



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

Anderson Barboza Esteves

**CONTRIBUIÇÕES PARA USO DA METODOLOGIA iRAP EM CONTRATOS DE
CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA**

Florianópolis-SC

2022

Anderson Barboza Esteves

**CONTRIBUIÇÕES PARA USO DA METODOLOGIA iRAP EM CONTRATOS DE
CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA**

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. Dr. Jorge Destri Júnior

Florianópolis-SC

2022

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

Esteves, Anderson Barboza
CONTRIBUIÇÕES PARA USO DA METODOLOGIA IRAP EM CONTRATOS
DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA / Anderson Barboza Esteves ;
orientador, Prof. Dr.(a) Jorge Destri Junior, 2022.
137 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. I.
Destri Junior, Prof. Dr.(a) Jorge . II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. III. Título.

Dedico este trabalho à maior ferramenta de transformação social, intelectual e econômica do Brasil: a Universidade Pública.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas participaram, direta e indiretamente, na conclusão desta nova etapa da minha vida. A vida é feita de encontros, então deixo aqui meus agradecimentos a esses incríveis encontros na minha vida, eles mudaram o rumo de tudo para melhor.

Ao professor Jorge Destri, por toda a orientação, pela paciência com este ser enrolado e por arrumar tempo, quando não tinha, para discussões sobre o desenvolvimento da pesquisa e claro, para dizer que tinha que deixar um pouco a experiência laboral de lado e pensar mais como acadêmico de engenharia de transportes.

Aos amigos do Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER/PR) que, além do incentivo para o meu ingresso neste mestrado, despertaram o meu entusiasmo pela engenharia rodoviária.

À minha família que não mediu esforços para que eu conseguisse seguir meu sonho, a vocês todo o meu amor e gratidão.

Ao meu Amor, obrigado por ser minha inspiração, carinho, afago e compreensão que teve comigo nesses anos. Te amo com todo meu coração.

Agradeço a todos os amigos de mestrado do PPTGT, pelos momentos de apoio, companheirismo e de aprendizado e pelos fundamentais momentos de descontração que fazem parte da jornada.

Muito Obrigado!

Anderson Barboza Esteves

**CONTRIBUIÇÕES PARA USO DA METODOLOGIA iRAP EM CONTRATO DE
CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA**

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

Prof.(a) Marcos Aurelio Marques Noronha, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Eduardo Lobo, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Camila Belleza Maciel Barreto, Dra.
Labtrans/UFSC - Laboratório de Transportes e Logística Campus Universitário

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.

Prof. Dr.(a) Ana Maria Benciveni Franzoni
Coordenadora do Programa

Prof. Dr.(a) Jorge Destri Junior
Orientador

Florianópolis, 24 de março de 2022

RESUMO

Os acidentes de trânsito são uma das maiores causas de óbitos no Brasil e no mundo. A nível nacional, o aumento desproporcional do crescimento da frota veicular em relação a extensão pavimentada da malha rodoviária compromete a segurança viária do país. Assim, a ausência de infraestrutura básica e políticas públicas adequadas contribuem com o aumento do número de acidentes ocorridos nas rodovias. Para garantir sistemas viários mais seguros, a comunidade internacional tem adotado o conceito “vias seguras” e aplicado a metodologia *International Road Assessment Programme* (iRAP) para evitar ferimentos graves e mortes. Este trabalho visa adotar a metodologia iRAP para contratos de conservação rodoviária no Brasil, adequando-a às condições técnicas, econômicas e legais do país. Para aplicar a metodologia, deve-se identificar o registro de acidentes e sua frequência, conhecer os usuários da via e o volume de tráfego, além de realizar uma inspeção da rodovia para classificar os trechos analisados por estrelas, com base nos riscos associados e impactos na segurança viária. Assim, foi possível elencar as intervenções necessárias para garantir a segurança e propor as contramedidas com potencial de prevenir acidentes, com posterior elaboração do quantitativo financeiro por meio do Plano de Investimentos. O estudo constatou que os serviços de conservação são menos onerosos que a implantação de uma nova rodovia, com soluções eficientes de custo baixo e médio de implantação. O serviço de conservação de pavimento foi caracterizado como o de maior influência no orçamento, principalmente em malhas rodoviárias extensas. Além disso, constatou-se que região do país a qual a rodovia está inserida e a condição do pavimento influenciarão no orçamento. Observou-se que a adoção da metodologia iRAP não gerou dados suficientes para caracterizar o plano de investimentos de contramedidas de conservação, mas é possível agregar informações adicionais para determinar a real condição do pavimento, por meio de uma base adicional de dados para melhoria da análise. Após a inserção de dados adicionais a metodologia iRAP, como o uso das normas do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), notou-se uma contribuição positiva no plano orçamentário de investimento da obra e no aumento da segurança viária. Portanto, é possível contribuir com a metodologia iRAP, a fim de atingir uma avaliação mais criteriosa por trecho, estimar os custos de forma mais assertiva e buscar compatibilizar os custos de obra em função das regiões brasileiras.

Palavras-chave: Conservação rodoviária. Metodologia iRAP. Rodovias rurais brasileiras.

ABSTRACT

Traffic accidents are one of the most common death causes in Brazil and in the world. At a national level, the disproportional increase of vehicle fleet in relation to paved road network compromises the road safety of the country. Therefore, the lack of basic infrastructure and adequate public policies contribute to the raise of road accidents. To ensure safer road systems, the international community has been adopting the concept of “safe road”, as well as the International Road Assessment Program (iRAP) methodology to avoid severe injuries and deaths. This work aims to adopt the iRAP methodology to road conservation contracts in Brazil, adapting it to the technical, economic, and legal conditions of the country. To apply the methodology, it is necessary to identify the accidents records and its frequency, know the road users’ profile and the volume of traffic, in addition to carrying out a road inspection to rank the analyzed segments by stars, based on the associated risks and its impacts on road safety. Accordingly, it was possible to list the necessary interventions to ensure safety and propose the countermeasures with the potential to prevent accidents, followed by the preparation of the financial amount through the Investment Plan. The study has shown that conservation services are less onerous than the implementation of a new road, with efficient solutions of low and medium cost of implementation. The service of pavement conservation has been characterized as the most influential within the budget, especially in more extensive road networks. Moreover, it was found that the region of the country where the road is located, and the pavement condition will impact the budget. Furthermore, it was found that the use of iRAP methodology has provided enough data to characterize the plan of investments of conservation countermeasures, but it’s possible to assemble additional information to determinate the condition of the pavement, through an additional database to improve the analysis. After the input of additional data to the iRAP methodology, such as the use of norms of the *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes* (DNIT), it was noted a positive outcome in the construction investment budget plan and in the increase of road safety. Therefore, it was concluded that it’s possible to contribute to the iRAP methodology aiming to achieve a more judicious evaluation for each segment, estimating the costs in a more assertive way and seeking to make the constructions costs compatible with the five Brazilian regions.

Keywords: Road conservation. iRAP methodology. Brazil rural highways.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas – Brasil – 2009-2019 (Valores em mil km).....	16
Figura 2 – Metodologia científica da pesquisa.....	25
Figura 3 – Idade da frota de veículos	27
Figura 4 – Rodovias Federais Pavimentadas - Pista Simples x Duplicadas.....	27
Figura 5 – Classificação do estado geral das rodovias	28
Figura 6 – Classificação da sinalização	28
Figura 7 – Logotipo do programa BR-LEGAL.....	43
Figura 8 – Número de acidentes por defeito na via BR-020	47
Figura 9 – Nº total de Vítimas fatais/ Feridos/ Danos Materiais.....	47
Figura 10 – Rodovias Rio Grande do Sul análise BR-Legal.....	48
Figura 11 – Modelo do Queijo Suiço, James Reason (Templum, 2018).....	50
Figura 12 – Princípios da abordagem do Sistema Seguro para a segurança no trânsito	51
Figura 13 – Classificação por estrelas estradas Vietnam para cada tipo de usuário	63
Figura 14 – Classificação por estrelas iRAP	65
Figura 15 – Inspeção de estradas por bicicletas na China	69
Figura 16 – Processo de revisão sistemática da literatura	71
Figura 17 – Fluxograma das informações nas fases da revisão sistemática.....	73
Figura 18 – Modelo de carro de levantamento de Índice Internacional de Irregularidade (IRI)	101
Figura 19 – Mapa de classificação por estrelas da Rodovia PR-092.	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da frota total de veículos com placa por Região e Unidade da Federação - 2009 - 2019.....	17
Tabela 2 – Antes e Depois BR-Legal BR-153	49
Tabela 3 – Antes e Depois BR-Legal BR-293	49
Tabela 4 – Contramedidas de alto, médio e baixo custo	57
Tabela 5 – Classificação iRAP rodovias São Paulo	60
Tabela 6 – Plano investimento iRAP São Paulo	61
Tabela 7 – Classificação por estrela a partir das contramedidas	61
Tabela 8 – Resultados e custos financeiros	62
Tabela 9 – Planos de contramedidas iRAP Vietnam.....	63
Tabela 10 – Pontuação SRS e a classificação por estrelas da rodovia	66
Tabela 11 – Classificação por estrelas rodovia - caso Burnei	67
Tabela 12 – Classificação por estrela cenário 1 - Caso Brunei	68
Tabela 13 – Classificação por estrelas cenário 2 - Caso Brunei.....	68
Tabela 14 – Resultado da busca dos descritores nas bases de dados	72
Tabela 15 – Contramedidas de baixo custo	76
Tabela 16 – Contramedidas para Conservação Rodoviária previstas pelo iRAP.....	80
Tabela 17 – Contramedidas de segurança de baixo custo propostas para o município.....	85
Tabela 18 – Contramedidas de engenharia específicas para os serviços de conservação rodoviária no Brasil	95
Tabela 19 – Condições de superfície do pavimento do DNIT	102
Tabela 20 – Estrutura do Pavimento da Solução H	104
Tabela 21 – Estrutura do Pavimento da Solução M	104
Tabela 22 – Estrutura do Pavimento da Solução I	104
Tabela 23 – Estrutura do Pavimento da Solução R	104
Tabela 24 – Estrutura do Pavimento da Solução T	105
Tabela 25 – Premissas adotadas para avaliação dos Planos de Investimento	105
Tabela 26 – Custo Médio Gerencial da Solução H	105
Tabela 27 – Custo Médio Gerencial da Solução M.....	106
Tabela 28 – Custo Médio Gerencial da Solução I.....	106
Tabela 29 – Custo Médio Gerencial da Solução R.....	107

Tabela 30 – Custo Médio Gerencial da Solução T.....	107
Tabela 31 – Resumo dos Custos Médios Gerenciais de Recuperação do Pavimento	107
Tabela 32 – Soluções Iguais para Regiões Diferentes.....	109
Tabela 33 – Estrutura do Pavimento da Solução L	109
Tabela 34 – Custo Médio Gerencial da Solução L na região Centro-Oeste.....	109
Tabela 35 – Custo Médio Gerencial da Solução L na região Sul.....	110
Tabela 36 – Condição da Via dos Trechos do Estudo de Caso	113
Tabela 37 – Resistência a Derrapagem dos trechos do Estudo de Caso, Plataforma Vida	114
Tabela 38 – Custos: Contramedidas para a rodovia PR-092.....	115
Tabela 39 – Custos: Contramedidas para a rodovia PR-092.....	116
Tabela 40 – Custos: Contramedidas para a rodovia PR-092.....	117
Tabela 41 – Custos: Plano de Investimento Completo para a rodovia PR-092.....	132
Tabela 42 – Custos: Contramedidas para a rodovia PR-092.....	133
Tabela 43 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Terraplenagem	134
Tabela 44 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Pavimentação	134
Tabela 45 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Ligantes Betuminosos..	135
Tabela 46 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Drenagem.....	135
Tabela 47 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Sinalização	136
Tabela 48 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Mobilização e Desmobilização	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores contribuintes de acidentes – Viário-Ambientais	31
Quadro 2 – Fatores contribuintes de acidentes - Veículos	32
Quadro 3 - Fatores contribuintes de acidentes - Humanos.....	32
Quadro 4 – Atividades de Conservação Corretiva Rotineira	36
Quadro 5 – Atividades de Conservação Preventiva Periódica	39
Quadro 6 – Atividades de Conservação de Emergência.....	40
Quadro 7 – Procedimentos para execução do BR-Legal.....	45
Quadro 8 – Pesquisa CNT quanto à qualidade das rodovias estudadas	48
Quadro 9 – Diferenças de Falhas Ativas x Latentes.....	50
Quadro 10 – Exemplos de contramedidas	56
Quadro 11 – Contramedidas propostas e classificação iRAP esperada para ocupantes de veículos - caso México	66
Quadro 12 – Estudos incluídos na revisão sistemática.....	74
Quadro 13 – Contramedidas para Delineamento previstas pelo iRAP.....	81
Quadro 14 – Contramedidas de engenharia recomendadas para áreas de baixa renda	87
Quadro 15 – Gatilhos das contramedidas do iRAP em relação a conservação do pavimento .	98
Quadro 16 – Opções de Codificação de Qualidade de Pavimento do iRAP.	100
Quadro 17 – Correlação entre a classificação da condição do pavimento pelo DNIT e pelo iRAP.	108
Quadro 18 – Delineamento - Opções de Codificação da sua Qualidade.....	131
Quadro 19 – Resistência a Derrapagem - Opções de Codificação da sua Qualidade	131

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BR-LEGAL	Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CREMA	Programa de Contratação, Restauração e Manutenção
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
FIFA	Federação Internacional de Futebol
GPS	Global Positioning System
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
iRAP	International Road Assessment Programme
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIRMS	Plano de Investimento em Rodovias mais Seguras
PNATRANS	Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito
PRF	Polícia Rodoviária Federal
RDC	Regime Diferenciado de Contratação
SINDIPEÇAS	Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores
SNT	Sistema Nacional de Trânsito
SNV	Sistema Nacional de Viação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS DO ESTUDO	21
1.1.1	Objetivo Geral.....	21
1.1.2	Objetivos Específicos	21
1.2	JUSTIFICATIVA	21
1.3	LIMITAÇÃO DO TRABALHO	23
1.4	METODOLOGIA CIENTÍFICA.....	24
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2	EMBASAMENTO TEÓRICO	26
2.1	TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL	26
2.2	ACIDENTES DE TRÂNSITO	29
2.3	SEGURANÇA VIÁRIA	33
2.4	CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA	36
2.4.1	Programa CREMA.....	41
2.4.2	Programa BR-Legal.....	43
2.5	TEORIA DO QUEIJO SUÍÇO	49
2.6	SISTEMA SEGURO (SAFE SYSTEM).....	51
2.7	METODOLOGIA IRAP.....	52
2.7.1	Levantamento dos Dados	53
2.7.2	Estimativa de Custo e Custo de Melhoria	55
2.7.3	Efetividade das Contramedidas	56
2.7.4	iRAP – Casos Aplicados	60
3	REVISÃO SISTEMÁTICA	71
3.1	CONTRAMEDIDAS DE SEGURANÇA VIÁRIA.....	75
3.1.1	Programas de Segurança Rodoviária do Brasil.....	75
3.1.2	Medidas de baixo custo na Infraestrutura para Conservação de Pavimento	79

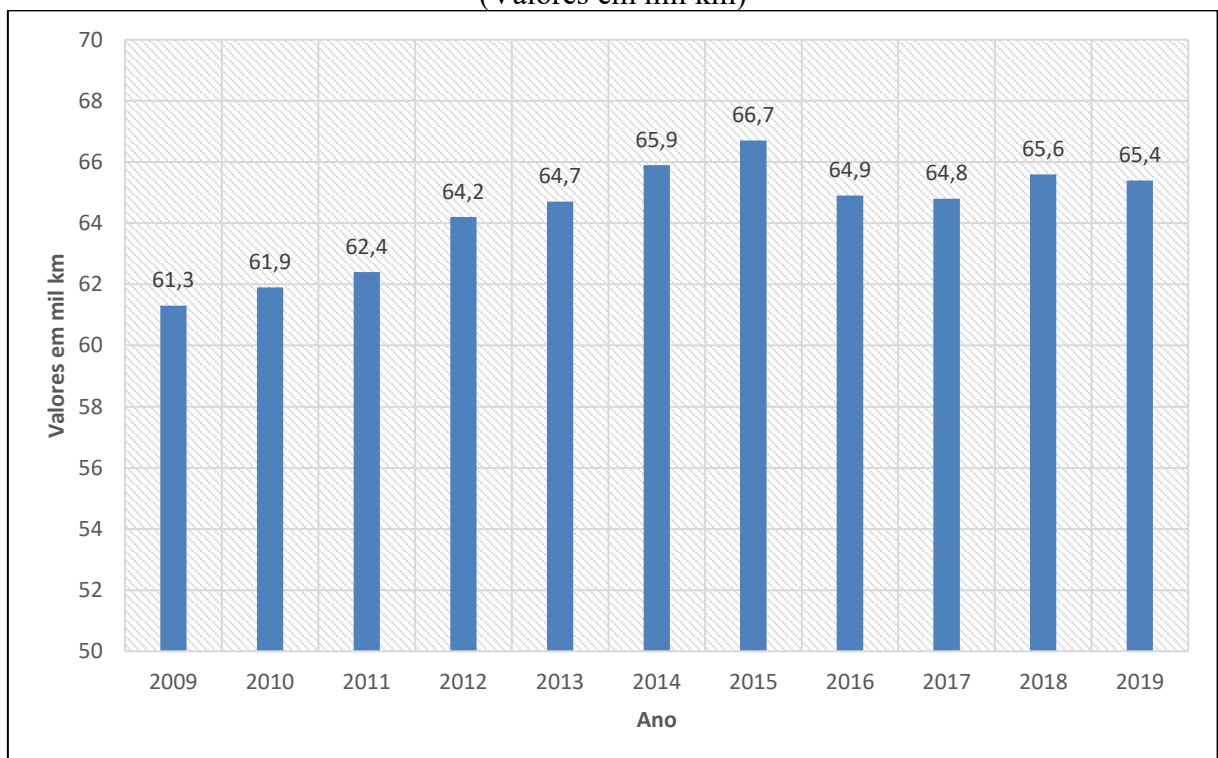
3.1.3	Delineamento.....	81
3.1.4	Remoção de objetos na Margem da Rodovia e Faixa de Domínio.....	82
3.1.5	Alcançar um Tráfego Rodoviário Seguro – A Experiência no Japão.....	83
3.1.6	Modelo de Otimização para Melhorar a Segurança Viária.....	84
3.1.7	Desenvolvimento de Contramedidas para Melhorar Efetivamente a Segurança de Pedestres em Áreas de Baixa Renda.....	85
3.1.8	ChinaRAP (China)	89
3.1.9	Avaliando as Políticas Focadas em Locais Inseguros das Rodovias Indianas	91
3.2	CONTRAMEDIDAS DE SEGURANÇA VIÁRIA – DESAFIOS NO INTERCÂMBIO DE RESULTADOS	92
4	CONTRIBUIÇÕES PARA USO DA METODOLOGIA IRAP.....	95
4.1	CONTRAMEDIDAS DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA	95
4.2	AVALIAÇÃO DOS GATILHOS DAS CONTRAMEDIDAS.....	97
4.2.1	Gatilhos da Metodologia iRAP	97
4.2.2	Novos Gatilhos para as Contramedidas	100
4.3	CUSTOS MÉDIOS GERENCIAIS.....	103
4.3.1	Mesma Região com Soluções Diferentes.....	103
4.3.2	Soluções Iguais para Regiões Diferentes	109
5	ESTUDO DE CASO	111
5.1	INTRODUÇÃO.....	111
5.2	DELIMITAÇÃO DESCRITIVA.....	111
5.3	PLANO DE INVESTIMENTO.....	114
5.4	ORÇAMENTO DO PROJETO	115
5.5	PROBLEMA E A SOLUÇÃO	116
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	120
6.1	SUGESTÃO PARA ESTUDOS FUTUROS	122
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124

1 INTRODUÇÃO

Segundo o anuário da Confederação Nacional do Transportes (CNT) (2019), a malha rodoviária brasileira carece de infraestrutura básica, o que compromete a segurança viária em nosso país. Apenas 12,4% da malha rodoviária é pavimentada, sendo que 87,6% dela é de pista simples (CNT, 2019, p. 11). Além disso, a condição do pavimento também é precária: 52,4% dos trechos avaliados apresentam problemas no pavimento, 48,1% têm deficiência na sinalização e 76,3% têm falhas na geometria (CNT, 2019, p. 74-75).

Outro fator a ser destacado é que a malha rodoviária federal brasileira apresentou um crescimento de 6,7% da extensão total pavimentada no período de 2009 a 2019 (Figura 1) (CNT, 2019, p. 12-13) e, em contrapartida, a frota nacional de veículos apresentou um crescimento de 80,8% para o mesmo período, chegando a mais de 102 milhões de veículos em circulação (Tabela 1) (CNT, 2019, p. 15).

Figura 1 – Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas – Brasil – 2009-2019
(Valores em mil km)



Fonte: CNT (2019).

Tabela 1 – Evolução da frota total de veículos com placa por Região e Unidade da Federação - 2009 - 2019

Região	2009	2019	Crescimento (%)
Brasil	56.769.656	102.666.444	80,8
Norte	2.341.150	5.386.646	130,1
Nordeste	7.763.483	17.756.545	128,7
Sudeste	29.671.431	49.805.810	67,9
Sul	11.970.805	20.134.091	68,2
Centro-Oeste	5.022.787	9.583.352	90,8

Fonte: CNT (2019).

Pode-se verificar a disparidade de crescimento ao comparar o crescimento de frota com o da malha rodoviária pavimentada para o mesmo período. Uma frota de veículos 80% maior, percorrendo numa malha rodoviária sem intervenção ao longo do período, só intensifica o desgaste do pavimento e da sinalização, aumentando a necessidade de conservação através da manutenção das rodovias. (CNT, 2019, p. 16).

Além disso, esse crescimento acelerado, sem que junto ocorra o desenvolvimento de políticas de infraestrutura, resulta em um elevado número de ocorrências de acidentes, uma das principais causas de óbitos no Brasil (CNT, 2018, p. 125).

Em relação aos acidentes ocorridos nas rodovias, é interessante analisarmos quais ocorrem com maior frequência e que relações podem ser feitas entre esses números, a situação das rodovias e as eventuais contramedidas a serem adotadas.

A CNT classifica alguns tipos de acidentes, sendo eles: atropelamento; capotamento; choque; colisão; queda; tombamento e demais tipos que não se enquadram nas categorias anteriores (CNT, 2018, p.20). A partir disso, temos a correlação dos agentes que explicam como ocorre um acidente, o que inclui, os fatores contribuintes e as problemáticas envolvendo veículos e as rodovias.

Para Chagas, Nodari e Mindau (2012, p.2), os acidentes viários são a ponta visível de um “iceberg” de falhas no enorme volume diário de interações entre os usuários do sistema e do meio ambiente em que circulam, e como a maioria das falhas não têm consequências graves, acabam passando despercebidas. Logo, um acidente é geralmente o resultado de uma sequência de ações e eventos, e pode não ocorrer se algumas destas interações se desenvolverem de forma diferente (CHAGAS, NODARI E MINDAU, 2012, p.2).

Para a CNT (2018, p. 23), os fatores contribuintes de um acidente viário seriam “as principais ações, falhas ou condições que levaram à sua ocorrência” e estariam divididos em fator humano, fator veicular, fator institucional/social, fator socioeconômico, fator meio ambiente e fator viário.

O “fator viário” como fator contribuinte de um acidente pode ainda ser desmembrado em diversos tópicos, onde, acordo com a CNT:

A insegurança causada pelas condições precárias da infraestrutura pode estar associada a problemas de geometria da via (falhas no projeto ou falha na adequação da capacidade), sinalização (inexistência ou informação incorreta devido a problemas de implantação e de manutenção) e ao estado do pavimento. Placas em posição errada, faixas inexistentes, pontos críticos na via, curvas acentuadas com problemas de superelevação, falta de placas de advertência antes das curvas e de dispositivos auxiliares de contenção, ausência de placas de limite de velocidade, falta de acostamento, entre outros podem ser citados como fatores relacionados à via que podem contribuir significativamente para que acidentes ocorram (CNT, 2018, p. 27).

O estudo da CNT ainda conclui que, a partir da análise de acidentes ocorridos em rodovias federais entre 2007 e 2017, caso todos os trechos onde tenham ocorrido esses acidentes estivessem classificados como “Ótimo”, em critérios gerais, a estimativa seria de uma redução de até 24,3% no número de mortes (CNT, 2018, p. 126). No que diz respeito às condições de sinalização, aponta o mesmo estudo, caso os trechos onde tenham sido computados acidentes em rodovias federais nesse mesmo período apresentassem condição “Perfeita”, calcula-se que seria possível reduzir em até 21,5% no número de óbitos (CNT, 2018, p. 126).

Além das vidas perdidas, os acidentes de trânsito também são onerosos para a sociedade. Calcula-se que o custo dos acidentes de trânsito pode representar 3% do PIB de alguns países (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS, 2018). Em uma estimativa conservadora, observou-se que os acidentes em rodovias custam para a sociedade brasileira cerca de R\$ 40 bilhões por ano, enquanto os acidentes nas áreas urbanas, em torno de R\$ 10 bilhões, a maior parte desses gastos são referentes a perda de produtividade e despesas hospitalares (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA, 2020).

Ressalta-se que o Brasil foi um dos países signatários da Década de Ação para a Segurança Viária 2011–2020, assumindo o compromisso de reduzir o número de mortes no trânsito em 50% até 2020. Entretanto, foram registrados, apenas em 2020, 5.287 óbitos em acidentes de trânsito nas rodovias federais, esse número é 22,6% acima do que se esperava para cumprir com o compromisso (CNT, 2020).

Na Segunda Década de Ação para a Segurança Viária 2021–2030, o Brasil continua sendo um dos países signatários, pois assumiu o compromisso de reduzir o número de lesões e

mortes no trânsito em 50% até 2030 (ONU, 2020). O Brasil é o quinto país com mais mortes no trânsito, segundo dados da OMS de 2016, atrás de China, Rússia, Índia e Estados Unidos.

Considerando que o trânsito é a oitava maior causa de mortes de pessoas no mundo (OMS, 2019) e o crescimento abrupto da frota de veículos no Brasil, foi publicada a Lei nº 13.614/2018 que criou o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS), acrescentando o artigo 326-A ao Código de Trânsito Brasileiro (CTB), que propôs como um novo desafio a redução, de no mínimo, metade do índice nacional de mortos por grupo de veículos e o índice nacional de mortos por grupo de habitante em 10 anos, a partir de 2019.

Além desses, existem outros programas com a finalidade de manter a integridade e segurança nas rodovias nacionais, como o Plano Nacional de Pesagem (PNP), que tem como objetivo preservar a vida útil prevista da malha viária, como também reduzir o aparecimento de falhas do pavimento e custos de reparo, a partir da fiscalização das cargas transportadas pelos veículos nas rodovias federais tendo como consequência o aumento da segurança para usuários. Já o Programa Nacional de Controle Eletrônico de Velocidade (PNCV) tem por objetivo a execução de serviços de controle viário em rodovias federais mediante a instalação, operação e manutenção de aparelhos eletrônicos de velocidade. Com a coleta das informações no campo, os aparelhos processam dados estatísticos e imagens das infrações de forma contribuir para soluções nos locais de monitoramento.

Já, a nível internacional, tem se consolidado a metodologia iRAP (INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME), com foco voltado a “vias seguras”, baseado na experiência de mais de 100 países, realizando intervenções visando melhorar a segurança das rodovias, evitando mortes e ferimentos graves nas rodovias (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2020). A metodologia, desenvolvida na Inglaterra, propõe avaliar a rodovia através da classificação por estrelas e, a partir disso, propor um plano de investimentos para implementação das contramedidas. A OMS, em parceria com o iRAP, tem como objetivo até este ano de 2021 reclassificar as rodovias no mundo com três estrelas. No Brasil, estima-se que a classificação superior a 3 estrelas, em mais de 75% das vias até 2030, poderá salvar mais de 17.000 vidas por ano (iRAP, 2019). Uma das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) até 2030 é proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos”.

Para que todos esses planos possuam eficácia, é de extrema importância o conhecimento das suas causas e dos tipos de soluções possíveis a serem adotadas.

Segundo DNIT (1998, p. 3), muitas das situações que resultam em acidentes são criadas em função do crescimento de áreas urbanas, industriais, comerciais e agrícolas ao longo das rodovias, bem como em função da deterioração das características físicas das vias e de sua sinalização no decorrer do tempo. Ainda segundo o órgão, diante dessa problemática, pode-se atuar na redução dos acidentes de duas formas: com a implantação de soluções de grande porte e com soluções de baixo custo (DNIT, 1998, p. 4).

A aplicação deste tipo de solução não significa que os acidentes serão obrigatoriamente evitados. Elas podem reduzir o risco, sem, contudo, eliminá-lo. Se o problema for uma curva excessivamente fechada, por exemplo, a solução de grande porte seria a mudança de alinhamento da rodovia, eliminando-se essa característica geométrica inadequada. Na ausência dessa solução, ou enquanto não for possível a sua implantação, os acidentes seriam reduzidos por meio de medidas de menor custo, envolvendo sinalização e/ou modificação de superelevação, aplicação de revestimento antiderrapante, implantação de defensas, dependendo dos tipos de acidentes que estejam ocorrendo.

Dentro de um cenário de aumento de tráfego, deterioração de pista e de sinalização, associado à falta de disponibilidade de recursos para soluções de grande e médio portes, a identificação e implantação de medidas de baixo custo aparece como uma solução viável para o problema de acidentes.

Em geral, a solução de baixo custo não tem recebido a merecida atenção devido ao fato de ser vista, erroneamente, como um paliativo. Entretanto, a experiência mundial mostra que as medidas de baixo custo podem representar uma excelente resposta, principalmente para os países em desenvolvimento, onde as redes rodoviárias apresentam deficiências de projeto e manutenção inadequada, o que resulta em altos índices de acidentes. (DNIT, 1998, p. 4).

As soluções de grande porte (duplicações, alterações de traçado, entre outras) normalmente requerem vultosos recursos financeiros, além de projetos de obras que podem demandar alguns anos até à sua conclusão (DNIT, 1998, p. 4). Já as soluções de baixo custo, caracterizadas pela implantação de projetos simples (sinalização, aplicação de revestimento antiderrapante, implantação de defensas, entre outras) muitas vezes apresentam ótimo retorno em termos de redução de acidentes e de benefício/custo (DNIT, 1998, p. 4).

Já as contramedidas da metodologia iRAP, em resumo, são ações realizadas para prevenir riscos diagnosticados por meio de levantamento visual. Um exemplo disso é a ocorrência de colisão frontal em rodovias de pista simples, tal fato pode ser prevenido com o alargamento da faixa de tráfego e do acostamento.

De posse dessas exposições, serão analisadas como a proposição das contramedidas da metodologia iRAP podem ser mais assertivas para a conservação rodoviária e, para além disso, avaliando o impacto no plano de investimento de rodovias mais seguras. Afinal, existe a necessidade de avaliar a efetividade das soluções propostas com o real retorno para a vida útil da rodovia e, conseqüentemente, para o aumento da segurança viária.

Como é sabido, recursos públicos são escassos e a boa aplicação destes recursos é cobrada pela sociedade civil. Com isso, chega-se à pergunta que norteará este trabalho: “De que forma as contramedidas propostas pela metodologia iRAP para contratos de conservação rodoviária podem ser aplicadas à realidade brasileira?”.

1.1 OBJETIVOS DO ESTUDO

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral fazer uma contribuição para uso da metodologia iRAP em contratos de conservação rodoviária em rodovias rurais no Brasil adequando a adoção de contramedidas com a realidade legal e técnica adotada no país.

1.1.2 Objetivos Específicos

A fim de alcançar o objetivo proposto, os seguintes objetivos específicos serão executados:

- a) Apresentar as contramedidas do iRAP e em que tipo de situação elas trabalham (moderação de tráfego, infraestrutura de pedestres, proteção lateral, entre outras);
- b) Avaliar e indicar quais das contramedidas apresentadas pela metodologia iRAP são aplicáveis à conservação de rodovias;
- c) Apresentar melhorias para implementação do Plano de Investimento em Rodovias Mais Seguras (PIVMS) da metodologia IRAP através da proposição de critérios para tomadas de decisão adicionais aos utilizados pelo método, e que subsidiariam um planejamento com soluções técnicas assertivas para cada caso;
- d) Testar as melhorias propostas através de um estudo de caso.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente a metodologia iRAP, criada na Inglaterra, avalia as rodovias através do Levantamento Visual Contínuo (LVC), esse levantamento é realizado através de veículo que trafega toda a extensão da rodovia com uma câmera acoplada obtendo imagens sucessivas, com afastamento de no máximo 20 metros entre elas, possibilitando identificar situações de insegurança. Essa avaliação resulta na classificação das rodovias pelas situações de insegurança

encontradas, e com isso, sendo possível propor correções com base em dados de fatos recorrentes na maior parte do mundo.

Porém é sabido que cada país possui uma situação específica, sendo diferente as condições climáticas, geológicas, geotécnicas, operacionais, financeiras, culturais, legais, dentre outras. O Brasil, por possuir dimensões continentais, apresenta distâncias consideráveis de uma cidade a outra, sendo necessária interligação com rodovias extensas, diferente de países europeus, por exemplo. Esse fato, demanda a necessidade por restaurações de pavimento em grandes extensões, sendo necessário aquisição de materiais em quantidades e custos consideráveis.

Algumas contramedidas devem ser adaptadas em questões de definições para a realidade do país, como por exemplo sugestões de conservação do pavimento e prevenção de derrapagem.

Além disso, grande parte dos estados brasileiros possuem uma autarquia chamada de Departamento de Estradas e Rodagens (DER), elas são divididas em diversos setores, dentre eles, os de implantação, fiscalização, conservação e operação. Um plano de investimento específico para conservação rodoviária é de extrema importância pois além de todo investimento ficar concentrado em um único setor, ele apresenta um custo mais baixo, adequado a possibilidade de investimento do Brasil e nos possibilita uma celeridade nos processos burocráticos brasileiros, de forma a avançarmos com um serviço de grande importância, com alta efetividade e com uma segurança de execução.

Dentre os serviços de conservação rodoviária os que possuem maior impacto orçamentário no Brasil, em obras rodoviárias, comparando com os demais serviços, são os de reabilitação do pavimento.

Portanto, apesar da conservação rodoviária abranger mais serviços dos que os relacionados ao pavimento, serão considerados esses serviços como objeto de estudo, pela importância apresentada dentro do plano de investimento.

Nessa dissertação serão avaliadas as contramedidas específicas para os contratos de conservação rodoviária apresentando seus benefícios e seus problemas de implementação, apresentando melhorias nas contramedidas existentes ou novas contramedidas de forma a adequar a situação local. Resultando em uma melhor tomada de decisão nas intervenções realizadas nas rodovias, visando a segurança viária, a diminuição dos custos e uma maior vida útil dos elementos relacionados ao serviço.

Em resumo, o PIVMS, ou plano de investimento de vias mais seguras, baseia-se em dados de sustentação obtidos nas classificações das rodovias por estrelas e estimativas de

acidentes fatais e graves para determinar as melhorias de estrada com melhor custo-benefício e prevenir mortes e ferimentos grave.

A boa prática da engenharia considera para elaboração das soluções de restauração do pavimento: o histórico do pavimento, a localização do empreendimento, os estudos de tráfego, os ensaios geotécnicos e os ensaios de avaliação do comportamento do pavimento durante seu período de uso como gatilho para definição da solução e de um orçamento para a obra. A avaliação por ensaios como poços de inspeção do pavimento, separando por dimensões e camadas dos materiais existentes, e para verificação das irregularidades longitudinais e transversais da rodovia, mesmo que só em locais de atenção onde foram identificados para um maior cuidado por parte da avaliação dos atributos feitas pelo iRAP, trariam uma maior segurança para definição das dimensões de custos (baixo, médio e alto).

O pavimento pode apresentar problemas também devido à falta de compactação das camadas finais de terraplenagem e/ou pela ausência da drenagem e presença de lençol freático. As características informadas não são levadas em consideração quando da elaboração do PIVMS do iRAP. Essas informações são obtidas somente quando elaborados sondagens e ensaios específicos para obtenção dessas informações. Porém, a sugestão de uma avaliação mais abrangente onde identificadas as deficiências visuais do pavimento, contribuem para soluções de pavimentos localizadas e um plano de investimento mais condizente com a realidade do local.

As características consideradas pela metodologia iRAP não são suficientes para elaboração de um plano de investimento assertivo com relação a vida útil e custos para a realidade brasileira. Portanto uma solução de reabilitação de pavimento na região sul não pode ser a mesma adotada para a região nordeste, devido a necessidade de adoção de materiais diferentes na execução do serviço e que correspondem num plano de investimento de rodovias mais seguras para cada região do país.

1.3 LIMITAÇÃO DO TRABALHO

Para fins de avaliação desse trabalho, bem como da execução das contribuições por ele sugeridas, as seguintes limitações e/o restrições foram estabelecidas:

- As contribuições atendem as leis e as normas técnicas vigentes atualmente no Brasil;
- A avaliação das contramedidas será específica nas que possuem relação com o pavimento.

