

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ
SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER

**iRAP – RELATORIO METODOLÓGICO DE INSPEÇÃO DE
SEGURANÇA VIÁRIA
PARA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-445
km 0+000 ao Acesso à Lerroville**

LOCAL: MAUÁ DA SERRA/PR À LERROVILLE/PR
TRECHO: km 0+000 AO km 26+800
FASE: PROJETO EXECUTIVO
EXTENSÃO: 26,800 km

VOLUME 3
ANEXO 05 - IRAP



AGOSTO / 2021

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM – DER

IRAP – RELATORIO METODOLÓGICO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA VIÁRIA PARA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA PR-445 km 0+000 ao Acesso à Lerroville

LOCAL: MAUÁ DA SERRA/PR À LERROVILLE/PR

TRECHO: km 0+000 AO km 26+800

FASE: PROJETO EXECUTIVO

EXTENSÃO: 26,800 km

VOLUME 3
ANEXO 05 – IRAP

Revisão	Data	Descrição
00	31/05/2021	Emissão Inicial
01	12/08/2021	Alteração de Projeto no Acesso à Lerroville

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	3
2	MAPA DE SITUAÇÃO	5
3	IRAP RELATÓRIO METODOLÓGICO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA VIÁRIA	6
4	SISTEMA RODOVIÁRIO AVALIADO	10
5	IRAP E A ABORDAGEM SISTEMA SEGURO (“SAFE SYSTEM APPROACH”) ..	11
6	FATORES DE RISCO DOS ELEMENTOS VIÁRIOS	15
7	INFORMAÇÕES DO LEVANTAMENTO DE CAMPO E CODIFICAÇÃO RELACIONADAS AO MODELO IRAP	16
8	ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA O MODELO IRAP	18
9	DADOS DE APOIO APLICADAS NO MODELO IRAP	19
10	CLASSIFICAÇÕES POR ESTRELAS	21
11	RESULTADOS	22
12	CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS	22
13	PLANO DE INVESTIMENTOS	26
14	GATILHOS PARA AS CONTRAMEDIDAS	33
14.1	CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS	33
15	COMPARAÇÃO ANTES E DEPOIS DA CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS ..	49
16	COMPATIBILIZAÇÃO COM O CAPEX E CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS	51
17	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	ANEXOS	55
18	ANEXO I – GRÁFICOS DA CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS	56
18.1	GRÁFICOS DE CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS RODOVIA PR445 – 445S0010EPR	56
18.2	GRÁFICOS DE CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS RODOVIA PR445 – 445S0015EPR	58
18.3	GRÁFICOS DE CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS RODOVIA PR445 – 445S0017EPR	60
19	ANEXO II - PLANOS DE INVESTIMENTOS	62
19.1	PLANO DE INVESTIMENTOS DA RODOVIA PR445 – 445S0010EPR	63



19.2	PLANO DE INVESTIMENTOS DA RODOVIA PR445 – 445S0015EPR	68
19.3	PLANO DE INVESTIMENTOS DA RODOVIA PR445 – 445S0017EPR	69
20	TERMO DE ENCERRAMENTO	71

1 APRESENTAÇÃO

O presente volume refere-se ao **Volume 3 – Anexo 04 – iRAP - Relatório Metodológico de Inspeção de Segurança Viária** para o Projeto e Restauração da rodovia PR-445. O trecho em estudo, de acordo com o edital, está compreendido entre o km 0,00 e o km 26,80. Pelos estudos da Geometria, o trecho termina após o acesso a Lerroville, no km 27,100.

O estudo foi desenvolvido de acordo com as normas do DER/PR e DNIT, visando garantir os parâmetros de desempenho preconizados, através de soluções que atendam técnica e economicamente as necessidades e expectativas do contratante.

Rodovia:	PR-445
Segmento:	Subtrecho 01: km 0 ao km 27,1
SREs:	445S0010EPR/ 445S0015EPR/ 445S0017EPR
Extensão da duplicação:	27,10 m
Superintendência DER/PR	Regional Norte

Localização do empreendimento:

O Segmento 1 está localizado na região Norte Central do estado do Paraná, sob a Fiscalização da Superintendência Regional Norte do DER-PR, na cidade de Londrina.

Está inserido nos municípios de Mauá da Serra, Tamarana, Marilândia do Sul e Londrina. Inicia no entroncamento com a BR-376, no km 0, e termina no acesso a Lerroville (distrito da cidade de Londrina), no km 27,1.

O início do trecho situa-se em média 23°54'27.09" de latitude Sul e 51°11'32.66" de longitude Oeste e altitude de 1094 m acima do nível do mar.

Dados do Contrato

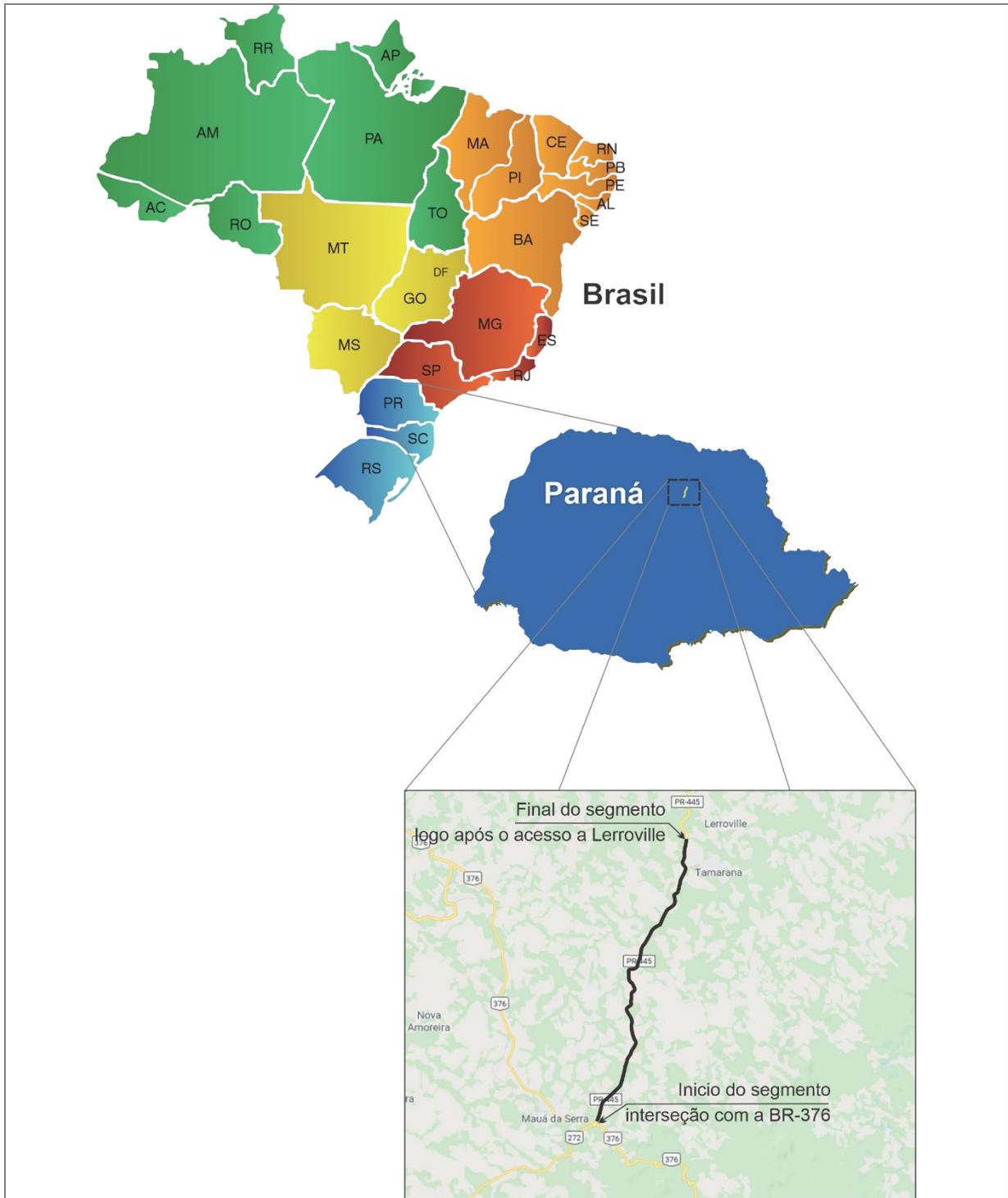
- Número: 028/2020
- Data da Assinatura: 01/04/2020

Ordem de Serviço

- Número: 008/2020
- Data da OS: 01/05/2020
- Prazo Contratual: 12 meses

Na figura a seguir é apresentado o mapa de situação com identificação do empreendimento.

