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	64	65	1	SRO	4	3	R\$	121.31
SC	116	116BSC2891	65	66	1	SRO	4	3	R\$	88.67
SC	116	116BSC2891	66	67	1	SRP	1	3	R\$	35.09
SC	116	116BSC2891	67	68	1	SUP	2	3	R\$	110.84
SC	116	116BSC2891	68	69	1	SUO	3	3	R\$	164.42
SC	116	116BSC2891	69	70	1	SUM	1	3	R\$	304.23
SC	116	116BSC2891	70	71	1	SUO	3	4	R\$	110.84
SC	116	116BSC2891	71	72	1	SRO	1	4	R\$	164.42
SC	116	116BSC2891	72	73	1	SRO	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	73	74	1	SRP	4	2	R\$	131.78
SC	116	116BSC2891	74	75	1	SRO	4	2	R\$	45.56
SC	116	116BSC2891	75	76	1	SRO	4	2	R\$	78.20
SC	116	116BSC2891	76	77	1	SRP	4	2	R\$	374.46
SC	116	116BSC2891	77	78	1	SRO	4	3	R\$	24.61
SC	116	116BSC2891	78	79	1	SRO	4	3	R\$	67.73
SC	116	116BSC2891	79	80	1	SRO	4	3	R\$	298.70
SC	116	116BSC2891	80	81	1	SRO	1	3	R\$	2.44
SC	116	116BSC2891	81	82	1	SRO	4	3	R\$	66.50
SC	116	116BSC2891	82	83	1	SRP	1	4	R\$	228.48
SC	116	116BSC2891	83	84	1	SRP	4	4	R\$	45.56
SC	116	116BSC2891	84	85	1	SRP	4	4	R\$	277.76
SC	116	116BSC2891	85	86	1	SRO	1	4	R\$	24.61
SC	116	116BSC2891	86	87	1	SRP	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	87	88	1	SRO	1	3	R\$	35.09
SC	116	116BSC2891	88	89	1	SRP	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	89	90	1	SRM	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	90	91	1	SRO	1	3	R\$	24.61
SC	116	116BSC2891	91	92	1	SRO	1	3	R\$	24.61
SC	116	116BSC2891	92	93	1	SRO	1	4	R\$	24.61
SC	116	116BSC2891	93	94	1	SRO	4	4	R\$	417.57
SC	116	116BSC2891	94	95	1	SRM	1	4	R\$	288.23
SC	116	116BSC2891	95	96	1	SRO	4	3	R\$	2.44
SC	116	116BSC2891	96	97	1	SRO	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	97	98	1	SUO	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	98	99	1	SUP	1	3	R\$	-
SC	116	116BSC2891	99	100	1	SUO	3	3	R\$	207.54

UF	BR	SNV	Quilômetro		Extensão	Segmento Homogêneo	DNIT	iRAP	Potencial de Aproveitamento Financeiro
			Inicial	Final					
SC	116	116BSC2891	100	101	1	SRO	1	3	R\$ 24.61
SC	116	116BSC2891	101	102	1	SRM	1	2	R\$ 78.20
SC	116	116BSC2891	102	103	1	SRM	1	2	R\$ 78.20
SC	116	116BSC2891	103	104	1	SRM	1	2	R\$ 2.44
SC	116	116BSC2891	104	105	1	SRM	1	3	R\$ 2.44
SC	116	116BSC2891	105	106	1	SRM	4	3	R\$ 142.25
SC	116	116BSC2891	106	107	1	SRO	4	3	R\$ 110.84
SC	116	116BSC2891	107	108	1	SRM	4	4	R\$ 303.01
SC	116	116BSC2891	108	109	1	SRM	1	4	R\$ 438.51
SC	116	116BSC2891	109	110	1	SRM	4	4	R\$ 78.20
SC	116	116BSC2891	110	111.5	1.5	SRM	4	4	R\$ 374.46
SC	116	116BSC2895	111.5	113	1.5	SRP	4	3	R\$ 122.48
SC	116	116BSC2895	113	114	1	SRO	1	3	R\$ 25.78
SC	116	116BSC2895	114	115	1	SRM	1	3	R\$ -
SC	116	116BSC2895	115	116	1	SRP	4	3	R\$ 79.37
SC	116	116BSC2895	116	117	1	SRP	1	3	R\$ 25.78
SC	116	116BSC2895	117	118	1	SRO	4	3	R\$ 164.37
SC	116	116BSC2895	118	119	1	SRP	4	3	R\$ 36.26
SC	116	116BSC2895	119	120	1	SRP	1	3	R\$ -
SC	116	116BSC2895	120	121	1	SRP	1	3	R\$ -
SC	116	116BSC2895	121	122	1	SRP	1	2	R\$ 68.90
SC	116	116BSC2895	122	123	1	SRO	1	2	R\$ -
SC	116	116BSC2895	123	124	1	SRP	1	2	R\$ 36.26
SC	116	116BSC2895	124	125	1	SRM	4	3	R\$ 122.48
SC	116	116BSC2895	125	126	1	SRO	1	3	R\$ -
SC	116	116BSC2895	126	127	1	SRO	1	3	R\$ 68.90
SC	116	116BSC2895	127	128	1	SRM	4	3	R\$ 25.78
SC	116	116BSC2895	128	129	1	SRO	4	3	R\$ 112.01
SC	116	116BSC2895	129	130	1	SRP	4	3	R\$ 671.88
SC	116	116BSC2895	130	131	1	SRP	4	3	R\$ -
SC	116	116BSC2895	131	132.7	1.7	SRM	4	3	R\$ 122.48