1.4 METODOLOGIA CIENTÍFICA

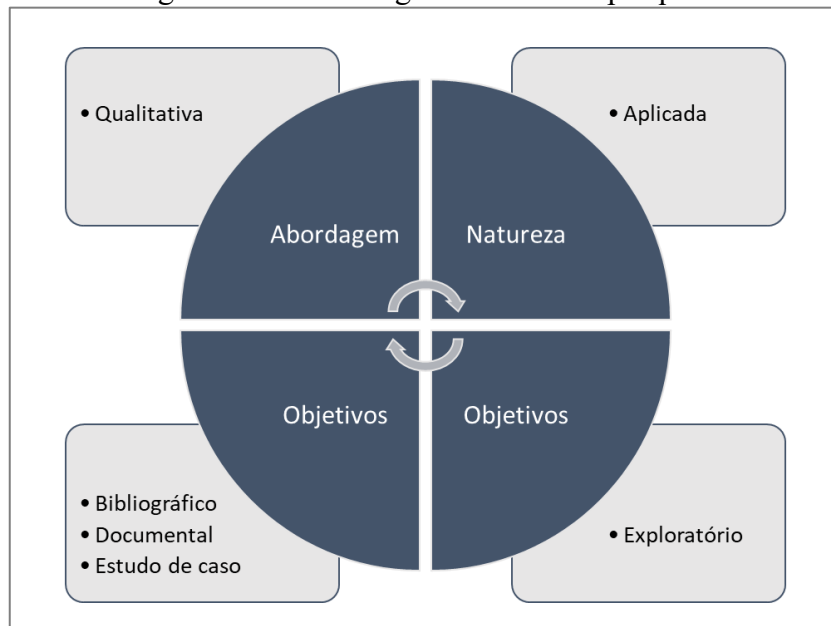
Segundo Gerhardt e Souza (2009, p. 11), “*a metodologia científica é o estudo sistemático e lógico dos métodos empregados nas ciências, seus fundamentos, sua validade e sua relação com as teorias científicas, compreendendo basicamente um conjunto de dados iniciais e um sistema de operações ordenadas adequado para a formulação de conclusões, de acordo com certos objetivos predeterminados*”.

Córdova e Silveira (2009, p. 31) classificam os diferentes tipos de pesquisa quanto à sua abordagem, sua natureza, seus objetivos e seus procedimentos. Aplicando estes princípios a pesquisa aqui apresentada, têm-se:

- a) Quanto à abordagem: qualitativa, “não se preocupando com a representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc” (CÓRDOVA E SILVEIRA, 2009, p. 31);
- b) Quanto a sua natureza: aplicada, “objetivando gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos; envolvendo verdades e interesses locais” (CÓRDOVA E SILVEIRA, 2009, p.35);
- c) Quanto aos seus objetivos: exploratória, “proporcionando maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses” (CÓRDOVA E SILVEIRA, 2009, p.35);
- d) Quanto aos procedimentos: bibliográfica “a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites” (FONSECA, 2002, p. 32 *apud* CÓRDOVA E SILVEIRA, 2009, p.37); documental “recorrendo a fontes mais diversificadas e dispersas, sem tratamento analítico, tais como: tabelas estatísticas, jornais, revistas, relatórios, documentos oficiais, etc” (FONSECA, 2002, p. 32 *apud* CÓRDOVA E SILVEIRA, 2009, p.37); e estudo de caso “caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social” (FONSECA, 2002, p. 33 *apud* CÓRDOVA E SILVEIRA, 2009, p.39).

A Figura 2 ilustra resumidamente a metodologia da pesquisa descrita.

Figura 2 – Metodologia científica da pesquisa



Fonte: AUTOR (2021).

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa está organizada em 6 capítulos.

O capítulo 2 apresenta a base teórica onde será apresentado um panorama sobre o transporte rodoviário no Brasil, no que tange a infraestrutura, frota circulante e segurança viária, serviços de conservação rodoviária e sobre a metodologia iRAP que visa melhorar a segurança no transporte rodoviário.

O capítulo 3 apresenta a revisão sistemática, que reúne os estudos mais relevantes sobre as contramedidas de engenharia conectadas aos serviços de conservação rodoviária, metodologia iRAP, programa BR-Legal e outras programas de segurança viária.

O capítulo 4 apresenta detalhadamente as contribuições propostas.

O capítulo 5 apresenta um estudo de caso em que se aplicou as contribuições propostas.

O capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho e recomendações para trabalhos futuro.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo, primeiramente, é apresentado um panorama em números sobre o estado das rodovias e da frota de automóveis do Brasil. Em seguida, são revisados alguns trabalhos sobre os acidentes nas rodovias brasileiras e seus principais fatores contribuintes, passando, na sequência a revisão bibliográfica relacionada a medidas de segurança viária e, por fim, a revisão tanto das metodologias de segurança viária adotadas no Brasil e as adotadas em outros países.

2.1 TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO BRASIL

Dados da CNT, indicam que a frota total de veículos no Brasil aumentou em 66,5% entre 2010 e 2020, chegando a mais de 107 milhões de veículos registrados (CNT, 2021, p. 19). Por sua vez, o Relatório do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS), apontou para um número de 59.117.648 veículos automotores efetivamente em circulação no Brasil em 2020 (SINDIPEÇAS, 2021, p.1).

Ainda de acordo com o mesmo levantamento do Sindipeças, a idade média dos veículos atingiu 10 anos em 2020. Naquele ano, entre todos os 46 milhões de automóveis (descontadas as motos), 18% da frota apresentava idade superior a 16 anos, 24% tinham até 5 anos de idade e 58% entre 6 e 15 anos de idade (Figura 3) (SINDIPEÇAS, 2021, p.3).

No que se refere à malha rodoviária nacional, segundo dados apresentados na versão de 2021 do Anuário CNT do Transporte, dos 64.177,1 quilômetros de rodovias federais pavimentadas, 57.758,8 quilômetros são de pista simples, 7.119,8 quilômetros são de rodovias duplicadas, e 1.298,5 quilômetros se encontravam em obras para duplicação (Figura 4) (CNT, 2021, p.14).

Na análise do quesito qualidade dessas rodovias, o levantamento da CNT classificou os 109.103 quilômetros de rodovias avaliados no país a partir de aspectos gerais da seguinte maneira: 10.586 (9,7%) como ótimo; 31.041 (28,5%) bom; 42.232 (38,6%) regular; 17.757 (16,3%) ruim e 7.487 péssimo (6,9%) (Figura 5); ou seja, o levantamento nos aponta para um patamar de aproximadamente 23,2% das rodovias do país em condições longe das ideais de trafegabilidade (CNT, 2021, p.86).

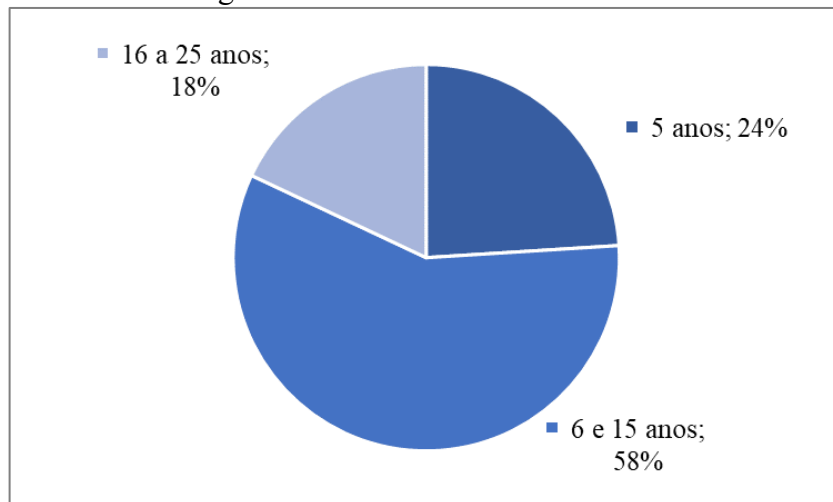
O levantamento da CNT classifica o estado da rodovia em ótimo, bom, regular ou ruim e considera os seguintes itens nas análises da geometria, do pavimento e da sinalização:

- a) Geometria da Via: nesta seção, são identificadas as condições das características geométricas da via, subdivididas em tipo de rodovia, perfil da rodovia, presença de

faixa adicional de subida, presença de pontes e viadutos, presença de curvas perigosas, condição da curva perigosa, presença de acostamento e condição do pavimento do acostamento.

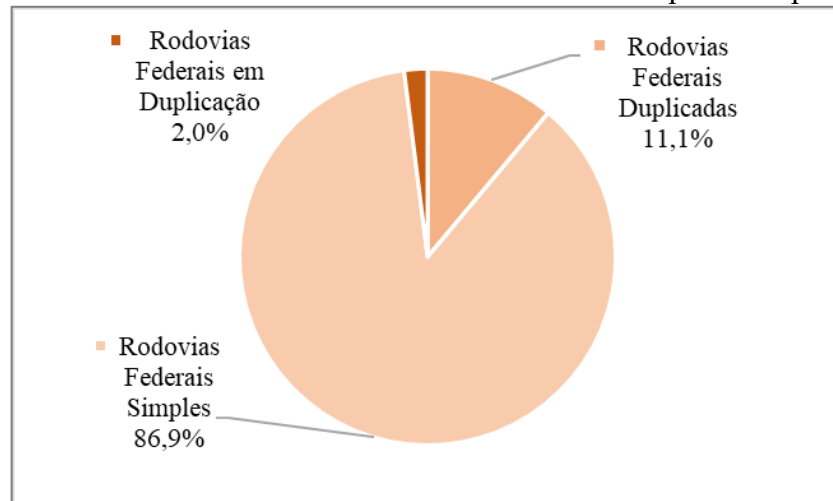
- b) Pavimento: São identificadas as características do pavimento das rodovias, coletando informações acerca da condição de superfície, da velocidade devido ao pavimento e da presença de pontos críticos.
- c) Sinalização: São identificadas a presença e as condições da sinalização horizontal (faixas centrais e laterais), da sinalização vertical (presença de placas de velocidade, placas de indicação e placas de interseção e visibilidade e legibilidade de todas as placas do Código de Trânsito Brasileiro - CTB) e de defensas.

Figura 3 – Idade da frota de veículos



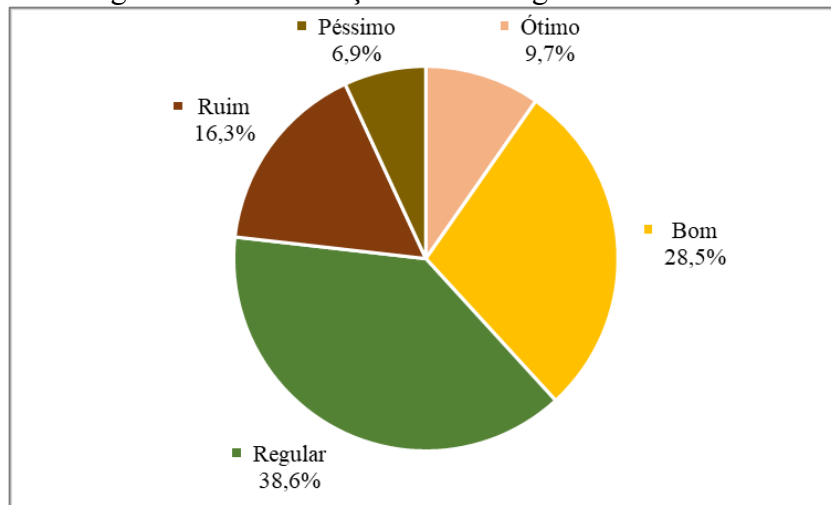
Fonte: SINDIPEÇAS (2021).

Figura 4 – Rodovias Federais Pavimentadas - Pista Simples x Duplicadas



Fonte: CNT (2021).

Figura 5 – Classificação do estado geral das rodovias

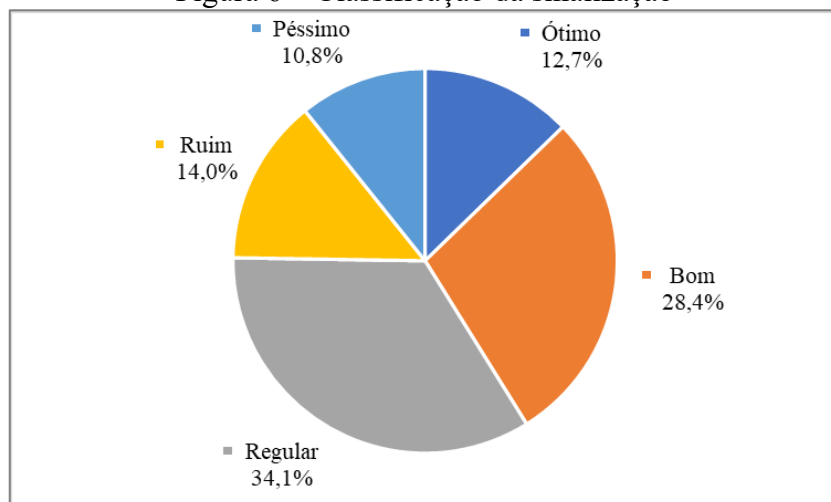


Fonte: CNT (2021).

Quando nos atentamos para as desagregações desses dados, isto é, a análise não geral, mas a partir de determinadas especificidades nas categorias de classificação, percebemos, por exemplo, que: 41% da malha rodoviária analisada encontra-se com pavimento em estado ótimo ou bom.

Ainda na avaliação do ano de 2021, para a sinalização, 64.221 quilômetros (58,9% do total) apresentam deficiências (classificação regular, ruim e péssimo), e em 44.882 quilômetros (41,1%) encontra-se adequada (classificação ótimo ou bom) (Figura 6) (CNT, 2021, p.88).

Figura 6 – Classificação da sinalização



Fonte: CNT (2021).

Com aproximadamente 65% da movimentação de mercadorias e 95% da movimentação de passageiros (CNT, 2021, p. 12), o modo rodoviário é de suma importância

para a economia brasileira, sendo que essa deficiência na maior parte da extensão das rodovias faz com que o custo operacional aumente, tornando ainda mais cara a prestação do serviço de transporte de carga (CNT, 2021, p. 203), bem como aumenta os riscos de acidentes no transporte de passageiros.

A análise a respeito desses dados referentes à malha rodoviária e a frota de automóveis brasileiras são importantes para o dimensionamento, contextualização, apresentação de parte da revisão bibliográfica e embasamento teórico descritos na sequência.

2.2 ACIDENTES DE TRÂNSITO

Sendo a principal modalidade do país, o transporte rodoviário brasileiro ainda convive com um número alto de vítimas fatais. Dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DataSUS), do Ministério da Saúde indicam que, em 2019, foram 30.371 vítimas fatais registradas. Isso significa que, a cada dia, aproximadamente 83 pessoas morrem em acidentes de trânsito no Brasil (BRASIL, 2019).

Todos esses acidentes e vítimas fatais exercem um enorme impacto em termos de custos ao país. De acordo com dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), pouco mais de R\$ 12,8 bilhões foram gastos em rodovias federais por conta de acidentes somente no ano de 2014 (IPEA, 2020, p.11). O montante estava dividido da seguinte maneira: R\$ 7,9 bilhões em despesas hospitalares relacionadas às pessoas e perda de produção das vítimas; R\$ 4,8 bilhões relacionados a gastos com remoção e danos aos veículos, além da perda de cargas; e aproximadamente R\$ 70 milhões gastos em processos e danos às propriedades atingidas nos acidentes.

Analisando os custos separadamente, verifica-se que o maior valor estimado é referente à perda de produção das pessoas (43%), 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 a sua expectativa de vida. Os impactos da perda de produção recaem sobre a Previdência Social e também sobre a família, em função de seu empobrecimento. O segundo maior custo é o dano veicular (30%), seguido do hospitalar, representando cerca de 20% do total (IPEA, 2015, p.20).

Para além disso, o próprio estudo indica que, em média, cada acidente registrado em rodovias federais custou ao país R\$ 72.705,31 (IPEA, 2015, p.20). Entretanto, quando o acidente envolve vítima fatal, o ônus financeiro é ainda maior, chegando ao custo médio de R\$ 646.762,94. Ao mesmo tempo que o acidente com vítimas fatais representa menos de 5% do

total de ocorrências, é responsável por cerca de 35% dos custos totais vinculados aos acidentes (IPEA, 2015, p.20). O cenário indica “a necessidade de intensificação das políticas públicas de redução não somente da quantidade dos acidentes, mas também da sua gravidade” (IPEA, 2015, p.20). Tal panorama, portanto, escancara a necessidade de estudos sobre a malha rodoviária brasileira, os acidentes de trânsito e as medidas adotadas para impedi-los.

De acordo com a análise de Chagas (2011), acidentes de trânsito recorrentemente são resultado de uma série de fatores contribuintes, que envolvem diferentes aspectos. Dionde (2012) também ressalta a multiplicidade de fatores envolvidos nas ocorrências de acidentes de trânsito e o modo como esses fatores, na verdade, atuam em conjunto.

Entretanto, é a própria Chagas quem aponta que, ao nos debruçarmos sobre o estudo desses acidentes no Brasil, constata-se a constante nos relatórios policiais de se registrar o acidente como resultado apenas de uma causa relacionada a fatores humanos (CHAGAS, 2011). Dessa forma, reside aí a primeira dificuldade para diagnóstico dos problemas. Afinal, a primordialidade para execução dessa análise consiste na existência de um banco de dados, com descrição dos inúmeros fatores simultâneos.

Entre os dados a serem coletados é importante identificar quais as categorias de usuários estão envolvidas em colisões, as manobras e comportamentos que levam às falhas e sob que condições ocorrem os acidentes para poder concentrar esforço no aprimoramento da segurança (CHAGAS, 2011, p. 60).

Na mesma linha, Chagas, Nodari e Mindau (2012) e Mantovani (2003) reafirmaram que o primeiro passo para a elaboração de medidas para redução de acidentes é a disposição de dados confiáveis. Os pesquisadores ressaltam, ainda, a característica particular das informações referentes aos fatores contribuintes dos acidentes. Afinal, se nos dados coletados nos registros tradicionais dos acidentes obtém-se informações estritamente objetivas, a análise dos fatores contribuintes está imersa no campo da subjetividade, e “dependem da habilidade e experiência de um investigador encarregado de reconstruir os eventos que levaram ao acidente (BROUGHTON *et al.*, 1998)”.

Neste sentido, o próprio CTB, em seu artigo 24, aponta que “os órgãos executores da política de trânsito dos municípios devem coletar dados estatísticos e elaborar estudos sobre os acidentes e suas causas” (CTB,2021, p. 25).

A partir disso, Cupolillo (2016) observa que, no momento da análise do acidente, deve-se atentar para a classificação de cada um desses fatores contribuintes e correlacioná-los. Ou seja, a chegada a um denominador comum na análise dos acidentes deve ser pautada pela

independência e integração dos vários contribuintes. Com isso, será possível fornecer diagnóstico e estabelecer contramedidas para mitigação dos ocorridos. (Cupopillo, 2016).

Sobre esse ponto de vista, Chagas (2011, p. 87) nos oferece uma relação dos principais contribuintes para a ocorrência dos acidentes. Entender a relação abaixo é importante para o desenvolvimento da pesquisa de acidentes e mitigações:

- a) Fatores humanos, relacionados ao comportamento e ações das pessoas;
- b) Fatores viários-ambientais, relacionados à via ou ao meio ambiente no qual está inserida a estrada;
- c) Fatores veiculares, relacionado a eventuais falhas ou desenho da estrutura do automóvel;
- d) Fatores institucionais, relacionados às leis e metodologias de fiscalização presentes na rodovia; e
- e) Aspectos socioeconômicos.

Como explicita Nodari, boa parte dos acidentes são, de fato, decorrência do comportamento humano. Acontece que, de maneira bastante preponderante, a falha humana é associada a outros fatores, que juntos e inter-relacionados contribuem para o acidente.

O componente humano é apontado como responsável por 95% dos acidentes de trânsito, sendo que, deste percentual, 24% resulta da interação do componente humano com o viário-ambiental e 4% da interação do componente humano com o veicular. Dessa forma, ter-se-ia que a responsabilidade exclusiva do fator humano é de 67%. Exclusivamente a cada um dos fatores viário ambiental e veicular, é atribuído 4% da responsabilidade sobre a ocorrência de acidentes. (NODAR, *apud* AUSTROADS, 1996, p.14).

No Quadro 1, Quadro 2 e Quadro 3 apresentado por Chagas, Nodari e Mindau (2012, p. 9), observa-se mais detalhadamente a relação de fatores contribuintes para acidentes, dentro da perspectiva apresentada acima, que os classifica de acordo com a categoria de fatores.

Quadro 1 – Fatores contribuintes de acidentes – Viário-Ambientais

Categoria Viário-Ambiental			
1	Animal ou objeto na via		
2	Acidente anterior	10	Chuva
3	Superfície lisa, escorregadia	11	Nevoeiro
4	Desvio temporário	12	Iluminação pública insuficiente
5	Sinalização horizontal inadequada ou apagada	13	Obras (na via ou fora da via)
6	Superfície molhada ou alagada	14	Semáforo (defeito, faltando)

Categoria Viário-Ambiental			
7	Redutor de velocidade	15	areia, barro, sujeira, cascalho, lama
8	Acostamento (sem acostamento ou em desnível)	16	Óleo
9	Sinalização vertical oculta (vegetação, outro objeto)	17	Geometria de via desfavorável

Fonte: CHAGAS, NODARI E MINDAU (2012, p.9)

Quadro 2 – Fatores contribuintes de acidentes - Veículos

Categoria Veículos			
18	Carga (solta ou com excesso)		
19	Passageiros em excesso	23	Pneu
20	Falha mecânica	24	Ausência de espelhos
21	Falha no engate do reboque	25	Visibilidade nas janelas
22	Luzes (farol. Sinalização traseira, luz de freio)	26	Bicicleta sem refletores ou luz

Fonte: CHAGAS, NODARI E MINDAU (2012, p.9)

Quadro 3 - Fatores contribuintes de acidentes - Humanos

Categoria Ações humanas		
27	Exceder o limite de velocidade, velocidade adequada para o momento	Imprudência
	Muito veloz para a curva e distância entre veículos incompatível	Imprudência
28	Falha ao dar preferência, ao parar (sinal, pedestre, preferencial)	Erro de decisão
	Curva imprópria (troca de faixa, trajetória)	Erro de decisão
29	Violação com luz: sem faróis ou não baixou farol e uso impróprio do freio	Falha na condução do veículo
30	Desobediência ao semáforo, a sinalização (pare e preferencial), a faixa de pedestres, ao direito de passagem de outro veículo	Infração
31	Ultrapassagem imprópria	Infração
32	Parado em local impróprio	Infração
33	Contramão	Infração
34	Falha ao sinalizar ou sinalizar incorretamente, ao olhar corretamente, ao julgar a trajetória, velocidade ou espaço, ao manter o veículo na própria faixa	Erro de desempenho ou reação
35	Desvio brusco, movimento excessivo na direção	Erro de desempenho ou reação
36	Perda de controle do veículo	Erro de desempenho ou reação
37	Saída da via	Erro de desempenho ou reação
38	Desatenção (atenção inadequada)	Debilidade ou distração
39	Aparentemente cansado/fadigado/dormindo, doente (incapacidade, debilidade física ou mental, mal súbito)	Debilidade ou distração
40	Aparentemente	Debilidade ou distração
41	Prejudicado pela ingestão de álcool, pelo uso de drogas (ilícitas ou medicamentos)	Debilidade ou distração
42	Prejudicado	Debilidade ou distração
43	Distração por uso de equipamento de comunicação, distração dentro do carro e fora do carro	Debilidade ou distração

Categoria Ações humanas		
44	Dirigir com agressividade	Comportamento ou in experiência
45	In experiência do condutor	Comportamento ou in experiência
46	Vegetação	Visão Prejudicada
47	Geometria da via (inclinação, curva)	Visão Prejudicada
48	Prédios, sinalização de trânsito ou mobiliário urbano	Visão Prejudicada
49	Visão prejudicada por reflexo (farol, sol), prejudicada de dentro do veículo	Visão Prejudicada
50	Não usar faróis a noite ou quando necessário	Visão Prejudicada
51	Andando entre veículos	Motociclista/Ciclista
52	Contramão	Motociclista/Ciclista
53	Sobre o passeio	Motociclista/Ciclista
54	Falha ao respeitar semáforo, sinalização, agente ou direito de passagem	Ação/circunstâncias do não-condutor
55	Ação relacionada a veículo parado ou estragado	Ação/circunstâncias do não-condutor
56	Local improprio de travessia	Ação/circunstâncias do não-condutor
57	Uso incorreto dos recursos de travessia para pedestres	Ação/circunstâncias do não-condutor
58	Falhar ao julgar a velocidade ou trajetória do veículo	Ação/circunstâncias do não-condutor
59	Ação perigosa na via (parado, deitado, trabalhando, brincando)	Ação/circunstâncias do não-condutor
60	Prejudicado pelo consumo de álcool, pelo consumo de drogas (ilícitas e medicamentos)	Ação/circunstâncias do não-condutor
61	Descuidado, desatento, negligente ou com pressa	Ação/circunstâncias do não-condutor
62	Caminhando ao longo da via	Ação/circunstâncias do não-condutor

Fonte: CHAGAS, NODARI E MINDAU (2012, p.9)

2.3 SEGURANÇA VIÁRIA

A Conferência Mundial Ministerial sobre Segurança no Trânsito: Tempo de Agir, realizado no ano de 2009 abordou a nível mundial quanto à necessidade de adotar ações de segurança no trânsito. Este evento contribuiu com a criação da Década de Ação pela Segurança no Trânsito – 2011 a 2020, instituída pela Resolução A/RES/64/2552, com o objetivo de estimular a elaboração de um plano com políticas, programas, ações e metas que diminuíssem em 50% o número de óbitos ocasionados por acidentes de trânsito (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2021)

A Década de Ação teve lançamento em 2011 no Brasil, com posterior criação do Plano Nacional de Redução de Mores e Lesões no Trânsito (PNATRANS) a fim de alcançar um novo

nível na gestão de trânsito no país e minimizar o índice de mortes por grupo de veículos e por grupo de habitantes. Este documento propõe metas de desempenho com base em seis pilares, quais sejam: (1) gestão de segurança no trânsito, (2) vias seguras, (3) segurança veicular, (4) educação para o trânsito, (5) atendimento às vítimas e (6) normatização e fiscalização. A Segunda Década de Ação pela Segurança no Trânsito compreende o período de 2021 e 2030 e está alinhada a Agenda 2030 que visa o alcance do desenvolvimento sustentável (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2021).

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável aborda o desenvolvimento sustentável a partir das esferas social, econômica e ambiental, a fim de promover a paz, a justiça e instituições eficazes. Portanto, a agenda é constituída por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que visam melhorar a qualidade de vida das pessoas, em países desenvolvidos e em desenvolvimento. O ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis prevê “tornar as cidades e as comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis”, assim, este objetivo tem como meta garantir que os acessos aos sistemas de transportes sejam seguros, acessíveis, sustentáveis e com preço acessível até 2030. Deste modo, acredita-se que haverá melhoria da segurança rodoviária por meio da expansão das redes de transporte público (UNRIC, 2018).

Além disso, o ODS 3 – Saúde de Qualidade visa “garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades” e incluir a meta de redução do número de mortos e feridos globais decorrentes de acidentes rodoviários (UNRIC, 2018).

Em relação ao tratamento e medidas tomadas que visam a minimização das ocorrências de trânsito é possível destacar alguns aspectos. Ao tratar do tema, Nodari (2003) aponta para a existência de dois tipos de ações: as reativas, ou corretivas, e as pró-ativas, ou preventivas, que tem como principais exemplos a auditoria de segurança viária e a análise de conflitos de tráfego.

Dos chamados programas “reativos”, isto é, que procuram operar ações de melhorias nas vias a partir das informações derivadas dos registros de acidentes, as ações estão envoltas em meio a uma problemática: “aguardar” que um número significativo de acidentes ocorra em um mesmo determinado local para que seja possível o fornecimento de uma base de dados consistente e, a partir da análise desses dados, formular contramedidas. (NODARI, 2003, p.12).

Como exemplo de tratamentos reativos a partir da análise de dados está a correção de pontos críticos de rodovias. Sobre isso, escreve Nodari:

Após a identificação dos locais propensos à ocorrência de acidentes, parte-se para análise dos registros de acidentes desses locais com objetivo de identificar padrões de acidente para cada local. Conhecendo os tipos de acidentes mais comuns em um determinado local, é possível identificar as prováveis deficiências do ambiente viário responsáveis por tais acidentes (NODARI, 2003, p. 13).

A análise desses dados relativos a acidentes, no entanto, no entendimento de Nodari, embora relativamente simples, pode incorrer em alguns erros. O principal, segundo o pesquisador, é no direcionamento equivocado dos dados brutos de determinada situação. Por exemplo, acreditar que a frequência de acidentes em um mesmo determinado local é capaz de classificá-lo como um ponto crítico, sem antes colocar o dado em medida comparativa (número de acidentes/volume do tráfego). Afinal, “é razoável esperar que ocorram mais acidentes naqueles locais onde circulam maiores quantidades de veículos” (NODARI, 2003, p. 13).

Dessa forma, podemos pontuar que medidas reativas têm a função de resolver problemas de excessivos acidentes num mesmo ponto da rodovia, que acontecem periodicamente, enquanto medidas pró-ativas devem ser utilizadas em situações em que foi constatado um risco potencial na via, antes que de fato os acidentes ocorram.

Na visão de Meirelles (1992) acerca da coleta de dados para identificação dos acidentes, o processo de busca deve estar de acordo com alguns itens, como “definir onde, quando, quais usuários e tipos de acidentes representam um problema crítico”; “medir e monitorar o desempenho das políticas e programas de prevenção e aumento da segurança de trânsito”; e desenvolver estudos e projetos de segurança de trânsito em toda a malha viária, viabilizando a seleção de medidas de prevenção a serem implantadas;”.

Em seu “Guia de Redução de Acidentes com Base em Medidas de Engenharia de Baixo Custo”, de 1998, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) nos apresenta metodologias semelhantes, diferenciando Gerenciamento Corretivo e Gerenciamento Preventivo. Na catalogação do órgão, no gerenciamento preventivo “procura-se monitorar toda a rede viária, tomando-se as providências necessárias para a sua manutenção dentro de padrões previamente estabelecidos de segurança viária, independente da ocorrência ou não de acidentes” (DNIT, 1998, p.2).

É neste método que se encaixa, portanto, atividades de conservação incorporadas à rotina dos órgãos responsáveis pela rodovia, que seriam implementadas baseadas em um padrão pré-definido. Tal padrão selecionado “levaria em consideração o custo de implantação, os recursos disponíveis e a peculiaridade de projetos elaborados e implantados há muitos anos, hoje inadequados para os padrões desejáveis de segurança viária” (DNIT, 1998, p.2). Como exemplo da aplicabilidade dessas atividades, o DNIT cita curvas com raios acentuados, acostamentos sem largura suficiente e trechos sem terceiras faixas.

Em contrapartida, o gerenciamento corretivo diz respeito a atuação precisa em locais específicos, isto é, onde já pode-se constatar a ocorrência frequente de acidentes. “Essa

ocorrência concentrada sugere a possibilidade de se conseguir sua redução através de intervenções localizadas de engenharia, sem se modificar as características gerais da rodovia” (DNIT, 1998, p.3).

2.4 CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

Ao longo do tempo da vida útil da rodovia, após ser implantada, os esforços exercidos pelo tráfego no pavimento, a ocorrência de acidentes e as situações decorrentes de fatores climáticos contribuem para a aparência de falhas e desgastes do sistema operacional de uma rodovia, sendo necessário um conjunto de ações de forma a manter todas as funcionalidades da mesma ou até mesmo melhorar suas condições, chamado de conservação rodoviária.

Para o DNIT, o conceito de Conservação Rodoviária “consiste no conjunto de operações realizadas com o objetivo de preservar as características técnicas, físicas e operacionais do sistema rodoviário dentro de padrões de serviço estabelecidos, a fim de proporcionar conforto e segurança aos usuários”. (DNIT, 2005, p 99)

Ainda segundo o DNIT, as operações são divididas em 5 grupos de tarefas, quais sejam:

a) Conservação corretiva rotineira

É composta por um conjunto de operações que visa reparar ou sanar um defeito, assim como reconstituir o funcionamento dos elementos que compõe a rodovia, proporcionando conforto e segurança aos usuários (DNIT, 2005, p 99). As atividades que compreendem este tipo de conservação são indicadas no Quadro 4:

Quadro 4 – Atividades de Conservação Corretiva Rotineira

Serviço	Descrição
Reconformação da plataforma	Consiste em conformar superfície não pavimentadas, utilizando motoniveladora, sem adição de material, afim de permitir boas condições de tráfego e drenagem.
Recomposição manual de aterro	Consiste em recuperar manualmente partes erodidas dos aterros, visando restabelecer, inclusive, os perfis dos taludes, para evitar acidentes e danos ao corpo estradal.
Roçada manual	Consiste no corte da vegetação de pequeno porte na faixa de domínio, melhorando a visibilidade e aspecto da rodovia.
Capina Química	Consiste na erradicação da vegetação através da aplicação de produtos químicos, objetivando evitar sua expansão nos acostamentos e facilitar a drenagem.

Serviço	Descrição
Limpeza de sarjeta e meio fio	Consiste na remoção do material depositado ao longo das sarjetas e linhas d'água do meio fio, visando facilitar o escoamento das águas superficiais.
Limpeza de valeta de corte	Consiste na remoção do entulho e dos sedimentos existentes. No caso de valetas não revestidas deve se evitar a total remoção da vegetação. Apenas aquela que impeça o fluxo da água deve ser cortada.
Limpeza de bueiro	Consiste na remoção de todo material que impeça o livre funcionamento dos bueiros, restabelecendo-se o escoamento normal das águas.
Reparo de drenagem superficial de concreto	Consiste na remoção de todo material que impeça o livre escoamento das águas pela galeria.
Limpeza de drenagem da plataforma	Consiste na limpeza geral da drenagem superficial existente na plataforma da via, removendo o material resultante da limpeza, com o objetivo principal de permitir o escoamento das águas superficiais, em qualquer momento, e secundariamente, propiciar bom aspecto à rodovia.
Limpeza de drenagem fora da plataforma	Consiste na limpeza geral (mato, entulhos, solo), de todo tipo de drenagem superficial existente fora da plataforma da via, com o objetivo de permitir o livre escoamento das águas superficiais.
Recomposição de guarda corpo	Consiste na substituição ou reconstrução de guarda-corpos danificados, podendo se utilizar, eventualmente (pré-moldados). Trata-se de um serviço de alta prioridade que deve ser executado o mais rápido possível.
Selagem de trinca	Consiste no enchimento de trincas e fissuras no revestimento betuminoso ou pavimento de concreto de cimento com material asfáltico para impedir a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento.
Tapa buraco	Consiste em reparar buraco ou depressão secundária no revestimento, de modo a evitar maiores danos ao pavimento e se obter uma superfície de rolamento segura e confortável.
Remendo profundo com demolição mecanizada	Consiste em remover a base defeituosa, substituir o material de suporte deficiente por outro com suporte adequado e reparar o revestimento com mistura asfáltica. Se necessário, executar drenagem superficial ou profunda.
Remendo profundo com demolição manual	Consiste em remover a base defeituosa, substituir o material de suporte deficiente por outro com suporte adequado e reparar o revestimento com mistura asfáltica. Se necessário, executar drenagem superficial ou profunda.
Limpeza e enchimento de juntas de pavimento de concreto de cimento Portland	Consiste em limpar as juntas dos pavimentos rígidos, calafetando-as com material apropriado que permite sua livre dilatação, evitando a penetração de água e materiais estranhos.
Renovação de sinalização horizontal	Consiste na pintura de faixas ao longo do eixo do pavimento, em seus bordos ou em faixas de circulação para fornecer/manter orientação visual ao motorista.
Recomposição de placa de sinalização	Consiste no reparo, substituição e implantação da sinalização vertical.
Limpeza de taxa refletiva monodirecional	Consiste na limpeza de taxas refletivas utilizando equipamento aplicador de água à alta pressão.
Limpeza de taxa refletiva bidirecional	Consiste na limpeza de taxas refletivas utilizando equipamento aplicador de água à alta pressão.

Serviço	Descrição
Reposição de taxa refletiva monodirecional	Consiste nos serviços de substituição ao longo das rodovias de taxas refletivas com pino, que sofreram avarias, o que exigirá uma substituição esparsa e descontínua.
Reposição de taxa refletiva bidirecional	Consiste nos serviços de substituição ao longo de rodovias de taxas de refletiva, com pino, que sofreram avarias, o que exigirá uma substituição esparsa e de descontínua.
Recomposição de Tela Anti- Ofuscante	Consiste na remoção das partes danificadas da tela anti-ofuscante e na recomposição para evitar o ofuscamento
Recomposição parcial de cerca com mourão de madeira	Consiste em substituir os arames e mourões que se encontram inutilizados. Esta tarefa tem alta prioridade devido ao perigo que representa para o usuário da estrada, a presença dos animais de grande porte que invadem a faixa de domínio.
Recomposição parcial de cerca – moirão de concreto	Consiste na substituição de arames e recuperação de peças isoladas, com aproveitamento parcial da extensão existente.
Substituição de balizador	Consiste na substituição ou utilização de balizador.
Recomposição de defesa metálica	Consiste na limpeza, pintura, reparo ou substituição de defesas metálicas.
Reposição de porteira	Consiste exclusivamente na substituição de porteira danificada. Os serviços de manutenção de porteiros poderão ser executados no local ou em oficina da Unidade Local ou Regional.
Reparo de Alambrado	Consiste no reparo de tela, suporte, prendedores ou base, em qualquer tipo de alambrado.
Remoção de lixo e entulho	Consiste em recolhimento, carga, transporte e descarga, em local predeterminado, de lixo e entulho, de toda espécie.
Varredura e limpeza de pista	Consiste em varrer e limpar as pistas e acostamentos, manualmente, para retirada de material terroso depositado e/ou acumulado, naquelas superfícies, por efeito do tráfego ou deficiência da drenagem superficial. Estão inclusos, nestes serviços, a carga, o transporte e a descarga do material resultante da limpeza.
Conservação manual de aceiro	Consiste na erradicação de vegetação, por meio de capina manual, nos aceiros junto às cercas da faixa de domínio.
Despraguejamento manual de gramados	Consiste na erradicação de ervas daninhas com uso de ferramentas manuais
Conservação de Árvores e Arbustos	Consiste nos tratos agrícolas às árvores ou arbustos dispostos nos bosques ou locais outros que, a critério da Residência de conservação, devam ser mantidos visando à preservação de poda, colocação de tutor, capina, adubação. Neste serviço pode ser incluído o plantio ou replantio em pequenas quantidades anuais.
Corte de árvores	Consiste no corte e remoção de árvores da faixa de domínio que estejam causando perigo à segurança de tráfego, estruturas, linhas elétricas, telefones, dutos, etc., ou que estejam mortas ou ainda, afetada por doença. O serviço, pelas suas características, requer medidas especiais para a segurança dos trabalhos e do tráfego. Inclui remoção do material resultante do corte e aplicação de venenos para evitar a rebrota.