2 MAPA DE SITUAÇÃO



Rodovia: PR-445

Segmento: Subtrecho 01- km 0 ao km 27,1

Extensão: 27.100 km

**MAPA DE
SITUAÇÃO**

3 IRAP RELATÓRIO METODOLÓGICO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA VIÁRIA

Este relatório técnico corresponde ao relatório inicial metodológico de Inspeção de Segurança Rodoviária (ISR) realizado conforme metodologia de avaliação iRAP (International Road Assessment Program) realizado na Rodovia Paranaense PR445. Como resultado, a metodologia produz uma Classificação por Estrelas atrelada ao risco de acidentes viários.

O Programa Internacional de Avaliação de Rodovias é uma instituição sem fins lucrativos dedicada a salvar vidas por meio de rodovias mais seguras, e trabalha em parceria com organizações governamentais e não-governamentais. É a organização guarda-chuva (que abriga instituições relacionadas) para EuroRAP, AusRAP, usRAP, KiwiRAP e BrasilRAP, programas de Avaliação de Rodovias (RAPs) ativos em mais de 70 países. No Brasil o modelo iRAP vem sendo aplicado no âmbito federal, estadual e municipal, e pode ser desenvolvido por empresas que são certificadas para realização do serviço.

A Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos apresenta os estudos realizados por uma consultoria acreditada pelo iRAP para realização das três etapas de aplicação da metodologia: levantamento, codificação e análises. Para este estudo foi realizado os serviços de levantamento, codificação e análises.

Certificate of Accreditation

This is to certify that the inspection system

LVC-Videorregistro

owned by

Pavesys Engenharia de Pavimentos

has been awarded Class B accreditation for use in
iRAP-specification road surveys and road attribute coding

Issue date: 10/02/2020

Expiry date: 09/02/2023



Alessandra Francoia
Training and Accreditation
Coordinator

Supplier contact: Elemar Taffe Jr email address: taffe@pavesys.com.br
Certificate number: 00181



Certificate of Accreditation

This is to certify that

Elemar Taffe Jr

Has fulfilled the requirements for iRAP Accreditation for:

Road Attribute Coding, and Analysis and Reporting

Issue date: 03/10/19

Expiry date: 02/11/20



Alessandra Francoia
Training and Accreditation
Coordinator

Supplier email address: taffe@pavesys.com.br
Certificate number: 00130



Certificate of Accreditation

This is to certify that

Shanna Lucchesi

Has fulfilled the requirements for iRAP Accreditation for:

Road Survey, Road Attribute Coding, and Analysis and Reporting

Issue date: 03/10/19

Expiry date: 02/10/20



Alessandra Francoia
Training and Accreditation
Coordinator

Supplier email address: shan@pavesys.com.br
Certificate number: 00129

4 SISTEMA RODOVIÁRIO AVALIADO

O sistema rodoviário da presente neste estudo consiste em trechos da rodovia estadual PR-445. Ao total, foram aproximadamente 52 km, cujos SNVs e sub-divisões de cada SNV apresentados na Tabela 1. A Figura 1 apresenta a localização do sistema rodoviário avaliado.

Tabela 1 – SNV avaliados

Trecho Avaliado					
Rodovia	Código snv / sre	Tipo de trecho	Km inicial	Km final	Extensão (km)
PR-445/PR	445S0010EPR	Eixo Principal	0.00	25.49	25.49
PR-445/PR	445S0015EPR	Eixo Principal	25.49	26.63	1.14
PR-445/PR	445S0017EPR	Eixo Principal	26.63	41.03	14.40
PR-445/PR	445S0017EPR	Eixo Principal	41,03	49,984	8,91
PR-445/PR	445S0017EPR	Eixo Principal	49,94	51,97	2,03

Apresentação dos Resultados (Subtrecho 01)					
Rodovia	Código snv / sre	Tipo de trecho	Km inicial	Km final	Extensão (km)
PR-445/PR	445S0010EPR	Eixo Principal	0.00	25.49	25.49
PR-445/PR	445S0015EPR	Eixo Principal	25.49	26.63	1.14
PR-445/PR	445S0017EPR	Eixo Principal	26.63	41.03	14.40
		Final do trecho em estudo		27.20	0.57

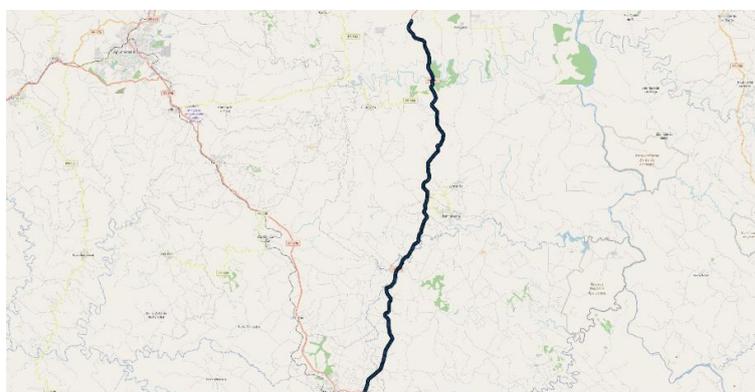


Figura 1 - Sistema rodoviário avaliado

5 IRAP E A ABORDAGEM SISTEMA SEGURO (“SAFE SYSTEM APPROACH”)

As mortes e ferimentos devidos a acidentes de trânsito são o resultado de uma interação complexa entre o modo como as pessoas se comportam nas vias, os tipos de veículos em uso, a velocidade com que trafegam e o projeto das próprias vias.

Apesar de complexo, é possível por meio da atuação nessas frentes, criar um sistema seguro para todos os tipos de usuários que circulam nas rodovias e vias urbanas. Os seguintes princípios sublinham amplamente a abordagem do sistema seguro:

Erros simples, erros de julgamento e decisões inadequadas durante a condução de veículos, são intrínsecos aos seres humanos. O sistema de segurança viário precisa ser projetado e operado considerando isso.

Seres humanos são frágeis. Desprotegidos, não podemos sobreviver aos impactos aos quais somos suscetíveis durante nossos deslocamentos, mesmo em velocidades moderadas.

Pessoas que se comportam com descaso criminoso para a segurança de si mesmo e para os outros devem ser coibidas com forte fiscalização e penas duras.

A segurança pode ser incorporada no sistema viário de uma forma abrangente e sistemática. Não se deve consertar somente as áreas aparentemente problemáticas.

Os elementos do sistema criados com a engenharia - veículos e vias - podem ser projetados para serem compatíveis com o elemento humano; talvez aprendendo com as provas de corrida de automóveis, em que todo o sistema é projetado para minimizar os danos dos acidentes que possam ocorrer

O iRAP busca atuar para tornar as vias seguras, no contexto de usuários mais seguros, veículos mais seguros e rodovias mais seguras. A metodologia baseia-se na recomendação de que a rede deve ser projetada para limitar a probabilidade da ocorrência de acidentes e minimizar a gravidade dos acidentes que acabam ocorrendo.

A Figura 2 a seguir, apresenta exemplos dos tipos de acidentes comuns as soluções de engenharia que podem reduzir a probabilidade de ocorrência. Mais informações sobre

esses tratamentos podem ser encontradas em Caixa de Ferramentas iRAP para Segurança Rodoviária (<http://toolkit.irap.org>).