ANEXO A – Atributos considerados por iRAP (2014) na etapa de codificação da rodovia

Atributo da rodovia	Descrição
Etiqueta de pista	Cada trecho da rodovia requer uma etiqueta de pista, a qual pode ser diferenciada em pista simples, dupla ou exclusiva para motocicleta.
Custo dos melhoramentos	Registra a influência que terão o uso do solo circundante, o meio ambiente e a topografia sobre o custo das obras viárias principais.
Fluxo observado de motocicletas	Registra o volume de motocicletas em uso dentro de um segmento de 100 metros.
Fluxo observado de bicicletas	Registra o número de bicicletas observadas em uso dentro de um segmento de 100 metros.
Fluxo observado de pedestres	Registra o fluxo dos pedestres que estão cruzando ou prestes a cruzar a rodovia no segmento de 100 metros, ou caminhando ao longo dos dois lados da via.
Uso do solo	Registra os tipos de atividades que podem ser observadas à beira da rodovia ao longo do seu lado direito e do seu lado esquerdo.
Tipo de área	Registra o nível de desenvolvimento lateral por onde passa a rodovia.
Limite de velocidade	Registra-se o limite de velocidade real anunciado em números que aparece sinalizado em placas de regulamentação na rodovia, tanto para veículos leves, como para motocicletas e caminhões.
Diferencial de velocidades	Registra-se o diferencial do limite de velocidade entre automóveis e caminhões ou automóveis e motocicletas quando este for maior do que 20 km/h.
Tipo de canteiro central	Registra a infraestrutura viária que separa os dois fluxos de trânsito que vem em sentido contrário.
Sonorizadores ao longo do eixo da pista	Registra qualquer tipo de marcação texturizada ao longo do eixo central da via cuja função é de advertir os condutores que estão atravessando o separador central.
Severidade lateral – distância	Registra a distância do objeto mais próximo da demarcação da margem da rodovia que provavelmente seria alcançado, tanto para o lado direito quanto esquerdo da via.
Severidade lateral – objeto	Registra o tipo de objeto mais próximo da demarcação da margem da rodovia que provavelmente seria alcançado, tanto para o lado direito quanto esquerdo da via.
Sonorizadores ao longo do acostamento	Registra qualquer marcação com textura ao longo da rodovia com a função de alertar os condutores que estão deixando a superfície de rodagem do lado direito da pista.
Largura de acostamento pavimentado	Refere ao segmento da pista seguro e dirigível, que se estende para fora do limite da pista

Atributo da rodovia	Descrição
	dirigível a partir da linha de bordo, tanto para o lado direito como esquerdo da via.
Tipo de interseção	Registra a presença e o tipo de interseções das vias sob avaliação com outras vias públicas administradas e mantidas por autoridade rodoviária.
Canalização da interseção	Registra se há linhas demarcadas a cores ou levantadas na interseção com o objetivo de designar trajetos de veículos.
Volume de tráfego na via transversal	Registra-se uma estimativa de VDMA do tráfego na via transversal.
Qualidade da interseção	Representa a qualidade do projeto geométrico da interseção, os sinais de advertência antecipada e a sinalização vertical e horizontal.
Pontos de acesso a propriedades	Registra o número de acessos, de baixo fluxo de veículos, a propriedades de onde veículos podem entrar e sair da rodovia.
Número de faixas	Registra o número total de faixas no sentido do trânsito.
Largura da faixa	Registra a distância compreendida do centro da demarcação do acostamento até o centro da demarcação da faixa adjacente ou da demarcação divisória central da pista.
Curvatura	Registra o alinhamento horizontal da rodovia.
Qualidade da curva	Registra quão fácil seja para o condutor julgar quão fechada é uma curva ou se é possível dirigir nela com segurança.
Inclinação	Registra a inclinação longitudinal de uma rodovia ao longo de sua extensão.
Condição da rodovia	Registra a capacidade da rodovia de prover resistência ao deslizamento, assim como não afetar de modo adverso o trajeto do veículo.
Resistência ao deslizamento/aderência	Registra as características gerais da superfície da rodovia em relação à resistência ao deslizamento e à profundidade da textura.
Delineamento	Registra os atributos da rodovia que informar os condutores sobre as condições da rodovia de modo a mantê-los dentro da faixa de rodagem.
Iluminação pública da via	Registra a presença de iluminação suficiente para iluminar pedestres e ciclistas.
Infraestrutura para travessia de pedestres	Registra a presença de infraestrutura para travessia de pedestres, especialmente construída para esse propósito, tanto na via avaliada, como na via transversal.
Qualidade da travessia de pedestres	Registra quão bem as travessias, tanto na via avaliada como na via transversal, são visíveis aos condutores, ou se existem sinais de advertência.
Canalização de pedestres	Registra a presença de cercas ou de outros tipos de canalização capazes de impedir a travessia de pedestres.