Fonte: DNIT (2005, p.101-103)

b) Conservação preventiva periódica

São procedimentos realizados periodicamente com o objetivo de evitar surgimento ou agravamento de defeitos. Destina-se a tarefas necessárias ao longo do ano, cuja frequência de execução depende do trânsito, topografia e clima (DNIT, 2005, p 99). Suas atividades compreendem ao disposto no Quadro 5.

Quadro 5 – Atividades de Conservação Preventiva Periódica

Serviço	Descrição
Recomposição de revestimento primário	Consiste em corrigir o desgaste da ação do tráfego e da erosão na pista de rolamento e acostamentos através a adoção de material selecionado, com objetivo de recompor a seção transversal e dar maior conforto e segurança ao usuário.
Limpeza de ponte	Consiste na limpeza e varredura do tabuleiro, limpeza de drenos, guarda-corpo e guarda-rodas para prover segurança do tráfego.
Caiação	Consiste na pintura de cal de sarjetas, meio fio, muros, guarda-corpos ou quaisquer outras superfícies, visando melhorar a visibilidade e aumentar a segurança dos usuários.
Capa selante com pedrisco	Consiste na aplicação de material betuminoso, seguida de imediata aplicação do agregado e tem como finalidade corrigir os revestimentos esgarçados, combater o envelhecimento dos revestimento ocasionados pela oxidação do ligante, restabelecer a impermeabilização da superfície do revestimento e servir como tratamento antiderrapante.
Lama asfáltica fina (granulometrias I e II)	Consiste na aplicação de uma mistura fluída de agregado miúdo, “filler”, emulsão asfáltica e água, em proporções definidas.
Recomposição do revestimento com areia asfalto a frio	Consiste na aplicação de uma capa de mistura asfáltica para corrigir defeitos nas superfícies de rolamento.
Recomposição do revestimento com areia asfalto a quente	Consiste na aplicação de uma capa de mistura asfáltica para corrigir defeitos nas superfícies de rolamento.
Recomposição do revestimento com mistura betuminosa a frio	Consiste em colocar uma capa de mistura asfáltica na superfície de rolamento, para correção de defeitos do pavimento e recomposição da seção transversal, visando-se obter um rolamento seguro e confortável.
Recomposição do revestimento com mistura betuminosa a quente	Consiste em colocar uma capa de mistura asfáltica na superfície de rolamento, para correção de defeitos do pavimento e recomposição da seção transversal, visando-se obter um rolamento seguro e confortável.
Combate à exsudação com pedrisco	Consiste no espalhamento manual de agregado sobre a superfície exsudada. Visa evitar a ocorrência de subida do material betuminoso para a superfície do revestimento tornando-a lustrosa e escorregadia nos dias chuvosos.
Fresagem	È o processo pelo qual se corta parte das camadas superficiais de um pavimento existente, conferindo lhe um novo perfil.

Serviço	Descrição
Reciclagem de Pavimentos	Consiste no reaproveitamento de camadas betuminosas deterioradas – as quais através de processos específicos, são devidamente recuperadas, em termos de granulometria e de ligante betuminoso.
Pintura de Ligação, com emulsão asfáltica tratada com polímero	Consiste na aplicação de emulsão asfáltica modificada por polímero sobre a superfície de base imprimada ou revestimento anterior à execução de uma camada betuminosa qualquer, objetivando promover condições de aderência entre as camadas.
Tratamento Superficial Duplo com Asfalto Polímero	Consiste em uma camada de revestimento do pavimento, constituído por duas aplicações sucessivas de ligante asfáltico modificado por polímero do tipo SSB cobertas cada uma por camada de agregado mineral.
Micro Revestimento de Pré- Misturado a Frio, com Asfalto Polímero	Consiste na associação de agregados, materiais de enchimento (filler), emulsão asfáltica modificada por polímero tipo SSB, água, aditivos se necessário, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície plenamente preparada.
Concreto Betuminoso Usinado a Quente com Asfalto Polímero	Consiste em mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída de agregados, material de enchimento (filler) se necessário, e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero tipo SSB, espalhado e comprimido a quente.
Recomposição de placa de concreto	Consiste em reparar áreas danificadas de pavimentos de concreto de cimento, para evitar a propagação de defeitos na própria placa e nas placas vizinhas. Inclusive a correção de suporte deficiente.

Fonte: DNIT (2005, p.104)

c) Conservação de emergência

Destina-se ao grupo de operações, que com o serviço ou obras necessárias para reparar, repor, reconstruir ou restaurar trechos ou estrutura da rodovia, que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário, catastrófico, ocasionando a interrupção do tráfego da rodovia (DNIT, 2005, p 99). As atividades são indicadas no Quadro 6:

Quadro 6 – Atividades de Conservação de Emergência

Serviço	Descrição
Recomposição mecanizada de aterro	Consiste em recompor com equipamentos partes erodidas de aterros com o objetivo de restaurar o terraplano original e preservar o corpo estradal.
Remoção manual de barreira em solo	Consiste na remoção manual de material deslizado de talude de corte sobre a plataforma da rodovia, com o objetivo de desobstruir a drenagem superficial e garantir a segurança do tráfego.
Remoção mecanizada de barreira-solo	Consiste na remoção com equipamentos de material deslizado de talude de corte sobre a plataforma da rodovia, com o objetivo de desobstruir a drenagem superficial e garantir a segurança do tráfego.

Fonte: DNIT (2005, p.105)

d) Restauração

É o conjunto de operações destinado a restabelecer o perfeito funcionamento de um bem determinado ou avariado, e retomar suas características técnicas originais na íntegra. Desta forma, reúne medidas que tenham por objetivo adaptar a rodovia às condições de tráfego atuais e futuras, de uma forma permanente, prolongando seu período de vida (DNIT, 2005, p 99).

A restauração tem por finalidade garantir ao pavimento uma nova estrutura final capaz de suportar suas condições de tráfego ao longo da sua vida útil. A sua definição depende da elaboração de Projeto de Engenharia, a ser desenvolvido dentro de premissas técnicas-econômicas e que considerem o tráfego esperado para o novo período e as condições do pavimento existente. Observados tais preceitos, a solução poderá recair em reforço, ou na restauração ou na reconstrução (total ou parcial) do pavimento. Trata-se de atividade, de caráter periódico e que não se inclui no escopo ordinário dos serviços de conservação. (DNIT, 2005, p 105).

e) Melhoramentos da rodovia

É o conjunto de operações que acrescentam à rodovia existente, características novas, ou modificam as características existentes.

Estas tarefas incluem uma diversidade de serviços na infraestrutura existente, sejam de complementação e/ou modificação, englobando a execução dos seguintes serviços: meio fio; sarjeta em concreto; descida d'água em concreto; descida d'água em concreto; sarjeta não revestida; valetas e/ou valas não revestidas; dreno profundo; bueiro; colchão drenante; revestimento com mudas; plantio de árvores; muro de arrimo; regularização da faixa de domínio; cerca; enrocamento de pedra amarrada; entre outros (DNIT, 2005, p 105).

Nota-se que os 5 grupos de tarefas citados possuem uma grande variedade de serviços técnicos relativos às atividades fins, cuja execução é municiada por atividades/serviços, de caráter auxiliar, apoio ou complementação, intitulados Serviços Auxiliares. (DNIT, 2005, p 100)

2.4.1 Programa CREMA

O Programa de Contratos de Recuperação e Manutenção Rodoviária – CREMA é uma Instrução de Serviço elaborada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

(DNIT) que estabelece os procedimentos a serem utilizados na elaboração dos projetos e das obras. As Instruções de Serviço são as de nº 06 e 07 do dia 29 de abril de 2016.

Em resumo, conforme descrito no artigo 2 da instrução de serviço citada, o contrato de recuperação e manutenção rodoviária (CREMA) é um programa que prevê a recuperação do pavimento, com a integração dos serviços de manutenção dos pavimentos e conservação da faixa de domínio.

Segundo o Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2005), o CREMA concentra num único programa, toda a gama das atividades da manutenção rodoviária, em nível de gerenciamento.

O objetivo principal do programa é padronizar os projetos e as obras de restauração e manutenção rodoviária, tanto na fase de elaboração, quanto na apresentação e execução desses projetos, como também informar da necessidade do envolvimento da participação das superintendências regionais, empresas supervisoras e respectivas unidades locais em todas essas fases.

O programa não exige a presença de profissionais qualificados quando da elaboração do projeto e da obra, no entanto, direciona as possíveis soluções diante das condicionantes encontradas na rodovia.

A instrução de serviço informa também que a vida útil máxima a ser considerada nos elementos e soluções propostas na elaboração do projeto é de 5 anos.

Os Art. 4º e 5º tratam das atividades a serem desenvolvidas na elaboração do projeto e que se resumem a três tópicos:

- a) Execução de obras de recuperação funcional e/ou estrutural do pavimento das pistas e acostamentos;
- b) Manutenção do pavimento das pistas de rolamento e dos acostamentos; e
- c) Conservação rotineira dos elementos constituintes da faixa de domínio da rodovia.

Apesar do enfoque maior do programa ser interligado com o pavimento da rodovia, é considerado também a execução dos cadastros de todos os elementos de drenagem, sinalização e possíveis erosões identificando seu tipo e estado de conservação, de forma a preservar e definir possíveis soluções para esses elementos, quando necessário.

A vantagem do modelo instituído pelo CREMA em relação ao modelo tradicional tem-se pelo aspecto de que há vínculo entre as empresas que elaboram o projeto e executam as obras e serviços de recuperação inicial, restauração e conservação da rodovia que são repassadas para uma única empresa responsável. No modelo tradicional, os serviços eram elaborados

separadamente, portanto quando havia algum insucesso era difícil identificar e responsabilizar alguma das empresas envolvidas. Outra vantagem identificada que o modelo tradicional somente era considerado os serviços a serem executados sem uma avaliação de desempenho incisiva sobre os serviços executados, o que já foi corrigido para a sistemática do CREMA (DNIT, 2005).

2.4.2 Programa BR-Legal

O Programa Nacional de Segurança e Sinalização Rodoviária – BR-LEGAL (Figura 7) é uma Instrução de Serviço elaborada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) que estabelece critérios e procedimentos padrão para o dimensionamento e especificações de materiais de sinalização para todos os empreendimentos de implantação e pavimentação, duplicação, adequação de capacidade e restauração da rodovia.

Figura 7 – Logotipo do programa BR-LEGAL



Fonte: site DNIT (2021).

Bonatto (2018) faz uma análise do que motivou o governo brasileiro a criar uma Programa de Segurança Viária a nível nacional, dada que esta era a “Década de Ação pela Segurança Viária” da OMS (2011 a 2020) e viríamos a ter no Brasil grandes eventos de proporções mundiais, como a Copa das Confederações em 2013, Copa do Mundo da Federação Internacional de Futebol (FIFA) em 2014 e os jogos Olímpicos do Rio de Janeiro de 2016, o Brasil viu a necessidade de aumentar a qualidade das suas rodovias, oferecendo ao público desses eventos uma sinalização de alto padrão e a indicação das potencialidades turísticas de cada região.

Na visão de Bobermin, Garcia e Demore (2017, p.3), o desenvolvimento do Programa proporcionou uma grande quantidade de registros, que integram uma robusta base de dados a respeito da infraestrutura rodoviária, aparatos de sinalização e de dispositivos segurança.

O Programa, com grande alcance em termos de rodovias federais no Brasil, possibilita a identificação e localização de vários elementos das rodovias, dados de tráfego e sinalização. Durante a elaboração do projeto dentro do BR-Legal deve-se considerar diversos fatores que envolvem a longevidade dos materiais a serem utilizados, como por exemplo: tipo de pavimento; fluxo de veículos; condições climáticas da região; tipo de carga comumente transportada e características do entorno da rodovia. As etapas do Programa estão divididas em:

- a) Pré-análise do trecho;
- b) Identificação da classe homogênea e análise do trecho;
- c) Contagem do tráfego e consolidação dos dados;
- d) Dimensionamento;
- e) Elaboração do projeto básico.

Construiu-se um modelo padrão para elaboração de projetos e para a execução de serviços, considerando os Manuais de Sinalização do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), os Manuais de Sinalização do DNIT, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e suas resoluções, as Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e, sobretudo, as características físicas e operacionais das rodovias brasileiras (BONATTO, 2018).

Segundo o Manual de especificações técnicas do programa BR-Legal, o DNIT vislumbrou a necessidade de padronização da sinalização rodoviária, em função de uma série de variáveis que devem ser consideradas na avaliação de um adequado projeto de sinalização. Fruto desta necessidade de padronização o DNIT em parceria com as entidades: Laboratório de Transportes e Logística (LABTRANS), Comitê Brasileiro de Transporte e Tráfego da ABNT e pesquisadores do Instituto Mauá de Tecnologia elaboraram o “Catálogo Referencial de Soluções para Implantação de Sinalização e Dispositivos de Segurança”.

O Catálogo Referencial de Soluções para Implantação de Sinalização e Dispositivos de Segurança teve um papel importante na elaboração do anteprojeto do Programa BR-LEGAL, pois serviu de elemento referencial para a determinação dos quantitativos de serviços para cada segmento do Sistema Nacional de Viação – SNV da malha rodoviária federal sob jurisdição do DNIT, aplicando-se soluções de engenharia na sinalização ostensiva, turística e rotineira. (DNIT, 2013).

O Manual do BR-Legal, publicado pelo DNIT afirma que:

A grande quebra de paradigma está nos parâmetros de desempenho que os serviços executados deverão apresentar ao longo do tempo. O projeto a ser elaborado pela empresa contratada, necessariamente, deverá considerar todas as variáveis que afetam o desempenho dos materiais e serviços ao longo do tempo, tais como: tipo de pavimento, volume de tráfego, tipo de carga predominantemente transportada no segmento, largura da plataforma, condições meteorológicas predominantes, segmento concentrador de acidentes de trânsito, travessia urbana, escolas lindeiras, polos turísticos, planos de manutenção do pavimento, dentre outros. Desta forma, durante todo o ciclo de vida do Programa BR-LEGAL, os materiais e os serviços especificados no projeto, deverão estar respondendo aos padrões de desempenho estabelecidos no Programa, cabendo à empresa contratada a responsabilidade de intervir no trecho quantas vezes forem necessárias para manter os sistemas de sinalização e segurança em níveis de excelência.

O Quadro 7, na sequência, ilustra os procedimentos para execução do programa BR-Legal.

Quadro 7 – Procedimentos para execução do BR-Legal

Etapa	Descrição
1. Licitação	Modelo de Contratação RDC (Regime diferenciado de contratação); Utilização do Catálogo Referencial de Soluções para Implantação de Sinalização e Dispositivos de Segurança como Anteprojeto.
2. Pré- análise do trecho	Identificação de elementos do projeto (projeto geométrico do trecho, preferencialmente em meio digital), índices de acidentes, polos geradores de tráfego, comportamento do tráfego, condições meteorológicas da região onde o trecho está inserido, levantamento da implantação de futuras melhorias no pavimento do trecho em estudo, deficiências gerais e levantamento de projetos de sinalização e dispositivos de segurança pré-existentes.
3. Identificação da Classe Homogênea e Análise do Trecho	Definição de trechos com características semelhantes para separação em segmentos homogêneos; Consolidar as informações coletadas na fase 2, identificar as fragilidades, como inconsistências de dados, informações desatualizadas e ir a campo buscar as informações estão faltando; Inventariar toda sinalização do trecho.
4. Contagem Volumétrica e Consolidação dos Dados	Contagem volumétrica do tráfego para determinação do Volume Médio Diário Anual (VMDA) a ser relacionado com o trecho do SNV e este valor será utilizado para a determinação dos padrões de sinalização.
5. Dimensionamento	Dimensionamentos referenciais que os projetos básico e executivo de sinalização e de dispositivos de segurança.

Etapa	Descrição
6. Confeção dos projetos a serem executados	Definição do layout dos projetos a serem implementados.

Fonte: AUTOR (2021).

A estratégia do DNIT em elaborar o catálogo de soluções permitiu assim licitar pela modalidade de Regime Diferenciado de Contratação (RDC), onde o próprio executor dos serviços é responsável pela elaboração do projeto, não havendo espaço para questionamentos que o serviço não fora executado corretamente por falhas no mesmo, é estabeleceu um novo marco para o setor.

A Etapa 2 de identificação dos elementos de projetos é fase de coleta de todos os elementos de projeto geométrico preferencialmente em forma digital, não se restringe somente os arquivos do DNIT, deve se podendo ser realizada junto a prefeituras, dentre outros órgãos. Na ausência de qualquer tipo de informação que permita uma visualização em planta, o segmento deverá ser restituído (refeito) por meios de levantamento de coordenadas geográficas através de um sistema de posicionamento georreferenciado (GPS - Global Positioning System). Nesta etapa é importante que a empresa leve em consideração o planejamento das intervenções do DNIT, como duplicações, restaurações, reabilitações, Programa de Contratação, Restauração e Manutenção (CREMA) 1ª e 2ª Etapa e conservação rodoviária nos trechos em estudo são exemplos de intervenções que afetam diretamente os serviços de sinalização assim como os dispositivos de segurança. O cronograma de início destas intervenções deverá ser considerado na execução do projeto, durante todo o ciclo de vida do Programa BR-LEGAL.

Outro marco do programa é a sua durabilidade são contratos de 5 anos, onde durante esse período a empresa executora é responsável pela manutenção da sinalização.

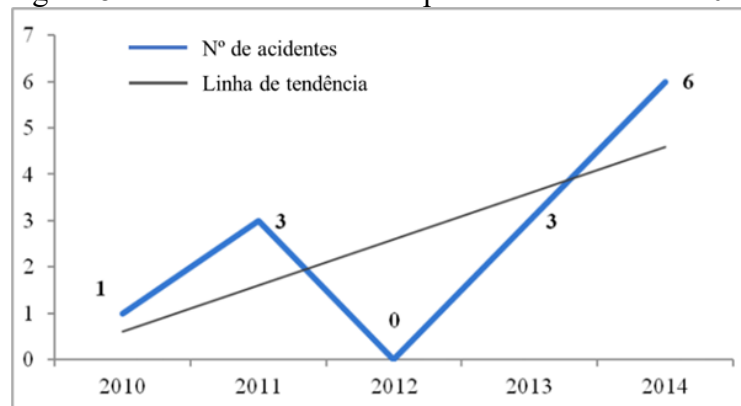
Em relação ao programa BR-Legal, será apresentado a seguir um estudo de caso referente às proposições para 57,90 km da rodovia federal BR-020, no Distrito Federal. Inicialmente, procurou-se contabilizar os acidentes ocorridos no trecho da rodovia entre os anos de 2007 e 2012, e a partir disso, identificar os fatores que contribuem para essas ocorrências. A partir disso, Porto (2017) aponta algumas características da via, quais sejam: Rodovia duplicada; características urbanas e rurais; largura média da pista de 7,2 metros e largura média do acostamento de 2,5 metros (PORTO, 2017, p.52).

A partir da implementação das contramedidas do Programa BR-Legal houve redução significativa de acidentes em determinados contextos, conforme se vê a seguir. Entre 2010 e 2014 (antes do BR-Legal) os registros anuais de acidentes no trecho causados por desobediência

à sinalização foram 18; 16; 6; 8 e 11, respectivamente. Após implementação das contramedidas o que se viu nos anos de 2015 e 2016 foram, respectivamente, 15 e 4 acidentes causados no trecho por conta de desrespeito à sinalização, indicando tendência a seguidas reduções (PORTO, 2017, p. 59).

Em relação ao critério denominado de “Defeito na Via”, o cenário entre os anos de 2010 e 2014 era o seguinte (Figura 8):

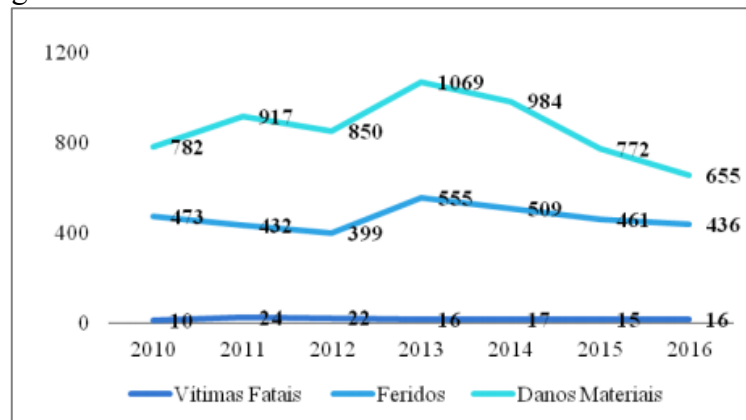
Figura 8 – Número de acidentes por defeito na via BR-020



Fonte: FILIPPO (2017, p. 66).

Com a implementação das medidas do BR-Legal observou-se, em 2015 estabilização dos seis acidentes anuais, número que passou para apenas três em 2016. Em linhas gerais, o que se viu foi a diminuição de todos os tipos de acidentes no trecho, especialmente no que diz respeito a danos materiais e feridos (Figura 9).

Figura 9 – Nº total de Vítimas fatais/ Feridos/ Danos Materiais



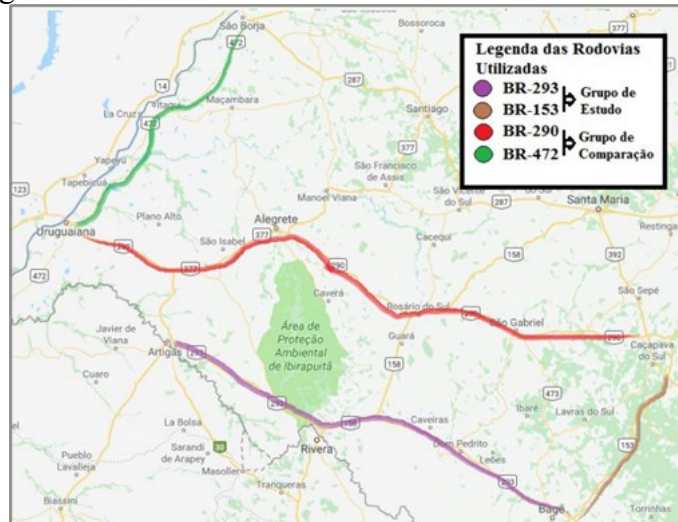
Fonte: FILIPPO (2017, p. 70).

Outro exemplo da aplicabilidade do BR-Legal pode ser observado em rodovias federais do Rio Grande do Sul: BR-153; BR-293; BR-472 e BR-290, nos trechos indicados a

seguir (Figura 10), sendo as BRs- 153 e 293 as que efetivamente receberam intervenções, enquanto as duas últimas servem apenas para comparação.

As análises partiram do pressuposto de que todos os trechos comparados possuíam níveis de tráfego semelhantes. Foram comparados acidentes ocorridos em 2013 e 2014 com os ocorridos em 2017, considerando que 2015 e 2016 foram os períodos de implantação das contramedidas especificamente no campo da sinalização (BONATO, 2018, p. 14 e 15).

Figura 10 – Rodovias Rio Grande do Sul análise BR-Legal



Fonte: BONATO (2018, p.14).

Utilizando como base os levantamentos da CNT dos anos de 2014 e 2017 em relação a qualidade das vias já se observa, de imediato, influência das contramedidas do Programa BR-Legal em relação à sinalização, ao menos da BR-293, rodovia em que o único fator de melhora constatado é justamente o de sinalização (Quadro 8).

Quadro 8 – Pesquisa CNT quanto à qualidade das rodovias estudadas

Rodovia	Geral		Pavimento		Sinalização		Geometria	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
BR-472	Regular	Regular	Regular	Bom	Regular	Regular	Bom	Bom
BR-290	Bom	Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Regular
BR-293	Regular	Regular	Bom	Regular	Regular	Bom	Regular	Ruim
BR-153	Regular	Regular	Bom	Bom	Regular	Regular	Regular	Ruim

Fonte: CNT (2018, p.15).

Na Tabela 2 e Tabela 3, a partir de dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF) compara-se quantos acidentes ocorreram anualmente, em média, em dois trechos da BR-153,

extensão de 115 km, e BR-293, extensão de 133,4 km, em 2012, 2013 e 2014 com os números referentes a 2017, já com as contramedidas de sinalização do BR-Legal. Procurou-se elencar dados referentes a mortes; feridos graves e número do total de acidentes.

Tabela 2 – Antes e Depois BR-Legal BR-153

BR-153	Acidentes	Mortes	Feridos Graves
2012	69	1	9
2013	71	4	3
2014	65	0	7
2017	38	7	3

Fonte: BONATO (2018, p.16, com dados PRF).

Tabela 3 – Antes e Depois BR-Legal BR-293

BR-293	Acidentes	Mortes	Feridos Graves
2012	44	1	11
2013	45	1	1
2014	49	3	2
2017	29	1	3

Fonte: BONATO (2018, p.16, com dados PRF).

É possível verificar que o número de acidentes reduziu mais de 30% nas duas rodovias comparando o intervalo de acidentes do período de 2012-2014 e do ano de 2017, fruto da implantação das contramedidas de sinalização do BR-Legal.

2.5 TEORIA DO QUEIJO SUÍÇO

O James Reason, psicólogo britânico, especialista em comportamentos humanos, desenvolveu um modelo organizacional para prevenção de acidentes focando nos riscos atrelados aos processos que podem ocasionar um acidente e definiu o nome de Modelo do Queijo Suíço (Figura 11). O modelo propõe que todo perigo possui barreiras e salvaguardas, e que em um cenário onde um acidente aconteceu, deve ser entendido e trabalhado os motivos do porque essas barreiras falharam. Pela teoria, as falhas podem ser tanto ativas quanto latentes, como mostra o Quadro 9 (TEMPLUM, 2018):

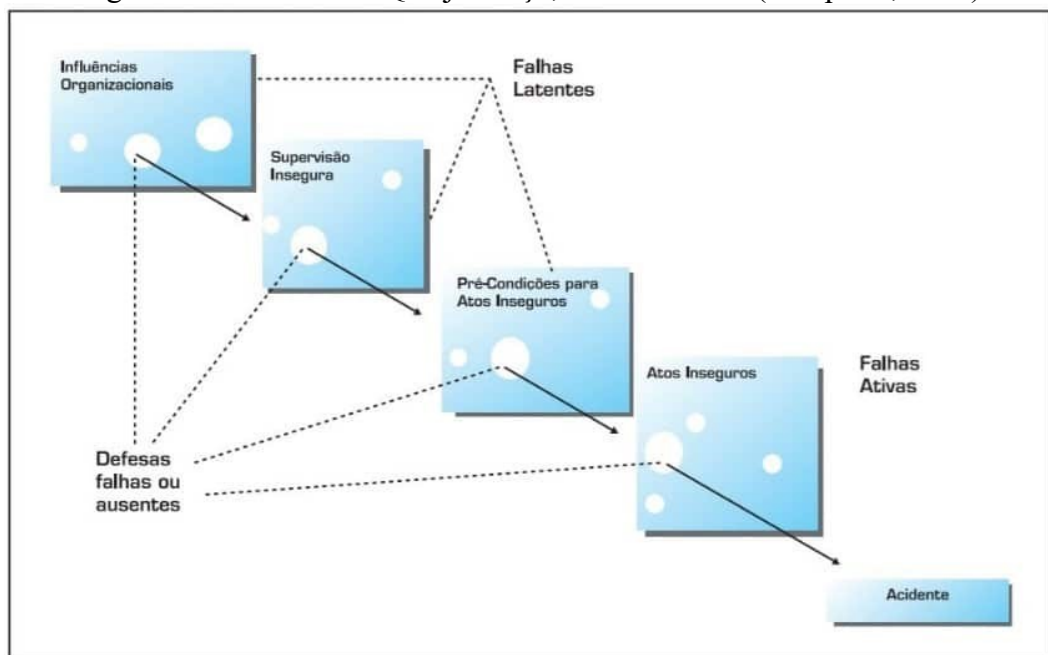
Quadro 9 – Diferenças de Falhas Ativas x Latentes

Ativas	São representadas pelos atos inseguros cometidos pelas pessoas que estão em contato direto com os processos.
Latentes	São representadas pelas patologias intrínsecas dos processos. As falhas latentes aparecem através das decisões dos engenheiros, construtores, elaboradores de procedimentos e do nível gerencial mais alto. Toda decisão estratégica pode potencialmente introduzir um patógeno no sistema.

Fonte: Modelo do Queijo Suíço para prevenção de acidentes (TEMPLUM, 2018)

Os riscos inerentes aos processos que podem ocasionar acidentes passam por um processo simples, como é ilustrado na imagem a seguir:

Figura 11 – Modelo do Queijo Suíço, James Reason (Templum, 2018)



Fonte: Modelo do Queijo Suíço, James Reason (Templum, 2018)

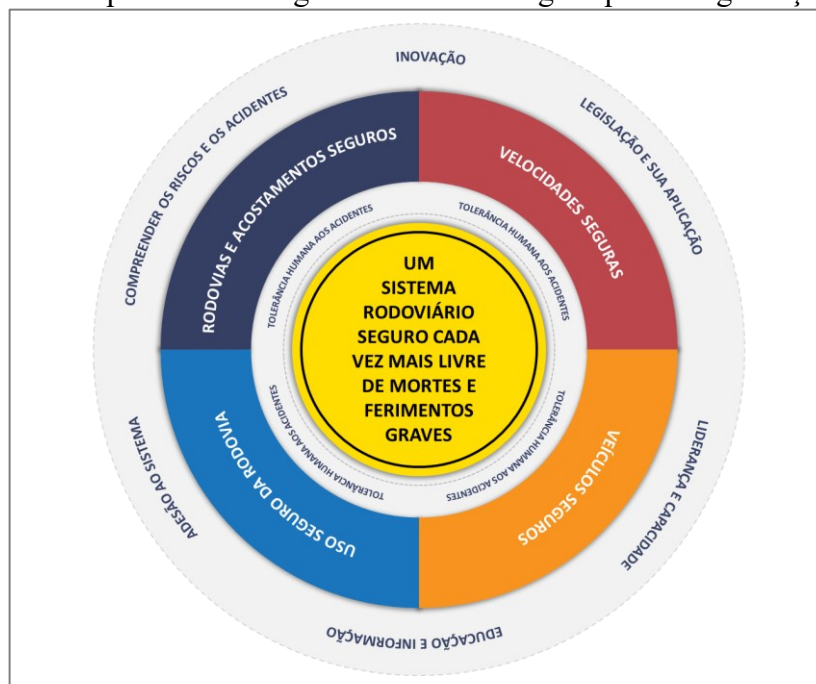
Cada barreira tem fraquezas inesperadas, ou buracos (semelhança com as fatias de um queijo suíço). Essas fraquezas são inconstantes – ou seja, representadas pelos buracos abertos, ao acaso, em cada fatia de queijo. Quando por acaso todos os buracos estão alinhados, o perigo atinge o paciente e causa danos conforme ilustrado na figura apresentada anteriormente (COSTA, 2017).

2.6 SISTEMA SEGURO (SAFE SYSTEM)

O conceito de Sistema Seguro para a segurança nas vias de trânsito foi adotado por vários países e instituições globais. Um Sistema Seguro é aquele em que todos os elementos chave do sistema de transporte rodoviário (estradas, veículos, usuários da estrada e velocidade) interagem de uma maneira que não leva à morte ou ferimentos graves quando ocorre um acidente. (IRAP,2018).

O relatório de resumo por estrelas do PakistanRAP publicado em 2018 aborda que: o centro do sistema de transporte rodoviário está no usuário da estrada. Um sistema seguro reconhece que os humanos cometem erros e que há um limite para a quantidade de força que o corpo humano pode suportar em caso de acidente. Um sistema de transporte rodoviário seguro é aquele em que motoristas seguros viajam em veículos seguros em estradas seguras em velocidades seguras. Sob um Sistema Seguro, a responsabilidade pela segurança no trânsito é compartilhada entre os usuários e aqueles que projetam o sistema de transporte rodoviário. Isso inclui gestores e operadores de estradas, projetistas de estradas, indústria automotiva, polícia, operadores de transporte, serviços de saúde, sistema judicial, organizações de segurança no trânsito, políticos e órgãos legislativos. Todos eles têm a responsabilidade conjunta de fornecer um ambiente rodoviário que antecipe os erros potenciais e os trate de uma forma que evite danos graves. A Figura 12 ilustra os princípios inseridos no conceito de Sistema Seguro.

Figura 12 – Princípios da abordagem do Sistema Seguro para a segurança no trânsito



Fonte: Safer Journeys - A National Strategy to Improve Road Safety (kiwirap.org.nz)

Segundo Carmo (2018), o Sistema Seguro tem sido adotado, nas últimas décadas, como forma de condução das políticas de segurança viária.

Pode-se abordar um breve histórico da abordagem do Sistema Seguro, por alguns países:

- a) Na Suécia, a Visão Zero foi adotada pelo Parlamento Sueco a partir de outubro de 1997.
- b) Na Nova Zelândia, o lançamento do programa “Viagens mais seguras” foi realizado em 2010.
- c) Na Polônia, em 2012, o Ministério da Infraestrutura introduziu um programa de segurança viária elaborado de acordo com o conceito de Sistema Seguro (Safe System), que visa reduzir para 2.000 as mortes no trânsito até o ano de 2020, uma redução de 50%, comparado aos números de 2010, e vítimas com lesões graves para 5.600, 40% menos vítimas comparado a 2010 (JAMROZ et al., 2016).
- d) Em Victoria, na Austrália, em 2015, foi iniciada a campanha Towards Zero, com o objetivo de colocar na agenda comunitária como princípio ético que ninguém deveria morrer nas ruas e rodovias (ITF, 2016).
- e) Em Nova Iorque, nos Estados Unidos, as mortes em acidentes de trânsito têm decrescido de 701, em 1990, para 381 em 2000, e 249, em 2011 (NYC, 2014). Ainda assim, em 2014, foi colocado um plano de ação, baseado nos conceitos da Visão Zero, para tornar as ruas ainda mais seguras. Em Los Angeles, no segundo semestre de 2015, a prefeitura também lançou seu programa Visão Zero, com o objetivo de reduzir em 20% as mortes em acidentes no trânsito até 2017, e eliminá-las até 2025 (LADOT, 2016).

O Sistema Seguro requer uma mudança no pensamento sobre a segurança no viária, reconhecendo que as pessoas sempre cometerão erros e se concentrando nas limitações da tolerância a lesões humanas. O Sistema Seguro desafia os responsáveis por projetar e operar o sistema de transporte rodoviário a compartilhar a responsabilidade de gerenciar a interação entre os usuários das estradas, os veículos, as velocidades de viagem e o projeto das estradas.

2.7 METODOLOGIA IRAP

Desenvolvido na Inglaterra, a metodologia IRAP segue os conceitos do Sistema Seguro para rodovias. No âmbito de um Sistema Seguro, a responsabilidade pela segurança

viária é dividida entre os usuários da rodovia e os projetistas dela, aí incluídos gerentes e operadores de vias, projetistas, e operadores de transportes. Nesse caso, a principal responsabilidade e foco do programa é encorajar o comportamento seguro dos usuários e perdoar falhas no caso de acidente, protegendo de acidentes graves e de eventuais mortes. Tornar as vias mais seguras é proporcionar um ambiente seguro, capaz de antever possíveis equívocos e lidar com eles de forma a evitar maiores danos para o usuário e para o Estado.

Em outras palavras, podemos pontuar que a metodologia IRAP parte do pressuposto de que os acidentes são resultado do intercâmbio de relações entre a maneira que as pessoas dirigem, o tipo de automóvel utilizado e a realidade/forma em que está projetada a rodovia. De acordo com o Manual de Codificação do iRAP (IRAP, 2019), cinco princípios básicos norteiam essa metodologia:

- a) Enganos, erros de julgamento e más decisões de condução são intrínsecos aos seres humanos. O sistema viário precisa ser projetado levando em conta estes aspectos;
- b) Seres humanos são frágeis, desprotegidos, não podemos sobreviver a impactos mesmo à velocidade moderada;
- c) Pessoas que se comportam de maneira criminosa com sua segurança e a de outros devem esperar forte fiscalização e duras penalidades;
- d) A segurança viária deve ser construída de forma compreensiva e sistemática, não focando apenas em problemas isolados;
- e) Os elementos de engenharia do sistema – veículos e estradas – podem ser projetados de modo a minimizarem os impactos aos humanos em caso de acidente. (IRAP, 2014a).

2.7.1 Levantamento dos Dados

O processo se inicia com a inspeção de campo, que consiste na caracterização visual das rodovias através de imagens, que são geradas por uma câmera de alta resolução, acoplada a um veículo que além das imagens recolhem dados de geolocalização. Esse veículo trafega na velocidade da via nas faixas de execução dos serviços, sem interferir no tráfego das mesmas.