O iRAP utiliza modelos globalmente consistentes para produzir o que eles nomeiam como a Classificações por Estrelas para Rodovias Mais Seguras para ocupantes de veículos, motociclistas, pedestres e ciclistas. A metodologia para cada um deles é descrita em:

Tipo de Acidente / Mecanismo	Soluções de Engenharia	Exemplos
<p>Atropelamento de pedestre. Pedestres são mortos caminhando ao longo da via ou tentando atravessar a rua.</p>	<p>Soluções incluem: Calçadas, gradis e cercas, controle e redução de velocidade, locais seguros para travessia.</p>	
<p>Motocicleta em colisão com outro veículo. Motociclistas são mortos quando atingidos por veículos maiores e mais pesados, sobretudo, caminhões.</p>	<p>Soluções incluem: Faixas para motocicletas fisicamente separadas, ou não, da pista principal.</p>	
<p>Colisão frontal. Colisão com veículos transitando no sentido oposto em alta velocidade (durante ultrapassagem ou quando momentaneamente atravessam a pista e adentram a contramão).</p>	<p>Soluções incluem: Criação de faixas para ultrapassagem, defensas, barreiras ou separação física ao longo do centro da pista, postes flexíveis de balizamento, canteiro central fictício (sinalização horizontal).</p>	
<p>Saída de pista. Veículo sai da pista e colide com um objeto fixo (árvore, poste, estrutura) ou capota em declive transversal acentuado.</p>	<p>Soluções incluem: Proteção do perigo com defensas ou barreiras, remoção do perigo, criação de uma área segura para veículos em declives íngremes.</p>	
<p>Colisão em interseção. Impactos frontais ou transversais em alta velocidade, colisão traseira com veículos não compatíveis.</p>	<p>Soluções incluem: Separação de nível, controle de velocidade, rotatórias, semáforos, faixas para conversão.</p>	
<p>Ciclista atingido por outro veículo. Ciclistas são mortos se deslocando ao longo da pista e tentando atravessar a pista.</p>	<p>Soluções incluem: Dentro e fora da estrada, ciclovias, gestão de velocidade, "traffic calming" (redutores de velocidade) e pontos de travessia em condições seguras.</p>	

Figura 2 - Causas principais de morte no trânsito e soluções que salvam vidas

-
- *Star Rating Roads for Safety: The iRAP Methodology* (Classificando Vias por Estrelas para Segurança: A Metodologia iRAP), e
 - *Safer Roads Investment Plans: The iRAP Methodology* (Planos de Investimento para Rodovias Mais Seguras: A Metodologia iRAP).

A Classificação por Estrelas é uma medição objetiva da probabilidade de ocorrência de um acidente de trânsito e da sua severidade. O objetivo é identificar e registrar os atributos da rodovia que influenciam os tipos mais comuns e graves de acidentes baseados em investigação, pesquisa e evidência científica.

Assim, o nível de risco dos usuários sobre uma determinada rede viária pode ser identificado. Pesquisas mostram que o risco de morte e lesão grave de uma pessoa é mais alto em vias classificadas com uma estrela – e é mais baixo em vias classificadas com cinco estrelas. Relação semelhante pode ser descrita quanto ao custo dos acidentes, sendo esses mais baixo para vias de 5 estrelas e mais altos para vias de 1 estrela.

6 FATORES DE RISCO DOS ELEMENTOS VIÁRIOS

A metodologia iRAP baseia-se na atribuição do risco e do potencial de salvar vida dos elementos viários para os elementos codificados. Portanto, é atribuído um fator de risco sendo que quando este é maior do que 1 apresenta risco a segurança e menor do que 1 potencial de salvar vidas. Esses fatores de risco variam também para cada tipo de usuário e tipo de acidente. Visto que uma solução pode trazer segurança aos usuários de veículo, mas risco aos pedestres por exemplo. Esses fatores serão utilizados no cálculo da classificação por estrelas considerados a contribuição do atributo para a probabilidade de ocorrência do acidente e para a sua severidade.

Os fatores de risco utilizados na metodologia estão apresentados em materiais detalhados nos materiais técnicos sobre a metodologia apresentados no site do iRAP¹. Mais informações sobre o cálculo da classificação por estrelas podem ser obtidas no material Fact Sheet 6 – Star Rating Score Equation².

1 Disponíveis em https://www.irap.org/resources/?et_open_tab=et_pb_tab_2#mytabs|1

2 Disponível em http://resources.irap.org/Methodology/PR/Model/6%20-%20Star%20Rating%20Score%20equations_Portuguese.pdf

7 INFORMAÇÕES DO LEVANTAMENTO DE CAMPO E CODIFICAÇÃO RELACIONADAS AO MODELO IRAP

A primeira etapa de aplicação do modelo consiste no sistema de registro fotográfico da via. O sistema de registro utilizado é certificado e utiliza câmeras de alta resolução permitindo visualizar todos os elementos de forma detalhada dentro da faixa de domínio.

O sistema possui registro constante (a cada 1 segundo) das coordenadas geográficas e permite ao operador registrar qualquer tipo de elemento que for necessário durante a avaliação como por exemplo os marcos quilométricos. A equipe de avaliação com vídeo registro é composta de um motorista e um técnico operador. As principais características do levantamento de vídeo registro são:

- O sistema gera uma foto a cada 5 m (variável);
- A qualquer momento é possível inserir comentários nas imagens coletadas que também são georreferenciados;
- É utilizado um odômetro digital, calibrado permanentemente;
- Na tela do computador embarcado são apresentados os dados de GPS e a localização exata da imagem.
- As imagens digitais (vídeo ou outras imagens fotográficas equivalentes) coletadas com uma resolução mínima de 1280 x 960 pixels em o veículo em movimento a velocidades normais da rodovia;
- As imagens digitais são coletadas com duas câmeras de vídeos, com um campo de visão de pelo menos 160 graus (centrado na linha de viagem) a intervalos máximos de 20 metros;
- Os dados georreferenciados são fornecidos para cada imagem digital, incluindo o número de imagem, a latitude, a longitude, a data e a hora. Os dados de longitude e latitude são registrados com uma precisão de mais de +/- 5 metros para pelo menos 90% de imagens digitais.

A Figura 3 apresentam um exemplo do veículo utilizado.

O levantamento com vídeo registro para metodologia iRAP visa retratar de forma detalhada os 78 elementos (atributos) indicados a elementos dentro da faixa de domínio.

Todas as informações colhidas no campo possuem a localização pelos marcos quilométricos e pelas coordenadas geográficas (GPS).

Após a conclusão dos levantamentos, a equipe de codificação registra os atributos da rodovia a partir das imagens digitais usando o software próprio de acordo com o Star Rating Coding Manual v3 (Manual v3 de Codificação para Classificação por Estrelas) do iRAP.

Os dados codificados são então sujeitos a verificações de acordo com o iRAP Road Coding Quality Assurance Guide (Guia iRAP de Garantia de Qualidade de Codificação para Rodovias), para garantia de qualidade e consistência durante o processo de codificação das rodovias, e revisões subsequentes de qualidade, antes do processamento de dados.

Utilizam-se cinco imagens para análise da característica do segmento de cada 100m de levantamento pelo vídeo registro (01 imagens para cada 20 m). Adota-se como critério a escolha dos atributos do caso mais desfavorável para a segurança dos usuários.



Figura 3 - Equipamento utilizado no levantamento

8 ATRIBUTOS UTILIZADOS PARA O MODELO IRAP

No total, 71 elementos são codificados pela metodologia iRAP com base nos levantamentos de campo e nos dados adicionais fornecidos. Nos quadros correspondentes, apresenta-se os atributos codificados e percentual de incidência dos níveis de cada atributo na via em análise.

Na

Figura 4 apresenta-se a tela do programa computacional desenvolvido para codificação dos atributos a serem avaliados baseado no vídeo registro de campo.