Atributo da rodovia	Descrição
Advertência de zona escolar	Registra a presença de uma zona escolar.
Supervisor de travessia em zona escolar	Registra a presença de um supervisor ou vigilante de travessia.
Gestão de velocidade	Registra a presença de infraestrutura viária que tipicamente reduzirá a velocidade real de operação de tráfego.
Estacionamento de veículos	Registra até onde existem veículos estacionados ao longo dos lados da rodovia.
Provisão de calçada ou caminho informal	Registra a provisão de uma calçada ou de um caminho informal nos dois lados da pista de rodagem.
Rua lateral	Registra a presença de uma rua de serviço que corre paralela à pista principal.
Infraestrutura para veículos motorizados de duas rodas	Registra a presença de infraestrutura construída especialmente para motocicletas e outros veículos motorizados de duas rodas.
Infraestrutura para bicicletas	Registra infraestrutura construída especialmente para ciclistas.
Obras viárias	Registra onde grandes obras de construção ou outras importantes obras viárias estão em andamento na rodovia.
Distância de visibilidade.	Registra a capacidade de o condutor enxergar pedestres ou ciclistas, seja na pista, seja na hora de cruzar a rodovia ou menos veículos em uma interseção.

ANEXO B – Contramedidas propostas por iRAP (2014) e seus atributos relacionados

Contramedida	Atributo relacionado
Alinhamento vertical (principal)	Pontuação
Alinhamento (melhora da linha de visão)	Linha de visão
Alinhamento horizontal	Curvatura
Faixa duplicada – faixa central de > 20 m	Tipo de faixa central Número de faixas
Duplicada - > faixa central de 10 a 20 m	Tipo de faixa central Número de faixas
Duplicada – faixa central de 5 a 10 m	Tipo de faixa central Número de faixas
Duplicada – faixa central de 1 a 5 m	Tipo de faixa central Número de faixas
Duplicada – faixa central de < 1 m	Tipo de faixa central Número de faixas
Duplicação com barreira na faixa central	Tipo de faixa central Número de faixas
Via de acesso	Pontos de acesso a propriedades Via de acesso
Faixa adicional (2 + 1 vias com barreira)	Tipo de faixa central Número de faixas
Implementação de rede de mão única	Tipo de faixa central
Faixa de ultrapassagem	Número de faixas
Grau de separação	Tipo de interseção
Barreira da faixa central (sem duplicação)	Tipo de faixa central
Distância total da faixa central de conversão	Tipo de faixa central
Barreira da faixa central (1+1)	Tipo de faixa central
Balizamento central sonorizado e postes flexíveis	Tipo de faixa central
Faixa central pintada	Tipo de faixa central
Linha central pintada	Tipo de faixa central
Faixa para motocicletas (separada)	Infraestrutura para veículos motorizados de duas rodas
Faixa para motocicletas (construída na rodovia)	Infraestrutura para veículos motorizados de duas rodas
Faixa para motocicletas (logotipos pintados somente na rodovia)	Infraestrutura para veículos motorizados de duas rodas
Ampliação da faixa (> 0,5 m)	Largura da faixa
Ampliação da faixa (até 0,5 m)	Largura da faixa
Acostamento pavimentado do lado do passageiro (>1 m)	Acostamento pavimentado – lado do passageiro
Acostamento pavimentado do lado do passageiro (<1 m)	Acostamento pavimentado – lado do passageiro
Acostamento pavimentado do lado do condutor (>1 m)	Acostamento pavimentado – lado do condutor
Acostamento pavimentado do lado do condutor (<1 m)	Acostamento pavimentado – lado do condutor
Acostamento com vibrador/sonorizador	Acostamento com vibrador/sonorizador

Contramedida	Atributo relacionado
Barreiras à beira da rodovia – lado do condutor	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do condutor Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do condutor
Barreiras à beira da rodovia – lado do passageiro	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro
Remoção de perigos à beira da rodovia – lado do condutor	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do condutor Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do condutor
Remoção de perigos à beira da rodovia – lado do passageiro	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro
Inclinação melhorada – lado do condutor	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do condutor Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do condutor
Inclinação melhorada – lado do passageiro	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro
Rotatória	Tipo de interseção
Pavimentação da superfície da rodovia	Resistência à derrapagem/aderência
Renovação da superfície da rodovia	Estado da rodovia
Resistência à derrapagem (rodovia pavimentada)	Resistência à derrapagem/aderência
Resistência à derrapagem (rodovia não pavimentada)	Resistência à derrapagem/aderência
Interseção sinalizada (4 interseções)	Tipo de interseção
Trecho para conversão protegido em um local já sinalizado (4 aproximações)	Tipo de interseção
Trecho para conversão protegido (4 aproximações sem sinalização)	Tipo de interseção
Interseção sinalizada (3 aproximações)	Tipo de interseção
Trecho para conversão protegido em um local já sinalizado (3 aproximações)	Tipo de interseção
Trecho para conversão protegido (3 aproximações sem sinalização)	Tipo de interseção
Melhoria do cruzamento rodo-ferroviário	Tipo de interseção
Melhoria da faixa central	Tipo de interseção Qualidade da interseção
Ciclovía (separada da rodovia)	Infraestrutura para bicicletas
Ciclovía (na rodovia)	Infraestrutura para bicicletas
Infraestrutura para pedestres em outro nivelamento	Infraestrutura para travessia de pedestres – rodovia inspecionada
Travessia sinalizada	Infraestrutura para travessia de pedestres – rodovia inspecionada