Os dados obtidos através da inspeção de campo são reunidos para um desenvolvimento aprofundado por profissionais capacitados, onde eles irão caracterizar a cada trecho de 100 metros mais de 50 atributos que possam auxiliar a classificação de segurança da via. O banco de dados do iRAP usa esses atributos para gerar a “classificação por estrelas”, que pode ser considerado o primeiro produto bruto do processo de inspeção de campo.

Além de outras linhas de atuação, a principal delas é a classificação por estrelas da rodovia que como base, usa as características que influenciam os tipos de acidentes nas vias para cada usuário da via, como: ocupantes de veículos, pedestre e motocicleta. Pode ser considerado uma medida simples e objetiva do nível relativo de risco associado a um determinado trecho, sendo 5 estrelas o nível máximo de segurança que uma rodovia pode possuir. (IRAP, 2014a).

Após esta classificação, são propostas algumas intervenções, reunidas em um documento denominado Plano de Investimento em Rodovias Mais Seguras (PIVMS). Este plano, para além da proposição propriamente dita, contém o cálculo de custo benefício da implementação da medida (levando em consideração o custo de cada vida para o estado, que é aproximadamente 70x o PIB per capita) a partir da projeção de vidas salvas e da redução do número de feridos (IRAP, 2014a).

A seguir são apresentados os protocolos para utilização da metodologia iRAP:

- a) Mapeamento de risco, que usa dados detalhados de acidentes para avaliar o risco de mortes e ferimentos (raramente aplicado em países em desenvolvimento);
- b) Acompanhamento de desempenho, que é utilizado onde há dados consistentes por vários anos. Este permite a utilização da classificação por estrelas e do mapeamento de risco para avaliar a segurança viária (raramente aplicado em países em desenvolvimento);
- c) Classificação por estrelas, utilizada para avaliar riscos onde há ausência de dados detalhados, portanto oferece uma avaliação simples do nível de segurança da rodovia (mais utilizado em países em desenvolvimento);
- d) Planos de investimento para estradas mais seguras, que utilizam aproximadamente 90 soluções aprovadas para melhoria da segurança viária, mostrando como melhorar sua classificação por estrelas através de soluções de segurança que vão desde medidas de baixo custo até intervenções de custos mais elevados, como duplicações. (IRAP, 2014a).

Posteriormente é anexado a codificação dos atributos a inclusão de dados operacionais, incluindo o volume diário médio anual (VMDA), percentual de motocicletas, fluxo de pedestres atravessando e ao longo da via na hora pico, fluxo de ciclistas, além de velocidade média e velocidade operacional (percentil 85) dos trechos em estudo.

O próximo passo após a classificação objetiva por estrelas da malha rodoviária é o plano de investimento para chegar em um quantitativo financeiro do que pode ser feito para resolver o problema da segurança da rodovia, de forma eficaz e rentável.

Nessa parte do projeto, usamos as métricas globais do iRAP e do Banco Mundial para quantificar um valor economizado pelo estado federal com a implementação das intervenções rodoviárias que tem o objetivo na melhoria da segurança. Para chegar nesse valor, segundo o portal oficial irap.org, foram calculados o valor do número de vidas que poderiam ser salvas ou lesões graves que poderiam ser evitadas no decorrer de 20 anos, e estimativas como: custos médicos, perda de produção, danos a propriedades e custos administrativos associados diretamente a acidentes de trânsito. (iRAP, 2020). Outras informações podem ser encontradas no Road Safety Toolkit (<http://toolkit.irap.org>).

Contramedidas compreendem soluções de engenharia específicas e correção de pontos críticos ao longo das rodovias, onde há riscos de segurança a seus usuários. Neste contexto, a metodologia propõe 94 contramedidas, segregadas em diversas subáreas de atuação.

Vislumbrando a possibilidade de ampliação dessa metodologia, e uma possível adequação ao cenário brasileiro, as contramedidas propostas pela metodologia realizam uma análise preliminar delas, com o intuito de fornecer subsídios para a tomada de decisão de técnicos e pesquisadores, em relação à utilização da metodologia iRAP no Brasil, como uma ferramenta adicional de redução de mortos e feridos no trânsito.

As diversas contramedidas propostas pela metodologia iRAP se dividem em diferentes estimativas de custos (ordem de grandeza dos investimentos), custos das melhorias (baseado no custo relativo de aquisição ou transformação do terreno e na complexidade associada ao trabalho neste terreno) e na sua faixa de efetividade (percentual que representa a redução de acidentes obtida pela implantação da contramedida).

2.7.2 Estimativa de Custo e Custo de Melhoria

A estimativa de custo representa a ordem de grandeza dos investimentos, sendo que as contramedidas podem ser classificadas como de baixo custo, no caso de melhoria de sinalização de delineamento de curva ou até alto custo, como no caso de duplicações. O Quadro 10 apresenta alguns exemplos de contramedidas e suas estimativas de custos.

Quadro 10 – Exemplos de contramedidas

Classificação	Contramedida
Alto custo	Duplicação, rua marginal de serviço (pista local), faixa adicional de ultrapassagem, realinhamento vertical.
Médio a alto custo	Alargamento de faixa, restringir/juntar pontos de acesso direto à via principal, moderação de tráfego – dispositivos físicos para controlar a velocidade dos veículos, defesa/barreira no canteiro central.
Médio Custo	Reabilitação do pavimento, pavimentar acostamento, defensas/barreiras na borda da pista.
Baixo a médio custo	Remoção de perigos à margem da via, zona escolar, tornar pista mais antiderrapante.
Baixo custo	Delineamento, sonorizadores ao longo do acostamento, sinalização vertical e horizontal (interseção).

Fonte: AUTOR (2021).

Segundo o Manual de Codificação do iRAP (IRAP, 2019), o custo das melhorias reflete a influência do uso do solo, meio ambiente e topografia nos custos das contramedidas. A variação do custo das melhorias é baseada no custo relativo de aquisição ou transformação do terreno e na complexidade associada ao trabalho neste terreno. Os custos das melhorias podem ser designados como:

- a) Alto: o custo de comprar ou desenvolver o terreno seria relativamente alto;
- b) Médio: o custo de aquisição ou desenvolvimento do terreno seria relativamente moderado;
- c) Baixo: o custo de aquisição ou desenvolvimento do terreno seria relativamente baixo.

A metodologia iRAP possui uma planilha padrão para preenchimento dos custos das 94 contramedidas previstas, que deve ser preenchida de acordo com o projeto/local a ser avaliado.

2.7.3 Efetividade das Contramedidas

As contramedidas definidas na metodologia possuem efetividade distintas quanto à probabilidade de redução de acidentes. Estes percentuais são utilizados na análise de viabilidade das diversas contramedidas dentro do Plano de Investimentos.

A seguir estão descritas as faixas de efetividade de cada contramedida, indicando também seu grau de custo de melhoria segundo Frederico Rodrigues (RODRIGUES, *et al.*, 2018).

A faixa de efetividade varia de 10% a 25%, 25% a 40%, 40% a 60% e 60% ou mais e a efetividade média varia entre 17,5% e 60%. A seguir são apresentados alguns exemplos de efetividade das contramedidas.

As contramedidas definidas para melhorar sinalização de balizamento e sonorizadores ao longo do acostamento apresentam redução de acidentes entre 10% a 25%.

As contramedidas definidas para Remoção de perigos à margem da via, pavimentar acostamento, reabilitação de pavimento e faixa adicional apresentam redução de acidentes da ordem de 25% a 40%.

As contramedidas definidas como Defesa/barreiras na borda da pista e calçada de pedestres apresentam redução de acidentes entre 40% e 60%.

As contramedidas definidas como interseção em rotatória, defesa/barreira no canteiro central e travessia de pedestres – separação de níveis apresentam redução igual ou superior a 60%.

De acordo com a análise de Rodrigues *et al.* (2018), as intervenções e contramedidas da metodologia iRAP de maior magnitude são duplicações, construção de marginais, viadutos, passarelas e regularização de acessos. “Essas contramedidas somam o total de 15 (Tabela 4). A maioria destas possui efetividade média de 32,5%, com exceção de realinhamento vertical e implantação de passarelas” (RODRIGUES, *et al.*, 2018, p.5).

Ainda na análise dos autores, as intervenções consideradas de média magnitude, isto é, com impacto relativamente menor, “possuem uma efetividade média de 32,5%, no entanto, também aparecem em quantidade significativa aquelas com efetividade de 17,5%”. Tais intervenções dizem respeito a contramedidas como implantação de defensas e barreiras, tratamento de interseções, travessias, melhorias do pavimento, além de faixas e proteções exclusivas para motocicletas” (Tabela 4) (RODRIGUES, *et al.*, 2018, p.6).

E intervenções de baixo custo, voltadas especificamente para modos não motorizados (pedestres e ciclistas) e, em minoria, para veículos motorizados; com efetividade média de apenas 17,5% e algumas contramedidas com valores mais elevados, de 40% e até 50% de efetividade (Tabela 4) (RODRIGUES *et al.*, 2018).

Tabela 4 – Contramedidas de alto, médio e baixo custo

Contramedida	Custo	Efetividade	Efetividade média
Alinhamento Vertical (principal)	Alto	10 a 25%	17,5%
Alinhamento (melhora da linha de visão)	Alto	25 a 40%	32,5%
Faixa duplicada – faixa central de > 20 m	Alto	25 a 40%	32,5%
Faixa duplicada – faixa central de 10 a 20 m	Alto	25 a 40%	32,5%
Faixa duplicada – faixa central de 5 a 10 m	Alto	25 a 40%	32,5%

Contra medida	Custo	Efetividade	Efetividade média
Faixa duplicada – faixa central de 1 a 5 m	Alto	25 a 40%	32,5%
Faixa duplicada – faixa central de < 1 m	Alto	25 a 40%	32,5%
Duplicação com barreira na faixa central	Alto	25 a 40%	32,5%
Via de acesso	Alto	25 a 40%	32,5%
Faixa adicional (2+1 vias com barreira)	Alto	25 a 40%	32,5%
Faixa de ultrapassagem	Alto	25 a 40%	32,5%
Grau de separação	Alto	25 a 40%	32,5%
Infraestrutura para pedestres em outro nivelamento	Alto	60%	60%
Infraestrutura para pedestres em outro nivelamento transversal	Alto	60%	60%
Barreira da faixa central (1+1)	Alto	25 a 40%	32,5%
Implantar de sentido único	Médio	25 a 40%	32,5%
Segregação física de sentido sem duplicar	Médio	60%	60%
Segregação física de sentido (1+1)	Médio	60%	60%
Faixa para motocicletas (separada)	Médio	25 a 40%	32,5%
Faixa para motocicletas (construída na rodovia)	Médio	25 a 40%	32,5%
Faixa para motocicletas (logotipos pintados somente na rodovia)	Médio	25 a 40%	32,5%
Ampliação da faixa (>0,5 m)	Médio	25 a 40%	32,5%
Ampliação da faixa (até 0,5 m)	Médio	25 a 40%	32,5%
Acostamento pavimentado do lado do passageiro (>1 m)	Médio	25 a 40%	32,5%
Acostamento pavimentado do lado do passageiro (< 1 m)	Médio	25 a 40%	32,5%
Acostamento pavimentado do lado do condutor (>1 m)	Médio	25 a 40%	32,5%
Acostamento pavimentado do lado do condutor (<1 m)	Médio	25 a 40%	32,5%
Barreiras à beira da rodovia - lado do condutor	Médio	40 a 60%	50,0%
Barreiras à beira da rodovia - lado do passageiro	Médio	40 a 60%	50,0%
Remoção de perigos à beira da rodovia - lado do condutor	Médio	25 a 40%	32,5%
Remoção de perigos à beira da rodovia - lado do passageiro	Médio	25 a 40%	32,5%
Inclinação melhorada - lado do condutor	Médio	10 a 25%	17,5%
Inclinação melhorada - lado do condutor	Médio	10 a 25%	17,5%
Rotatória	Médio	60%	60%
Pavimentação da superfície da rodovia	Médio	25 a 40%	32,5%
Resistência à derrapagem (rodovia pavimentada)	Médio	25 a 40%	32,5%
Resistência à derrapagem (rodovia não pavimentada)	Médio	25 a 40%	32,5%
Renovação da superfície da rodovia	Médio	25 a 40%	32,5%
Interseção sinalizada (4 aproximações)	Médio	25 a 40%	32,5%
Trecho para conversão protegido em um local já sinalizado (4 aproximações)	Médio	25 a 40%	32,5%
Melhoria do cruzamento rodo-ferroviário	Médio	25 a 40%	32,5%
Tratamento de retornos em canteiro central	Médio	25 a 40%	32,5%
Ciclovias (separada da rodovia)	Médio	25 a 40%	32,5%
Travessia semaforizada de pedestres	Médio	25 a 40%	32,5%
Tratamento especial de travessias de escolas	Médio	10 a 25%	17,5%
Ilha de refúgio p/ pedestres no canteiro central	Médio	25 a 40%	32,5%
Travessia semaforizada da via transversal	Médio	25 a 40%	32,5%
Travessia não semaforizada na via transversal	Médio	10 a 25%	17,5%
Passeios ou caminhos com segregação física	Médio	40 a 60%	50,0%
Passeios ou caminhos com segregação física	Médio	40 a 60%	50,0%
Iluminação (interseção)	Médio	10 a 25%	17,5%
Iluminação da rua (travessia para pedestres)	Médio	10 a 25%	17,5%

Contra medida	Custo	Efetividade	Efetividade média
Iluminação pública (meio de quadra)	Médio	10 a 25%	17,5%
Linha de visão (remoção de obstáculos)	Médio	10 a 25%	17,5%
Aviso de área escolar - luz piscante	Médio	10 a 25%	17,5%
Aviso de área escolar - sinais e demarcações	Médio	10 a 25%	17,5%
Implantação de <i>Traffic Calming</i>	Médio	25 a 40%	32,5%
Ajuste de estacionamento lindeiro à via	Médio	10 a 25%	17,5%
Melhoria de greide lateral a ciclovias	Médio	10 a 25%	17,5%
Remoção de perigos laterais a ciclovias	Médio	25 a 40%	32,5%
Barreira lateral p/ ciclovia (própria para motociclistas)	Médio	40 a 60%	50,0%
Implantação de faixa exclusiva para motos	Médio	25 a 40%	32,5%
Inclinação melhorada (segmento de faixa para motocicletas) do lado do passageiro	Médio	10 a 25%	17,5%
Remoção de perigos à beira da rodovia (segmento da faixa para motocicletas) – lado do passageiro	Médio	25 a 40%	32,5%
Barreiras à beira da rodovia (segmento da faixa para motocicletas) do lado do passageiro	Médio	40 a 60%	50,0%
Melhoria de greide lateral a faixas para motos (lado motorista)	Médio	25 a 40%	32,5%
Remoção de perigos laterais a faixas para motos (lado motorista)	Médio	25 a 40%	32,5%
Barreiras laterais p/ faixas exclusivas para motos (lado motorista)	Médio	40 a 60%	50,0%
Revisão de medidas de gerenciamento da velocidade	Médio	25 a 40%	32,5%
Revisão de medidas de gerenciamento da velocidade para motocicletas	Médio	25 a 40%	32,5%
Distância e visibilidade da sinalização	Baixo	25 a 40%	32,5%
Faixa central exclusiva de giro a esquerda	Baixo	10 a 25%	17,5%
Faixa central com vibradores	Baixo	10 a 25%	17,5%
Linha de Divisão de Fluxos Opostos (LFO) larga e zebra >1m	Baixo	10 a 25%	17,5%
LFO larga (0,3 a 1m)	Baixo	10 a 25%	17,5%
Linha de bordo com vibradores	Baixo	25 a 40%	32,5%
Giro protegido, canalizado e semaforizado	Baixo	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado não semaforizado	Baixo	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado e semaforizado	Baixo	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado, mas não semaforizado	Baixo	10 a 25%	17,5%
Implantação de ciclofaixa na via	Baixo	25 a 40%	32,5%
Travessia não semaforizada de pedestres	Baixo	25 a 40%	32,5%
Travessia não semaforizada de pedestres com refúgio	Baixo	25 a 40%	32,5%
Adequação da qualidade de travessias	Baixo	25 a 40%	32,5%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado passageiro) > 3m	Baixo	40 a 60%	50,0%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado passageiro) junto da via	Baixo	40%	40,0%
Caminho informal p/ pedestres s/ segregação (lado passageiro) > 1m	Baixo	40%	40,0%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado motorista) > 3m	Baixo	40 a 60%	50,0%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado motorista) junto da via	Baixo	40%	40,0%
Caminho informal p/ pedestres s/ segregação (lado motorista) >1 m	Baixo	40%	40,0%
Gradis para pedestres	Baixo	25 a 40%	32,5%
Melhoria de canalização e delimitação de interseções	Baixo	10 a 25%	17,5%
Melhoria de delimitação de curvas	Baixo	10 a 25%	17,5%
Melhoria de delimitação geral	Baixo	10 a 25%	17,5%

Fonte: RODRIGUES *et al.* (2018).

2.7.4 iRAP – Casos Aplicados

Segundo a ANTP (2017) a aplicação do conceito de sistema seguro via a metodologia iRAP leva a identificação de um elenco de contramedidas (medidas mitigadoras) de engenharia viária, todas com potencial para prevenir acidentes com óbitos e lesões graves. Quanto maior o nível de risco ao usuário e quanto maior o volume de usuários e veículos, maior seria a quantidade de óbitos e lesões graves evitados por ano pela implantação de uma determinada contramedida.

As contramedidas possuem seus custos de implantação e manutenção. Porém elas geram benefícios econômicos, expressos pelos valores monetários dos acidentes, lesões graves e óbitos evitados pelas contramedidas implantadas. Assim, a eficiência econômica de cada contramedida em cada trecho da via pode ser avaliada e utilizada na tomada de decisões para fins de planejamento, inserindo nos planos de investimento apenas aquelas contramedidas que demonstram eficiência econômica (índice de custo-benefício acima de um critério mínimo adotado) e priorizando as contramedidas com maior eficiência econômica neste sentido.

Em resumo, o PIVMS, ou plano de investimento de vias mais seguras, baseia-se em dados de sustentação obtidos nas classificações das rodovias por estrelas e estimativas de acidentes fatais e graves para determinar as melhorias de estrada com melhor custo-benefício e prevenir mortes e ferimentos grave.

No ano de 2013 aconteceu a primeira avaliação de rodovias brasileiras pelo critério iRAP, em que foram inspecionados mais de 4 mil quilômetros de rodovias do Estado de São Paulo (MILANI, 2017, p.54). Na ocasião, a inspeção das rodovias gerou a seguinte classificação por estrelas (Tabela 5):

Tabela 5 – Classificação iRAP rodovias São Paulo

Classificação	Ocupantes de veículos		Motociclistas		Ciclistas		Pedestres	
	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%
5 estrelas	37,2	1%	3,3	0%	20	0%	6,7	0%
4 estrelas	230,4	5%	123,6	3%	22,9	1%	38	1%
3 estrelas	1288,2	30%	594	14%	121,1	3%	98,8	2%
2 estrelas	1755,3	41%	1199,7	28%	216,6	5%	1,36	3%
1 estrela	874,2	21%	2255,7	53%	307,4	7%	2,36	6%
Não se aplica	63,9	2%	63,9	2%	3561,2	84%	3733,9	88%

Fonte: Adaptado de MILANI (2017, p.55).

Neste cenário foram propostas soluções de contramedidas a partir de dois planos de investimentos distintos. Nesses planos temos que, quanto maior valor investido há maior redução na porcentagem de acidentes, entretanto, com menor custo-benefício (IRAP, 2014b, p. 39). Observando o que foi proposto na oportunidade pelo iRAP vemos (Tabela 6):

Tabela 6 – Plano investimento iRAP São Paulo

Parâmetros	Plano 1	Plano 2
Valor presente do investimento	R\$2,55 bilhões	R\$ 1,23bilhões
Mortes e ferimentos graves evitados	79.983	70.922
Valor presente do benefício	R\$ 11,30 bilhões	R\$ 10,1 bilhões
Custo por morte e ferimento grave e evitado	R\$ 31.898	R\$ 17.388
Relação benefício/custo (RBC)	4,43	8,13
Redução nas mortes e ferimentos graves	41%	36%

Fonte: Adaptado de MILANI (2017, p.55).

Observa-se, portanto, grande disparidade no custo-benefício a partir da análise do investimento em cada morte e ferimentos graves evitados pelas contramedidas. De acordo com o exposto, parte desses investimentos que compõe o supracitado “Plano 2” estariam relacionados com a implantação/instalação de barreiras de segurança do lado do motorista e do passageiro; sonorizadores para saída de pista; cercamento para pedestres; calçada adjacente à rodovia e barreiras no canteiro central (MILANI, 2017, p.61).

Isto posto, veremos abaixo como a aplicação dessas simples medidas poderiam atuar no estabelecimento da segurança nos trechos analisados a partir de um exercício de simulação, em que teríamos, sob o ponto de vista de motoristas e motociclistas (Tabela 7):

Tabela 7 – Classificação por estrela a partir das contramedidas

Classificação	Ocupantes de veículos			Motociclistas		
	Extensão (km)	%	Alteração	Extensão (km)	%	Alteração
5 estrelas	55,7	1%	0%	4,2	0%	0%
4 estrelas	1126,1	27%	22%	167,9	4%	1%
3 estrelas	2470,1	58%	28%	1354,9	32%	18%
2 estrelas	496,8	12%	-29%	1852,1	44%	16%
1 estrela	36,6	1%	-20%	806,2	19%	-34%
Não se aplica	63,9	2%	0%	63,9	2%	0%

Fonte: Adaptado de MILANI (2017, p.59).

Na situação, nota-se, entre os ocupantes de veículos, redução vertiginosa de trechos classificados com duas ou menos estrelas e o significativo aumento nas classificações melhores, notadamente com pelo menos 3 estrelas. Em contrapartida, para motociclistas os resultados seguem longe dos ideais e apontam ainda para a esmagadora maioria dos trechos classificados com 3 estrelas ou menos. Em resumo, a própria análise do iRAP, em tradução de Milani, expõe que:

Uma proporção significativa da rede viária continuará oferecendo alto risco (duas ou uma estrela) aos motociclistas e ciclistas, mesmo após a implementação do plano 2. Por exemplo, tratamentos economicamente efetivos para esta categoria de usuários reduziram os trechos classificados com uma estrela de 53% para 19%, mas 44% permaneceriam com duas estrelas. Isto é preocupante, pois as mortes relacionadas a motocicletas cresceram drasticamente nos últimos anos no estado de São Paulo. É recomendado que outras soluções sejam investigadas e outras iniciativas como educação dos usuários, gerenciamento de velocidades e faixas segregadas para bicicletas e motocicletas, sejam implementadas para reduzir o número de mortes (IRAP 2014b, p. 43).

No geral, os principais resultados e balanços financeiros são apresentados na Tabela 8. Mais de 70 mil mortes e acidentes graves evitados a um custo individual de R\$ 17.388,00.

Tabela 8 – Resultados e custos financeiros

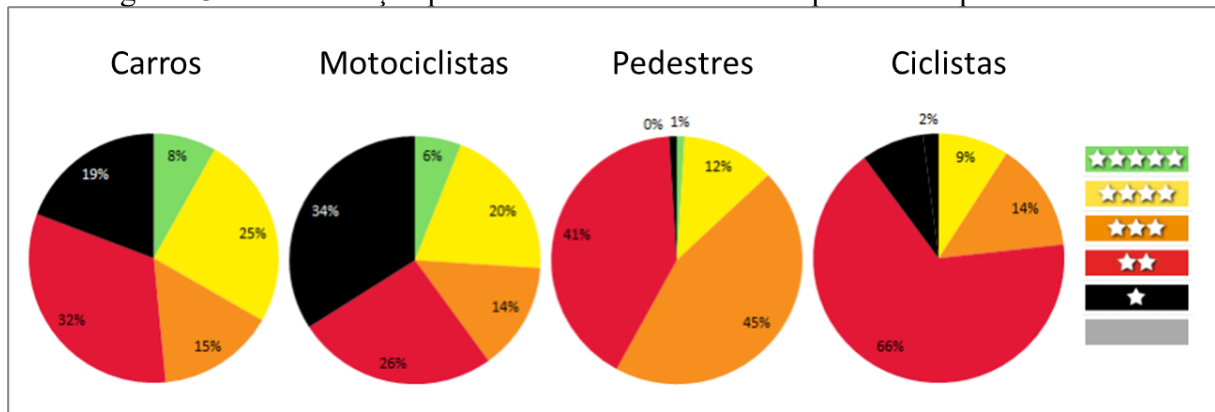
Extensão			4249,2km
Investimento			R\$1,23 bilhão
Benefício econômico (por ano)			R\$1,34 bilhão
Benefício econômico (20 anos)		R\$10,1 bilhões (com taxa de desconto de 12%)	
Relação benefício/custo (RBC)			8,13
Mortes e ferimentos graves	Mortes (por ano)	Mortes e ferimentos graves (por ano)	Mortes e ferimentos graves (20 anos)
Antes das contramedidas	894	9.834	196.680
Depois das contramedidas	572	6.288	125.757
Evitados	322	3.546	70.923
Redução		36%	
Custo por morte e ferimento grave evitado		R\$ 17.388,00	

Legenda: BCR -

Fonte: Adaptada Milani (2017, p.61).

Outro exemplo que demonstra a aplicabilidade e possíveis resultados sob o ponto de vista da segurança viária a partir da implementação da metodologia iRAP está exemplificado no estudo de rodovias do Vietnam. De acordo com a classificação iRAP, a classificação por estrelas da malha rodoviária do país era a seguinte (Figura 13):

Figura 13 – Classificação por estrelas estradas Vietnam para cada tipo de usuário



Fonte: IRAP VIETNAM: A LIFE SAVING PARTNERSHIP (2010, p.6, tradução nossa).

A partir desse cenário o iRAP elaborou e analisou mais de 70 opções de intervenções e contramedidas aplicáveis à realidade da malha rodoviária do país com o intuito de salvar vidas, quer seja medidas para a segurança de pedestres, quer de motoristas de automóveis, de motos e ciclistas (IRAP VIETNAM: A LIFE SAVING PARTNERSHIP, 2010, p. 7).

Com base nas avaliações por estrelas e nos dados de volume de tráfego e dos acidentes já registrados foi estimado, também, os impactos na segurança viária a partir da aplicação das contramedidas. De acordo com o documento (tradução nossa):

Cada opção de contramedida é avaliada em relação ao preço acessível e econômica critérios de eficácia. O benefício econômico de uma contramedida (medido em termos de o benefício econômico das mortes e lesões graves evitadas) deve, no mínimo, exceder o custo de sua construção e manutenção (IRAP VIETNAM: A LIFE SAVING PARTNERSHIP, 2010, p. 7)

Assim, foram elaborados três planos de investimentos para adoção de contramedidas, onde, quanto maior valor financeiro investido, maior também é, proporcionalmente, a porcentagem estimada de redução de vítimas fatais ou com ferimentos graves em acidentes. Os investimentos estão mantidos na unidade monetária dólar (US\$) e os números de mortes e acidentes graves evitados são uma estimativa (Tabela 9):

Tabela 9 – Planos de contramedidas iRAP Vietnam

Parâmetros	Plano 1	Plano 2	Plano 3
Investimento	US\$ 195 mi	US\$ 125 mi	US\$ 70 mi
Mortes e ferimentos graves evitados por ano	3.930	3.400	2.750
Mortes e ferimentos graves evitados nos próximos 20 anos	78.500	68.100	55.100

Benefício econômico anual	US\$ 60 mi	US\$ 52 mi	US\$ 40 mi
Benefício econômico próximos 20 anos	US\$ 1,2 bi	US\$ 1,05 bi	US\$ 850 mi
Custo evitado por morte/acidentes graves	US\$ 2.500,00	US\$ 1.800,00	US\$ 1.270,00
Relação custo/benefício	6	8	12
Redução de mortes/acidentes graves na malha rodoviária	24%	20%	16%

Fonte: VIETNAM: A LIFE SAVING PARTNERSHIP (2010, p. 9, tradução nossa).

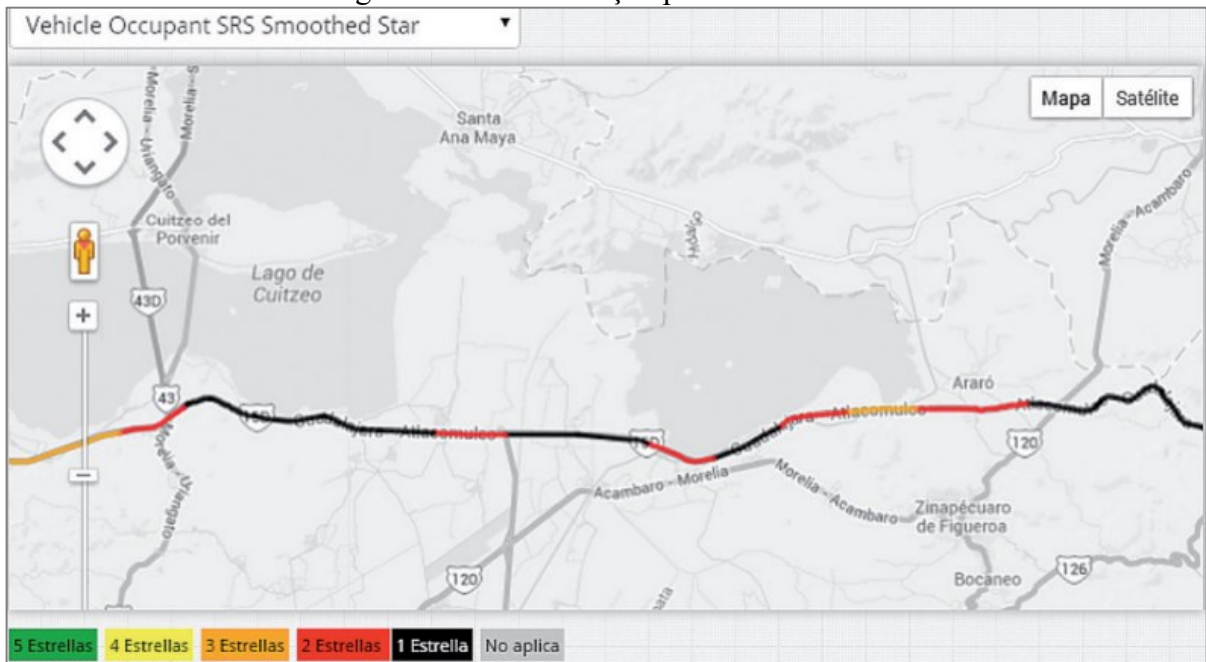
Como se vê, quanto menor o investimento, maior é o custo-benefício. Entretanto, com o investimento maior, previsto no plano 1, o número de vítimas fatais ou feridas gravemente em acidentes diminuiria em até 24%, o que, a longo prazo, resultaria num benefício econômico de mais de R\$ 1 bilhão pelos próximos 20 anos.

Em outro caso de aplicação da metodologia iRAP, temos, abaixo, explicação sobre implementação de contramedidas em rodovias do México. O trecho estudado no país da América Central fica na cidade de Morelia.

Algumas características desse trecho, que fica entre os km 202 e 240 da rodovia, são: velocidade de 110 km/h; 4 pistas (duas para cada sentido); largura da pista de 3,65 metros. Quanto à topografia, temos que do km 202 ao km 206 é uma subida suave; do km 206 ao km 207 é plano; do km 207 ao km 209 é uma subida suave; do km 209 ao km 213 é plano; do km 213 ao km 217 é uma subida íngreme; do km 217 ao km 228 é plano e, do km 228 ao km 240 há uma nova subida forte (HURTADO-BELTRÁN *et al.*, 2015, p.5).

Na classificação por estrela iRAP, conforme Figura 14, a grande maioria do trecho recebeu 1 ou 2 estrelas no quesito da segurança dos ocupantes de veículos. Há alguns segmentos com classificação de 3 estrelas e não há trechos classificados nas qualidades boa ou ótima, de 4 ou 5 estrelas (iRAP, 2014, p. 6).

Figura 14 – Classificação por estrelas iRAP



Fonte: IRAP (2014, p. 6).

Com base em alguns conceitos que serão lembrados a seguir, foram sugeridas algumas contramedidas para o caso. Os conceitos estão relacionados ao que o iRAP considera pertinente em cada faixa de classificação. Para os ocupantes dos veículos, temos:

- a) 5 estrelas: faixas separadas, acostamentos, laterais da pista limpos, poucas interseções em desnível com pistas largas de incorporação e limite de velocidade adequado;
- b) 4 estrelas: sentidos separados por barreiras no eixo; acostamentos; interseções em desnível e boa geometria;
- c) 3 estrelas: pista com uma só uma faixa; reta; com laterais relativamente livres e acostamentos pavimentados;
- d) 2 estrelas: pista com só uma faixa; curvas estreitas; acostamentos pavimentados e estreitos; obstáculos nas laterais;
- e) 1 estrela: pista com só uma faixa; atrito lateral (cruzamentos, incorporações) e obstáculos nas laterais (HURTADO-BELTRÁN *et al.*, 2015, p. 7, tradução nossa).

Ressalta-se que a classificação dos trechos da rodovia é realizada por meio do cálculo da pontuação *Star Rating Scores* (SRS) em segmentos de 100m de comprimento, em que se considerada a condição mais crítica de segurança. Assim, uma pontuação SRS maior indica

uma menor segurança da rodovia, ou seja, uma classificação por estrelas menor. A Tabela 10 apresenta a relação entre a faixa SRS e a classificação por estrelas de acordo com o usuário.

Tabela 10 – Pontuação SRS e a classificação por estrelas da rodovia

Classificação por estrelas	Pontuação SRS		
	Ocupantes de veículos e motociclistas	Pedestre	Ciclista
5 estrelas	0,0 a 2,5	0,0 a 5,0	0,0 a 5,0
4 estrelas	2,5 a 5,0	5,0 a 15,0	5,0 a 10,0
3 estrelas	5,0 a 12,5	15,0 a 40,0	10,0 a 30,0
2 estrelas	12,5 a 22,5	40,0 a 100,0	30,0 a 60,0
1 estrela	> 22,5	>100,0	> 60,0

Fonte: HURTADO-BELTRÁN (*et al.*, 2015, p. 6, tradução nossa).

Nota-se que o processo de codificação que resulta uma classificação por estrelas independe, por exemplo, de características geométricas favoráveis, sendo levado em consideração outros elementos. Em contrapartida, mesmo não apresentando esses outros elementos (quais sejam: obstáculos laterais, taludes inadequados) se a geometria da via for considerada de risco, haverá menor classificação por estrelas (HURTADO-BELTRÁN *et al.*, 2015, p. 7).

Explanado isso e tendo sido apresentadas as condições da estrada mexicana, foram propostas soluções de contramedidas para os segmentos, no sentido de eliminar as classificações indicadas com padrão mais baixo, isto é, com 1 ou 2 estrelas. No Quadro 11, destinou-se a expor medidas válidas apenas para trechos do km 220 e do km 239 da rodovia. Foram divididos em segmentos de 100 metros cada, conforme prevê a metodologia iRAP, onde estão indicadas contramedidas a serem implementadas e com qual impacto sobre a pontuação do *Star Rating Score (SRS)*, isto é, a pontuação de classificação por estrelas.

Quadro 11 – Contramedidas propostas e classificação iRAP esperada para ocupantes de veículos - caso México

Contramedida (km 220)										
Melhoria da sinalização de curvas horizontais										
Melhoria da sinalização horizontal e vertical										
Implantação de barreira de contenção – lado do condutor										
Implantação de barreira de contenção – lado do passageiro										
Implantação de sonorizadores nos acostamentos										
Quilometragem	220,1	220,2	220,3	220,4	220,5	220,6	220,7	220,8	220,9	221,0
Pontuação SRS (por segmento de 100m)	8	8	15	15	18	8	8	14	42	38

Classificação por estrelas (por segmento)	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Contramedida (km 239)										
Melhoria da sinalização de curvas horizontais										
Melhoria da sinalização horizontal e vertical										
Implantação de barreira de contenção – lado do condutor										
Implantação de barreira de contenção – lado do passageiro										
Implantação de sonorizadores nos acostamentos										
Quilometragem	239,1	239,2	239,3	239,4	239,5	239,6	239,7	239,8	239,9	240,0
Pontuação SRS (por segmento de 100m)	8	42	27	27	34	30	34	34	34	34
Classificação por estrelas (por segmento)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: HURTADO-BELTRÁN (*et al.*, 2015, p. 11, tradução nossa)

Como se vê, medidas simples como a colocação de barreiras laterais tanto do lado do motorista como do lado do passageiro e, especialmente, delineamento com tachas refletivas no acostamento contribuem enormemente para que o trecho aumente sua pontuação no ranking de segurança seguindo classificação por estrelas (SRS) deixe de ser classificado como “1 estrela” (HURTADO-BELTRÁN *et al.*, 2015, p. 12).

O caso mencionado a seguir, apresenta o cenário da malha rodoviária de Brunei, localizado na ilha de Bornéu, Sudoeste da Ásia, e que tipos de contramedidas propostas para aumentar a segurança viária dos trechos analisados. Na Tabela 11 tem-se a classificação do trecho da malha analisado de acordo com a classificação por estrelas iRAP e separado por tipo de usuário na rodovia. Nota-se predominância nas classificações por 3, 2 ou 1 estrela, com variação acima ou abaixo a depender do tipo de usuário (TURNER *et al.*, 2016, p.6).

Tabela 11 – Classificação por estrelas rodovia - caso Burnei

Classificação	Ocupantes de veículos		Motociclistas		Pedestres		Ciclistas	
	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%
5 estrelas	0,00	0%	0,00	0%	0,1	0%	0,00	0%
4 estrelas	38,30	7%	0,00	0%	3,30	1%	0,00	0%
3 estrelas	205,60	38%	16,70	3%	7,70	1%	3,40	1%
2 estrelas	170,00	32%	177,20	33%	40,10	7%	77,60	15%
1 estrela	118,10	22%	338,10	63%	187,80	35%	353,20	66%
Não se aplica	2,70	1%	2,70	1%	295,70	55%	100,50	19%

Fonte: TURNER (*et al.*, 2016, p.6).