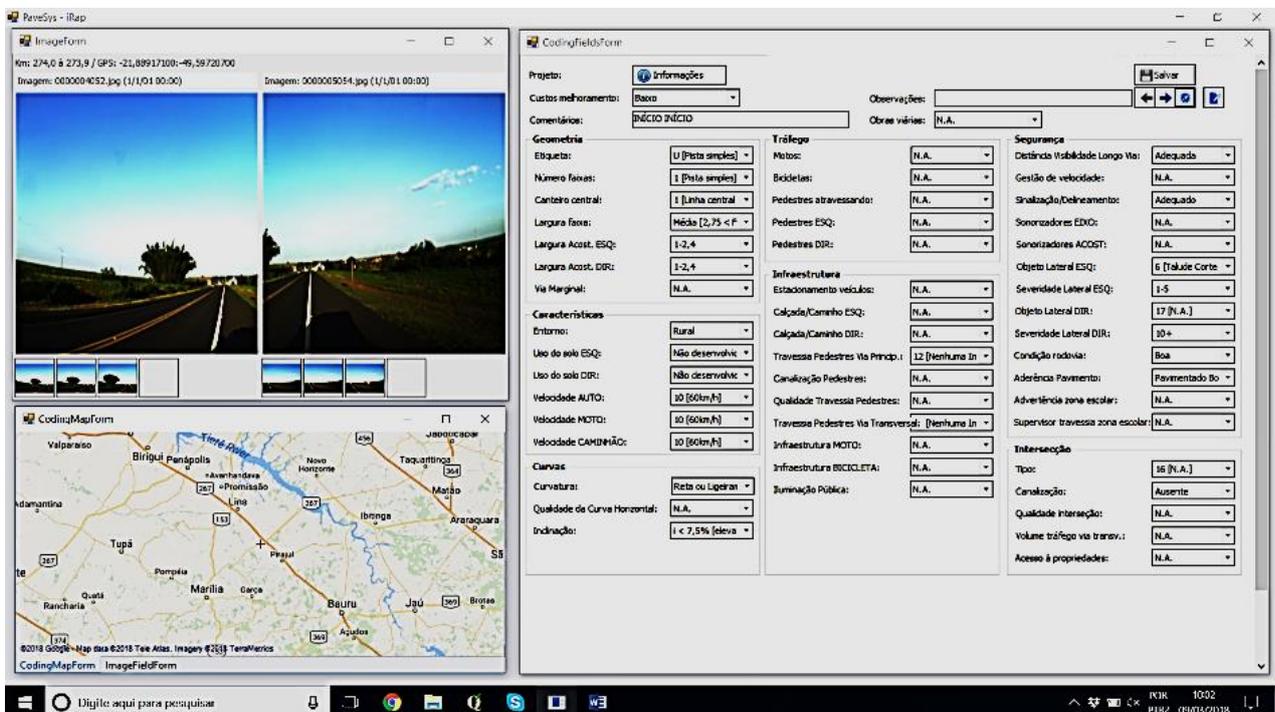


Figura 4 - Tela programa de atributos iRAP

9 DADOS DE APOIO APLICADAS NO MODELO IRAP

Embora as Classificações por Estrelas para Rodovias Mais Seguras do iRAP utilizem uma metodologia padronizada mundialmente, os modelos são calibrados com dados locais para garantir que os resultados reflitam a real condição da via sob análise. A questão da gestão da velocidade acidentes, fluxo, entre outros é de suma importância para a segurança viária e por sua vez velocidades de tráfego têm uma influência significativa sobre as Classificações por Estrelas do iRAP.

Quanto ao volume de tráfego e velocidades, foram utilizados os dados disponibilizados provenientes dos estudos de tráfego para o ano presente e futuros anos. Os SNVs os quais existiam contagens de motocicletas foi utilizado este valor para identificação do % de motocicletas nos trechos, os SNVs que não possuíam volume de motocicletas, foram deixados em brancos, não gerando classificação para esses trechos.

Quanto aos acidentes de trânsito, foi utilizado um banco de dados disponibilizado pela PRF e pelo DER do Estado do Paraná. Deste banco foram utilizados os acidentes com vítimas fatais e com feridos. Para o lote em questão foram 9 mortes em 3 anos de dados com taxa de 79 acidentes com feridos para cada vítima mortal. A adaptação do banco de dados para o padrão de acidentes exigido pelo iRAP resultou na Tabela 2.

Para ocupantes de veículos, o item outros contempla os acidentes que não estão considerados na metodologia iRAP como colisões traseiras. Para os demais modos atribui-se um percentual de acidentes em outros, visto que os padrões de levantamento de dados de acidentes com pedestres, ciclistas e motociclistas não costumam apresentar informação detalhada se o acidente ocorreu na via ou fora da via. O iRAP recomenda que o tipo de acidente identificado como outro seja da ordem de 20-30% dos acidentes com vítimas fatais ocorridos na via. No banco de dados analisados não havia discriminação por tipo de usuário, com exceção dos casos em que se indicava atropelamento de pedestres. Sendo assim, os tipos de acidentes entre ocupantes de veículos e motociclistas foram mantidos similares buscado a melhor aproximação vista os dados disponíveis.

Tabela 2 - Percentuais de ocorrência de vítimas fatais na via por tipo de acidente e tipo de usuário.

Tipo de Acidente/ Tipo de usuário	Ocupante de veículo	Motociclistas	Pedestres	Ciclistas
Saída de pista lado do motorista	5.0	9.0	-	20.0
Saída de pista lado do passageiro	20.0	0.0	-	-
Colisão frontal por perda de controle	0.0	36.0	-	-
Colisão frontal por ultrapassagem	45.0	30.0	-	-
Interseções	0.0	0.0	-	10.0
Acesso à propriedade	0.0	0.0	-	-
Ao longo da via	-	0.0	10.0	40.0
Cruzando via secundária	-	-	10.0	-
Cruzando via inspecionada	-	-	60.0	-
Outro	30.0	25.0	20.0	30

10 CLASSIFICAÇÕES POR ESTRELAS

A Classificação por Estrelas do iRAP é baseada em características da infraestrutura das rodovias e do grau em que elas afetam a probabilidade e a gravidade dos acidentes de trânsito. O foco são as características que influenciam os tipos mais comuns e graves de acidentes nas rodovias para ocupantes de veículos motorizados, motociclistas, pedestres e ciclistas, fornecendo uma medida simples e objetiva do nível relativo de risco associado à infraestrutura rodoviária para um usuário individual.

Rodovias de 5 estrelas (verde) são as mais seguras, enquanto as de apenas 1 estrela (preta) são as rodovias menos seguras. As Classificações por Estrelas não são designadas às rodovias onde exista utilização muito baixa por certo tipo de usuário. Por exemplo, se não há ciclistas usando um trecho da rodovia, então não há atribuição àquele trecho de uma Classificação por Estrelas para ciclistas.

As classificações são baseadas em Pontuações de Classificações por Estrelas (PCEs). Os modelos do iRAP calculam uma PCE para intervalos de 100 metros para cada um dos quatro tipos de usuário da rodovia, com base em fatores de risco relativo para cada um dos atributos da rodovia. As pontuações são desenvolvidas por meio da combinação de fatores de risco relativos, usando um modelo multiplicativo. Mais informações sobre os fatores de risco utilizados no modelo podem ser encontradas em <http://irap.org/about-irap-3/methodology>.

Uma Pontuação de Classificação por Estrelas (PCE) é calculada para cada segmento de 100 metros de rodovia para ocupantes de veículos, motociclistas, pedestres e ciclistas. Esses resultados são então alocados a faixas de Classificação por Estrelas para determinar a Classificação por Estrelas de cada 100 metros da rodovia. No entanto para fins de produção de um mapa no nível da rede, uma pontuação a cada 100 metros seria por demais detalhada. Assim as Classificações por Estrelas são suavizadas (ou sujeitas a cálculo de médias) ao longo de extensões mais longas, a fim de produzir resultados mais significativos.

11 RESULTADOS

Os resultados aqui apresentados são calculados para velocidades 85% e média representando 20% da velocidade regulamentada identificada na via.

12 CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS

A Figura 5 apresenta a classificação por estrelas da condição atual da via e os percentuais apresentados na Figura 6.