Contramedida	Atributo relacionado
Área escolar	Supervisor na travessia de área escolar
Travessia em nível mais alto sem sinalização	Infraestrutura para travessia de pedestres – rodovia inspecionada
Travessia sem sinalização	Infraestrutura para travessia de pedestres – rodovia inspecionada
Área de refúgio	Infraestrutura para travessia de pedestres – rodovia inspecionada
Qualidade da melhoria da infraestrutura para pedestres	Qualidade da travessia para pedestres
Infraestrutura para pedestres em via lateral em outro nivelamento	Infraestrutura para travessia de pedestres – rodovia inspecionada
Via lateral com travessia de pedestres sinalizada	Infraestrutura para travessia de pedestres – rodovia inspecionada
Caminho do lado do passageiro (sem barreira)	Calçada – do lado do passageiro
Caminho do lado do passageiro (> 3m da rodovia)	Calçada – do lado do passageiro
Caminho do lado do passageiro (adjacente à rodovia)	Calçada – do lado do passageiro
Caminho do lado do passageiro (caminho informal > 1m)	Calçada – do lado do passageiro
Caminho do lado do passageiro (com barreira)	Calçada – do lado do passageiro
Caminho do lado do condutor (> 3m da rodovia)	Calçada – do lado do condutor
Caminho do lado do condutor (adjacente à rodovia)	Calçada – do lado do condutor
Caminho do lado do condutor (caminho informal > 1m)	Calçada – do lado do condutor
Cerca de proteção para pedestres	Cerca de proteção para pedestres
Iluminação (interseção)	Iluminação da rua
Iluminação da rua (travessia para pedestres)	Iluminação da rua
Iluminação da rua (central)	Iluminação da rua
Linha de visão (remoção de obstáculos)	Linha de visão
Aviso de área escolar – luz piscante	Aviso de área escolar
Aviso de área escolar – sinais e demarcações	Aviso de área escolar
Balizamento e sinalização (interseção)	Qualidade da interseção
Melhorar balizamento da curva	Qualidade da curva
Melhorar balizamento	Balizamento
Restringir/combinar pontos de acesso direto	Pontos de acesso a propriedades
Redutor de velocidade	Controle de velocidade/redutor de velocidade
Melhorias de estacionamento	Estacionamento para veículos
Melhoria da inclinação (ciclovía)	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro
Remoção de perigos à beira da rodovia (ciclovía)	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro

Contramedida	Atributo relacionado
Barreiras à beira da rodovia (ciclovía)	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro
Barreiras da faixa central (faixa para motocicletas)	Infraestrutura para veículos motorizados de duas rodas
Inclinação melhorada (segmento de faixa para motocicletas) do lado do passageiro	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro
Remoção de perigos à beira da rodovia (segmento da faixa para motocicletas) do lado do passageiro	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro
Barreiras à beira da rodovia (segmento da faixa para motocicletas) do lado do passageiro	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do passageiro Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do passageiro
Inclinação melhorada (segmento de faixa para motocicletas) do lado do condutor	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do condutor Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do condutor
Remoção de perigos à beira da rodovia (segmento da faixa para motocicletas) do lado do condutor	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do condutor Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do condutor
Barreiras à beira da rodovia (segmento da faixa para motocicletas) do lado do condutor	Perigo à beira da rodovia – distância do lado do condutor Perigo à beira da rodovia – objeto do lado do condutor
Revisão do controle de velocidade	Velocidade de operação (percentil 85)
Revisão do controle de velocidade (faixa para motocicletas)	Limite de velocidade para motocicletas

ANEXO C – Detalhe dos acidentes ocorridos no trecho de análise entre os anos de 2016 e 2018 (PRF, 2019a)