Para as soluções de melhoria na segurança da via, as contramedidas propostas foram “definidas por meio de evidências e cálculos de que, se implementadas, irão prevenir mortes e acidentes graves num custo-benefício que sugerem que as contramedidas listadas vão

economizar mais em custos com os acidentes do que o valor que será investido para implementar as contramedidas” (TURNER *et al.*, 2016, p.7). A partir disso, foram elaborados dois cenários, que serão demonstrados a seguir.

O cenário 1 inclui, por exemplo, 25 km de duplicações, implantação de divisória no centro da pista e 128 km de barreiras laterais, 314 km de sonorizadores e 73 km de faixas indicando a geometria da curva. Já o cenário 2 propõe os mesmos 25 km de duplicações, divisória central, 104 km de barreiras laterais, 167 km de sonorizadores e 56 km indicando a geometria da curva (TURNER, *et al.*, 2016, p. 9). São algumas diferenciações que, ao fim, irão resultar em distintas classificações por estrelas. Ambas são apresentadas na sequência (Tabela 12 e Tabela 13).

Tabela 12 – Classificação por estrela cenário 1 - Caso Brunei

Classificação	Ocupantes de veículos		Motociclistas		Pedestres		Ciclistas	
	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%
5 estrelas	18,60	3%	0,00	0%	0,10	0%	6,80	1%
4 estrelas	98,50	18%	1,00	0%	6,40	1%	1,00	0%
3 estrelas	346,00	65%	113,60	21%	20,50	4%	10,90	2%
2 estrelas	61,10	11%	340,50	64%	121,80	23%	189,40	35%
1 estrela	7,80	1%	76,90	14%	90,20	17%	226,10	42%
Não se aplica	2,70	1%	2,70	1%	295,70	55%	100,50	19%

Fonte: TURNER (*et al.*, 2016, p.6).

Tabela 13 – Classificação por estrelas cenário 2 - Caso Brunei

Classificação	Ocupantes de veículos		Motociclistas		Pedestres		Ciclistas	
	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%	Extensão(km)	%
5 estrelas	27,50	5%	0,00	0%	0,10	0%	0,20	%
4 estrelas	119,80	22%	2,00	0%	6,40	1%	2,50	%
3 estrelas	349,00	65%	187,20	35%	18,10	3%	22,30	%
2 estrelas	33,90	6%	281,70	53%	130,40	24%	193,70	%
1 estrela	1,80	0%	61,10	11%	84,00	16%	215,50	%
Não se aplica	2,70	1%	2,70	1%	295,70	55%	100,50	%

Fonte: TURNER (*et al.*, 2016, p.8).

O cenário 1, completamente implementado, indicaria uma redução de 20 vezes menos acidentes graves, incluindo, aproximadamente, sete vezes menos mortes. A economia com custos causados por acidentes seria de cerca de R\$ 1 bilhão pelos próximos 20 anos, frente a

um custo de implementação de contramedidas de R\$ 184 milhões. Tal comparativo resulta no patamar de número 6, quanto ao custo-benefício da metodologia iRAP, isto é, 6 vezes mais economia a longo prazo do que o custo de investimento no presente (TURNER, *et al.*, 2016, p. 8).

Já com relação ao cenário 2, completamente implementado, indicaria uma redução de 22 vezes no número de acidentes graves, acrescentando, oito vezes menos mortes em toda a malha pesquisada. Na moeda local, a economia com custos causados por acidentes seria de R\$ 760 milhões pelos próximos 20 anos, frente a um custo de implementação de contramedidas de R\$ 144 milhões. Tal comparativo resulta no patamar de número 5, quanto ao custo-benefício da metodologia iRAP, isto é, aproximadamente 5 vezes mais economia a longo prazo do que o custo de investimento no presente (TURNER, *et al.*, 2016, p. 10).

Sob o ponto de vista dos ocupantes dos veículos, o tráfego em trechos com ao menos 3 estrelas saltaria de 45% do trecho para 95%. Para 4 ou 5 estrelas, essa porcentagem seria de aproximadamente 25% do total do trecho. (TURNER, *et al.*, 2016, p. 10).

Outro caso interessante acontece na China. Com a mão de obra capacitada e a expertise adquirida, os profissionais do programa do ChinaRAP forneceram apoio a projetos no Camboja, Austrália, Nova Zelândia e Iêmen (Figura 15) (VACCINES FOR ROADS, 2019).

Figura 15 – Inspeção de estradas por bicicletas na China



Fonte: VACCINES FOR ROADS (2019).

Muitas ideias difundidas pelo iRAP foram criadas no programa ChinaRAP e tiveram repercussão e influência pelo mundo, como o exemplo da figura anterior que representa o processo de classificação por estrelas na China usando como veículo principal uma bicicleta, e

acabou representando uma diminuição no custo e uma melhor inspeção para os usuários que utilizam esse veículo como meio de locomoção (VACCINES FOR ROADS, 2019).

O conceito de CycleRAP foi originado posteriormente em 2015 pelos esforços colaborativos do iRAP e teve sua primeira aplicabilidade em cerca de 400km de ciclovias na Holanda e é orientado por cerca de 20 organizações globais e especialistas (IRAP ORGANIZATION, 2021)

Com base nos resultados desses testes iniciais, uma segunda geração do modelo está agora sendo desenvolvida para aplicação global sob a orientação de um especialista Grupo Consultivo CycleRAP (IRAP ORGANIZATION, 2021).

A utilização de bicicletas como meio de locomoção, segundo dados fornecidos pelo iRAP em seu portal online, foi acelerada durante a recente pandemia do Coronavírus e obteve um aumento significativo no uso de aplicativos de entrega de alimentos, bicicletas dockless compartilhadas (modelo de compartilhamento foi aplicado pelo Itaú no Brasil) e e-bikes (IRAP ORGANIZATION, 2021).

Foi notado também um aumento significativo no número de acidentes fatais e com ferimentos graves envolvendo ciclistas e usuários. Segundo o portal do iRAP, ferimentos graves na Suécia, resultantes de acidentes envolvendo bicicletas, por exemplo, aumentaram aproximadamente 35% nos últimos 10 anos, e uma particularidade desse tipo de acidente é que mais de 60% deles são considerados graves, como mostrou dados da Holanda onde é reportado cerca de 60 mil acidentes por ano (IRAP ORGANIZATION, 2021).

Tendo em vista os crescentes problemas envolvendo a segurança dos ciclistas, o principal objetivo da ferramenta é solucionar também a falta de dados sobre acidentes envolvendo ciclistas, que segundo o portal do CycleRAP, a obtenção desses dados se torna essencial para entender a natureza do problema e como resolvê-lo (IRAP ORGANIZATION, 2021).

3 REVISÃO SISTEMÁTICA

A revisão sistemática da literatura consiste na aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada (Sampaio e Mancini, 2007).

No presente trabalho foi utilizado para a revisão sistemática da literatura o método proposto por Costa e Zoltowski (2014), descrito em 8 etapas, conforme a Figura 16. Ainda segundo os autores, embora se descrevam etapas para a realização de uma revisão sistemática, isso é feito com caráter pedagógico, podendo essas etapas, por vezes, se relacionarem e não ocorrerem de maneira sequencial.

Figura 16 – Processo de revisão sistemática da literatura

Passo 1	Delimitação da questão a ser pesquisada
Passo 2	Escolha das fontes de dados
Passo 3	Eleição das palavras-chave para a busca
Passo 4	Busca e armazenamento dos resultados
Passo 5	Seleção de artigos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão
Passo 6	Extração dos dados dos artigos selecionados
Passo 7	Avaliação dos artigos
Passo 8	Síntese e interpretação dos dados

Fonte: COSTA E ZOLTOWSKI (2014).

Passo 1: Definindo a pergunta

A pergunta que fundamenta a revisão sistemática da literatura do presente estudo é: “As contramedidas propostas pela metodologia iRAP para contratos de conservação rodoviária são plenamente aplicáveis à realidade brasileira ou necessitam de adaptações?”

Passo 2: Escolha das fontes de dados

Para a identificação dos estudos relevantes, foram consultadas as bases de dados eletrônicas: Science Direct; Google Scholar; Scielo e Wiley.

Passo 3: Definição das palavras-chave

Com base na pergunta que norteia o trabalho e visando maximizar a identificação de estudos relevantes, foram definidos como descritores as palavras-chave: rodovia (*road*); segurança (*safety*); conservação (*conservation*) e contramedidas (*countermeasures*). Conforme proposto por Aguilera (*et al.*, 2014), os descritores foram utilizados primeiramente sozinhos, depois com a expressão booleana "and" no campo de busca de cada base de dados: contramedidas de segurança viária (*road safety countermeasures*).

Passo 4 a 6: Busca, seleção e armazenamento dos resultados

Ainda para a busca e seleção dos estudos, foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: ter o texto integral disponível e ter sido publicado entre os anos de 2010 a 2021. Após a aplicação dos critérios de inclusão, a quantidade de estudos fornecidos por cada base é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultado da busca dos descritores nas bases de dados

Base de Consulta	Nº
ScienceDirect	989
GoogleScholar	567
Wiley	44
Scielo	5
Road S. Toolkit	85
Total	1.690

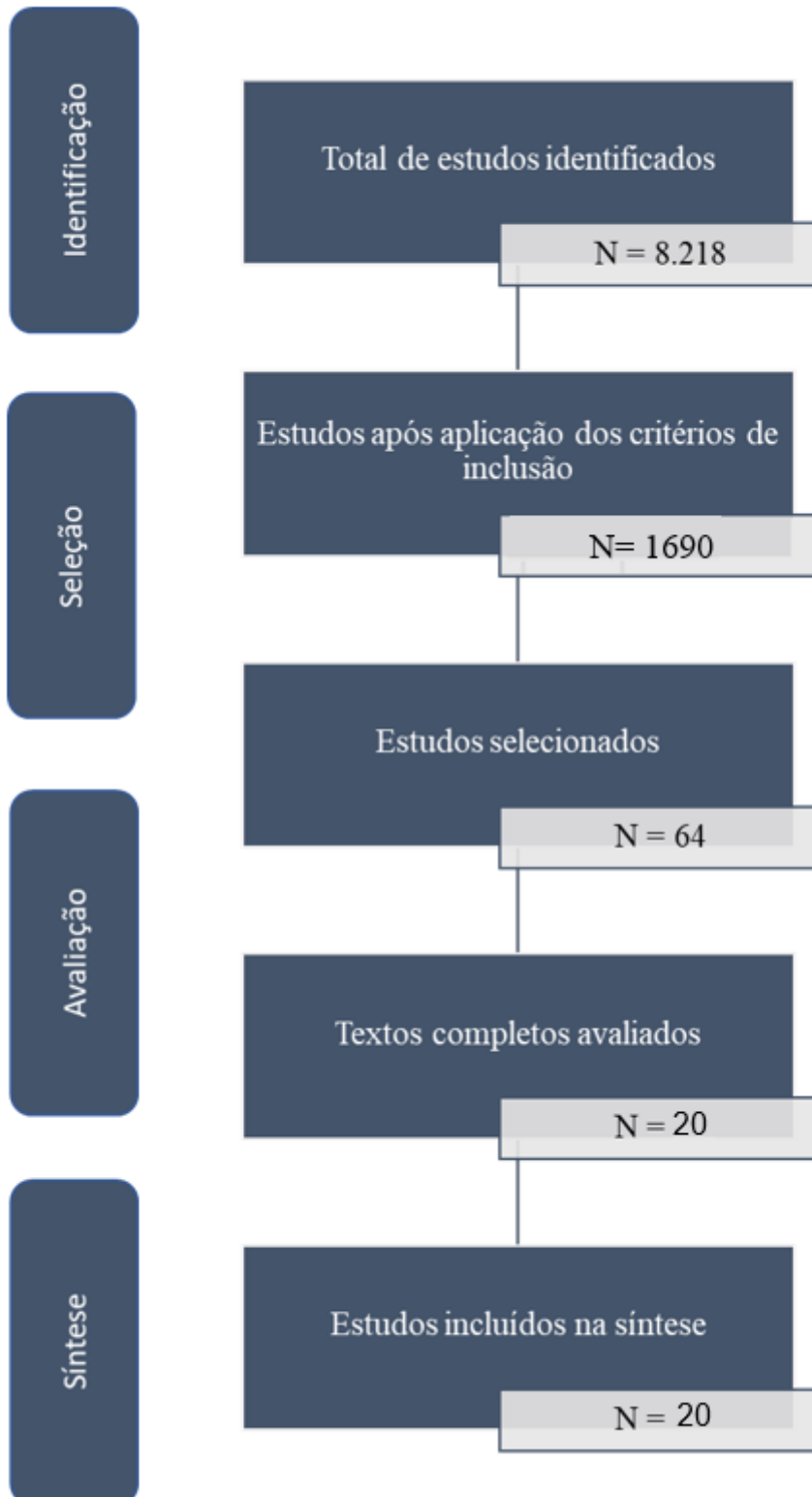
Fonte: AUTOR (2021).

Passo 7 e 8: Avaliação e síntese dos artigos

Dos 1690 artigos, 1143 foram retirados após a leitura dos títulos, por não se tratarem de estudos de proposição e/ou avaliação de contramedidas de segurança viária.

Foram lidos 64 resumos dos estudos pré-selecionados, dos quais 44 foram excluídos. Ao final, 20 artigos foram incluídos na síntese e interpretação dos dados (Figura 17 e Quadro 12). Assim, os artigos foram lidos e sintetizados, com as principais informações apresentadas nos tópicos 3.1 e 3.2.

Figura 17 – Fluxograma das informações nas fases da revisão sistemática



Fonte: AUTOR (2021)

Quadro 12 – Estudos incluídos na revisão sistemática

	Título	País	Autor(es)	Ano	
1	A review of International Sources for Road Safety Measures Assessment	-	Yannis, G.; Weijermars, W.; Kauppila, J.	2012	ScienceDirect
2	Challenges and Opportunities for the Assessment of the Effectiveness of Road Safety Measures	-	Hasson, P.; Kauppila, J.; Assing, K.; Yannis, G.; Lassarre, S.	2012	ScienceDirect
3	Crash modification factors: foundational issues	-	Hauer, E.; Bonneson, J.; Council, F.; Srinivasan, R.; Zegeer, C.	2012	GoogleScholar
4	A Guide to Developing Quality Crash Modification Factors	EUA	Gross, F.; Persaud, B.; Lyon, C.	2010	GoogleScholar
5	Development of countermeasures to effectively improve pedestrian safety in low-income areas	EUA	Lin, P.S.; Guo, R.; Bialkowska-Jelinska, E.; Kourtellis, A.; Zhang, Y.	2019	ScienceDirect
6	An optimization model for improving highway safety	EUA	Saha, P.; Ksaibati, K.	2016	ScienceDirect
7	Assessing the Black Spots Focused Policies for Indian National Highways	Índia	Bisht, L.S.; Tiwari, G.	2020	ScienceDirect
8	Achieving safe road traffic — the experience in Japan	Japão	Oguchi, T.	2016	ScienceDirect
9	Efeito da implantação de programas de sinalização para prevenção de acidentes viários na rodovia federal BR-153 no estado do Tocantins	Brasil	Marques, J.T.; Bracarense, L.S.F.P	2019	GoogleScholar
10	BR Legal: Sinalização e segurança viária	Brasil	Bonatto, A.Z.E.; Nodari, C.T.; Garcia, D.S.P.	2019	GoogleScholar
11	Metodologia iRAP para redução de mortos e feridos no trânsito: uma visão acerca das contramedidas	Brasil	Rodrigues, F.; Coelho, C.S.; Batista, I.R.N.; Leite, T.G.G.	2018	GoogleScholar
12	A Decision Support System for Analysis of Vulnerable Road Users Safety Issues: Results of the SAFERBRAIN Project	Índia e Brasil	Tripodi, A.; Persia, L.; Di Mascio, P.; Corazza, M.V.; Musso, A.	2012	ScienceDirect
13	O manual de medidas de segurança viária: Edição ampliada e revisada	-	Elvik, R.; Høye, A.; Vaa, T.; Sørensen, M.	2015	GoogleScholar
14	A systematic cost-benefit analysis of 29 road safety measures	-	Daniels, S.; Martensen, H.; Schoeters, A.; Van Den Berghe, W.; Papadimitriou, E.; Ziakopoulos, A.; Kaiser, S.; Aigner-Breuss, E.; Soteropoulos, A.; Wijnen, W.; Weijermars, W.; Carnis, L.; Elvik, R.; Perez, O.M.	2019	ScienceDirect

	Título	País	Autor(es)	Ano	
15	iRAP Road Attribute Risk Factors - Skid Resistance	EUA	Road Safety Toolkit	2015	Road Safety Toolkit
16	High Friction Surfacing Treatment (HFST) Crash Reduction Program	EUA	Road Safety Toolkit	2015	Road Safety Toolkit
17	Safety Numbers	UK	Phil Mason	2011	Road Safety Toolkit
18	National Roadway Safety Awards 2013 – Noteworthy Practices Guide	EUA	Interstate Road Management, Inc.	2013	Road Safety Toolkit
19	Run Off Road	EUA	Road Safety Toolkit	2015	Road Safety Toolkit
20	Rodovias que perdoam	Brasil	Confederação Nacional do Transporte	2021	CNT

Fonte: AUTOR (2021).

3.1 CONTRAMEDIDAS DE SEGURANÇA VIÁRIA

3.1.1 Programas de Segurança Rodoviária do Brasil

Referente a ferramentas de avaliação e planejamento, Tripodi *et al.* (2012) descreve o Sistema de Apoio à Decisão (DSS) desenvolvido como parte do projeto SaferBraIn que teve início em outubro de 2009 e analisou segundo dados de acidentes os principais fatores de risco para os usuários vulneráveis de estradas no Brasil e na Índia (com referência específica a ciclistas e pedestres), que, com base em experiências europeias e melhores práticas, buscou desenvolver metodologias inovadoras e ferramentas para planejamento, design e manutenção de infraestruturas seguras nesses países.

O SaferBraIn DSS foi criado com o objetivo de apoiar os tomadores de decisão e técnicos para definir tratamentos de segurança através de uma abordagem preventiva e/ou abordagem corretiva, a partir da seleção dos tratamentos mais eficazes baseados na avaliação dos impactos e custos das contramedidas (para abordagem corretiva) ou na estimativa das situações mais arriscadas (para abordagem preventiva) (TRIPODI *et al.*, 2012). O sistema analisa caso a caso dos dados de acidentes de vulneráveis e monta análises de custo-benefício e custo-efetividade para monitoramento de resultados

A abordagem corretiva relaciona-se com a análise baseada em dados de acidentes, assim, o DSS fornece um suporte para a definição das causas de acidentes e as possíveis contramedidas/tratamentos, baseados nos impactos e custos esperados, que podem ser adotados

para tornar infraestruturas mais seguras onde ocorrem vários acidentes (TRIPODI *et al.*, 2012). As contramedidas incluem:

- a) medidas gerais de engenharia (intervenções básicas no perfil rodoviário e/ou alinhamento, como, por exemplo, acalmamento do tráfego);
- b) medidas de engenharia dedicadas (intervenções no trecho rodoviário, por exemplo, ciclovias segregadas);
- c) medidas de sinalização (por exemplo, sinais de alerta para o tráfego de pedestres ou a remoção de placas desnecessárias para melhorar a visibilidade);
- d) problemas de iluminação (iluminação melhorada nos pontos de cruzamento);
- e) manutenção viária (por exemplo, visibilidade total das sinalizações rodoviárias, adequadamente mantida a vegetação);
 - educação dos usuários das estradas também será considerada para garantir a aceitação do sistema/dispositivo de tráfego alterado/novo;
 - conjunto de impactos (por exemplo, custos, fatores de redução de acidentes, etc.) associados às contramedidas;
 - funções para avaliar a eficiência e a eficácia das contramedidas (método custo-benefício, método de custo-efetividade);
 - funções para exibir resultados em mapas digitais (TRIPODI *et al.*, 2012).

Já o iRAP avalia a qualidade das rodovias e as classifica em estrelas, em função da periculosidade e, a partir disto, desenvolve uma série de recomendações e ajustes para melhorias na via. As soluções de engenharia são propostas através de um documento denominado Plano de Investimento em Rodovias Mais Seguras (PIRMS), que ainda avalia a relação de custo e benefícios de cada uma das contramedidas propostas, considerando a potencialidade de redução de mortos e feridos (RODRIGUES *et al.*, 2018).

Rodrigues *et al.* (2018) listam as contramedidas de segurança viária propostas pelo Programa iRAP, onde 24 destas são classificadas como de baixo custo, conforme Tabela 15.

Tabela 15 – Contramedidas de baixo custo

Contramedida	Efetividade	Efetividade média
Distância e visibilidade da sinalização	25 a 40%	32,5%
Faixa central exclusiva de giro a esquerda	10 a 25%	17,5%
Faixa central com vibradores	10 a 25%	17,5%
Linha de Divisão de Fluxos Opostos (LFO) larga e zebrada >1m	10 a 25%	17,5%
LFO larga (0,3 a 1m)	10 a 25%	17,5%

Contramedida	Efetividade	Efetividade média
Linha de bordo com vibradores	25 a 40%	32,5%
Giro protegido, canalizado e semaforizado	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado não semaforizado	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado e semaforizado	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado, mas não semaforizado	10 a 25%	17,5%
Implantação de ciclofaixa na via	25 a 40%	32,5%
Travessia não semaforizada de pedestres	25 a 40%	32,5%
Travessia não semaforizada de pedestres com refúgio	25 a 40%	32,5%
Adequação da qualidade de travessias	25 a 40%	32,5%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado passageiro) > 3m	40 a 60%	50,0%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado passageiro) junto da via	40%	40,0%
Caminho informal p/ pedestres s/ segregação (lado passageiro) > 1m	40%	40,0%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado motorista) > 3m	40 a 60%	50,0%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado motorista) junto da via	40%	40,0%
Caminho informal p/ pedestres s/ segregação (lado motorista) > 1 m	40%	40,0%
Gradis para pedestres	25 a 40%	32,5%
Melhoria de canalização e delimitação de interseções	10 a 25%	17,5%
Melhoria de delimitação de curvas	10 a 25%	17,5%
Melhoria de delimitação geral	10 a 25%	17,5%

Fonte: RODRIGUES *et al.* (2018).

Ainda segundo os autores, tem-se várias intervenções de baixo custo voltadas especificamente para modos não motorizados (pedestres e ciclistas) e, em minoria, para veículos motorizados; um maior número de propostas com efetividade média de apenas 17,5% e algumas contramedidas com valores mais elevados, de 40% e até 50% de efetividade (RODRIGUES *et al.*, 2018).

No Brasil, a metodologia iRAP foi aplicada em 4.250 km de rodovias de São Paulo, com a maioria da rede viária pesquisada classificada com duas ou menos estrelas, para todos os tipos de usuários, os resultados demonstram que há potencial para melhorar a infraestrutura rodoviária (iRAP, 2014 *apud* RODRIGUES *et al.*, 2018). Quando aplicada a metodologia iRAP em 3.395 km de rodovias federais brasileiras, em sete estados e no Distrito Federal, a categoria de usuários “ocupantes dos veículos”, 1% foi classificada como cinco estrelas, 9% quatro estrelas, e 58% três estrelas. Para “motociclistas”, 50% eram duas ou menos estrelas (iRAP, 2015 *apud* RODRIGUES *et al.*, 2018).

Partindo para os estudos que avaliaram o efeito de contramedidas de segurança viária de baixo custo aplicadas nas rodovias do Brasil, Bonatto *et al.* (2019) avaliaram a melhoria na segurança em duas rodovias no Rio Grande do Sul que receberam sinalização vertical e horizontal, previstas no Programa BR-Legal, utilizando um grupo de comparação. Foram selecionados trechos das rodovias BR-153 e BR-293, que tiveram a sinalização horizontal terminada em 2015 e a sinalização vertical praticamente terminada em 2016, e as rodovias de

comparação, as BR-472 e BR-290 (trecho entre Uruguaiana e a BR-392), onde as obras ainda não haviam começado, e por isso representariam bem como estaria a situação das rodovias caso elas ainda não tivessem recebido nenhuma intervenção (BONATTO *et al.*, 2019). Para o estudo Antes e Depois, compararam-se os anos de 2012 até 2014 aos anos de 2017 e 2018. Como as obras ocorrem em 2015 e em 2016, esses anos não foram considerados (BONATTO *et al.*, 2019).

Analisando os resultados, os autores concluíram que houve uma melhora nos parâmetros acidentes, feridos e índice de severidade, com a tendência de redução dos mesmos; todavia, o número de mortes se manteve praticamente o mesmo que no período anterior à aplicação da nova sinalização do BR-Legal (BONATTO *et al.*, 2019). Como os trechos das rodovias que receberam a nova sinalização apresentou uma melhora em diversos atributos em relação aos trechos das rodovias de controle, os autores inferiram que a implantação do programa teve efeitos positivos para a segurança viária (BONATTO *et al.*, 2019).

Ainda no âmbito dos programas nacionais BR-Legal e CREMA, Marques e Bracarense (2019), avaliaram os efeitos da aplicação dos mesmos sobre a segurança viária na rodovia BR-153 no estado do Tocantins, uma das principais rodovias de integração do Brasil, devido à ligação do Meio-Norte com a Região Centro-Sul.

Como o objetivo do estudo era avaliar a eficácia da implantação de programas de sinalização viária, foram identificados os trechos da BR-153 onde o programa BR-Legal e CREMA foram implantados (MARQUES E BRACARENSE, 2019). Inicialmente foram selecionados todos os acidentes de trânsito ocorridos nesses trechos e posteriormente foram filtrados os acidentes relacionados à sinalização viária, ou seja, os acidentes que contrariam as metas de prevenção propostas pelos programas (MARQUES E BRACARENSE, 2019). A análise foi feita a partir da taxa de aumento ou diminuição dos acidentes no trecho estudado após a implantação dos programas e a comparação com a taxa de acidentes envolvendo a sinalização viária de um trecho onde os programas não foram implantados, para um mesmo intervalo de tempo (2007 a 2017) (MARQUES E BRACARENSE, 2019).

A partir da análise dos resultados, Marques e Bracarense (2019) constataram que, com a implantação do programa CREMA a partir de 2014 e o BR-Legal na rodovia BR-153/TO a partir de 2016, houve uma redução no número de acidentes, sendo a análise mais representativa para a pesquisa a análise comparativa entre os trechos estudados onde houve a implantação dos programas a partir de 2014, registrando significativa redução de acidentes, uma vez que, no trecho onde não houve intervenção dos programas, os índices de acidentes aumentaram. Houve uma redução de 6% na taxa de acidentes relacionados à desobediência a sinalização e

sinalização da via inadequada ou insuficiente, enquanto no trecho sem a implantação a taxa teve um aumento de 1% para o mesmo período (MARQUES E BRACARENSE, 2019).

Marques e Bracarense (2019) ainda ressaltam que, mesmo que os acidentes relacionados à desobediência à sinalização e sinalização da via inadequada ou insuficiente representem uma proporção pequena quando comparados aos acidentes totais, se nota que a melhoria na sinalização contribui para a redução de acidentes ocasionados por outros fatores, servindo de alarme para as autoridades responsáveis pela segurança viária, a fim de investir nas medidas voltadas a sinalização e manutenção das vias.

Segundo Elvik *et al.* (2015, p. 306), a melhoria da sinalização de trânsito tem como objetivo assegurar que a sinalização e a manutenção das placas estejam de acordo com as diretrizes legais, de maneira que as placas possam atingir os fins desejados, inversamente, presume-se que a sinalização defeituosa, sem visibilidade ou mal colocadas aumentam o risco de acidentes no trânsito.

3.1.2 Medidas de baixo custo na Infraestrutura para Conservação de Pavimento

Um exemplo clássico de reconhecimento da metodologia aconteceu em Kentucky nos Estados Unidos, onde uma contramedida prevista no iRAP para conservação de pavimento foi premiada, em 2013, em um evento chamado de *National Roadway Safety Awards* (Prêmio Nacional de Segurança Viária) que é elaborado anualmente nos Estados Unidos. A premiação foi criada com a intenção de reconhecer projetos inovadores que reduzem significativamente o número de vítimas fatais em acidentes de trânsito em todos os 50 estados americanos.

No ano de 2013 um dos grandes vencedores na categoria “Melhorias de Infraestrutura” foi o programa de Tratamento de Superfícies de Alta Fricção (*High Friction Surfacing Treatment Program ou HFSP*) efetuado pela agência *Kentucky Transportation Cabinet (KYTC)* que reconheceu que os terrenos montanhosos e sinuosos da cidade de Kentucky, está apresentando um desafio para os usuários da rodovia.

Consequentemente foi levantado uma série de soluções de baixo custo para reduzir acidentes em estradas em condições de fortes chuvas e grandes períodos de seca para reduzir o número de veículos que fogem da pista durante o trajeto. A agência responsável conduziu um programa piloto para aprimorar a resistência a derrapagem (previsto como contramedida na metodologia do iRAP) com um tratamento de superfície de alta fricção (HFSP) em locais específicos onde colisões com derrapagens resultaram em mortes, ferimentos graves ou danos materiais.

Como resultado o programa obteve sucesso, e após a aplicação em mais de 75 locais espalhados por todo o estado houve uma redução nos acidentes e fatalidades relacionadas a derrapagem em 69% segundo a *Interstate Road Management*. Em uma comparação simples dos dados anteriores a 3 anos, os acidentes nas estradas em tempos úmidos caíram de 357 para 33 em locais onde o HFST foi aplicado. Segundo o Road Safety Toolkit do iRAP, essas melhorias de superfície do pavimento tiveram um custo médio e tempo de vida de 5 a 10 anos.

Uma outra melhoria de infraestrutura provenientes de estudos do iRAP foi reconhecida em 2014, quando os relatórios anuais da *British Performance Tracking da Road Safety Foundation* mostraram que houve reduções significativas no número de acidentes graves que ocorreram em determinados trechos da estrada em Amersham na Inglaterra. Conforme relatado no *British EuroRap Risk Mapping Results* do ano de 2014, medidas de baixo custo e simples como a repavimentação da faixa de rodagem, marcações rodoviárias melhoradas, redução do limite de velocidade e superfície de alta fricção resultaram em uma mudança na avaliação de risco da A404-M25 (local estudado) de uma rota de risco para uma rota de “baixo risco” (3 e 4 estrelas no resultado médio) e uma redução nos números de acidentes fatais de 12 para 1.

É possível avaliar as contramedidas adotadas na A404 entre Amersham e a M25 e seus respectivos custos e eficiência na redução de acidentes Tabela 16, segundo o *Road Safety Toolkit*:

Tabela 16 – Contramedidas para Conservação Rodoviária previstas pelo iRAP

Contramedidas Adotadas	Custos Estimados	Eficiência
Sinalização e Delineamento	Baixo	10-25%
Gestão de Velocidade	Baixo	25-40%
Reabilitação da Superfície da Rodovia	Médio	25-40%
Resistência a Derrapagem	Médio	25-40%

Fonte: *Road Safety Toolkit*

Em janeiro de 2011 o Governo Escocês em parceria do *Scottish Government and Road Safety* levantaram estatísticas que mostraram que cerca de 3 a cada 4 mortes no trânsito ocorridas na Escócia eram em vias rurais em que a superfície do pavimentando apresentava fácil deslizamento por parte dos usuários nos anos anteriores.

Estudos apontam que parte considerável dos acidentes ocorrem por erros dos motoristas, mas todo investimento em infraestrutura pode ter impacto positivo no quesito de segurança viária. Após uma análise detalhada dos locais e reclamações de acidente por perda

de controle do veículo proveniente da não aderência do asfalto as autoridades rodoviárias do Reino Unido decidiram reabilitar a superfície do pavimento para aumentar a resistência a derrapagem em cerca de 18 mil metros quadrados de rodovia. Os trabalhos foram realizados entre o final de janeiro e o início de março de 2010 no B977 (Kintore para Dunecht) em Leylodge, em dois locais em Cottown no B994 (Kintore para Kemnay) e em Swailend e Oldmeldrum no A947 (Aberdeen para Banff) e registraram queda de 31% na quantidade de acidentes rodoviários naquelas regiões.

Parte importante desses estudos é a distinção da efetividade das contramedidas aos altos níveis de investimentos necessários, é possível dizer até mesmo que as medidas de baixo custo na série histórica obtiveram resultados fantásticos e um grande custo-benefício.

3.1.3 Delineamento

Os tratamentos de delineamento ajudam os motoristas a avaliar sua posição na estrada e condições futuras, tem grande utilidade onde a visibilidade é afetada, o que é uma peculiaridade de diversas partes do Brasil.

Um estudo da *Federal Highway Administration (FHWA)* nos EUA levantou os fatores de risco atribuído a ausência de delineamento adequado. Segundo a FHA, o delineamento central e de bordo da rodovia reduz a deterioração do pavimento devido a passagem de veículos no acostamento e, além disso, cerca de 25% dos acidentes fatais ocorrem próximo a curva horizontal. Existem vários dispositivos de controle de tráfego de baixo custo que as agências podem instalar em uma curva horizontal, como por exemplo os sinais de alerta de velocidade e as tachas refletivas, sendo o delineamento, apesar de apresentar um custo baixo, o mais efetivo.

Entretanto, o delineamento também pode ter problemas de implementação em países onde a marcação de linha é ignorada, como mostra o Quadro 13.

Quadro 13 – Contramedidas para Delineamento previstas pelo iRAP.

Benefícios	Problemas de Implementação
Redução de acidentes noturnos e baixa Visibilidade	Delineadores mal projetados podem aumentar o risco de acidentes
Baixíssimo custo de implementação	Muitos sinais podem confundir o motorista
Redução da deterioração do pavimento devido a passagem de veículos	A eficácia das marcações depende da largura da linha e de sua retrorrefletividade

Fonte: *Road Safety Toolkit*

3.1.4 Remoção de objetos na Margem da Rodovia e Faixa de Domínio

Outro fator peculiar do quadro rodoviário brasileiro é a pouca fiscalização da faixa de domínio e áreas marginais as vias de domínio público, onde muitas das vezes não ocorre a desapropriação na área e a remoção de possíveis adversidades. O manual de conservação rodoviária do DNIT (2005) prevê como “tarefas de conservação corretiva e rotineira” o serviço de corte de árvores e poda de galhos que invadam o acostamento com o objetivo de remover potenciais perigos a estrutura, linhas telefônicas e dutos da rodovia. Os serviços e a segurança dos usuários pelas suas características, requerem medidas especiais para a segurança dos trabalhos e do tráfego, também inclui a remoção do material resultante dos cortes e o uso de herbicida.

Um conceito introduzido pelo *Yellow Book* (relatório *Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety*) em 1974 foi chamado de Clear-zone (ou zona livre), permite que o condutor, após uma eventual saída da pista de rolamento, possa recuperar o controle do veículo em segurança. Atualmente, no Brasil, o cálculo da largura da zona livre é realizado de acordo com as especificações da NBR 15486/2016 e possui um fator diretamente proporcional ao volume diário médio (VMD) e declividade lateral da pista.

A existência de uma zona livre influencia diretamente na implantação de dispositivos de contenção. Desta maneira, além de aumentar a segurança para os usuários, também ocasiona uma economia significativa de recursos. Entretanto, como lado negativo, além da fiscalização constante necessária da faixa de domínio, vale ressaltar que deve ser feito um tratamento rigoroso de remoção de obstáculos e terraplanagem das margens da via.

No Brasil, os municípios são atores importantes na proteção do espaço público rodoviário, que muitas vezes atravessam o perímetro urbano. A fiscalização da faixa de domínio possui papel relevante na efetividade da legislação e cabe ao fiscal da faixa de domínio fiscalizar, acompanhar, autuar e gerenciar todas as atividades relativas às obras, acessos e engenhos publicitários e outras interferências às margens das rodovias.

Todavia, é válido ressaltar que, em virtude das estruturas no entorno da rodovia e os custos de ampliação dos bordos da rodovia, nem sempre será possível ter a largura da zona livre ideal e sem interferências.

Qualquer ocupação irregular nas faixas de domínio de rodovias estaduais e federais apresenta um grande risco a segurança viária, portanto, é primordial que haja uma intensificação da fiscalização em benefício de usuários das rodovias e das populações lindeiras.

3.1.5 Alcançar um Tráfego Rodoviário Seguro – A Experiência no Japão

Segundo Oguchi (2016, p. 113), os custos sociais causados por acidentes de trânsito no Japão no ano de 2004, incluindo perdas monetárias e não monetárias, seriam em torno de 8,4 trilhões de ienes, e que tais custos poderiam promover os investimentos públicos para contramedidas contra acidentes de trânsito.

Ainda segundo o autor, entre os anos de 1970 a 1981, houve uma notável diminuição dos acidentes de trânsito devendo-se em grande parte exatamente ao fato do amplo investimento de recursos e aos esforços substanciais que foram feitos para implementar uma variedade de medidas de segurança no trânsito, sendo:

- a) Medidas de segurança no trânsito e no tráfego rodoviário;
- b) Regulamentação e aplicação da lei;
- c) Educação e publicidade;
- d) Melhoria das normas de segurança veicular; e
- e) Atendimento médico de emergência (OGUCHI, 2016, p. 113).

Especificamente quanto às medidas adotadas para a segurança no trânsito e no tráfego rodoviário, houve o aumento significativo no número de sinais de trânsito no Japão, passando de cerca de 15.000 em 1970 para cerca de 95.000 em 1980, e para quase 205.000 em 2013, resultando em uma redução de 31-64%, 32-75% e 50-89% para o número de acidentes, ferimentos e mortes, respectivamente (OGUCHI, 2016, p. 113).