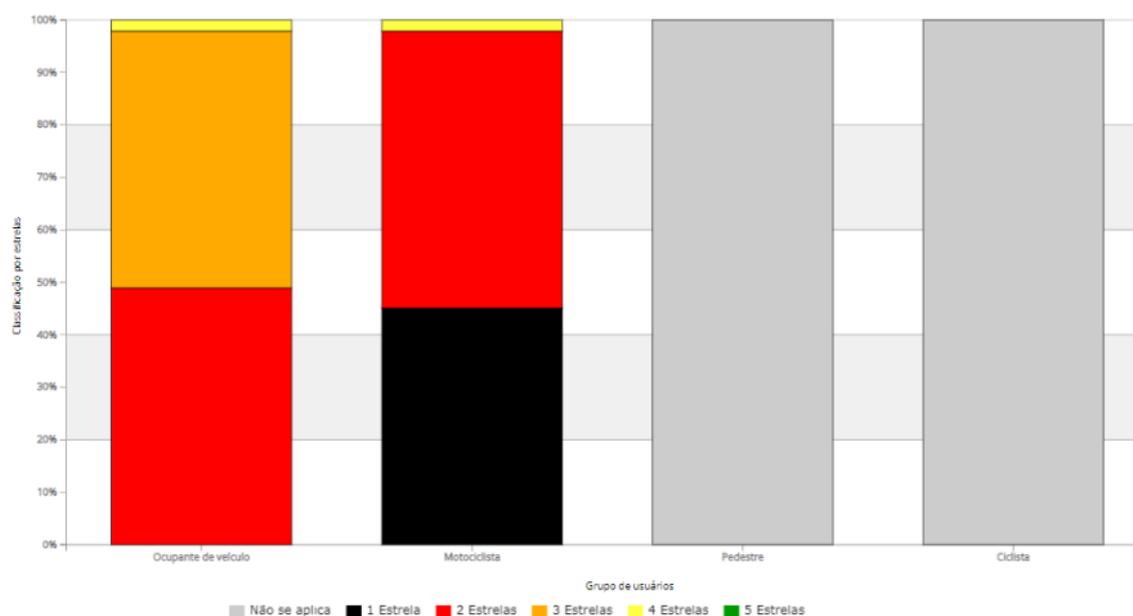


Figura 5 - Gráfico da classificação por estrelas do trecho com velocidade operacional estimada

Os resultados das Classificações por Estrelas mostram que somente pequenos trechos da via foram classificados como 4 estrelas, e nenhum trecho avaliado gerou classificação de 5 estrelas. Para ocupantes de veículos, 2,12% da extensão rodoviária é classificada como 4 estrelas e 48,94% como 3 estrelas. Para os demais trechos 48,94% é classificada como 2 estrelas. A Figura 6 apresenta os percentuais para os demais usuários.

Classificação por Estrelas	Ocupante de veículo		Motociclista		Pedestre		Ciclista	
	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem	Extensão (kms)	Porcentagem
5 Estrelas	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
4 Estrelas	1.10	2.12%	1.10	2.12%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
3 Estrelas	25.40	48.94%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
2 Estrelas	25.40	48.94%	27.40	52.79%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
1 Estrela	0.00	0.00%	23.40	45.09%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Não se aplica	0.00	0.00%	0.00	0.00%	51.90	100.00%	51.90	100.00%
Totais	51.90	100.00%	51.90	100.00%	51.90	100.00%	51.90	100.00%

Figura 6 – Quadro de classificação por estrelas do trecho

Os pontos críticos do trecho e da análise referem-se a:

- Não há trechos das vias onde que existam presença de pedestres presentes e que o tráfego flui a 40km/h ou mais.
- Não há trechos da via que existam ciclista presentes e que o tráfego flui a 40 km/h ou mais.
- 31% das curvas onde o tráfego flui a 80km/h, existem perigos na lateral da via.
- 100% Das rodovias com tráfego a 80km/h ou mais, são pistas simples.
- 33% das intersecções onde o tráfego flua a 60km/h ou mais, não existem rótulas, retorno ou intersecção em desnível.

Da Figura 7 a Figura 10 são apresentados os mapas de riscos dos dois cenários de análise. A seguir, é mostrada a classificação em estrelas sensibilizada por seção, dos trechos de 100 metros da rodovia. Lembrando que a cada trecho os 78 atributos são avaliados e assim uma rodovia apresenta variações bruscas em suas condições de segurança.

Nesta seção serão apresentados os resultados globais para ocupantes de veículos, pedestres, motociclistas e ciclistas nas condições de pista simples.