Dia	Ano	Hora	Código SNV	km	Gravidade	Feridos	Mortos
08/01/2016	2016	18:00	116BSC2891	108	Sem vítima	0	0
20/01/2016	2016	20:15	116BSC2891	67,2	Com ferido	2	0
21/01/2016	2016	08:19	116BSC2891	81	Sem vítima	0	0
24/01/2016	2016	18:30	116BSC2891	90,8	Com ferido	1	0
05/02/2016	2016	16:25	116BSC2891	65,2	Sem vítima	0	0
05/02/2016	2016	19:00	116BSC2891	92	Com ferido	2	0
08/02/2016	2016	06:20	116BSC2891	71,2	Com ferido	1	0
09/02/2016	2016	14:00	116BSC2891	107,9	Com ferido	1	0
13/02/2016	2016	22:30	116BSC2891	94,9	Sem vítima	0	0
15/02/2016	2016	14:30	116BSC2891	107,7	Sem vítima	0	0
18/02/2016	2016	02:00	116BSC2891	101,3	Sem vítima	0	0
20/02/2016	2016	22:30	116BSC2891	59,9	Sem vítima	0	0
25/02/2016	2016	22:00	116BSC2891	99,1	Com ferido	1	0
12/03/2016	2016	18:30	116BSC2891	68,8	Com ferido	1	0
12/03/2016	2016	20:00	116BSC2891	76,1	Com morto	2	2
12/03/2016	2016	20:30	116BSC2891	99	Com ferido	3	0
16/03/2016	2016	21:30	116BSC2891	82,3	Sem vítima	0	0
17/03/2016	2016	13:30	116BSC2895	126,5	Com ferido	1	0
22/03/2016	2016	08:00	116BSC2890	59,5	Sem vítima	0	0
02/04/2016	2016	18:30	116BSC2891	87	Sem vítima	0	0
05/04/2016	2016	12:00	116BSC2895	128	Com ferido	1	0
07/04/2016	2016	07:30	116BSC2891	82,8	Com ferido	2	0
10/04/2016	2016	19:10	116BSC2891	71	Sem vítima	0	0
11/04/2016	2016	04:45	116BSC2890	59,7	Sem vítima	0	0
11/04/2016	2016	09:15	116BSC2891	74,5	Sem vítima	0	0
12/04/2016	2016	10:05	116BSC2891	108,5	Com ferido	1	0
14/04/2016	2016	03:10	116BSC2891	102,1	Sem vítima	0	0
21/04/2016	2016	20:40	116BSC2891	69,1	Com ferido	1	0
26/04/2016	2016	11:40	116BSC2891	103,7	Sem vítima	0	0
29/04/2016	2016	15:20	116BSC2891	81,4	Sem vítima	0	0
04/05/2016	2016	04:30	116BSC2891	105,7	Sem vítima	0	0
07/05/2016	2016	07:30	116BSC2891	107,7	Sem vítima	0	0
01/06/2016	2016	18:00	116BSC2891	95	Sem vítima	0	0
04/06/2016	2016	17:30	116BSC2891	83,1	Sem vítima	0	0
04/06/2016	2016	18:30	116BSC2891	71,2	Com ferido	1	0
05/06/2016	2016	19:00	116BSC2890	59,8	Com ferido	3	0
05/06/2016	2016	23:10	116BSC2890	59,2	Com ferido	2	0
12/06/2016	2016	18:20	116BSC2891	68,2	Com ferido	2	0

Dia	Ano	Hora	Código SNV	km	Gravidade	Feridos	Mortos
15/06/2016	2016	19:00	116BSC2895	131,1	Sem vítima	0	0
16/06/2016	2016	17:10	116BSC2891	80,5	Sem vítima	0	0
17/06/2016	2016	15:35	116BSC2891	65,2	Com ferido	2	0
02/07/2016	2016	13:00	116BSC2895	116,2	Com ferido	3	0
09/07/2016	2016	15:50	116BSC2891	68	Com ferido	1	0
13/07/2016	2016	03:15	116BSC2891	108,7	Com ferido	1	0
13/07/2016	2016	19:40	116BSC2891	76,4	Com ferido	1	0
16/07/2016	2016	18:00	116BSC2891	108,8	Com morto	0	1
16/07/2016	2016	21:30	116BSC2891	111,1	Sem vítima	0	0
23/07/2016	2016	22:00	116BSC2891	105	Sem vítima	0	0
31/07/2016	2016	01:40	116BSC2891	105,5	Sem vítima	0	0
31/07/2016	2016	20:15	116BSC2891	75,6	Com ferido	1	0
02/08/2016	2016	05:35	116BSC2895	120,7	Sem vítima	0	0
12/08/2016	2016	12:30	116BSC2891	78	Com ferido	2	0
12/08/2016	2016	21:10	116BSC2891	60,1	Com ferido	2	0
15/08/2016	2016	11:40	116BSC2895	131	Com ferido	1	0
16/08/2016	2016	12:00	116BSC2891	70,8	Com ferido	1	0
28/08/2016	2016	03:40	116BSC2895	132,6	Com morto	0	1
29/08/2016	2016	10:15	116BSC2891	107,8	Sem vítima	0	0
31/08/2016	2016	05:30	116BSC2891	107,5	Sem vítima	0	0
02/09/2016	2016	09:20	116BSC2891	98,8	Sem vítima	0	0
07/09/2016	2016	11:15	116BSC2891	66	Sem vítima	0	0
16/09/2016	2016	11:00	116BSC2895	113,6	Com ferido	1	0
20/09/2016	2016	12:15	116BSC2891	104,4	Sem vítima	0	0
20/09/2016	2016	16:45	116BSC2895	117,4	Sem vítima	0	0
20/09/2016	2016	17:50	116BSC2890	59	Com ferido	3	0
21/09/2016	2016	20:40	116BSC2891	60	Sem vítima	0	0
22/09/2016	2016	09:10	116BSC2891	82,7	Sem vítima	0	0
28/09/2016	2016	20:00	116BSC2891	75,3	Com ferido	1	0
01/10/2016	2016	02:30	116BSC2891	87	Com ferido	2	0
01/10/2016	2016	15:30	116BSC2891	106,3	Com ferido	1	0
02/10/2016	2016	07:35	116BSC2895	131,7	Com ferido	1	0
03/10/2016	2016	14:45	116BSC2891	71	Com ferido	1	0
12/10/2016	2016	09:00	116BSC2891	99,1	Com ferido	2	0
14/10/2016	2016	03:45	116BSC2891	107,5	Com ferido	3	0
15/10/2016	2016	17:10	116BSC2891	109,8	Sem vítima	0	0
28/10/2016	2016	22:00	116BSC2891	85,7	Com ferido	1	0
04/11/2016	2016	19:10	116BSC2891	82,5	Com ferido	1	0
05/11/2016	2016	23:00	116BSC2891	105,7	Com ferido	1	0
10/11/2016	2016	23:50	116BSC2891	73,6	Sem vítima	0	0
12/11/2016	2016	15:30	116BSC2895	129	Com morto	2	1
15/11/2016	2016	12:15	116BSC2891	68	Sem vítima	0	0