Quanto as rodovias, Oguchi (2016, p.113) ressalta o papel da melhoria e manutenção das mesmas na promoção da segurança, com esforços de melhoria em desvios, rotatórias e cruzamentos em desnível, para que as rodovias pudessem lidar com níveis elevados de volume de tráfego. Outra parte desse contexto foram as vias expressas, que estão entre os tipos de rodovias mais seguras, a taxa de acidentes em vias expressas foi de apenas 0,99 por bilhão de veículos/quilômetro – apenas 1/14 da taxa de 13,7 por bilhão de veículos/quilômetro em estradas comuns – para o ano de 1983, e as taxas de mortalidade caíram de 0,12 mortes por bilhão de veículos/quilômetro em estradas comuns para 0,04 mortes por bilhão de veículos/quilômetro em vias expressas, no ano de 1998 (OGUCHI, 2016, p. 113).

Seguindo como medida de trânsito seguro, em 1992 foi estabelecido no Japão o Instituto de Pesquisa e Análise de Dados de Acidentes de Trânsito (*Institute of Traffic Accident Research and Data Analysis - ITARDA*) com o apoio cooperativo do Ministério de Terras, Infraestrutura, Transporte e Turismo (*Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism*

MLIT) e da Agência Nacional de Polícia de Trânsito do Japão (*Traffic Bureau of Japan's National Police Agency - NPA*), para realizar pesquisas e análises científicas sobre acidentes de trânsito usando dados empíricos (OGUCHI, 2016, p. 113).

As análises dos dados da ITARDA para os anos de 1990 a 1993 indicaram que 9% dos comprimentos dos trechos rodoviários do país foram responsáveis por 40% de todos os acidentes de trânsito. Com base nesse conhecimento, o governo tomou medidas seletivas para atingir mais de 3.000 locais de acidentes frequentes de 1996 a 2003. As análises sistemáticas destinadas a identificar os fatores de alta frequência de acidentes de trânsito foram seguidas por uma seleção intencional de medidas destinadas a reduzir o potencial de acidentes ocorridos em cada local. As medidas para cada local também foram implementadas durante o período de sete anos (1996–2003). Avaliações pós-implementação também foram realizadas para avaliar a eficácia das medidas. (OGUCHI, 2016, p. 113-114).

Por fim, os legisladores estabeleceram recentemente uma série de ações para: a seleção de locais de acidentes de trânsito de alto risco; a realização de estudos para identificar os fatores por trás dos acidentes de trânsito; e a determinação e implementação de medidas para reduzir os riscos de incidência e avaliação das medidas implementadas, de acordo com o conhecido ciclo Planejar, Fazer, Verificar e Agir (*Plan, Do, Check, and Action - PDCA*) (OGUCHI, 2016, p. 114).

3.1.6 Modelo de Otimização para Melhorar a Segurança Viária

O estado de Wyoming tem aproximadamente 44.790 quilômetros de rodovias pertencentes e mantidas por entidades federais, estaduais e locais, e teve no ano de 2014 um total de 14.699 acidentes, sendo 131 fatais, 2.818 feridos e 11.750 acidentes apenas com danos materiais (WYDOT, 2015b *apud* SAHA E KSAIBATI, 2016, p. 549). A perda monetária associada a estes é de aproximadamente US\$ 550 milhões (WYDOT, 2008 *apud* SAHA E KSAIBATI, 2016, p. 549).

Na esfera municipal, são 3.933 quilômetros de rodovias pavimentadas (aproximadamente 8,8% do total), muitos destes foram construídos há mais de 40 anos e tinham manutenção inconsistente, resultando em más condições gerais das rodovias (SAHA E KSAIBATI, 2015 *apud* SAHA E KSAIBATI, 2016). Além disso, o crescimento das indústrias de petróleo e gás aumentou o tráfego de caminhões nas estradas municipais, o que resultou em perdas econômicas significativas devido a acidentes e o que exige o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de segurança de tráfego (*Traffic Safety Management System - TSMS*) inovador para utilizar recursos limitados de forma mais eficiente (SAHA E KSAIBATI, 2016).

A metodologia aplicada buscou (1) garantir que os projetos de segurança selecionados minimizassem o número de acidentes, especialmente os acidentes fatais e feridos dentro dos orçamentos predefinidos; (2) a seleção de melhorias de segurança não depende apenas dos volumes de tráfego, mas também do fator de redução de colisões (SAHA E KSAIBATI, 2016, p. 551).

Assim, após a identificação de pontos críticos de acidente, o próximo passo é realizar a avaliação de campo para identificar contramedidas de segurança. A lista das possíveis contramedidas de segurança de baixo custo associadas ao custo unitário das estradas pavimentadas do município é apresentada na Tabela 17. Para cada local, a melhor contramedida é escolhida com base no fator de redução de acidentes (CRF) e no custo considerando o orçamento geral de segurança (SAHA E KSAIBATI, 2016, p. 551). Esperava-se que com a implementação das contramedidas selecionadas ocorresse a redução dos acidentes em quase 50% (SAHA E KSAIBATI, 2016, p. 556).

Tabela 17 – Contramedidas de segurança de baixo custo propostas para o município

ID	Contramedida	CRF (%)	Custo Unit. (\$)
1	Instalar sinalização (geral)	15	400,00
2	Instalar sinais de alerta (orientação positiva)	40	400,00
3	Instalar placas de chevron nas curvas horizontais	35	400,00
4	Instalar sinais de advertência de curva	30	400,00
5	Instalar balizador (geral)	11	500,00
6	Instalar balizador (em pontes)	40	300,00

Fonte: Saha e Ksaibati (2016, p. 555).

3.1.7 Desenvolvimento de Contramedidas para Melhorar Efetivamente a Segurança de Pedestres em Áreas de Baixa Renda

Conforme Lin *et al.* (2019, p. 163), é típico na Flórida estradas largas e com várias pistas que se estendem por quilômetros com poucas faixas de pedestres, exceto por cruzamentos potencialmente perigosos interagindo com veículos de alta velocidade; ainda somado-se a essas características, a Flórida também é um estado com envelhecimento populacional, alto turismo, bairros de baixa densidade e culturas diversas, fatores que contribuem para acidentes de pedestres, lesões e fatalidades em áreas de baixa renda, tornando-se um estado ideal para pesquisar esses fatores de contribuição e desenvolver contramedidas associadas.

Neste cenário, os autores desenvolveram uma metodologia de base demográfica para analisar fatores críticos associados à acidentes de pedestres e gravidade da lesão em áreas de baixa renda, e a partir dos resultados da análise desenvolveu uma série de recomendações (LIN *et al.*, 2019, p. 172).

Nos testes estatísticos e modelagem, os fatores identificados relacionados às rodovias incluíram condições de iluminação, locais de travessia, dispositivos de controle de tráfego, projeto de cruzamento, pontos de ônibus e velocidade do veículo; sendo que as contramedidas propostas de engenharia servem a duas funções: (1) evitar a ocorrência de acidentes de pedestres (reduzir a frequência de acidentes) e (2) reduzir a gravidade quando ocorre um acidente de pedestres (LIN *et al.*, 2019, p. 171). O Quadro 14 apresenta as contramedidas de engenharia, informadas pelos resultados da modelagem efetuadas no estudo, para melhorar a segurança dos pedestres para áreas de baixa renda (LIN *et al.*, 2019, p. 171).

Quadro 14 – Contramedidas de engenharia recomendadas para áreas de baixa renda

Resultado da modelagem	Contramedida	
<p>72% das mortes de pedestres ocorreram à noite e 22% das mortes noturnas ocorreram nas ruas sem iluminação;</p> <p>Condições baixa iluminação, em relação às condições com iluminação (luz do dia, crepúsculo, amanhecer), aumentaram a probabilidade média de lesões graves (fatalidade ou lesão incapacitante) em atropelamentos em 21,56%;</p> <p>Condições falta de iluminação, em relação às condições de não escuridão (luz do dia, crepúsculo, amanhecer), aumentaram a probabilidade média de lesões graves (fatalidade ou lesão incapacitante) em atropelamentos em 18,82%;</p> <p>Melhores condições de iluminação podem atenuar a gravidade dos ferimentos em pedestres envolvidos em um acidente, especialmente em acidentes fatais.</p>	<p>A. Presença de iluminação</p> <p>B. Nível de iluminação adequado e uniformidade</p> <p>C. Colocação adequada da iluminação para pedestres</p>	<p>Iluminação da rodovia e posicionamento da iluminação</p>
<p>57% dos atropelamentos ocorreram fora dos cruzamentos;</p> <p>65% das mortes de pedestres ocorreram fora dos cruzamentos;</p> <p>Indicador de localização de pedestres em vias de circulação que não sejam faixas de pedestres aumentam significativamente a probabilidade de lesões graves em 11,20% em comparação com outros locais para pedestres (por exemplo, cruzamento, faixa de pedestres no meio de quadra, calçada, etc.);</p> <p>Presença de dispositivo de controle de tráfego (por exemplo, sinalização de pare, dê a preferência, dispositivo de área escolar ou sinal intermitente) na localização de acidentes, pode diminuir a probabilidade de lesões de maiores gravidade em atropelamentos em 6,84%;</p>	<p>A. Sinais de travessia de pedestres no meio do quarteirão</p> <p>B. Faixa de pedestres de alta visibilidade</p> <p>C. Ilhas de refúgio</p> <p>D. Paisagismo apropriado</p>	<p>Tratamentos em locais sem interseção</p>

Resultado da modelagem	Contramedida	
Mais acidentes/fatalidades de pedestres ocorrem fora das interseções; locais sem faixa de pedestres e onde falta dispositivos de controle de tráfego aumentam a gravidade dos ferimentos.		
<p>Quarteirões com maior proporção de passageiros que usam o transporte público ou bicicleta têm maior probabilidade de estarem associados a um maior número de atropelamentos;</p> <p>O aumento de 1 ponto de ônibus por milha resulta em um aumento médio de 0,17 atropelamentos em 4 anos em quarteirões de baixa renda;</p> <p>O maior número de atropelamentos está relacionado à maior densidade de pontos de ônibus.</p>	<p>A. Realocação de pontos de ônibus</p> <p>B. Semáforos de parada de trânsito</p>	<p>Melhoria dos pontos de ônibus</p>
<p>Proporção de estradas locais e vias coletores correlacionados negativamente com frequência de atropelamento; em média, 1% de aumento na proporção de estradas de baixa velocidade resulta em diminuição média de 0,012 atropelamentos em 4 anos em quarteirões de baixa renda;</p> <p>Com base nos resultados da modelagem, limites de velocidade mais baixos provavelmente diminuem a probabilidade de lesões graves em atropelamentos, e o efeito marginal do limite de velocidade inferior (<40 mph) denota esse limite de velocidade inferior provavelmente diminuirá a probabilidade de graves lesões em 11,19%;</p> <p>Os riscos de acidentes com pedestres e lesões graves ou fatais para os pedestres aumentaram em velocidades mais altas.</p>	<p>A. Zonas de baixa velocidade</p> <p>B. Estreitamento da via</p> <p>C. Rotatórias</p> <p>D. Trânsito calmo em ruas residenciais</p>	<p>Tratamentos de redução de velocidade</p>
Além do histórico de dados de acidentes é importante realizar vistorias locais.	Auditoria de segurança viária	

Fonte: LIN *et al.* (2019, p. 171).

3.1.8 ChinaRAP (China)

Talvez o maior e mais bem sucedido programa de infraestrutura viária voltado para segurança já realizado no mundo acontece na China, levando o ChinaRAP, nome designado ao programa iRap na China, a ser líder mundial em prevenir acidentes que poderiam resultar em fatalidades ou ferimentos graves por meio de melhorias em infraestrutura (VACCINES FOR ROADS, 2019).

O país conta com aproximadamente 60 mil vítimas fatais por ano e tem seu programa de implementações de melhoria de segurança viária local (HSEP) que segundo a *FIA Foundation* (fundação de políticas públicas relacionadas a interação do automóvel com a sociedade) já trabalhava em parceria com o iRAP desde 2008 (VACCINES FOR ROADS, 2019).

Alguns números relacionados ao projeto e disponíveis na plataforma online (VACCINES FOR ROADS, 2019) do iRAP mostram a grandeza e profundidade que ganhou o tema, como mostrado a seguir:

- + 250.000 **km** foram avaliados com o programa de classificação por estrelas.
- + 100.000 **km** adicionados e atualizados
- + 12.000 **km** com mapeamento avançado de risco
- + U\$\$ 5 **bilhões** de dólares investido
- + 3.000 **Engenheiros Treinados** para o Programa

Em sua primeira fase dispôs de um aumento da equipe técnica que foi impulsionado por políticas públicas e contou com um aporte de cerca de 5 bilhões de dólares para tratar um pouco mais de 366.000 km de estradas, abrangendo todas as etapas do iRAP (VACCINES FOR ROADS, 2019).

Em 2010, o programa recebeu um apoio do Banco Mundial e do Bloomberg Philanthropic que contou com ajuda e mão de obra via intercâmbio internacional para o desenvolvimento do iRAP Star Rating Demonstrator, que é uma ferramenta que permite simular diversas situações de projeto para descobrir qual o melhor limite de velocidade para determinada via, que posteriormente foi fortemente incentivado para uso em nível global pelo iRap, através da plataforma Vida (IRAP ORGANIZATION, 2019).

Atualmente o programa está na sua segunda fase, onde visa eliminar trechos de alto risco das estradas existentes e garantir que não sejam adicionados novos trechos perigosos durante a fase de execução de novos projetos (VACCINES FOR ROADS, 2019).

Hoje o gasto médio estimado do PIB Chinês com fatalidades e lesões graves ocorridos em acidentes de trânsito ultrapassam 5% e segundo um documento chamado de “iRAP – G20 country factsheet” disponibilizado pelo portal do iRAP, a China tem um dos maiores custo-benefício em relação ao retorno de investimento entre as 20 maiores potências mundiais (IRAP ORGANIZATION, 2019). O valor estimado que pode ser economizado pelo estado chinês nos próximos 20 anos seguindo as métricas do iRAP ultrapassa os 1 trilhão de dólares e cerca de 9 milhões de acidentes graves evitados (IRAP ORGANIZATION, 2016). Isso mostra e justifica a atenção especial que o governo chinês deu para o programa e seus planos para o futuro, como mostrado a seguir:

Ainda em 2019, o iRAP assinou um programa de parceria para um dos mais ambiciosos projetos chineses, que foi apelidado como *Belt and Road Transport Alliance*. Segundo o EBRD (Banco de reconstrução e desenvolvimento Europeu), o “*Belt and Road*” é uma estratégia iniciada pela república popular da China que busca conectar a Ásia com a África e Europa por meio de redes terrestres e marítimas com o objetivo de melhorar a integração regional, aumentar o comércio e estimulando o crescimento econômico (IRAP ORGANIZATION, 2019).

O nome foi cunhado em 2013 pelo presidente Chines Xi Jinping, que se inspirou no conceito da “rota da seda” ou “*one belt, one road*” que é um conceito antigo que prometia uma rota comercial que ligaria a China ao Mediterrâneo via Europa e Ásia (EUROPEAN BANK).

Todas as implantações do projeto *Belt and Road* devem seguir as orientações e metodologia do iRAP para rodovias mais seguras e visa dessa forma dispor da melhor tecnologia em segurança viária em um projeto que segundo a universidade Tongji, é um investimento que atingirá direta ou indiretamente 65% da população mundial (EUROPEAN BANK).

O programa ChinaRAP também ganhou notoriedade internacional quando a Comissão de Transporte do Distrito de Yangpu recebeu o primeiro credenciamento iRAP Star Rating por alcançar uma classificação de 5 estrelas em suas atualizações da Zhentong Road Equipe ChinaRAP para ciclistas e pedestres (IRAP ORGANIZATION, 2019).

A ChinaRAP avaliou mais de 100 km de estradas de Yangpu, e foi o primeiro projeto avaliado na classificação por estrelas que obteve 5 estrelas tanto para motoristas, quanto

ciclistas e pedestres melhorar a integração regional, aumentar o comércio e estimulando o crescimento econômico (IRAP ORGANIZATION, 2019).

Os esforços de capacitação, combinados com o fato de que a metodologia iRAP está disponível gratuitamente para uso, significa que as comunidades globais têm o potencial de continuar usando e gerando dados no futuro. (IRAP ORGANIZATION, 2019)

3.1.9 Avaliando as Políticas Focadas em Locais Inseguros das Rodovias Indianas

De acordo com as estatísticas do governo indiano, 150.785 pessoas foram mortas e 494.624 feridas em acidentes de trânsito no ano de 2016, com uma participação alarmante de 68,6% de pessoas da faixa etária de 18-45 anos nestes acidentes fatais (103.409 pessoas) (BISHT E TIWARI, 2020, p. 2537).

Com a segunda maior rede rodoviária do mundo, a Índia conta com 5,6 milhões de quilômetros de rodovias, que transportam mais de 60% de todas as mercadorias no país e 85% do tráfego total de passageiros (BISHT E TIWARI, 2020, p. 2538).

Neste contexto, nos últimos anos, o Governo da Índia formulou várias políticas visando a segurança no trânsito, sendo a principal prioridade do Ministério dos Transportes Rodoviários e Rodovias do país (*Ministry of Road Transport and Highways - MoRTH*) (BISHT E TIWARI, 2020, p. 2538).

Resumidamente, são declarações da Política Nacional de Segurança no Trânsito da Índia (*National Road Safety Policy - NRSP*) (BISHT E TIWARI, 2020, p. 2542):

- a) Aumentar a conscientização sobre questões de segurança no trânsito;
- b) Estabelecer um banco de dados de informações sobre segurança no trânsito;
- c) Garantir uma infraestrutura rodoviária mais segura;
- d) Veículos mais seguros;
- e) Motoristas mais seguros;
- f) Segurança de usuários vulneráveis;
- g) Educação e treinamento em segurança no trânsito;
- h) Aplicação das leis de segurança;
- i) Serviços médicos de emergência para acidentes rodoviários;
- j) Desenvolvimento de recursos humanos e pesquisa para segurança no trânsito;
- k) Fortalecimento do âmbito legal, institucional e financeiro para as rodovias. (BISHT E TIWARI, 2020, p. 2542).

Segundo Bisht e Tiwari (2020), o Governo da Índia também decidiu melhorar o banco de dados de acidentes, ao compreender sua importância na priorização de pesquisas e na seleção de contramedidas.

Ainda no estudo, são apresentados os resultados da auditoria de segurança viária realizada em quatro estados da Índia (Gujarat, Punjab, Maharashtra e Haryana) apresentado por Bisht e Tiwari (2020, p. 2543), que teve como um dos objetivos reduzir os acidentes rodoviários e fatalidades através da melhoria dos aspectos de engenharia da geometria da estrada.

Em Gujarat, as medidas de correção adotadas nos pontos críticos foram: a construção de passagens subterrâneas para pedestres; a instalação de delineadores, poste fixo de proteção de pedestres, melhoria de interseções e outros dispositivos de controle tráfego (BISHT E TIWARI, 2020, p. 2545).

No estado de Maharashtra, as medidas adotadas foram: a instalação de tachas refletivas, sinalização horizontal, interseções em desnível e instalação de sinalização informativa e de advertência (BISHT E TIWARI, 2020, p. 2545).

Já em Punjab, as medidas adotadas nos pontos críticos de acidentes foram: tachas refletivas, sonorizadores, travessia de pedestres e instalação de defesa metálica (BISHT E TIWARI, 2020, p. 2546).

Não foram descritas medidas adotadas em Haryana, bem como não foi apresentada no estudo a avaliação da efetividade das medidas adotadas.

3.2 CONTRAMEDIDAS DE SEGURANÇA VIÁRIA – DESAFIOS NO INTERCÂMBIO DE RESULTADOS

A avaliação da eficiência das medidas de segurança viária é fundamental no auxílio à tomada de decisões, sendo as análises de custo-benefício e efetividade das contramedidas realizadas em vários países, de forma mais ou menos sistemática, a nível nacional, regional ou local, e a partir dos efeitos de segurança das medidas examinadas, em termos de acidentes ou redução de baixas após a implementação da medida (YANNIS *et al.*, 2012, p. 2877).

Daniels *et al.* (2019, p. 1-2) aponta que na pesquisa de segurança viária, a análise de custo-benefício (CBA) tem sido de longe a ferramenta mais popular, permitindo uma avaliação conjunta da eficácia das medidas na redução de acidentes de diferentes gravidades, bem como fornecendo informações sobre o retorno socioeconômico das contramedidas.

Segundo Hasson *et al.* (2012), a justificativa de investimentos em um campo como a segurança no trânsito, onde grandes investimentos podem potencialmente trazer pouco ou

nenhum resultado (e em raras ocasiões resultados negativos), é mais do que necessária, sendo que dados adequados e as metodologias de avaliação estatística, juntamente com procedimentos sistemáticos e troca de resultados de avaliação, são considerados como pré-requisitos para a aquisição dos conhecimentos necessários, sobre os quais os tomadores de decisão poderiam confiar em suas decisões.

Conforme Yannis *et al.* (2012), importantes esforços de pesquisa têm sido feitos para a padronização dos métodos de estimativa dos efeitos das medidas de segurança viária, no que diz respeito à exatidão da estimativa das análises a nível nacional, e quanto às condições e ajustes necessários para permitir a transferência dessas estimativas para diferentes configurações ou países; questão que tornou-se muito importante a nível internacional e, particularmente, no desenvolvimento de manuais com o objetivo de auxiliar tomadores de decisão, pesquisadores ou outras partes interessadas envolvidas na avaliação da eficiência das medidas de segurança viária (YANNIS *et al.*, 2012, p. 2877).

A partir da análise dos estudos de medidas de segurança viária em países como a Austrália, Áustria, Canadá, Finlândia, Alemanha, Grécia, Irlanda, Japão, Holanda, Noruega, Espanha, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos, os autores concluíram que muitos países utilizam os manuais internacionais dentro de suas análises nacionais de avaliação da eficiência da segurança viária, adotando em alguns casos os valores propostos (por exemplo, em termos de redução percentual de acidentes/fatalidades), e em outros casos eles os ajustam às condições locais (YANNIS *et al.*, 2012, p. 2884).

Hauer *et al.* (2012, p.3) descreve os Fatores de Modificação de Acidentes (Crash Modification Factors – CMF) como o parâmetro que tem por finalidade prever o efeito de segurança das ações tomadas (intervenções, tratamentos, contramedidas, escolha de design, escolha do controle de tráfego, etc.). Ainda segundo os autores:

Essas previsões influenciam as decisões de implementação. As decisões serão corretas se a estimativa média atual do CMF corresponder suficientemente de perto ao CMF que se materializaria nas circunstâncias em que a ação contemplada seria implementada; se os dois CMFs não estiverem próximos, a decisão pode ser incorreta. (HAUER *et al.*, 2012, p. 3).

Hasson *et al.* (2012, p. 3231) apontam o CMF como base para qualquer avaliação econômica de medidas de segurança.

O CMF é um fator multiplicativo usado para calcular o número esperado de acidentes após a implementação de uma determinada contramedida em um local específico. O CMF é multiplicado pela frequência esperada de acidentes sem tratamento, sendo que um CMF maior que 1,0 indica um aumento esperado nos acidentes, enquanto um valor menor que 1,0 indica

uma redução esperada nos acidentes após a implementação de uma determinada contramedida (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2010, p. 3).

Apesar de sua importância, a análise de alta qualidade necessária para desenvolver um CMF confiável é dispendiosa, sendo os governos, portanto, desafiados a definir políticas ou estabelecer diretrizes que ajudem a melhorar a qualidade geral da pesquisa e dos resultados do CMF (HASSON *et al.*, 2012, p. 3231).

Conforme Hasson *et al.* (2012, p. 3231):

O crescente conhecimento e interesse na avaliação quantitativa de contramedidas de segurança e a crescente aplicação das mesmas está apresentando uma oportunidade para aumentar a cooperação internacional no desenvolvimento e compartilhamento de CMFs. Os benefícios dessa cooperação incluem a capacidade de maximizar os investimentos em pesquisa entre os países e a disseminação global mais rápida e o uso de contramedidas que salvam vidas.

Dado os benefícios potenciais que se seguiriam da colaboração internacional, pode-se perguntar por que mais não foi feito até o momento. Uma das razões é que os conceitos relacionados à avaliação quantitativa dos efeitos de segurança ainda são relativamente recentes para os praticantes e não amplamente compreendidos. À medida que esses conceitos evoluíram, progrediram e se tornaram muito mais refinados, também tem a nossa compreensão do que faz um bom CMF. Além disso, a compreensão completa do valor da realização de análises de segurança utilizando CMFs só agora está realmente começando a permear a comunidade rodoviária. Em alguns aspectos, é só agora que alguns países da OCDE aprovaram um ponto de inflexão do conhecimento que convida à criação de uma abordagem mais coesa para o desenvolvimento dos CMFs internacionalmente. (HASSON *et al.*, 2012, p. 3231).

Hasson *et al.* (2012, p. 3232) ainda enfatizam que:

As recomendações e diretrizes internacionais para a necessidade e os procedimentos das análises do CMF podem ser muito benéficos para países com alta inércia para mudar práticas atuais que não envolvam avaliação e nenhuma responsabilização da eficácia do investimento em segurança rodoviária. Com base em recomendações internacionais, o primeiro passo pode ser fazer da avaliação do CMF um procedimento para todos os investimentos em segurança viária e, posteriormente, vincular quaisquer investimentos subsequentes com os resultados do CMF dos investimentos anteriores. O segundo passo pode muito bem ser utilizar um procedimento de avaliação padrão e uniforme do CMF, conforme estabelecido através da cooperação internacional contínua no campo. Obviamente, estabelecer um procedimento regular de desenvolvimento e uso de CMF seria extremamente desafiador. (Hasson *et al.*, 2012, p. 3232).

Para Daniels *et al.* (2019, p. 12), a limitação mais importante do uso da análise de custo-benefício das medidas de segurança viária é a sua dependência de premissas subjacentes, entre estas, encontra-se a suposição sobre a eficácia das medidas; concluindo que os esforços na comunidade científica devem ser incentivados para executar e disseminar amplamente os resultados das análises de eficiência na segurança viária.

O CMF é um dos elementos avaliados pela metodologia iRAP para avaliação da eficiência das contramedidas na prevenção dos acidentes.

4 CONTRIBUIÇÕES PARA USO DA METODOLOGIA IRAP

Nesse capítulo serão definidas as contramedidas da metodologia iRAP que são compatíveis com os serviços de conservação rodoviária, serão avaliados e propostos novos gatilhos para as contramedidas relacionadas a conservação rodoviária e ao pavimento da rodovia, apresentando também o impacto real no plano de investimento ocasionado pela adoção dos novos gatilhos.

4.1 CONTRAMEDIDAS DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

Os custos para implantação de uma rodovia são bem elevados quando comparados aos serviços de conservação da mesma. A maioria das contramedidas ligadas a conservação rodoviária são de baixo e médio custo, pois seus serviços não demandam grandes movimentos de terra e aquisições de materiais em larga escala, exceto quando necessário.

Diante do exposto nos capítulos anteriores e fazendo um comparativo entre o item 2.4, que apresenta os serviços de conservação rodoviária utilizados no Brasil, e o item 2.7.3 Efetividade das Contramedidas, que comenta sobre todas as contramedidas da metodologia, incluindo seu tipo de custo e sua taxa de efetividade, pode-se afirmar que as contramedidas da metodologia iRAP indicadas na Tabela 18 são as mesmas consideradas para os serviços de conservação de rodovia no Brasil.

Tabela 18 – Contramedidas de engenharia específicas para os serviços de conservação rodoviária no Brasil

Contramedida	Custo	Efetividade	Efetividade média
Barreiras à beira da rodovia - lado do condutor	Médio	40 a 60%	50,0%
Barreiras à beira da rodovia - lado do passageiro	Médio	40 a 60%	50,0%
Remoção de perigos à beira da rodovia - lado do condutor	Médio	25 a 40%	32,5%
Remoção de perigos à beira da rodovia - lado do passageiro	Médio	25 a 40%	32,5%
Inclinação melhorada - lado do condutor	Médio	10 a 25%	17,5%
Inclinação melhorada - lado do passageiro	Médio	10 a 25%	17,5%
Renovação da superfície da rodovia	Médio	25 a 40%	32,5%
Resistência à derrapagem (rodovia pavimentada)	Médio	25 a 40%	32,5%
Resistência à derrapagem (rodovia não pavimentada)	Médio	25 a 40%	32,5%
Melhoria do cruzamento rodo-ferroviário	Médio	25 a 40%	32,5%
Tratamento de retornos em canteiro central	Médio	25 a 40%	32,5%
Travessia semaforizada de pedestres	Médio	25 a 40%	32,5%

Contramedida	Custo	Efetividade	Efetividade média
Tratamento especial de travessias de escolas	Médio	10 a 25%	17,5%
Ilha de refúgio p/ pedestres no canteiro central	Médio	25 a 40%	32,5%
Travessia não semaforizada na via transversal	Médio	10 a 25%	17,5%
Passeios ou caminhos com segregação física	Médio	40 a 60%	50,0%
Passeios ou caminhos sem segregação física	Médio	40 a 60%	50,0%
Linha de visão (remoção de obstáculos)	Médio	10 a 25%	17,5%
Aviso de área escolar - luz piscante	Médio	10 a 25%	17,5%
Aviso de área escolar - sinais e demarcações	Médio	10 a 25%	17,5%
Implantação de <i>Traffic Calming</i>	Médio	25 a 40%	32,5%
Ajuste de estacionamento lindeiro à via	Médio	10 a 25%	17,5%
Revisão de medidas de gerenciamento da velocidade	Médio	25 a 40%	32,5%
Distância e visibilidade da sinalização	Baixo	25 a 40%	32,5%
Faixa central exclusiva de giro a esquerda	Baixo	10 a 25%	17,5%
Faixa central com vibradores	Baixo	10 a 25%	17,5%
Linha de Divisão de Fluxos Opostos (LFO) larga e zebrada >1m	Baixo	10 a 25%	17,5%
LFO larga (0,3 a 1m)	Baixo	10 a 25%	17,5%
Linha de bordo com vibradores	Baixo	25 a 40%	32,5%
Giro protegido, canalizado e semaforizado	Baixo	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado não semaforizado	Baixo	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado e semaforizado	Baixo	10 a 25%	17,5%
Giro protegido, canalizado, mas não semaforizado	Baixo	10 a 25%	17,5%
Travessia não semaforizada de pedestres	Baixo	25 a 40%	32,5%
Travessia não semaforizada de pedestres com refúgio	Baixo	25 a 40%	32,5%
Adequação da qualidade de travessias	Baixo	25 a 40%	32,5%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado passageiro) junto da via	Baixo	40%	40,0%
Caminho informal p/ pedestres s/ segregação (lado passageiro) > 1m	Baixo	40%	40,0%
Caminho p/ pedestres sem segregação física (lado motorista) junto da via	Baixo	40%	40,0%
Caminho informal p/ pedestres s/ segregação (lado motorista) > 1 m	Baixo	40%	40,0%
Gradis para pedestres	Baixo	25 a 40%	32,5%
Melhoria de canalização e delineação de interseções	Baixo	10 a 25%	17,5%
Melhoria de delineação de curvas	Baixo	10 a 25%	17,5%
Melhoria de delineação geral	Baixo	10 a 25%	17,5%

Fonte: AUTOR (2021).

Levando-se em consideração a efetividade média das contramedidas específicas direcionadas para serviços de conservação rodoviária, há um número expressivo de

contramedidas com efetividade maior que 30%, sendo que eles são considerados serviços de médio e baixo custo, o que comprova a importância de uma boa conservação da rodovia para que sejam evitados os acidentes.

Com as contramedidas elencadas anteriormente, é possível a elaboração de um PIVMS específicos para conservação rodoviária. Porém, devido a importância orçamentária dos serviços relacionados ao pavimento, será dada uma atenção exclusiva para essas contramedidas.

4.2 AVALIAÇÃO DOS GATILHOS DAS CONTRAMEDIDAS

Nesse tópico serão apresentados e avaliados os gatilhos da metodologia para os serviços de conservação de pavimento como também propostos novos gatilhos com base nos manuais vigentes no Brasil, complementando e contribuindo para um plano de investimento mais próximo a realidade.

4.2.1 Gatilhos da Metodologia iRAP

O programa da metodologia iRAP avalia os atributos designados a determinado trecho em conjunto com outros dados coletados em campo e em escritório. Dessa maneira, é possível sugerir a aplicação de contramedidas. Além das questões técnicas, com base nos fatores de modificação de acidentes, nos custos das contramedidas e no valor da vida, é permitido informar a relação custo/benefício e uma previsão da redução do número de mortes aplicando as contramedidas sugeridas.

Gatilho é quando determinada situação atribuída a via ocorre durante o processo de codificação e posteriormente gera o incentivo a uma contramedida específica para o que foi avaliado. O conjunto de gatilhos dá origem as contramedidas e variam de acordo com a situação em que deve ser empregado (iRAP, 2021). Para Milani (2017), os gatilhos são fatores de risco que justificam a implementação das contramedidas. Os objetos localizados às margens da via em distâncias inadequadas e projetos de interseção deficientes devido à ausência de sinalização satisfatória que acarretam em fluxo de tráfego conflitante (iRAP, 2022), são exemplos de gatilhos que necessitam de intervenções de melhoria.

Essa dissertação avaliará os serviços específicos de conservação de pavimento, pois são os que possuem maior impacto orçamentário com relação aos serviços de conservação. O mecanismo que faz a análise da base de dados que compila todos os dados levantados sobre determinado projeto do iRAP é o software ViDA e tem como objetivo abranger os resultados

de todo o processo de levantamento de dados e inspeção de forma resumida, com gráficos e planilhas dos resultados obtidos das contramedidas e dos planos de investimento. Com base no Software ViDA, são consideradas as características do Quadro 15 para os serviços específicos de conservação rodoviária de pavimento, (iRAP, 2021):

Quadro 15 – Gatilhos das contramedidas do iRAP em relação a conservação do pavimento

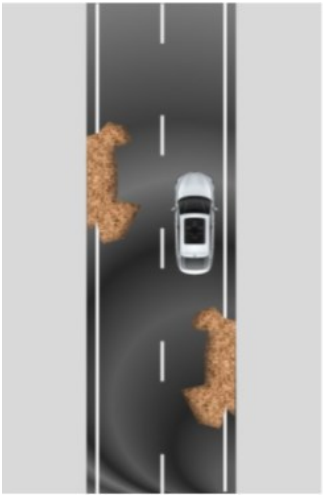

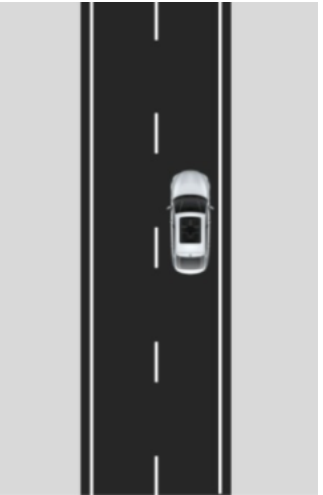
Serviços específicos de conservação do pavimento		
Contramedida	Conjunto de Gatilhos	
Reabilitação de Pavimento	Conjunto de Gatilhos (1)	
	Condição da Via:	Deficiente
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 1000
	Conjunto de Gatilhos (2)	
	Condição da Via:	Regular
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 10000
	Conjunto de Gatilhos (3)	
	Condição da Via:	Regular
	Volume médio diário anual (VMDA)	≥ 1000
	Porcentagem de motociclistas transitando em relação ao volume total de veículos	$\geq 11\%$
Tornar pista mais antiderrapante (via pavimentada)	Conjunto de Gatilhos (1)	
	Resistência a derrapagem	Pavimentada – deficiente
	Conjunto de Gatilhos (2)	
	Curvatura	Moderada, Fechada ou Muito Fechada
	Resistência a derrapagem	Pavimentada-Médio
	Conjunto de Gatilhos (3)	
	Presença de interseção	Interseção, cruzamentos e rotatória
	Resistência a derrapagem	Pavimentada-Médio
	Conjunto de Gatilhos (4)	
	Resistência a derrapagem	Pavimentada-Médio

Serviços específicos de conservação do pavimento		
Contramedida	Conjunto de Gatilhos	
	Infraestrutura para motociclistas	Faixa inclusiva ou nenhuma
	Porcentagem de motociclistas transitando em relação ao volume total de veículos	$\geq 11\%$
	Conjunto de Gatilhos (5)	
	Resistência a derrapagem	Pavimentada-Médio
	Porcentagem de pedestres	≥ 1
	Conjunto de Gatilhos (6)	
	Uso do solo	Educacional
	Resistência a derrapagem	Pavimentada-Médio
	Conjunto de Gatilhos (7)	
	Uso do solo	Educacional
	Resistência a derrapagem	Pavimentada-Médio ou deficiente
	Conjunto de Gatilhos (8)	
	Inclinação	$\geq 7,5\%$
	Resistência a derrapagem	Pavimentada-Médio
	Tornar pista mais antiderrapante (via não pavimentada)	Resistência à derrapagem

Fonte: AUTOR (2021).

Através da análise dos gatilhos, segundo o Manual de Codificação do iRAP de 2019, as opções de classificação da qualidade de pavimento abrangem: “Deficiente, Regular e Boa”, de acordo com o Quadro 16.

Quadro 16 – Opções de Codificação de Qualidade de Pavimento do iRAP.