Figura 7 - Classificação por estrelas para ocupantes de veículos

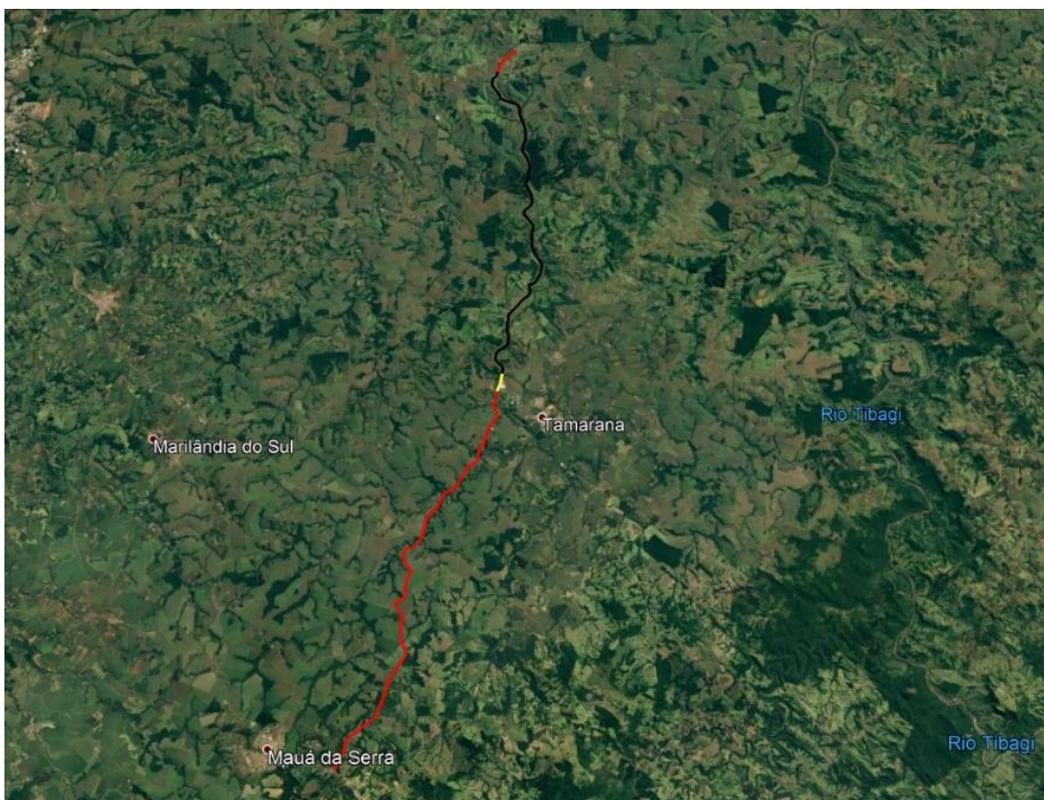


Figura 8 - Classificação por estrelas para motociclistas

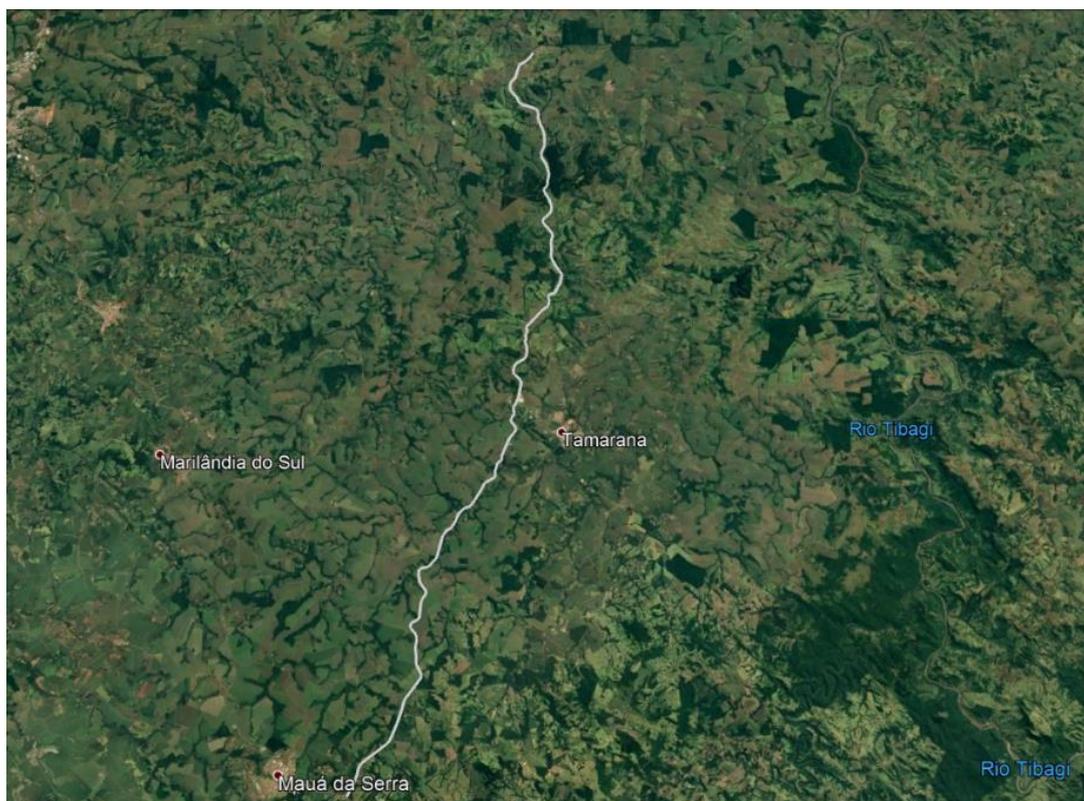


Figura 9 - Classificação por estrelas para pedestres

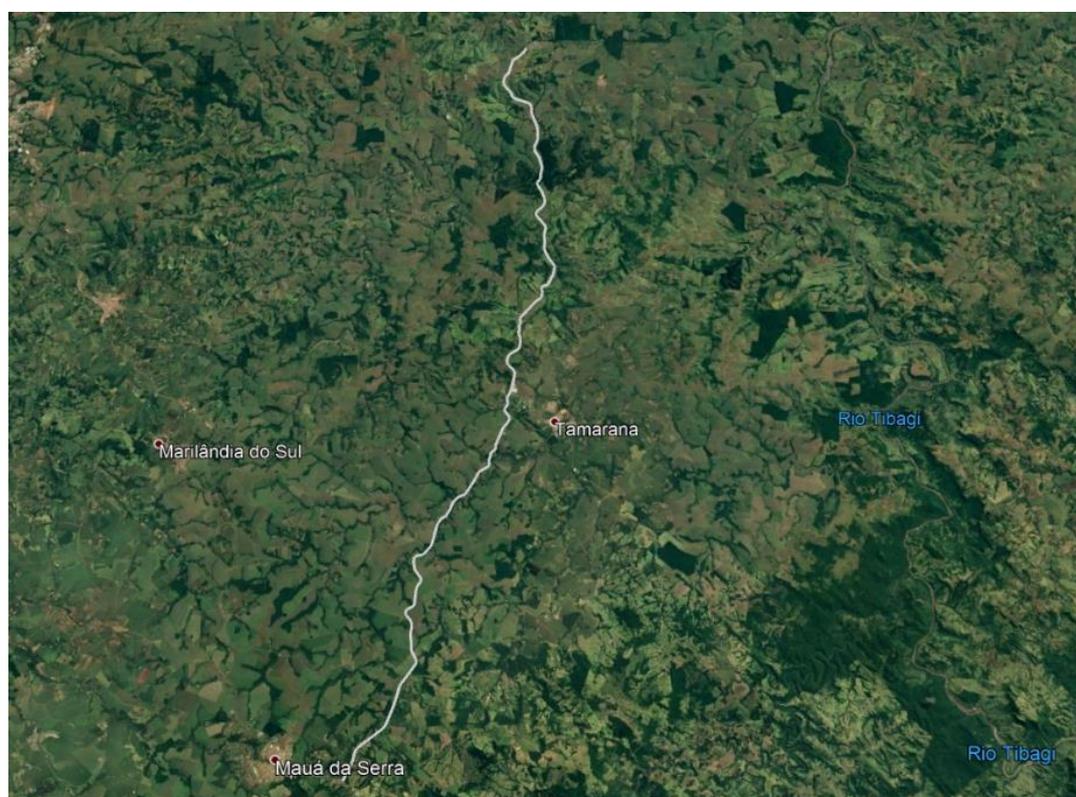


Figura 10 - Classificação por estrelas para ciclistas

13 PLANO DE INVESTIMENTOS

As análises resultam em um Plano de Investimento em Estradas Mais Seguras, que fornece local e custo das medidas que possam resultar em reduções nas mortes e lesões na via em análise. O plano busca apresentar o business case da infraestrutura rodoviária mais segura que possa ser efetivamente comunicado com os principais interessados (como representantes eleitos, agências de financiamento, agentes públicos) e engenheiros de planejamento.

Como forma de ponderar a necessidade da implementação das contramedidas a metodologia utiliza o benefit-cost ratio (BCR) que é a relação entre o Valor Presente (VP) dos benefícios e o Valor Presente (VP) dos custos. O valor presente dos benefícios é obtido avaliando a redução dos casos de óbitos e acidentes na rodovia, ou conforme a nomenclatura original o número de Fatal & Severe Injuries (FSI), relacionando com um valor da vida. Neste trabalho, para o valor da vida foi utilizado o valor para o custo do total de acidentes com gravidade apresentado no estudo do Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) denominado Estimativa dos Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil com Base na Atualização Simplificada das Pesquisas Anteriores do Ipea, com valores corrigidos pelo IPCA.

Os custos apresentados no plano de investimentos representam custos gerenciais de referência para implantação das contramedidas. Esses valores são usualmente utilizados pelo iRAP em projetos no Brasil. Esses custos gerenciais são utilizados como forma de avaliar a relação custo-benefício das contramedidas geradas. No entanto, recomenda-se o desenvolvimento de projetos específicos, com orçamentos próprios para a obtenção dos reais valores de implantação de cada contramedida proposta. Os valores aqui apresentados, portanto, são para fins de projeto.

O plano de investimentos propostos nessa análise tem como resultados:

- Total de Óbitos e Vítimas com Lesões Graves (OLG) Evitado: 303
- Valor Presente total dos Benefícios de Segurança: R\$ 29.891.519
- Custo Estimado: R\$ 14.574.789
- Custo por Óbitos e Vítimas com Lesões Graves (OLG): R\$48.037

- Índice Benefício/Custo (BC) do Programa: 2

A Tabela 3 a seguir, apresenta a relação custo-benefício das contramedidas apresentadas para a rede em estudo. Os quadros por seção assim como a localização exata de cada contramedida estão apresentados no Volume B.

Tabela 3 - Plano de Investimentos

Contra medida	Extensão / locais	Olgs evitados	Valor presente (vp) do benefício de segurança	Custo estimado	Custo por oig evitado	Índice benefício/custo (bc) do programa
Canteiro central fictício / Zebrado central	6.50 km	18	1,756,855	1,094,242	61,361	2
Defensa/Barreira central (sem duplicação da pista)	10.50 km	133	13,127,445	7,543,405	56,612	2
Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	3.90 km	62	6,125,599	1,950,333	31,367	3
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do condutor	0.40 km	3	295,901	156,414	52,077	2
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro	2.70 km	19	1,863,986	1,033,725	54,636	2
Melhoria de delineamento da curva	2.80 km	19	1,878,334	1,059,056	55,548	2
Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	10.20 km	11	1,063,245	427,973	39,655	2
Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	11.40 km	18	1,790,498	481,952	26,518	4
Sonorizadores ao longo do acostamento	7.30 km	13	1,241,690	667,209	52,938	2
Sonorizadores/postes flexíveis ao longo do eixo da pista	3.50 km	8	747,966	160,480	21,138	5
		303	29,891,519	14,574,789	48,037	2

As figuras a seguir apresentam a localização no mapa de cada uma das contramedidas indicadas para as melhorias considerando o cenário de pista simples.