Dia	Ano	Hora	Código SNV	km	Gravidade	Feridos	Mortos
22/11/2016	2016	15:58	116BSC2895	112,2	Com ferido	1	0
23/11/2016	2016	21:35	116BSC2891	79,2	Com morto	0	2
24/11/2016	2016	16:00	116BSC2895	124,5	Sem vítima	0	0
02/12/2016	2016	22:15	116BSC2891	70,9	Com ferido	2	0
09/12/2016	2016	13:30	116BSC2891	101	Com ferido	1	0
10/12/2016	2016	00:10	116BSC2891	81,9	Sem vítima	0	0
31/12/2016	2016	22:35	116BSC2891	107,7	Com ferido	1	0
06/01/2017	2017	21:45	116BSC2891	83,5	Com ferido	1	0
11/01/2017	2017	18:30	116BSC2891	66,3	Com ferido	1	0
14/01/2017	2017	19:45	116BSC2891	76	Sem vítima	0	0
18/01/2017	2017	12:50	116BSC2891	99	Com ferido	2	0
25/01/2017	2017	16:30	116BSC2891	62,4	Sem vítima	0	0
28/01/2017	2017	21:50	116BSC2891	108	Sem vítima	0	0
03/02/2017	2017	17:00	116BSC2891	99,9	Sem vítima	0	0
03/02/2017	2017	22:30	116BSC2890	59,8	Com ferido	6	0
04/02/2017	2017	22:45	116BSC2895	126	Com ferido	1	0
06/02/2017	2017	11:00	116BSC2897	132,9	Com ferido	1	0
08/02/2017	2017	07:35	116BSC2891	110,4	Com morto	1	1
09/02/2017	2017	17:15	116BSC2891	103,7	Sem vítima	0	0
14/02/2017	2017	17:30	116BSC2891	69,3	Com ferido	1	0
25/02/2017	2017	10:15	116BSC2895	128	Com ferido	1	0
25/02/2017	2017	14:00	116BSC2891	73,3	Com ferido	2	0
28/02/2017	2017	07:30	116BSC2895	129,5	Sem vítima	0	0
04/03/2017	2017	21:40	116BSC2891	82,9	Com ferido	2	0
06/03/2017	2017	04:30	116BSC2895	121,3	Com ferido	1	0
23/03/2017	2017	19:00	116BSC2895	123,7	Sem vítima	0	0
13/04/2017	2017	21:45	116BSC2891	108	Sem vítima	0	0
24/04/2017	2017	22:20	116BSC2891	104	Sem vítima	0	0
12/05/2017	2017	18:05	116BSC2891	102,2	Com ferido	2	0
12/05/2017	2017	18:15	116BSC2891	69,3	Com ferido	1	0
27/05/2017	2017	13:20	116BSC2895	117,5	Sem vítima	0	0
30/05/2017	2017	10:15	116BSC2891	69	Sem vítima	0	0
04/06/2017	2017	21:10	116BSC2895	121,1	Com ferido	2	0
16/06/2017	2017	08:30	116BSC2895	117,5	Sem vítima	0	0
18/06/2017	2017	15:15	116BSC2891	69	Com ferido	1	0
20/06/2017	2017	18:00	116BSC2891	94,3	Com morto	1	1
07/07/2017	2017	23:15	116BSC2895	132,6	Com ferido	1	0
08/07/2017	2017	05:55	116BSC2895	118,7	Com ferido	6	0
08/07/2017	2017	21:00	116BSC2891	100	Com ferido	1	0
18/07/2017	2017	17:05	116BSC2891	62,6	Com ferido	1	0
18/07/2017	2017	18:37	116BSC2891	63	Sem vítima	0	0
28/07/2017	2017	22:40	116BSC2891	81,6	Sem vítima	0	0