Deficiente (Código 3)	Regular (Código 2)	Boa (Código 1)
		
<p>A via tem sérios defeitos que podem resultar em impactos negativos frequentes ou inesperados no controle dos veículos, ou de motociclistas e ciclista.</p>	<p>A via tem uma série de pequenos defeitos que podem resultar em impactos negativos ocasionais no controle ou trajeto dos veículos, ou motociclistas e ciclistas</p>	<p>A via tem poucos ou nenhum defeito e é adequada para todos os usuários da via.</p>

Fonte: Manual de Codificação do iRAP (2019)

Atualmente a metodologia possui dois atributos nos quais são avaliadas as condições do pavimento, sendo eles o de condição da via e o de resistência ao deslizamento ou aderência.

4.2.2 Novos Gatilhos para as Contramedidas

Considerando que a metodologia iRAP tem por objetivo a obtenção de um plano de investimento, sem necessidade de um detalhamento a nível executivo de projeto, contribuimos que os ensaios de IRI (Índice Internacional de Irregularidade) sejam realizados junto ao levantamento visual contínuo. Como um veículo trafegará toda a extensão da rodovia com uma câmera 360° acoplada nele, pode-se inserir também os equipamentos para realização desse ensaio e que seria mais um determinante para o nível de qualidade da rodovia.

A norma DNER-PRO 182/1994 – Medição de irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e maysmeter – Procedimento, estabelece as

condições exigíveis na realização de medições de irregularidade de rodovias com medidores tipo resposta, a nível de rede ou projeto.

Quando feito à laser, o equipamento fica acoplado em frente ao carro, o que não impacta na realização do levantamento visual contínuo, conforme visualizado na Figura 18.

Figura 18 – Modelo de carro de levantamento de Índice Internacional de Irregularidade (IRI)



Fonte: Empresa Cibernétrica (cibermetrica.com.br) (2021).

O custo adicional para a realização desse levantamento de dados consistiria na compra dos equipamentos e programas de importação dos dados, conforme o apresentado na imagem acima, custa em torno de R\$ 183.000,00, considerando que a metodologia iRAP já utiliza um veículo próprio para o levantamento visual contínuo, sendo necessário somente o acréscimo desse equipamento.

Além disso, o programa da metodologia pode considerar os critérios para avaliação da superfície do pavimento presentes na norma de “Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento” (DNIT 006/2003 - PRO), dando mais subsídios para real definição da condição do pavimento.

A norma DNIT 006/2003 - Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento - estabelece os parâmetros para a aplicação do método do IGG. Este método tem como finalidade chegar a um valor numérico para a condição em que se apresenta o pavimento aonde, varia de 0 (ótimo) a 160 (péssimo). O IGG avalia a ocorrência

dos defeitos nas seções analisadas, algo que pode ser feito por método automatizado com a utilização dos vídeos feitos pelo levantamento visual contínuo.

Além do mais, o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) preconiza como critério de avaliação de um pavimento, as variáveis obtidas através dos ensaios citados e classifica através de valores limítrofes, as condições da superfície do pavimento, conforme Tabela 19.

Tabela 19 – Condições de superfície do pavimento do DNIT

Conceito	Irregularidade		ICPF	IGG	TR
	QI (cont./km)	IRI (m/km)			
Excelente	13-25	1-1,9	5 - 4	0 - 20	0 – 2
Bom	25-35	1,9-2,7	4 - 3	20 - 40	2 – 5
Regular	35-45	2,7-3,5	3 - 2	40 - 80	5 – 10
Ruim	45-60	3,5-4,6	2 - 1	80 - 160	10 – 25
Péssimo	> 60	> 4,6	1 - 0	> 160	> 25

Fonte: DNIT (2006)

Onde:

QI = Quociente de Irregularidade

IRI = Índice Internacional de Irregularidade

ICPF = Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis

IGG = Índice de Gravidade Global

TR = Trincamento (% de FC-2 + FC-3)

Acrescentando a metodologia, o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), as opções de classificação da qualidade de pavimento abrangem: “Péssimo, Ruim, Regular, Bom e Excelente”. A abrangência maior das qualificações do pavimento nos possibilita uma maior previsibilidade orçamentária quanto ao real nível de condição do pavimento e da solução que deve ser adotada.

Considerando soluções específicas para cada tipo de condição e utilizando o simulador de custo médio gerencial de obra do DNIT, temos diferentes soluções para as condições de pavimento identificadas, como também valores orçamentários distintos para cada situação. O

comparativo de valores entre soluções de uma mesma região está apresentado no capítulo anterior.

É recomendada a utilização dos dois novos levantamentos sugeridos na fase de LVC e que, posteriormente, serão codificados todos os elementos identificados na rodovia de forma a possibilitar uma definição mais assertiva do estado atual do pavimento, complementando a identificação visual. Os levantamentos deverão ser realizados com base nas normas vigentes e já citadas nessa dissertação, como também classificados conforme tabela do DNIT, quanto a qualidade do pavimento.

O acréscimo desses 2 levantamentos na fase de realização do levantamento visual contínuo, como também no processamento dos dados acarretará num aumento de custo para implementação da metodologia iRAP no país, ainda que pequeno em comparação ao valor final do contrato.

4.3 CUSTOS MÉDIOS GERENCIAIS

O DNIT, através de um estudo realizado junto a Fundação Getúlio Vargas (FGV), possui um estudo analítico no qual obtém através de custos médios praticados em obras pública, uma estimativa para os custos de conservação, implantação, restauração, duplicação, construção de faixa adicional, construção de pontes e viadutos, reabilitação de pontes e viadutos e construção de passarelas. Esse Custo Médio Gerencial (CMG) do DNIT, considera os custos divididos entre as regiões do Brasil, sendo elas, Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul.

4.3.1 Mesma Região com Soluções Diferentes

Para cálculo dos valores dos planos de investimento apresentados a seguir, foi utilizada a ferramenta do Simulador de Custos Médios Gerenciais elaborada pela FGV junto com o DNIT. A ferramenta pode ser acessada livremente e se encontra no site: <https://simuladorcmg-ibre.fgv.br/>.

Através do simulador disponibilizado pela FGV/DNIT e considerando como premissas que a obra seja realizada na mesma região sendo alterado somente os critérios de condição do pavimento da via existente, adotando uma solução diferente para cada situação, temos um exemplo para visualização da diferença de orçamento para recuperação de pavimento de rodovia.

As soluções de recuperação de pavimento adotadas estão presentes no Manual de Custos Médios Gerenciais, Volume 02 – Manual do Usuário do DNIT (2019) e são apresentadas na Tabela 20, Tabela 21, Tabela 22, Tabela 23 e Tabela 24.

Tabela 20 – Estrutura do Pavimento da Solução H

Condição do Pavimento: Excelente – Solução H

Descrição	Camada	Espessura (m)
Pintura de Ligação	-	-
Micro revestimento a frio c/ emulsão mod. c/ polímero	Revestimento	0,02

Fonte: DNIT (2019)

Tabela 21 – Estrutura do Pavimento da Solução M

Condição do Pavimento: Boa – Solução M

Descrição	Camada	Espessura (m)
Fresagem contínua de revestimento betuminoso	-	0,03
Pintura de Ligação	-	-
Concreto asfáltico	Revestimento	0,03

Fonte: DNIT (2019)

Tabela 22 – Estrutura do Pavimento da Solução I

Condição do Pavimento: Regular – Solução I

Descrição	Camada	Espessura (m)
Pintura de Ligação	-	-
Concreto asfáltico	Revestimento	0,05

Fonte: DNIT (2019)

Tabela 23 – Estrutura do Pavimento da Solução R

Condição do Pavimento: Ruim – Solução R

Descrição	Camada	Espessura (m)
Reciclagem c/ adição de cimento e incorporação do revestimento asfáltico à base	Base	0,20
Pintura de Ligação	-	-
Tratamento superficial simples c/ emulsão	CART	-
Concreto asfáltico	Revestimento	0,05

Fonte: DNIT (2019)

Tabela 24 – Estrutura do Pavimento da Solução T

Condição do Pavimento: Péssima – Solução T		
Descrição	Camada	Espessura (m)
Reciclagem com espuma asfáltica e incorporação do revestimento à base com adição de cimento	Base	0,20
Pintura de Ligação	-	-
Tratamento superficial simples com emulsão	CART	-
Concreto asfáltico	Revestimento	0,05

Fonte: DNIT (2019)

Considerando o plano de investimento com as premissas indicadas na Tabela 25 e considerando as mesmas premissas para todas as condições de pavimento, exceto com a alteração da solução prevista (Tabela 26, Tabela 27, Tabela 28, Tabela 29 e Tabela 30), tem-se:

VMD: Volume Médio Diário

FIT: Fator de Interferência de Tráfego

BDI: Benefícios e Despesas Indiretas

Tabela 25 – Premissas adotadas para avaliação dos Planos de Investimento

Regiões	Centro-Oeste	Classe da Rodovia	II
Data-base	Abril/21	VMD	11.000
Porte da Obra	Médio	FIT	15% (Fator de Interferência do Tráfego)
Duração da Obra	24 meses	BDI	25%
Extensão da Obra	50 km (faixa de tráfego)	BDI Diferenciado	15%
Relevo da Rodovia	Plano		

Fonte: AUTOR (2021)

Tabela 26 – Custo Médio Gerencial da Solução H

Condição de Pavimento: Excelente – Solução H	
Parcela	Custos Médios
CM1 – Mobilização e Desmobilização	R\$ 142.422,00
CM2 – Administração Local	R\$ 5.783.732,00
CM3 – Canteiro de Obras	R\$ 1.898.728,00
CM4 – Terraplenagem, Drenagem e OAC, Obras Complementares, Sinalização e Proteção Ambiental	R\$ 2.510.450,00

Condição de Pavimento: Excelente – Solução H

Parcela	Custos Médios
CM5 – Pavimentação, Aquisição e Transporte de Material Betuminoso	R\$ 5.900.900,00
FIT	R\$ 386.080,97
Total	R\$ 16.622.312,96

Fonte: Simulador de Custos Médios Gerenciais, DNIT/FGV (2021)

Tabela 27 – Custo Médio Gerencial da Solução M**Condição de Pavimento: Boa – Solução M**

Parcela	Custos Médios
CM1 – Mobilização e Desmobilização	R\$ 142.422,00
CM2 – Administração Local	R\$ 5.783.732,00
CM3 – Canteiro de Obras	R\$ 1.898.728,00
CM4 – Terraplenagem, Drenagem e OAC, Obras Complementares, Sinalização e Proteção Ambiental	R\$ 2.510.450,00
CM5 – Pavimentação, Aquisição e Transporte de Material Betuminoso	R\$ 12.732.850,00
FIT	R\$ 699.667,47
Total	R\$ 23.767.849,47

Fonte: Simulador de Custos Médios Gerenciais, DNIT/FGV (2021)

Tabela 28 – Custo Médio Gerencial da Solução I**Condição de Pavimento: Regular – Solução I**

Parcela	Custos Médios
CM1 – Mobilização e Desmobilização	R\$ 142.422,00
CM2 – Administração Local	R\$ 5.783.732,00
CM3 – Canteiro de Obras	R\$ 1.898.728,00
CM4 – Terraplenagem, Drenagem e OAC, Obras Complementares, Sinalização e Proteção Ambiental	R\$ 2.510.450,00
CM5 – Pavimentação, aquisição e Transporte de Material Betuminoso	R\$ 19.483.500,00
FIT	R\$ 1.009.533,31
Total	R\$ 30.828.354,30

Fonte: Simulador de Custos Médios Gerenciais, DNIT/FGV (2021)

Tabela 29 – Custo Médio Gerencial da Solução R

Condição de Pavimento: Ruim – Solução R	
Parcela	Custos Médios
CM1 – Mobilização e Desmobilização	R\$ 142.422,00
CM2 – Administração Local	R\$ 5.783.732,00
CM3 – Canteiro de Obras	R\$ 1.898.728,00
CM4 – Terraplenagem, Drenagem e OAC, Obras Complementares, Sinalização e Proteção Ambiental	R\$ 2.510.450,00
CM5 – Pavimentação, aquisição e Transporte de Material Betuminoso	R\$ 25.665.100,00
FIT	R\$ 1.293.257,75
Total	R\$ 37.293.689,74

Fonte: Simulador de Custos Médios Gerenciais, DNIT/FGV (2021)

Tabela 30 – Custo Médio Gerencial da Solução T

Condição de Pavimento: Péssima – Solução T	
Parcela	Custos Médios
CM1 – Mobilização e Desmobilização	R\$ 142.422,00
CM2 – Administração Local	R\$ 5.783.732,00
CM3 – Canteiro de Obras	R\$ 1.898.728,00
CM4 – Terraplenagem, Drenagem e OAC, Obras Complementares, Sinalização e Proteção Ambiental	R\$ 2.510.450,00
CM5 – Pavimentação, aquisição e Transporte de Material Betuminoso	R\$ 45.581.500,00
FIT	R\$ 2.207.420,50
Total	R\$ 58.124.252,51

Fonte: Simulador de Custos Médios Gerenciais, DNIT/FGV (2021)

Em resumo, a Tabela 31 organiza o custo médio total necessário para a recuperação do pavimento em função da sua condição. O cujo custo médio por solução considerou as atividades de mobilização e desmobilização (CM1), administração local (CM2), terraplenagem, drenagem, obras de arte complementares, obras complementares, sinalização e proteção ambiental (CM4), pavimentação, aquisição e transporte de material betuminoso (CM5) e fator de interferência do tráfego (FIT) como premissas para calcular o custo médio para cada solução, que varia de condição do pavimento excelente (Solução H) a péssima (Solução T).

Tabela 31 – Resumo dos Custos Médios Gerenciais de Recuperação do Pavimento

Condição do Pavimento	Custo Médio
Excelente - Solução H	R\$ 16.622.312,96

Boa - Solução M	R\$ 23.767.849,47
Regular - Solução I	R\$ 30.828.354,30
Ruim - Solução R	R\$ 37.293.689,74
Péssima - Solução T	R\$ 58.124.252,51

Fonte: Simulador de Custos Médios Gerenciais, DNIT/FGV (2021)

De fato, verifica-se que dentre todos os orçamentos apresentados, os serviços relacionados ao pavimento são os que possui maior impacto financeiro, sendo que nas 4 últimas simulações apresentadas foi o serviço que possuiu mais de 50% do valor total da obra.

O Quadro 17 correlaciona a condição do pavimento obtida pela classificação do DNIT e pela metodologia iRAP. Esta relação permite notar que as soluções das condições “Excelente” e “Boa” classificadas pelo DNIT estão incorporadas na solução “Boa” da classificação do iRAP, enquanto as soluções das condições “Ruim” e “Péssima” do DNIT são englobadas pela solução “Ruim” da classificação do iRAP. Observa-se uma melhor parametrização das informações pela classificação do DNIT, por apresentar uma maior quantidade de faixas de classificação. Este fato pode ser justificado a partir dos custos de recuperação para o pavimento obtidos para classificação do DNIT indicados na Tabela 30, pois, há uma diferença de custo de 30% do valor total da obra ao comparar as condições “Excelente” e “Boa”, enquanto as classificações “Ruim” e “Péssima” do DNIT indicaram uma diferença na ordem de 36% do valor total da obra.

Quadro 17 – Correlação entre a classificação da condição do pavimento pelo DNIT e pelo iRAP.

Condição do Pavimento	
Classificação do DNIT	Classificação do iRAP
Excelente	Boa
Boa	
Regular	Regular
Ruim	Ruim
Péssima	

Fonte: AUTOR (2021)

A classificação do DNIT é obtida através os parâmetros indicados na tabela 18 que são obtidos e classificados conforme os resultados dos levantamentos de Irregularidade Longitudinal e Transversal (IRI) e do Índice de Gravidade Global (IGG).

Esse estudo contribui sugerindo a realização dos levantamentos adicionais indicados para conseguirmos classificações mais específicas propostas e utilizadas aqui no Brasil de

forma a prever no plano de investimento da metodologia orçamentos mais compatíveis com os serviços a serem executados.

4.3.2 Soluções Iguais para Regiões Diferentes

Neste item, propõe-se a recuperação de pavimento de rodovia a partir de soluções iguais de pavimentação e obra executada em regiões diferentes, com premissas da Tabela 32.

Tabela 32 – Soluções Iguais para Regiões Diferentes

Regiões:	Centro-Oeste e Sul	Classe da Rodovia:	II
Data-base	Abril/21	VMD:	11.000
Porte da Obra:	Médio	FIT:	15% (Fator de Interferência do Tráfego)
Duração da Obra:	24 meses	BDI:	25%
Extensão da Obra:	50 km (faixa de tráfego)	BDI Diferenciado:	15%
Relevo da Rodovia:	Plano	Solução de Recuperação “L”	

Fonte: AUTOR (2021)

Tabela 33 – Estrutura do Pavimento da Solução L

Solução L		
Descrição	Camada	Espessura (m)
Pintura de Ligação	-	-
Concreto asfáltico	Revestimento	0,08

Fonte: DNIT (2019)

Os custos médios por região são indicados na Tabela 34 e Tabela 35.

Tabela 34 – Custo Médio Gerencial da Solução L na região Centro-Oeste

Solução L – Região Centro Oeste	
Parcela	Custos Médios
CM1 – Mobilização e Desmobilização	R\$ 145.346,00
CM2 – Administração Local	R\$ 6.047.970,00
CM3 – Canteiro de Obras	R\$ 2.025.010,00
CM4 – Terraplenagem, Drenagem e OAC, Obras Complementares, Sinalização e Proteção Ambiental	R\$ 2.545.900,00

Solução L – Região Centro Oeste	
Parcela	Custos Médios
CM5 – Pavimentação, Aquisição e Transporte de Material Betuminoso	R\$ 26.639.900,00
FIT	R\$ 1.361.517,57
Total	R\$ 38.765.643,57

Fonte: Simulador de Custos Médios Gerenciais, DNIT/FGV (2021)

Tabela 35 – Custo Médio Gerencial da Solução L na região Sul

Solução L – Região Sul	
Parcela	Custos Médios
CM1 – Mobilização e Desmobilização	R\$ 142.422,00
CM2 – Administração Local	R\$ 5.783.732,00
CM3 – Canteiro de Obras	R\$ 1.898.728,00
CM4 – Terraplenagem, Drenagem e OAC, Obras Complementares, Sinalização e Proteção Ambiental	R\$ 2.510.450,00
CM5 – Pavimentação, Aquisição e Transporte de Material Betuminoso	R\$ 30.823.850,00
FIT	R\$ 1.530.044,37
Total	R\$ 42.689.226,37

Fonte: Simulador de Custos Médios Gerenciais, DNIT/FGV (2021)

Comparando o custo total da obra da mesma solução de recuperação de pavimento, para regiões diferentes do Brasil, há uma diferença orçamentária de 9,2% do valor total da obra.

A metodologia iRAP considera que os custos podem variar dentro de um país ou uma região grande, como o Brasil, porém, podemos considerar que alguns estados brasileiros são maiores que os maiores países da Europa. Com isso, há incertezas como a disponibilidade de material de cada região do estado, elevados custos de transporte, presença ou ausências de usinas de asfalto, como também refinarias, um fator relevante a considerar é a variação da tributação entre os estados, sendo todos esses aspectos impactantes quanto ao orçamento da obra. Como podemos ver a diferença orçamentária apresentada entre as tabelas 34 e 35.

Com isso, esse trabalho alerta sobre a necessidade da metodologia iRAP elaborar uma pesquisa de preços para cada estado do Brasil, obtendo informações dos fornecedores locais, custos de transporte e custos tributários específicos para uma melhor assertividade dentro do Plano de Investimento.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 INTRODUÇÃO

O estudo de caso será usado como validação da necessidade de adoção de novos gatilhos propostos nesse trabalho com uma melhor abordagem e aprofundando o conhecimento sobre a metodologia do iRAP.

Foi realizada uma investigação na metodologia para demonstrar as possibilidades de melhorias nos planos de investimento dos estudos realizados através do iRAP, buscando aprimorá-lo a partir do conhecimento adquirido com o Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2005) e com o Manual de Restauração de Pavimentos Flexíveis (DNIT, 2006), ambos do DNIT. Para tal objetivo, será feita uma análise criteriosa, desde as etapas iniciais de codificação ao resultado final, com foco no plano de investimento.

Posteriormente, com base nos dados disponibilizado pelo iRAP na plataforma ViDA e nos estudos relacionados a contratos que priorizam a segurança viária por meio dos serviços de conservação rodoviária, será realizada uma estimativa do plano de investimento a fim de obter o resultado desejado.

Os planos de investimentos serão apresentados com os gatilhos sugeridos nesse trabalho, a fim de demonstrar uma melhora na qualidade da tomada de decisões acerca das contramedidas de conservação rodoviária consideradas ou não pela metodologia.

5.2 DELIMITAÇÃO DESCRITIVA

Em 2020, a metodologia do iRAP foi aplicada em aproximadamente 490 km das rodovias PR-092, PR-280 e PR-323 do Estado do Paraná. Nesse estudo de caso apenas serão avaliados os dados da PR-092, com extensão igual a 175,11 km. Foram mais de 70 atributos analisados que ajudaram na consolidação dos dados das rodovias. Outros dados relativos à região de interesse também foram obtidos junto a vistoria de campo da metodologia iRAP, como vídeo registro, perfis de velocidade e informações sobre a evolução da safra, tendo em vista sua importância como infraestrutura de transporte para o estado. O produto desses dados é a possibilidade de classificar essas rodovias por estrelas (níveis de risco) e planos de investimento puderam ser especificados para diferentes tipos de aportes de recursos com uma análise do custo/benefício da implementação dessas contramedidas em um período de 20 anos.

A descrição deste estudo de caso apresenta, de forma específica, uma análise do desempenho de segurança viária e das contramedidas, conforme a metodologia do iRAP, com o principal foco destinado ao plano de investimento para as contramedidas do iRAP que contemplem a conservação de pavimento, visando uma maior compatibilidade com o praticado a nível nacional pelo DNIT.

A rodovia avaliada foi classificada trecho a trecho seguindo as características de condição do pavimento, objetos na faixa de domínio que apresentam perigo ao condutor da via e/ou baixa resistência a derrapagem. A codificação e a elaboração do plano de contramedidas de segurança viária foram realizadas pela equipe responsável em 2020 e os resultados foram disponibilizados de forma virtual aos participantes, podendo ser solicitado o acesso em casos de interesse na elaboração de estudo ou contribuição acadêmica.

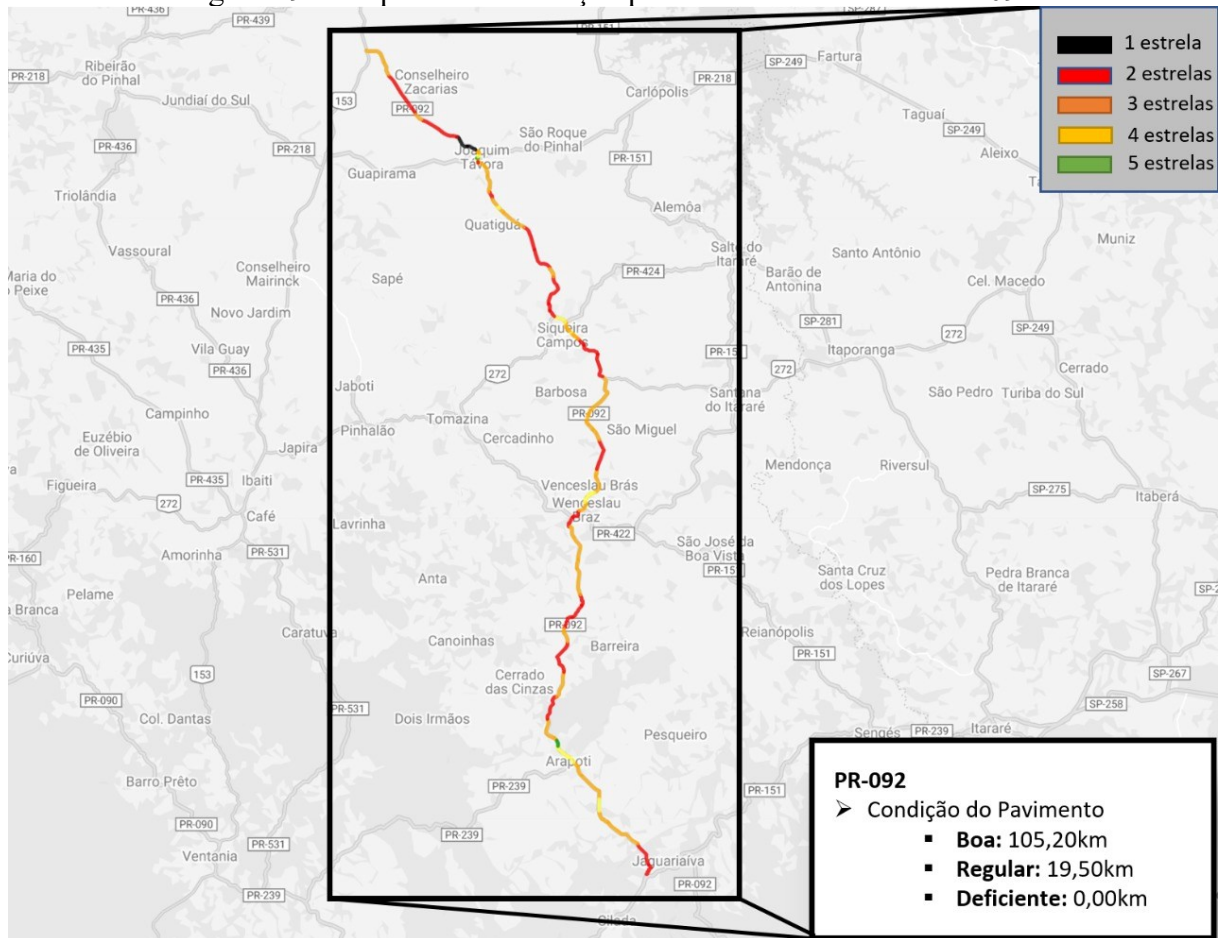
O levantamento consistiu na utilização de um veículo apropriado e devidamente equipado para coletar dados de toda a malha rodoviária conforme as especificações do Manual de Inspeção de Vias (iRAP, 2019).

Para os critérios de codificação no estudo foi utilizado o Manual de Codificação (iRAP, 2019), e para os tópicos abordados, não possui discrepâncias com o manual da época que a codificação foi realizada.

A etapa seguinte foi a de realizar a identificação da classificação por estrelas da própria metodologia. Tal classificação está vinculada à inclusão de dados operacionais das rodovias, incluindo o volume diário médio anual (VMDA), percentual de motocicletas, fluxo de pedestres atravessando e, ao longo da via na hora pico, fluxo de ciclistas, além de velocidade média e velocidade operacional (percentil 85) dos trechos estudados.

Conforme as diretrizes acima, foi elencada a classificação por estrelas de cada rodovia (Figura 19), segmentando as mesmas de forma a identificar especificadamente onde estão os maiores locais ocasionadores de acidentes da via realizado pelo iRAP, segundo o Manual de Codificação (iRAP, 2019).

Figura 19 – Mapa de classificação por estrelas da Rodovia PR-092.



Fonte: AUTOR (2021)

Segundo o Manual de Codificação (iRAP, 2019), as opções de classificação da qualidade de pavimento abrangem: “Deficiente, Regular e Boa”. As características inerentes ao tipo de classificação da condição da rodovia estão apresentadas no Anexo I. Na Tabela 36 estão apresentados os resultados das classificações para a rodovia PR-092 em avaliação.

Tabela 36 – Condição da Via dos Trechos do Estudo de Caso

Condição da Via		
Característica	PR-092	
	Km	%
Boa	105,20	84
Regular	19,50	16
Deficiente	0,00	0

Fonte: Plataforma ViDA, iRAP (2021)

Assim como a Condição da Via, uma das contramedidas do iRap para conservação rodoviária é a Resistência a Derrapagem, sendo as diretrizes para codificação de resistência a derrapagem indicadas na Tabela 37.

Tabela 37 – Resistência a Derrapagem dos trechos do Estudo de Caso, Plataforma Vida

Resistência a Derrapagem			
Característica	PR-092		
		Km	%
Pavimentada	Adequada	125,20	100
	Média	0,00	0
	Deficiente	0,00	0

Fonte: Plataforma ViDA, iRAP (2021)

5.3 PLANO DE INVESTIMENTO

O próximo passo após a classificação objetiva da malha rodoviária é o plano de investimento para chegar em um quantitativo financeiro do que pode ser feito para resolver o problema da segurança da rodovia, de forma eficaz e rentável.

Nessa parte do projeto, foram adotadas as métricas globais do iRAP e do Banco Mundial para quantificar um valor economizado pelo estado federal com a implementação das intervenções rodoviárias que tem o objetivo na melhoria da segurança. Para chegar nesse valor, calculamos o valor do número de vidas que poderiam ser salvas no decorrer de 20 anos.

Na Tabela 38, verifica-se o índice de Benefício/Custo para cada uma das contramedidas indicadas pelo programa, para trechos da rodovia PR-092. Nessa tabela apenas estão indicados os serviços compatíveis com os adotados na fase de Projeto, para termos de comparação. O plano de investimento completo elaborado para essa rodovia encontra-se no ANEXO I.

Tabela 38 – Custos: Contramedidas para a rodovia PR-092

Contramedida	Extensão ou Locais	OLGs evitados (unidade)	Valor do benefício (R\$)	Custo Estimado (R\$)	Custo por OLG evitado (R\$)
Faixa para ultrapassagem	19,70 km	143,00	45.837.415	38.351.099	268,15
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do condutor	76,70 km	176,00	56.518.532	23.025.985	130,57
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro	77,00 km	172,00	55.232.975	23.116.048	134,13
Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	0,40 km	0,30	102,21	36,98	115,96
Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	0,40 km	0,40	133,35	36,98	88,89
Melhorar delineamento	27,60 km	61,00	19.606.155	3.739.585	61,13
Sonorizadores ao longo do acostamento	72,50 km	73,00	23.323.796	3.553.209	48,83
Melhoria de delineamento da curva	2,30 km	12,00	3.934.992	231,83	18,88

Legenda: Moeda – R\$ BRL e OLG – Acidentes graves e fatais evitados.
 Fonte: Plataforma ViDA, iRAP (2021)

Para definição dessas contramedidas, foram avaliados os 175,11 km da rodovia.

5.4 ORÇAMENTO DO PROJETO

O projeto foi elaborado pelo Laboratório de Transportes e Logística Campus Universitário (LABTRANS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) com a utilização da metodologia iRAP para o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER-PR).

Para elaboração do projeto, foi considerada como premissa a implantação de 3ª faixa de tráfego em segmentos definidos pelo Estudo de Tráfego, de forma a melhorar o nível de serviço da rodovia. Além da implantação da 3ª faixa de tráfego, foram considerados nesses trechos a implantação de defesa metálica, remoção de perigos a margem da via, recuperação do pavimento e melhoria da sinalização existente.

A Tabela 39 apresenta o orçamento total do projeto de R\$ 50.796.105,63, onde foram considerados 17,60 km da rodovia com necessidade de implantação de 3ª faixa de tráfego nos trechos de rampa de subida.

Tabela 39 – Custos: Contramedidas para a rodovia PR-092

Descrição do grupo	%	Total do grupo	Preço/km
1 – Projeto de engenharia para ampliação da capacidade e segurança da rodovia	98,04	49.800.103,56	391.787,46
1.1 – Terraplenagem	1,50	761.007,88	5.987,00
1.2 – Pavimentação	42,61	21.645.354,70	170.288,37
1.3 – Ligantes betuminosos	46,85	23.798.968,48	187.231,28
1.4 – Drenagem	2,69	1.364.252,05	10.732,85
1.5 – Sinalização e segurança viária	4,39	2.230.520,45	17.547,95
2 – Mobilização e desmobilização	1,96	996.002,07	7.835,75
Total do orçamento	100,00	50.796.105,63	399.623,21

Fonte: DER-PR (2020)

5.5 PROBLEMA E A SOLUÇÃO

A quantidade de dados gerados pelo iRAP são de grande importância, porém, os dados não são suficientes para realizar a atualização sobre a real condição do pavimento das vias estudadas, da geometria e nem mesmo do cadastramento de itens na faixa de domínio. A avaliação completa da rodovia gerou um valor total de R\$ 124.930.556 para os 175,11 km avaliados.

O plano de investimento indicou a necessidade de implantação de faixa de ultrapassagem em 19,70 km de extensão. Porém, o projeto considerou a elaboração de 17,60 km, para as mesmas premissas indicadas, com a adição das seguintes premissas de dificuldade de implantação:

- Interferências de vilarejos urbanos, ou seja, a entrada e saída de veículos presentes nos trechos urbanos aumentam a possibilidade da ocorrência de acidentes;
- Necessidade de implantação de faixa adicional somente em trechos com mais de 400 metros de extensão, pois foi verificado no perfil de velocidade dos

veículos pesados que essa era a extensão máxima que o veículo não perdia velocidade a ponto de prejudicar o tráfego.

A alteração da extensão prevista leva em consideração a inclusão de premissas e gatilhos antes não previstos.

Tabela 40 – Custos: Contramedidas para a rodovia PR-092

Contramedida	Extensão ou Locais	Valor por km (R\$)	Proporção da Rodovia (%)	Custo Estimado (R\$)
Faixa para ultrapassagem	19,70 km	1.946.751	-	34.262.911
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do condutor	76,70 km	300.208	43,8	2.314.243
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro	77,00 km	300.208	43,9	2.319.527
Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	0,40 km	92,45	0,2	325
Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	0,40 km	92,45	0,2	325
Melhorar delineamento	27,60 km	135.492,21	15,8	376.777
Sonorizadores ao longo do acostamento	72,50 km	49.009,78	41,4	357.105
Melhoria de delineamento da curva	2,30 km	100,80	1,3	23

Fonte: AUTOR (2021)

De forma a explicar o cálculo realizado na tabela apresentada anteriormente, considerando como exemplo o serviço de implantação de defensas metálicas na fase de plano de investimento do iRAP, foi prevista a implantação de 76,70 km ao longo de 175,11 km de rodovia, sendo essa uma proporção de 43,8%. Essa mesma taxa foi considerada para a extensão de implantação de 3ª faixa adotada no projeto (17,60 km), a fim de possibilitar uma tabela comparativa, chegando ao custo total de R\$ 2.314.243.

Somando todos os custos considerados no plano de investimento para implantação de faixa de ultrapassagem para os 17,60 km, obtém-se o valor por km de rodovia igual a 2.251.774/km. O custo estimado no projeto para implantação da faixa de ultrapassagem para os 17,60 km foi de R\$ 50.796.105,63, sendo o valor de R\$ 2.886.142/km. A diferença entre os custos é de cerca de 22% por km.

Essa diferença é apresentada devido as soluções de pavimentação adotadas na fase de projeto serem diferentes das previstas pelo plano de investimento. Essas soluções foram adotadas com base na necessidade de restauração do pavimento para implantação de faixa de ultrapassagem, seguindo a análise dos defeitos severos apresentados com frequência nas regiões e identificados com os ensaios realizados (afundamentos, escorregamentos, ondulações e panelas) indicando que as camadas inferiores de revestimento asfáltico se apresentam oxidadas e extensamente trincadas, o que compromete sua capacidade de transferência e absorção de tensões. Essas oxidações e trincamentos são apresentados em pavimentos desgastados.

Ademais, no plano de investimento do iRAP foi considerada a condição da via como predominantemente “boa”, diferente do apresentado nos ensaios realizados na fase de projeto e no histórico do pavimento. Alguns ensaios realizados na fase de projeto poderiam ter sido executados quanto à avaliação dos atributos do iRAP, conforme já mencionado nessa dissertação, sendo esses ensaios fornecedores de mais características do pavimento que não são avaliados pela metodologia.

A história do pavimento, com relação aos serviços executados e seus respectivo períodos já nos trazem embasamento histórico da real situação do pavimento. No levantamento de dados do iRAP, não é considerada a idade do pavimento com gatilho para soluções adotadas, como também soluções passadas que não foram bem-sucedidas. E foi exatamente isso que o projeto considerou relatando todos as intervenções, métodos de execução e períodos das intervenções e apresentando causas e consequências para esse diagnóstico.

Além disso, a identificação adotada pelo iRAP não considera o estado das camadas inferiores à do revestimento existente, sendo o revestimento a única camada do pavimento que é parcialmente avaliada pela metodologia. Sendo os gatilhos sugeridos por essa dissertação de extrema importância para uma avaliação mais completa do pavimento.

Outro ponto a ser observado, com relação aos valores adotados para os serviços relacionados com defesa metálica, é que eles estão incoerentes com o praticado para a região do Paraná e pagos pelo DER-PR. O valor adotado no plano de investimento após aplicação das diretrizes de precificação do iRAP para a região para o metro linear de defesa é de cerca de R\$ 300,21, sendo que o real preço praticado na região conforme mostrado é de R\$ 275,72. Este valor foi adotado na fase de projeto, seguindo os valores praticados na planilha de composição de custos unitário do DER-PR. Portanto a diferença de 8,2%, segundo a ficha informativa de contramedidas disponibilizada no portal Vida, se dá pelo tipo de área de projeto (urbana ou rural) e sua classificação realizada no período de inspeção resultantes em medidas de alto, médio ou baixo custo, não levando em consideração a disponibilidade de recursos da região,

fatores sensíveis considerados na planilha de composição de custos unitários do DER-PR como mostrado na planilha.

A diferença de 8,2% encontrada para o serviço de implantação de Defesa Metálica está dentro das margens de variação dos preços de orçamento em torno de 15% do valor do serviço, isso se deu pela metodologia iRAP ter executado um alinhamento de preços específico para todo o estado do Paraná. Porém a metodologia somente realizou esse alinhamento de preços somente para esse estado, com isso, sugere-se que esse alinhamento de preços seja feito para todos os estados do Brasil.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

O estudo permitiu observar que a malha rodoviária brasileira carece de uma infraestrutura básica adequada, reduzindo a segurança viária. Ao longo dos anos houve um aumento significativo da frota veicular, entretanto, não foi constatado um aumento similar quanto à qualidade da malha rodoviária total pavimentada. Deste modo, a elevada circulação de veículos associada à ausência de um desenvolvimento apropriado da infraestrutura ocasiona um acréscimo no número de ocorrência de acidentes, podendo levar à óbito os envolvidos.