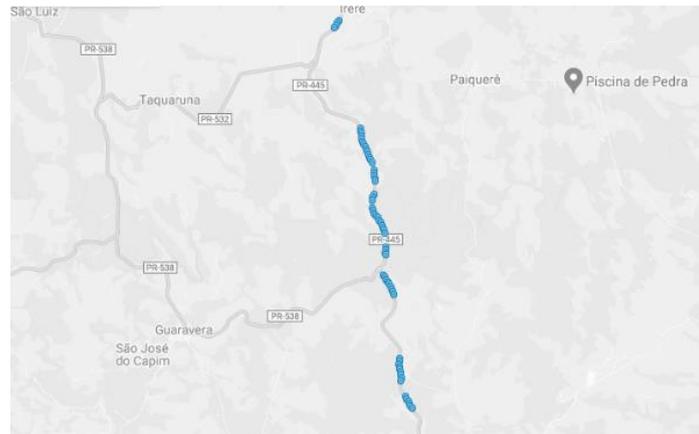


Figura 11 - Canteiro central fictício / Zebrado central

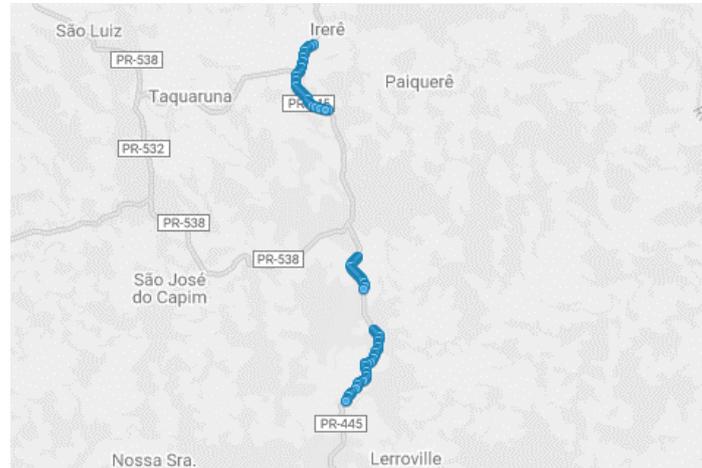


Figura 12 - Defesa/Barreira central (sem duplicação da pista)

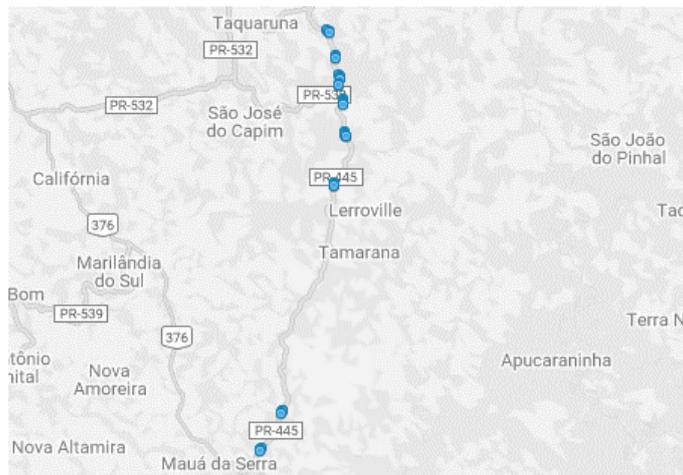


Figura 13 - Defesa/barreira no canteiro central (1+1)

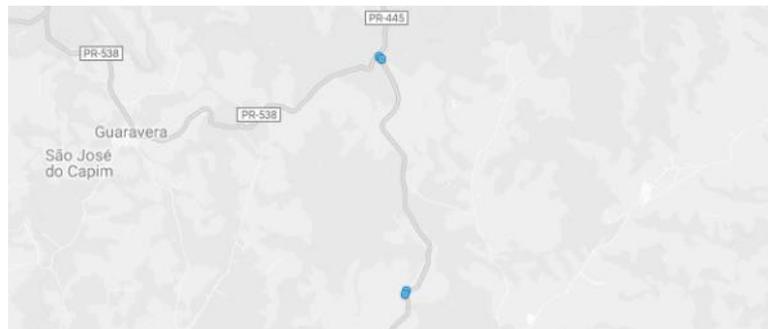


Figura 14 - Construir Defensas/barreiras na borda da pista - lado do condutor



Figura 15 - Construir Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro



Figura 16 - Construir Melhoria de delineamento da curva



Figura 17 - Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor



Figura 18 - Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro



Figura 19 - Sonorizadores ao longo do acostamento

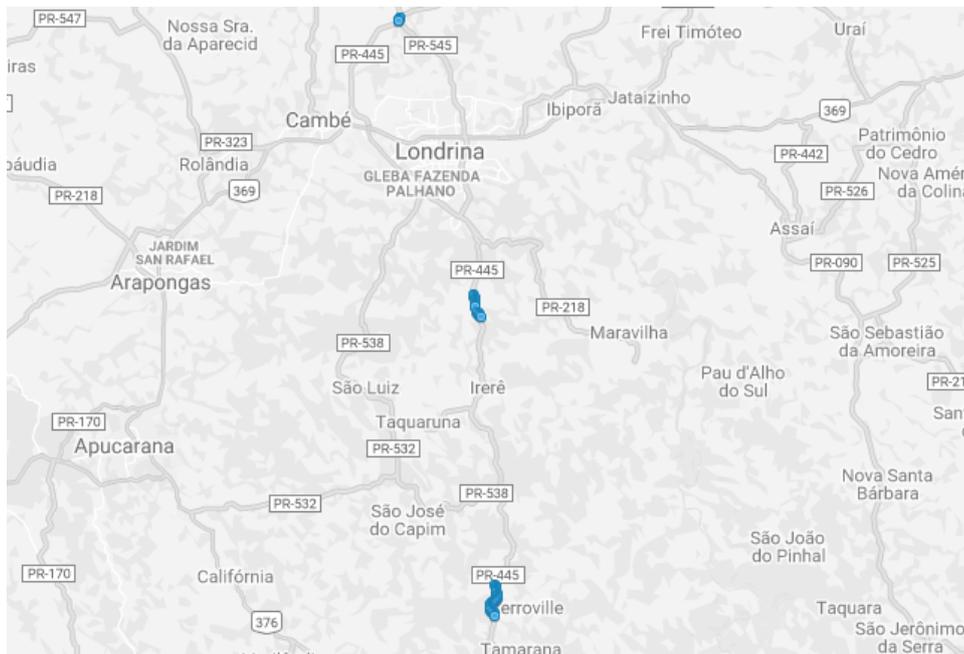


Figura 20 - Sonorizadores/postes flexíveis ao longo do eixo da pista

14 GATILHOS PARA AS CONTRAMEDIDAS

Cada uma dessas medidas é acionada para fazer parte do plano de investimento com base nos elementos codificados na via. Na metodologia iRAP, chamamos os conjuntos de elementos da infraestrutura que necessitam de determinada contramedida de gatilhos. A seguir são apresentados os possíveis conjuntos de elementos codificados que dispararam as medidas inclusas no plano de investimentos apresentados.

14.1 CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS

Nas áreas urbanas, os caminhos elevados são, frequentemente, parte da seção transversal da estrada.

Nas áreas rurais, muitas vezes, não são disponibilizadas área de circulação de pedestres, mesmo onde esses volumes são altos. Nessas áreas rurais, uma trilha ao lado da estrada, ou um acostamento largo e plano, pode evitar acidentes com pedestres. Os benefícios de segurança serão maiores se a trilha estiver separada da estrada (por exemplo: por um dreno, uma berma de grama ou uma barreira).

Uma trilha rural pode ser feita de forma relativamente barata usando uma moto niveladora para nivelar e desobstruir um lado, ou de preferência, ambos os lados da estrada. São necessárias travessias de pedestres onde os caminhos rurais passam por comunidades ou centros comerciais (veja separação de grade para pedestres, ilha de refúgio para pedestres, travessia de pedestres - não sinalizada, travessia de pedestres - sinalizada).