Dia	Ano	Hora	Código SNV	km	Gravidade	Feridos	Mortos
29/07/2017	2017	06:10	116BSC2891	65,5	Sem vítima	0	0
11/08/2017	2017	01:00	116BSC2891	80,6	Sem vítima	0	0
11/08/2017	2017	16:30	116BSC2891	73	Com ferido	4	0
25/08/2017	2017	19:20	116BSC2891	93,5	Com ferido	1	0
25/08/2017	2017	20:00	116BSC2891	82	Com ferido	1	0
26/08/2017	2017	05:45	116BSC2891	109,4	Com ferido	2	0
01/09/2017	2017	18:30	116BSC2891	101,3	Com ferido	1	0
07/09/2017	2017	03:45	116BSC2895	112,5	Com ferido	3	0
10/09/2017	2017	02:10	116BSC2891	102,8	Com ferido	1	0
24/09/2017	2017	09:50	116BSC2895	115,2	Com ferido	1	0
30/09/2017	2017	06:00	116BSC2895	111,9	Sem vítima	0	0
02/10/2017	2017	15:45	116BSC2891	79	Sem vítima	0	0
02/10/2017	2017	20:23	116BSC2891	67,7	Com ferido	1	0
05/10/2017	2017	05:00	116BSC2891	108,8	Com ferido	1	0
06/10/2017	2017	12:15	116BSC2891	91	Com ferido	1	0
06/10/2017	2017	17:35	116BSC2891	69	Com ferido	1	0
09/10/2017	2017	20:35	116BSC2895	123,5	Com ferido	1	0
15/10/2017	2017	18:15	116BSC2890	59,8	Com ferido	1	0
05/11/2017	2017	10:20	116BSC2895	115,2	Com ferido	2	0
09/11/2017	2017	08:00	116BSC2891	82	Sem vítima	0	0
17/11/2017	2017	17:10	116BSC2897	132,9	Com ferido	1	0
23/11/2017	2017	14:20	116BSC2891	82	Com ferido	1	0
26/11/2017	2017	12:15	116BSC2891	97,7	Sem vítima	0	0
04/12/2017	2017	12:15	116BSC2895	124,9	Com ferido	1	0
22/12/2017	2017	21:00	116BSC2891	69,5	Com ferido	1	0
27/12/2017	2017	04:40	116BSC2891	93	Sem vítima	0	0
30/12/2017	2017	14:57	116BSC2891	69	Com ferido	1	0
30/12/2017	2017	22:00	116BSC2890	59,2	Com ferido	4	0
10/01/2018	2018	06:00	116BSC2891	59	Com ferido	1	0
11/01/2018	2018	10:45	116BSC2895	124	Com ferido	1	0
11/01/2018	2018	14:45	116BSC2895	115	Sem vítima	0	0
16/01/2018	2018	16:28	116BSC2891	81	Com ferido	1	0
21/01/2018	2018	04:35	116BSC2891	107	Sem vítima	0	0
21/01/2018	2018	17:50	116BSC2891	64	Com ferido	2	0
29/01/2018	2018	05:20	116BSC2891	64	Com ferido	1	0
29/01/2018	2018	06:00	116BSC2891	64	Com ferido	1	0
29/01/2018	2018	16:10	116BSC2891	106	Com ferido	4	0
02/02/2018	2018	19:15	116BSC2895	117	Sem vítima	0	0
02/02/2018	2018	19:25	116BSC2891	68	Com ferido	1	0
03/02/2018	2018	09:40	116BSC2891	109	Com ferido	1	0
07/02/2018	2018	08:00	116BSC2895	117	Com ferido	3	0
10/02/2018	2018	17:45	116BSC2891	93	Com morto	1	2