Sabe-se que a elaboração de projetos rodoviários para corrigir os problemas de infraestrutura estão associados a elevados custos como, por exemplo, a necessidade de revisão de alinhamentos horizontais e verticais da rodovia, atuando como empecilho na resolução das lacunas existentes. Sendo assim, a nível internacional, nota-se que a metodologia iRAP tem se demonstrado uma excelente ferramenta a ser aplicada para assegurar que a experiência do usuário seja satisfatória por meio do conceito de vias seguras.

A partir de uma identificação inicial de quais acidentes ocorrem com maior frequência, bem como quais as situações em que as rodovias analisadas se encontram, a metodologia iRAP permite propor soluções voltadas as melhorias físicas e operacionais da rodovia por meio das contramedidas, aumentando consideravelmente a segurança viária, devido à redução dos riscos de acidentes.

A metodologia é composta por 94 contramedidas que são divididas em subáreas de atuação e visam reduzir os riscos relacionados a segurança do usuário, com estimativas de custos distintas em função da ordem de grandeza orçamentária. Essas contramedidas apresentam faixas de efetividade, que representam a redução dos acidentes, e efetividade média.

Foi possível observar que do total de contramedidas, 15 referem-se ao alto custo associado as intervenções de elevada magnitude com efetividade média de 32,5%, enquanto 55 contramedidas destinam-se aos custos médios com efetividades de 32,5% e 17,5%, predominantemente. Além disso, 24 contramedidas relacionam-se com as intervenções de baixo custo com efetivada média de 17,5% na maioria dos casos, com exceção de 6 contramedidas que indicaram efetividade média de 40 a 50%. Conclui-se que a maioria das contramedidas é composta por custos médio e baixo, com uma quantidade considerável de contramedidas com efetividade maior que 30%.

A implantação de uma nova rodovia resulta em obras onerosas quando comparada aos serviços de conservação. Logo, foram constatadas 44 contramedidas aplicáveis aos serviços de conservação rodoviária, sendo 23 contramedidas de baixo custo e 21 de custo médio. Nota-se o importante papel da conservação da rodovia na redução dos números de acidentes, com investimentos de menor custo.

Dos serviços de conservação rodoviária listados no decorrer do estudo, a conservação de pavimento é um serviço específico de grande relevância na avaliação orçamentária, visto que seu maior impacto está associado à necessidade de atender grandes extensões de rodovias, tornando a restauração do pavimento dispendiosa. Portanto, pautado neste pensamento, foram propostos gatilhos adicionais para as contramedidas relacionadas ao tratamento do pavimento, a fim de contribuir também com um plano de investimento mais específico.

Ao avaliar os gatilhos das contramedidas e as classificações do pavimento utilizados pela metodologia iRAP, foi possível observar que os dados gerados não são suficientes para caracterizar a realidade da condição do pavimento. O estudo evidenciou a necessidade de uma base de dados adicional a fim de registrar as condições do pavimento, possibilitando mensurar adequadamente o problema, sendo indicados novos gatilhos pautados nos manuais vigentes no Brasil, a fim de apresentar melhorias para implantação do Plano de Investimento em Rodovias Mais Seguras (PIVMS), condizente com o cenário brasileiro.

Como melhoria, este trabalho propõe a realização dos ensaios de Índice Internacional de Irregularidade (IRI) em conjunto com o levantamento visual contínuo, com o intuito de medir as irregularidades contidas nas superfícies do pavimento por meio de equipamentos integrados. Também é prevista a utilização de normas do DNIT para avaliar as condições das superfícies do pavimento, de modo quantitativo pela adoção do método de Índice de Gravidade Global (IGG), que visa representar a condição do pavimento por meio de um valor numérico que varia do estado ótimo à péssimo, como também de forma qualitativa a partir da metodologia que classifica o pavimento em 5 condições (Péssimo, Ruim, Regular, Bom e Excelente), visto que a metodologia iRAP define as condições apenas em 3 estados (Ruim, Regular e Bom).

Ao implementar os gatilhos adicionais das contramedidas e as classificações de condição do pavimento indicadas pelo DNIT, nota-se uma contribuição positiva na definição orçamentária do plano de investimento da obra, considerando o aumento da segurança viária e redução dos acidentes capazes de ocasionar a morte ou incapacidade dos usuários. Apesar da necessidade de investimento inicial em atendimento as contramedidas propostas, a relação benefício/custo é positiva, uma vez que há a redução dos custos relacionados aos acidentes graves e fatais.

Além disso, foi possível verificar que o orçamento sofrerá influência tanto da região quanto da condição do pavimento, resultado exemplificado a partir da aplicação da mesma solução de recuperação do pavimento para regiões diferentes e mesma região com diversidade nas soluções de condição do pavimento. Logo, como os valores aplicáveis ao PIVMS referem-se a todo território nacional, o presente estudo sugere que sejam inseridos na metodologia iRAP os custos de obra condizente com as cinco regiões do país (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul), em busca de reduzir as diferenças orçamentárias, se possível sendo realizado um alinhamento de preços para cada estado do Brasil em específico.

Por fim, o estudo de caso avaliou os dados da rodovia PR-092 ao longo de 175,11 km, a partir da caracterização da qualidade da via e da seleção de contramedidas específicas de acordo com a necessidade da rodovia. A diferença orçamentária entre o custo estimado no plano de investimento e o custo estimado no projeto ocorreu devido à adoção de soluções de pavimentação distintas, uma vez que a metodologia iRAP classificou a condição da via como boa na maioria dos trechos, enquanto os ensaios realizados na fase de projeto indicaram graves defeitos. Além disso, também foram observadas divergências quanto aos valores considerados para estimar o custo de certos serviços ao comparar a fase de projeto com o plano de investimento, resultando em diferença no orçamento calculado.

O plano de investimento representa uma estimativa de custo para implementação da contramedida, porém, de certa forma já é esperado que haja uma certa diferença quando elaborado o projeto. Porém, a assertividade do plano de investimento é de extrema importância para que o planejamento da obra seja executado de forma correta e que não haja imprevistos futuros.

Logo, a aplicação deste estudo confirmou a necessidade de adotar novos gatilhos a fim de atualizar as informações da metodologia iRAP, que auxiliarão os tomadores de decisão quanto aos destinos orçamentários a serem feitos, bem como na construção de um plano de investimento compatível com a realidade brasileira e com uma avaliação mais criteriosa por trecho.

6.1 SUGESTÃO PARA ESTUDOS FUTUROS

Na elaboração do presente estudo, surgiram alguns aspectos relevantes que se revelaram interessantes e complementares ao estudo, para uma abordagem mais detalhada do assunto. O estudo foi limitado em uma avaliação específica das contramedidas voltada para a conservação do pavimento. Contudo, outras disciplinas também são de grande relevância para

garantir qualidade e segurança de uma rodovia, uma vez que há a interdisciplinaridade entre os assuntos.

Portanto, como objeto de investigação futura, a avaliação da implantação dos gatilhos de sondagens e inspeções de campo, nos trechos que indiquem maior deterioração do pavimento poderia nos trazer soluções pontuais com maior precisão para esses tipos de desgastes, quando os problemas se apresentam em um lugar específico. Essa avaliação poderia nos trazer maior assertividade na solução adotada, de acordo com a causa apresentada no diagnóstico do problema encontrado. A deterioração do pavimento nem sempre é ocasionada por desgaste do mesmo pelo tráfego, mas pode ser impactada pelo lençol freático ou deslocamento do maciço de terra, o que pode ser diagnosticado através das sondagens e inspeção de campo.

Tem-se também a possibilidade de avaliação da adoção de novos gatilhos de contramedidas referentes a geometria das rodovias e se estão condizentes com à realidade brasileira. Essa avaliação poderia nos trazer um estudo entre a correlação de variação dos raios da geometria horizontal na causa dos acidentes e a correlação entre os raios da geometria horizontal concordantes com as rampas da geometria vertical, possibilitando apresentar as similaridades das condições geométricas que mais causam acidentes no Brasil, sendo um fator para serem evitadas.

A avaliação das diferentes soluções de contramedidas para cada região do Brasil, pontuando as similaridades ou fatores discrepantes, identificando a cultura de trânsito de cada região do país. Um fato que pode ser usado como exemplo para essas situações é que na cidade de Gramado, o trânsito não possui semáforos, todos os cruzamentos são feitos em rotatórias e ele flui de forma amigável e eficiente. Porém se utilizarmos a mesma solução para os cruzamentos do Rio de Janeiro ou de São Paulo, eles não funcionariam tão bem devido ao grande volume de tráfego e aos aspectos culturas de ambas as cidades. Portanto, dentro das soluções das contramedidas, devem ser adotadas situações diferentes para cada estado ou região do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA. Sandra Lúcia Vieira Ulinski; MOYSÉS. Simone Tetú; MOYSÉS. Samuel Jorge. Intervenções de segurança viária e seus efeitos nas lesões causadas pelo trânsito: uma revisão sistemática. **Revista Pan American Journal of Public Health**. v. 36. n. 6. p. 257-265. 2014.

AMERICAN TRAFFIC SAFETY SERVICES ASSOCIATION (ATSSA). **Low Cost Local Road Safety Solutions**. Virginia: ATSSA. v. 1. 2008. Disponível em: <<https://www.roadsafetraffic.com/wp-content/uploads/ATSSA%20Documents/Resources%20-%20ATSSA%20-%20Low%20Cost%20Local%20Roadsrev10-09-08-reduced.pdf>>. Acesso em: 15/04/2021.

AMERICAN TRAFFIC SAFETY SERVICES ASSOCIATION (ATSSA). **Cost Effective Local Road Safety Planning and Implementation**. Virginia: ATSSA. 2011. 38 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). **Revista dos Transportes Públicos nº 147**: Ano 40. 3º Quadrimestre. São Paulo: ANTP. 2017. 66 p.

AUSTRALASIAN COLLEGE OF ROAD SAFETY (ACRS). *Special Issue: Road Safety in Asia*. **Journal Of The Australasian College Of Road Safety**. Australia. 92 p. 2011. Disponível em: https://acrs.org.au/wp-content/uploads/ACRS_Journal_22_No2_WebLR.pdf. Acesso em: 24/04/2021.

BAMRUNGWONG. Chakree; KRONPRASERT. Nopadon; WATTANA. Kaiwan. *Thailand Rural Road Safety Audit System Toolkit*. **Journal Australasian Road Safety Conference**. Adelaide. Australia. 3 p. set. 2019. Disponível em: <<https://acrs.org.au/article/thailand-rural-road-safety-audit-system-toolkit/>>. Acesso em: 23/04/2021

BISHT. Laxman Singh; TIWARI. Geetam. *Assessing the black spots focused policies for Indian National Highways*. **Transportation Research Procedia**. v. 48. p. 2537-2549. set. 2020. DOI: [10.1016/j.trpro.2020.08.256](https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.256)

BONATTO. Andrey Zuriel Ebeling. **Análise da sinalização na segurança viária: antes e depois do programa BR-Legal**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2018. 22 f.

BONATTO. Andrey Zuriel Ebeling; NODARI. Christine Tessele; GARCIA. Daniel Sergio Presta. BR Legal: Sinalização e segurança viária. In: 33º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET. **Anais [...]**. Balneário Camboriú - SC: ANPET. 2019. p. 3661-3672.

BROUGHTON. J.; MARKEY. K. A.; ROWE. D. *A new system for recording contributory factors in road accidents*. TRL Report 323. London. 1998. 20 p.

CARDEN. Bridget. *Streamlining the development of effective road safety programmes*. **Journal Australasian Road Safety Conference**. Adelaide. Australia. 2 p. set. 2019. Disponível em: <https://acrs.org.au/article/streamlining-the-development-of-effective-road-safety-programmes/>. Acesso em: 20/04/2021.

CENTRO REGIONAL DE INFORMAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (UNRIC). **Guia sobre Desenvolvimento Sustentável**. Portugal. 2018. 38 p.

CHAGAS. Denise M; NODARI. Christine Tessele; LINDAU. Luis Antonio. Lista de fatores contribuintes de acidentes de trânsito para pesquisa no Brasil. In: 36º CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES. 2011. **Anais [...]**. Joinville: ANPET. 2012. p. 799-810.

CHAGAS. Denise Martins. **Estudo sobre fatores contribuintes de acidentes de trânsito urbano**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2011. 114 f.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Acidentes Rodoviários e a Infraestrutura**. Brasília: CNT. 2018. 132 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias 2019**. Brasília: CNT: SEST SENAT. 2019. 236 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Rodovias que perdoam**. CNT. 2021. 13 p. (Transporte em foco). Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/5d10ad26-e26e-4979-9092-024503d49dfc.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias 2021**. Brasília: CNT: SEST SENAT. 2021. 231 p.

COSTA. Angelo Brandelli; ZOLTOWSKI. Ana Paula Couto. Parte I - Escrita científica: Como escrever um artigo de revisão sistemática. In: KOLLER. Sílvia H.; COUTO. Maria Clara P. de Paula; VON HOHENDORFF. Jean. **Manual de Produção Científica**. Porto Alegre: Penso. 2014. Cap. 3. p. 53-67.

DANIELS. Stijn; MARTENSEN. Heike; SCHOETERS. Annelies; BERGHE. Wouter van Den; PAPADIMITRIOU. Eleonora; ZIAKOPOULOS. Apostolos; KAISER. Susanne; AIGNER-BREUSS. Eva; SOTEROPOULOS. Aggelos; WIJNEN. Wim; WEIJERMARS. Wendy; CARNIS. Laurent; ELVIK. Rune; PEREZ. Oscar Martin. *A systematic cost-benefit analysis of 29 road safety measures*. **Accident Analysis & Prevention**. v. 133. . p. 1-13. set. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Guia de redução de acidentes com base em medidas de engenharia de baixo custo**: Publicação IPR 730. Rio de Janeiro: DCTec. 1998. 140 p

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e maysmeter – Procedimento**. Norma Rodoviária DNER-PRO 182/94. Rio de Janeiro: DNER. 1994. 9 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Norma DNIT 006/2003 – PRO. Rio de Janeiro: DNIT. 2003. 10 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Guia Prático**: Programa nacional de segurança e sinalização rodoviária - BR-Legal. DNIT. 2015. 82 p. (Versão 1.0).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de custos médios gerenciais**: Volume 02 - Manual do usuário. Brasília: DNIT. 2019. 68 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Conservação Rodoviária**: Publicação IPR-710. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT. 2005. 564 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**: Publicação IPR 720. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT. 2006. 310 p.

DEPARTMENT OF INFRASTRUCTURE. REGIONAL DEVELOPMENT AND CITIES. **National Road Safety Action Plan 2018-2020**. Australia: National Road Safety. 2018. 32 p.

ELVIK. Rune; HØYE. Alena; VAA. Truls; SØRENSEN. Michael. **O manual de medidas de segurança viária**: Edição ampliada e revisada. Madri: Fundación MAPFRE. 2015. 1071 p.

EUROPEAN BANK. **Belt and Road Initiative (BRI)**. Europa. Disponível em: <https://www.ebrd.com/what-we-do/belt-and-road/overview.html>. Acesso em: 01 fev. 2022.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **A Guide to Developing Quality Crash Modification Factors**. Washington: FHWA. 2010. 64 p. (FHWA-SA-10-032).

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **Integrating the Safe System Approach with the Highway Safety Improvement Program: An Informational Report**. Washington: FHWA. 2020. 58 p.

FILIPPO. Jaqueline Santos da Cunha. **Avaliação do Programa BR-Legal e a elevação da segurança viária nas rodovias federais brasileiras**: Estudo de Caso: BR-020/DF. TCC (Graduação) - Curso de Operações Rodoviárias. Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasília. 2017. 81 f.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Simulador de custos médios gerenciais**. Instituto Brasileiro de Economia - IBRE. Disponível em: <https://simuladorcmg-ibre.fgv.br/>. Acesso em: 12 nov. 2021

GERHARDT. Tatiana Engel; SOUZA. Aline Corrêa de. Unidade 1 – Aspectos teóricos e conceituais. In: GERHARDT. Tatiana Engel; SILVEIRA. Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: UFRGS. 2009. 120 p. (Educação a distância).

HASSON. Patrick; KAUPPILA. Jari; ASSING. Kai; YANNIS. George; LASSARRE. Sylvain. **Challenges and opportunities for the assessment of the effectiveness of road safety measures**. *Procedia Social And Behavioral Sciences*. v. 48. p. 3230-3238. jan. 2012.

HAUER. Ezra; BONNESON. James A.; COUNCIL. Forrest; SRINIVASAN. Raghavan; ZEGER. Charles. *Crash Modification Factors: Foundational issues*. **Transportation Research Record**. v. 2279. p. 67-74. jan. 2012.

HURTADO-BELTRÁN, Antônio; SERNA-RODRIGUEZ, Margarita; CHÁVEZ-CÁRDENAS, Julio Alejandro. **Aplicación de la metodología iRAP y el software ViDA-iRAP en un tramo de autopista en México**: application of irap methodology and vida-irap software on a section of highway in México. v. 17. n. 29. p. 05-12. 2015 (ISSN: 2215-3705).

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Custos dos acidentes de trânsito no Brasil**: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do IPEA sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias. Brasília: IPEA. 2020. 26 p. (Texto para discussão 2565).

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (IRAP). **Manual de Codificação de Vias do iRAP**: Direção à direita. Fundação FIA para o Automóvel e a Sociedade. 2019.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (IRAP). **Manual iRAP de Classificação por Estrelas e Planos de Investimento**. Fundação FIA para o Automóvel e a Sociedade. 2014.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (IRAP). **Federative Republic of Brazil iRAP Pilot Technical Report**: Federal Highways. London: IRAP. 2015.

INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME (IRAP). **Road management best practices: Integrating road safety and asset management**. Victoria Falls. Zimbabwe: SSATP. 2019. 31 p. Disponível em: https://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/publication/irap_presentation_asset_management_n_safety_rn_181119.pdf.

INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM (ITF). **Zero Road Deaths and Serious Injuries: Leading a paradigm shift to a safe system**. Paris: OECD Publishing. 2016. 166 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789282108055-en>.

IRAP ORGANIZATION. *iRAP assina como Co-Presidente do Comitê de Segurança Rodoviária – BRITA*. **General News**. China. Junho, 2019. Disponível em: <https://irap.org/pt/2019/06/irap-signs-on-as-co-chair-of-the-road-safety-committee-brita-china/>. Acesso em: 22/01/2021.

IRAP ORGANIZATION. *World Bank and iRAP share success of the Bloomberg Philanthropies Initiative for Global Road Safety – 10 cities and 5 countries in 5 years* BRITA. **General News**. China. Dezembro, 2019. Disponível em: <https://irap.org/pt/2019/12/world-bank-and-irap-share-success-of-bigrs/>. Acesso em: 22/01/2021.

IRAP ORGANIZATION. *What is 'CycleRAP'?* **General News**. Dezembro, 2019. Disponível em: https://irap.org/cyclerap/?_ga=2.49788719.821854382.1643296177-1189927878.1622582577/. Acesso em: 22/01/2021.

JP RESEARCH INDIA PVT. LTD. **IRAP Baseline Data Collection in India**: Final Report – Karnataka Phase. iRAP. 2012. 57 p.

LIN. Pei-Sung; GUO. Rui; BIALKOWSKA-JELINSKA. Ela; KOURTELLIS. Achilleas. *Development of countermeasures to effectively improve pedestrian safety in low-income areas*. **Journal Of Traffic And Transportation Engineering (English Edition)**. v. 6. n. 2. p. 162-174. fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.02.001>

MANTOVANI. Vivian Ramirez. **Proposta de um sistema integrado de gestão em segurança de tráfego - SIG SET**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2003. 175 f.

MARQUES. Jordana Tomaz; BRACARENSE. Lílian dos Santos Fontes Pereira. Efeito da implantação de programas de sinalização para prevenção de acidentes viários na rodovia federal BR-153 no estado do Tocantins. **Revista Desafios**. v. 6. n. 2. p. 41-60. 2019.

MILANI. Rodrigo Valduga. **Análise de segurança viária pelo método iRAP**: Avaliação da aplicação em uma rodovia gaúcha. Trabalho de Diplomação - Curso de Engenheiro Civil. Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2017. 116 f.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito 2021. Brasília. Governo Federal do Brasil. 2021. 92 p.

NODARI. Christiane Tessele. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2003. 221 f.

OGUCHI. Takashi. *Achieving safe road traffic: The experience in Japan*. **IATSS Research**. v. 39. n. 2. p. 110-116. fev. 2016.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Towards Zero: Ambitious road safety targets and the safe system approach**. OECD/ITF. 2008. 245 p. (Transport Research Centre).

ROAD SAFETY TOOLKIT. **Case Studies: High Friction Surfacing Treatment (HFST) crash reduction program**. Kentucky. United States: iRAP. Disponível em: <https://toolkit.irap.org/default.asp?page=casestudy&id=10>. Acesso em: 21 jun. 2021.

ROAD SAFETY TOOLKIT. **Delineation: Centre and edge delineation treatments help drivers judge their position on the road. and provide advice about conditions ahead. delineation treatments are particularly helpful where visibility can become poor (for example. due to rain. fog or darkness) and on sharp bends**. IRAP. Disponível em: <https://toolkit.irap.org/default.asp?page=treatment&id=5>. Acesso em: 21 jun. 2021.

RODRIGUES. Frederico; COELHO. Camila Silva; BATISTA. Icaro Ramos Nunes; LEITE. Thiara Gomes Galdino. Metodologia iRAP para redução de mortos e feridos no trânsito: Uma visão acerca das contramedidas. In: 32º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE. 2018. **Anais [...]**. Gramado: ANPET. 2018. p. 3281-3292.

SAHA. Promotes; KSAIBATI. Khaled. *An optimization model for improving highway safety*. **Journal Of Traffic And Transportation Engineering (English Edition)**. v. 3. n. 6. p. 549-558. mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.01.004>

SAMPAIO. RF; MANCINI. MC. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. São Carlos. v. 11. n. 1. p. 83-89. jan/fev. 2007.

SILVEIRA. Denise Tolfo; CORDOVA. Fernanda Peixoto. Unidade 2 – A pesquisa científica. In: GERHARDT. Tatiana Engel; SILVEIRA. Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: UFRGS. 2009. 120 p. (Educação a distância).

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES (SINDIPEÇAS). **Relatório da Frota Circulante**: Edição 2021. São Paulo: Sindipeças e Abipeças. 2021. 12 p.

SMITH. Greg; CHAU. Le Minh; VAN DAT. Le; MCLNERNEY. Rob; WIX. Richard. *iRAP Vietnam: A life saving partnership*. In: 24th ARRB CONFERENCE. 2010. Melbourne. Australia: ARRB. 2010. p. 1-17.

TEMPLUM. **Modelo do Queijo Suíço na ISO 45001**: A melhor forma de prevenir acidentes. 2018. Disponível em: <https://templum.pt/modelo-do-queijo-suico-na-iso-45001-a-melhor-forma-de-prevenir-acidentes/>. Acesso em: 23 abr. 2021.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Improving Pedetrian Safety at Unsignalized Crossings**. Whashington: TRB. 2006. Disponível em: <<https://www.nap.edu/catalog/13962/improving-pedestrian-safety-at-unsignalized-crossings>>. Acesso em: 20/04/2021.

TURNER. Shane; SMITH. Mike; ROBSON. Marc. *Burnei iRAP: Speed management and infrastructure improvements*. In: ARS CONFERENCE. 2016. Canberra. Australia: ARS. 2016. 10 f.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *Chapter 1. Introduction: Safety problems at horizontal curves*. In: U.S. Department of Transportation. **Low Cost Treatments for Horizontal Curve Safety**. Whashington: Federal Highway Administration. 2011. Disponível em: https://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/horicurves/fhwasa07002/ch1.cfm Acesso em: 21 de junho de 2021.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE). **A foundational Safety System concept to make roads safer in the Decade 2021-2030**. Geneva: United Nations Publications. 2020. 70 p.

VACCINES FOR ROADS. *iRAP ChinaRAP Cases Study Big Data Tool*. China. Disponível em: <<https://www.vaccinesforroads.org/case-studies-of-success/#:~:text=The%20iRAP%20Case%20Study%20Series,study%20for%20consideration%2C%20click%20here/>>. Acesso em: 22/01/2021.

VACCINES FOR ROADS. *iRAP Yangpu District Transport Commission (China) achieves a 5 Star Rating for bicyclists and pedestrians*. **General News**. China. Abril, 2019. Disponível em: <<https://irap.org/2019/04/yangpu-district-transport-commission-china-achieves-a-5-star-rating-for-bicyclists-and-pedestrians/>>. Acesso em: 22/01/2021.

WELLE. Ben; SHARPIN. Anna Bray; ADRIAZOLA-STEI. Claudia; JOB. Soames; SHOTTEN. Marc; BOSE. Dipan; BHATT. Amit; ALVEANO. Saul; OBELHEIRO. Marta; IMAMOGLU. Celal Tolga. **SUSTAINABLE & SAFE: A vision and guidance for zero road deaths**. World Resources Institute. 2018. 76 p. (ISBN 978-1-56973-927-7).

WILLIAMSON. David. *Toward Safe System Infrastructure – Application and Development of Safe System Assessment in Victoria*. **Journal Australasian Road Safety Conference**. Adelaide. Australia. 3 p. set. 2019. Disponível em: <<https://acrs.org.au/article/toward-safe-system-infrastructure-application-and-development-of-safe-system-assessment-in-victoria/>>. Acesso em: 20/04/2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global Status Report on Road Safety 2018**. WHO. 2018. 424 p. (ISBN 978-92-4-156568-4).

YANNIS. George; WEIJERMARS. Wendy; KAUPPILA. Jari. *A review of international sources for road safety measures assessment*. **Procedia Social and Behavioral Sciences**. v. 48. p. 2876-2886. 2012.

ANEXO I

Os quadros apresentados (Quadro 18 e Quadro 19) são classificações das condições da rodovia avaliada pela metodologia iRAP para o capítulo de Estudo de Casos, seguindo o preconizado no Manual de Codificação do iRAP (2019)

Quadro 18 – Delineamento - Opções de Codificação da sua Qualidade

Delineamento	
Adequado	Indicadores de perigos, ou marcações no centro e no bordo da via estão em geral presentes e visíveis.
Deficiente	Indicadores de perigos, ou marcações no centro e no bordo da via estão em geral ausentes ou em más condições.

Fonte: Manual de Codificação do iRAP (2019)

Quadro 19 – Resistência a Derrapagem - Opções de Codificação da sua Qualidade

Resistência a Derrapagem	
Pavimentada – adequada	A superfície da via é vedada e espera-se que tenha um desempenho adequado de resistência à derrapagem. Não há seções visíveis macias e brilhantes no caminho preferido do veículo
Pavimentada – média	A superfície da via é pavimentada e tem uma superfície de aderência média.
Pavimentada – deficiente	A superfície da via é pavimentada, mas de baixa aderência.
Não pavimentada – adequada	A superfície da via não é pavimentada e tem uma aderência de superfície relativamente boa.
Não pavimentada – deficiente	A superfície da via não é pavimentada e tem uma superfície de baixa aderência.

Fonte: Manual de Codificação do iRAP (2019)

As tabelas indicadas (Tabela 41 a Tabela 48) são referentes ao plano de investimento da rodovia PR-092 e ao orçamento total do projeto elaborado para implantação das contramedidas adotadas.

Tabela 41 – Custos: Plano de Investimento Completo para a rodovia PR-092

Contramedida	Extensão ou Locais	OLGs evitados (unidade)	Valor do benefício (R\$)	Custo Estimado (R\$)	Custo por OLG evitado (R\$)
Aumento da Largura da Faixa (até 0,5)	1,30 km	10	3.084.055	1.733.835	180.179
Faixa para ultrapassagem	19,70 km	143,00	45.837.415	38.351.099	268,15
Pavimentar acostamento - lado do condutor (>1m)	2,40 km	4,00	1.235.613	901,69	233,88
Pavimentar acostamento - lado do condutor (<1m)	0,70 km	0,80	252,11	239,93	305,02
Pavimentar acostamento - lado do passageiro (>1m)	2,00 km	3,00	872,27	751,41	276,08
Pavimentar acostamento - lado do passageiro (<1m)	0,90 km	1,00	311,36	233,35	240,20
Aumento da largura da faixa (até 0,5m)	1,30 km	10,00	3.084.055	1.733.835	180,18
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do condutor	76,70 km	176,00	56.518.532	23.025.985	130,57
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro	77,00 km	172,00	55.232.975	23.116.048	134,13
Rotatória	9 Locais	69,00	22.194.843	9.747.672	140,76
Sinalizações horizontal e vertical (interseção)	88 Locais	74,00	23.786.228	11.447.465	154,24
Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	0,40 km	0,30	102,21	36,98	115,96
Iluminação pública (interseção)	5 Locais	15,00	4.788.385	1.171.226	78,39
Iluminação pública (meio de quarteirão)	6,10 km	53,00	16.965.517	4.246.697	80,22
Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	0,40 km	0,40	133,35	36,98	88,89
Melhorar delineamento	27,60 km	61,00	19.606.155	3.739.585	61,13
Sonorizadores ao longo do acostamento	72,50 km	73,00	23.323.796	3.553.209	48,83

Contramedida	Extensão ou Locais	OLGs evitados (unidade)	Valor do benefício (R\$)	Custo Estimado (R\$)	Custo por OLG evitado (R\$)
Construir calçada - lado do condutor (adjacente à pista)	3,10 km	27,00	8.800.348	822,04	29,94
Construir calçada - lado do passageiro (adjacente à via)	5,90 km	56,00	17.964.491	1.421.283	25,36
Melhoria de delineamento da curva	2,30 km	12,00	3.934.992	231,83	18,88
Melhorias para estacionamento	0,50 km	6,00	2.064.635	51,53	8,00
Melhorar qualidade de dispositivo para pedestres	1 Locais	8,00	2.568.888	41,70	5,20
Travessia de pedestres. sem semáforo	4 Locais	30	9.563.997	28.995	972

Legenda: Moeda – R\$ BRL e OLG – Acidentes graves e fatais evitados.
Fonte: Plataforma ViDA, iRAP (2021)

Tabela 42 – Custos: Contramedidas para a rodovia PR-092

Total de óbitos e vítimas com Lesões Graves (OLGs) evitados OLGs evitados (unidade)	Valor presente total dos benefícios de segurança (R\$)	Custo Estimado (R\$)	Custo por OLG evitado (R\$)
996	319.142.162	124.930.556	125,460

Fonte: Plataforma ViDA, iRAP (2021)

Tabela 43 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Terraplenagem

1.1 - TERRAPLENAGEM

Cód. Padrão	Descrição do serviço	Unid.	Qtde	Preço Unit.	Preço total
401010	Destocamento árvores diam. > 30cm	ud	150,00	41,11	6.166,50
COMP-14	Corte/limpeza, classificação, carga, transporte e enleiramento de árvores (volume estéreo)	m ³	1.138,38	162,24	184.691,10
COMP-16	Limpeza de área e destocamento até 30 cm	m ²	85.288,00	0,64	54.584,32
COMP-17	Carga e transporte de material de limpeza	m ³	12.793,20	40,30	515.565,96
Total do Grupo:					761.007,88

Fonte: DER-PR (2020)

Tabela 44 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Pavimentação

1.2 - PAVIMENTAÇÃO

Cód. Padrão	Descrição do serviço	Unid.	Qtde	Preço Unit.	Preço total
505100	Fresagem descontínua a frio	m ³	36,68	299,11	10.971,00
COMP-01	Remoção mecanizada de camada granular c/ transporte p/ bota fora	m ³	662,40	53,11	35.180,06
601500	Desconfinamento lateral de bordo do pavimento c/motoniveladora - terreno natural	m	20.978,00	3,95	82.863,10
COMP-19	Regularização compac. subleito 100% PI (A)	m ²	2.112,00	2,99	6.314,88
531100	Brita graduada 100% PM	m ³	574,08	203,69	116.934,36
COMP-02	Reciclagem com espuma asfáltica e incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de cimento (46 kg/m ³) e brita (196 kg/m ³), exclusive fornecimento do CAP (44 kg/m ³)	m ³	57.892,20	104,10	6.026.578,24
560150	Imprimação impermeab. exclusive fornecimento da emulsão	m ²	218.120,21	0,75	163.590,16
561120	Pintura de ligação excl. fornec. da emulsão	m ²	308.747,75	0,43	132.761,53
570370	C.B.U.Q. c/asfalto modificado por polímero, excl. fornec. asfalto	t	47.658,40	239,98	11.437.063,77
COMP-03	Geogrelha flexível de poliéster de alta tenacidade com manta não tecida em forma de grelha (40x40) mm, bidirecional com resistência de 50 kN/m	m ²	119.313,55	30,45	3.633.097,60
Total do Grupo:					21.645.354,70

Fonte: DER-PR (2020)

Tabela 45 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Ligantes Betuminosos

1.3 - LIGANTES BETUMINOSOS

Cód. Padrão	Descrição do serviço	Unid.	Qtde	Preço Unit.	Preço total
589040	Fornecimento de CAP-50/70 com polímero elastomérico (60/85)	t	2.811,85	4.537,21	12.757.935,02
589000	Fornecimento de CAP-50/70	t	2.547,26	3.810,60	9.706.577,11
589190	Fornecimento de emulsão asfáltica EAI p/imprimação	t	261,74	3.149,47	824.355,67
589530	Fornecimento de emulsão asfáltica RR-2C-E com polímero	t	154,37	3.304,32	510.100,68
Total do Grupo:					23.798.968,48

Fonte: DER-PR (2020)

Tabela 46 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Drenagem

1.4 - DRENAGEM

Cód. Padrão	Descrição do serviço	Unid.	Qtde	Preço Unit.	Preço total
606700	Demolição de concreto simples	m³	926,70	133,27	123.501,31
650100	Sarjeta triangular concreto - tipo 2	m	8.480,00	95,37	808.737,60
650600	Sarjeta triangular concreto - tipo 4	m	4.747,00	69,44	329.631,68
810150	Meio fio de concreto tipo 2 (pré-moldado)	m	277,00	53,06	14.697,62
655200	Transp. segmento sarjeta tipo-2 (ST-2/SZ-3) c/tubo 0,30m	m	39,00	400,01	15.600,39
655400	Transp. segmento sarjeta tipo-4 (ST-4/SZ-4) c/tubo 0,30m	m	29,00	307,19	8.908,51
655600	Transp. segmento sarjeta tipo-6 (ST-2/SZ-3) c/placas	m	23,00	608,45	13.994,35
603600	Alvenaria pedra de mão argamassada	m³	0,60	371,71	223,03
COMP-18	Transporte de material de concreto demolido para bota-fora com DMT = 32,69 km	m³	926,70	52,83	48.957,56
Total do Grupo:					1.364.252,05

Fonte: DER-PR (2020)

Tabela 47 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Sinalização

1.5 - SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA VIÁRIA					
Cód. Padrão	Descrição do serviço	Unid.	Qtde	Preço Unit.	Preço total
871000	Tacha refletiva bidirecional	ud	7.763,00	34,55	268.211,65
873000	Tachão refletivo bidirecional	ud	1.953,00	60,55	118.254,15
822330	Pintura de setas e zebrados - termoplástico por extrusão - e=3mm	m²	2.004,83	70,01	140.358,29
822100	Faixa de sinalização horizontal c/tinta resina acrílica base água	m²	11.330,25	26,32	298.212,18
COMP-05	Faixa de sinalização horizontal c/ termoplástico em alto relevo tipo I - relevo duplo - base	m²	1.299,00	100,59	130.666,41
820000	Placa sinalização c/ película refletiva	m²	72,67	467,90	34.002,29
COMP-06	Placa sinalização, modulada, em fibra de poliéster com fibra de vidro c/ película refletiva	m²	177,00	704,07	124.620,39
COMP-08	Remoção de placas de sinalização, inclusive transporte	m²	5,58	83,16	464,03
821000	Suporte de madeira 3"x3" p/ placa sinalização, h=3,00m	ud	89,00	129,27	11.505,03
821020	Suporte metálico galv. fogo perfil "C" 150x85x25x2,70mm, h=4,00m	ud	138,00	650,49	89.767,62
823000	Defensa simples semi-maleável c/ espaçador e calço	m	2.652,00	275,72	731.209,44
COMP-10	Terminal absorvedor de energia, de abertura, composto de três lâminas dupla onda e demais acessórios para defesa metálica de acordo com a norma ABNT 15486 para velocidade de 100 km/h.	ud.	18,00	12.753,82	229.568,76
COMP-11	Fornecimento, instalação, balizador (catadióptrico) p/defensa metálica c/ película GT+GT, conforme OP-06-05	ud.	563,00	50,51	28.437,13
COMP-12	Remoção de defesa metálica, inclusive transporte	m	372,00	27,85	10.360,20
COMP-15	Balizador de concreto (fornecimento e assentamento)	ud	296,00	50,28	14.882,88
Total do Grupo:					2.230.520,45

Fonte: DER-PR (2020)

Tabela 48 – Orçamento do Projeto de Implantação das 3ª Faixas – Mobilização e Desmobilização

02 - MOBILIZAÇÃO E DESMOBILIZAÇÃO					
Cód. Padrão	Descrição do serviço	Unid.	Qtde	Preço Unit.	Preço total
COMP-16	Mobilização e desmobilização	%	2,00%	49.800.103,56	996.002,07

Fonte: DER-PR (2020)