Dia	Ano	Hora	Código SNV	km	Gravidade	Feridos	Mortos
11/02/2018	2018	04:42	116BSC2891	107	Com ferido	1	0
11/02/2018	2018	13:15	116BSC2891	93	Com ferido	4	0
23/02/2018	2018	09:00	116BSC2891	64	Sem vítima	0	0
26/02/2018	2018	19:20	116BSC2891	77	Com ferido	2	0
28/02/2018	2018	13:30	116BSC2891	75	Sem vítima	0	0
10/03/2018	2018	14:00	116BSC2895	117	Com ferido	1	0
14/03/2018	2018	05:40	116BSC2895	112	Com ferido	1	0
15/03/2018	2018	02:50	116BSC2895	117	Sem vítima	0	0
17/03/2018	2018	16:30	116BSC2897	133	Com ferido	1	0
18/03/2018	2018	18:00	116BSC2891	73	Sem vítima	0	0
02/04/2018	2018	06:40	116BSC2891	78	Com ferido	1	0
07/04/2018	2018	12:10	116BSC2891	83	Sem vítima	0	0
17/04/2018	2018	11:15	116BSC2895	117	Com ferido	1	0
23/04/2018	2018	07:00	116BSC2895	127	Com ferido	2	0
27/04/2018	2018	12:20	116BSC2891	60	Com ferido	2	0
10/05/2018	2018	18:00	116BSC2891	93	Com ferido	2	0
10/05/2018	2018	20:30	116BSC2891	74	Sem vítima	0	0
11/05/2018	2018	20:30	116BSC2891	70	Com ferido	5	0
26/06/2018	2018	18:50	116BSC2895	129	Com morto	0	2
29/06/2018	2018	09:50	116BSC2891	67	Com ferido	2	0
03/07/2018	2018	02:00	116BSC2895	124	Com ferido	1	0
05/07/2018	2018	18:40	116BSC2895	129	Com ferido	4	0
06/08/2018	2018	15:25	116BSC2895	132	Com ferido	1	0
09/08/2018	2018	15:35	116BSC2891	99	Com ferido	1	0
10/08/2018	2018	15:40	116BSC2891	105	Com ferido	1	0
11/08/2018	2018	11:35	116BSC2891	110	Com ferido	1	0
26/08/2018	2018	12:00	116BSC2895	131	Com ferido	1	0
02/09/2018	2018	19:50	116BSC2890	59	Sem vítima	0	0
20/09/2018	2018	07:20	116BSC2891	107	Com ferido	1	0
21/09/2018	2018	15:00	116BSC2895	118	Sem vítima	0	0
02/10/2018	2018	18:10	116BSC2891	95	Sem vítima	0	0
24/10/2018	2018	16:30	116BSC2891	111	Com ferido	1	0
31/10/2018	2018	09:15	116BSC2891	73	Com ferido	1	0
06/11/2018	2018	20:30	116BSC2891	84	Com morto	1	1
14/11/2018	2018	00:20	116BSC2891	105	Com ferido	1	0
16/11/2018	2018	22:10	116BSC2891	65	Com ferido	1	0
20/11/2018	2018	19:00	116BSC2891	76	Com ferido	2	0
21/11/2018	2018	17:25	116BSC2891	107	Com ferido	1	0
27/11/2018	2018	09:30	116BSC2891	79	Sem vítima	0	0
29/11/2018	2018	01:50	116BSC2891	107	Sem vítima	0	0
30/11/2018	2018	16:40	116BSC2895	128	Com ferido	2	0
30/11/2018	2018	18:20	116BSC2895	129	Com ferido	2	0

Dia	Ano	Hora	Código SNV	km	Gravidade	Feridos	Mortos
09/12/2018	2018	18:10	116BSC2891	69	Sem vítima	0	0
16/12/2018	2018	17:20	116BSC2891	74	Com ferido	1	0
21/12/2018	2018	09:20	116BSC2891	106	Com ferido	1	0

ANEXO D – Segmentos Homogêneos nos trechos SNV analisados

Ano	UF	Rodovia	Código SNV	Km		Superfície	Uso do Solo	Terreno	Classe
2015	SC	116	116BSC2891	59,8	61	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	61	62	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	62	63	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	63	64	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	64	65	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	65	66	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	66	67	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	67	68	Simples	Urbano	Plano	SUP
2015	SC	116	116BSC2891	68	69	Simples	Urbano	Ondulado	SUO
2015	SC	116	116BSC2891	69	70	Simples	Urbano	Montanhoso	SUM
2015	SC	116	116BSC2891	70	71	Simples	Urbano	Ondulado	SUO
2015	SC	116	116BSC2891	71	72	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	72	73	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	73	74	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	74	75	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	75	76	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	76	77	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	77	78	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	78	79	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	79	80	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	80	81	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	81	82	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	82	83	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	83	84	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	84	85	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	85	86	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	86	87	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	87	88	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	88	89	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2891	89	90	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	90	91	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	91	92	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	92	93	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	93	94	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	94	95	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	95	96	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	96	97	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	97	98	Simples	Urbano	Ondulado	SUO
2015	SC	116	116BSC2891	98	99	Simples	Urbano	Plano	SUP

Ano	UF	Rodovia	Código SNV	Km		Superfície	Uso do Solo	Terreno	Classe
2015	SC	116	116BSC2891	99	100	Simples	Urbano	Ondulado	SUO
2015	SC	116	116BSC2891	100	101	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	101	102	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	102	103	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	103	104	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	104	105	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	105	106	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	106	107	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2891	107	108	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	108	109	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2891	109	111,5	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2895	111,5	113	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	113	114	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2895	114	115	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2895	115	116	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	116	117	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	117	118	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2895	118	119	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	119	120	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	120	121	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	121	122	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	122	123	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2895	123	124	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	124	125	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2895	125	126	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2895	126	127	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2895	127	128	Simples	Rural	Montanhoso	SRM
2015	SC	116	116BSC2895	128	129	Simples	Rural	Ondulado	SRO
2015	SC	116	116BSC2895	129	130	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	130	131	Simples	Rural	Plano	SRP
2015	SC	116	116BSC2895	131	132,7	Simples	Rural	Montanhoso	SRM