Esta contramedida será acionada quando forem identificados na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados abaixo:

Tabela 4- Gatilhos para Defensas/barreiras na borda da pista - lado do condutor

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de Gatilhos (1)	Severidade lateral - lado do passageiro/condutor – distância	0 a <1m 1 a <5m
	Severidade lateral - lado do passageiro/condutor – objeto	Face vertical agressiva.

Gatilho	Atributo	Categoria
		Inclinação ascendente - ângulo com potencial de tombamento. Vala profunda de drenagem. inclinação descendente. Penhasco. Árvore com tronco de diâmetro >=10cm. Poste com diâmetro >=10cm. Estrutura rígida: ponte ou edificação. Início de defesa ou barreira não protegida. Pedras grandes com altura >=20cm
	Fluxo de veículos (VMDA)	>=1000
	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 70km/h
Conjunto de Gatilhos (2)	Severidade lateral - lado do passageiro/conductor – distância	5 a <10m
	Severidade lateral - lado do passageiro/conductor – objeto	Face vertical agressiva. Inclinação ascendente - ângulo com potencial de tombamento. Vala profunda de drenagem. Inclinação descendente. Penhasco. Árvore com tronco de diâmetro >=10cm. Poste com diâmetro >=10cm. Estrutura rígida: ponte ou edificação.

Gatilho	Atributo	Categoria
		Início de defesa ou barreira não protegida. Pedras grandes com altura $\geq 20\text{cm}$
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 1000
	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 70km/h
Conjunto de gatilhos (3)	Severidade lateral - lado do passageiro/conductor – distância	0 a <1m. 1 a <5m 5 a <10m
	Severidade lateral - lado do passageiro/conductor – objeto	Face vertical agressiva. Inclinação ascendente - ângulo com potencial de tombamento. Vala profunda de drenagem. Inclinação descendente. Penhasco. Árvore com tronco de diâmetro $\geq 10\text{cm}$. Poste com diâmetro $\geq 10\text{cm}$. Estrutura rígida: ponte ou Edificação. Início de defesa ou barreira não protegida. Pedras grandes com altura $\geq 20\text{cm}$
	Curvatura	Fechada Muito fechada
	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 60km/h
		0 a <1m. 1 a <5m. 5 a <10m $\geq 10\text{m}$
Conjunto de gatilhos 4	Severidade lateral - lado do passageiro/conductor – distância	0 a <1m. 1 a <5m. 5 a <10m $\geq 10\text{m}$

Gatilho	Atributo	Categoria
	Severidade lateral - lado do passageiro/conductor – objeto	Penhasco
Conjunto de gatilhos 5	Severidade lateral - lado do passageiro/conductor – distância	0 a <1m 1 a <5m
	Severidade lateral - lado do passageiro/conductor – objeto	Vala profunda de drenagem. Inclinação descendente. Penhasco
	Infraestrutura para bicicletas	Faixa na via. Nenhuma. Faixa à direita mais larga (>=4.2m). Via compartilhada sinalizada
	Fluxo de bicicletas na hora pico	Maior que 1
Custo	Vida útil	Efetividade
Médio	10 – 20 anos	40 – 60%

14.1.1 Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor

Colisões entre veículos ou ciclistas que deixam a estrada e perigos na lateral da pista são um grande problema de segurança. Riscos na estrada podem incluir: árvores, afloramentos rochosos, mobiliário urbano, como placas de grandes dimensões e postes de eletricidade, barracas montadas muito perto da estrada, ravinas, desfiladeiros e drenos abertos.

Sempre que possível os perigos na estrada devem ser removidos. As árvores fornecem benefícios (incluindo sombra para os pedestres e redução da erosão do solo), mas árvores grandes e postes (com mais de 100 mm de diâmetro) próximos à beira da estrada podem ser um sério risco.

Às vezes, os riscos que não podem ser removidos podem ser substituídos por equipamentos (postes de eletricidade e placas de sinalização) projetados para reduzir o impacto e aprovados pelos padrões existentes. Em outros casos, a estrada pode ser realinhada ou barreiras de segurança podem ser construídas entre o perigo e a estrada.

Essa contramedida será acionada quando forem identificados na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados abaixo:

Tabela 5 - Gatilhos para Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de Gatilhos (1)	Severidade lateral - distância ao lado do condutor	0 a < 6m
	Severidade lateral - objeto ao lado do condutor	Árvore com tronco de diâmetro ≥ 10 cm. Colunas/postes de sustentação com diâmetro ≥ 10 cm. Rochas grandes de altura ≥ 20 cm
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 1000
	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 65km/h
Conjunto de Gatilhos (2)	Severidade lateral - distância ao lado do condutor	De 5 a < 10m
	Severidade lateral - objeto ao lado do condutor	Árvore com tronco de diâmetro ≥ 10 cm. colunas/postes de sustentação com diâmetro ≥ 10 cm. rochas grandes de altura ≥ 20 cm.
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 1000
	Velocidade operacional (85% percentil):	Maior que 90km/h
Conjunto de Gatilhos (3)	Severidade lateral - distância ao lado do condutor	Até 10m
	Severidade lateral - objeto ao lado do condutor	Árvore com tronco de diâmetro ≥ 10 cm. Colunas/postes de sustentação com diâmetro ≥ 10 cm. Rochas grandes de altura ≥ 20 cm

Gatilho	Atributo	Categoria
	Curvatura	Fechada. Muito fechada
	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 60km/h
Conjunto de Gatilhos (4)	Severidade lateral - distância ao lado do condutor	0 a < 1m
	Severidade lateral - objeto ao lado do condutor:	Árvore com tronco de diâmetro ≥ 10 cm. Colunas/postes de sustentação com diâmetro ≥ 10 cm . Rochas grandes de altura ≥ 20 cm
	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 70km/h
Custo	Vida útil	Efetividade
Baixo a médio	5 – 10 anos	25 – 40%

14.1.2 Sonorizadores/postes flexíveis ao longo do eixo da pista

Sonorizadores do acostamento são um tipo de tratamento de delineamento. Os tratamentos de delineamento de centro e borda ajudam os motoristas a avaliar sua posição na estrada e fornecem avisos sobre as condições futuras de deslocamento. Os tratamentos de delineamento são particularmente úteis quando houver problemas de visibilidade (por exemplo, devido à chuva, neblina ou escuridão) e em curvas acentuadas. Existem diversos tratamentos de delineamento disponíveis, e estes devem ser usados de forma contínua ao longo de uma rota ou rede rodoviária. Exemplos de tratamentos de delineamento incluem: sinalização horizontal, marcadores de Pavimento Retro refletivo (RRPMs), postes guias, marcadores de alinhamento, sinais de aviso e sinais de velocidade consultiva.

As linhas de bordo ajudam os motoristas a julgar o alinhamento da estrada à frente e podem reduzir as colisões de saída de pista. A sinalização também é eficaz na redução de danos provenientes de veículos que rodam no acostamento e, portanto, na redução dos custos de manutenção. Suas ações potencializam quando aplicadas conjuntamente com bandas alentadoras.

As bandas alentadoras longitudinais (também conhecidas como linhas de borda de perfil elevado ou linhas de borda áudio-táteis) podem ser usadas para delinear a borda de uma estrada onde a fadiga do motorista é conhecida por causar falhas. Além de fornecer uma delimitação visual, as faixas longitudinais também podem ser ouvidas e sentidas pelos motoristas. Quando o pneu atropela as faixas, um ruído e vibração são produzidos. Isso diz ao motorista sonolento ou distraído que o veículo está começando a sair da estrada. Essa contramedida será acionada quando forem identificados na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados abaixo:

Tabela 6 – Gatilhos para Sonorizadores/postes flexíveis ao longo do eixo da pista

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de gatilhos (1)	Tipo de área	Área rural/aberta
	Tipo de canteiro central	Canteiro central fictício (>1m), linha central divisória ou demarcação central larga (0,3m a 1m)
	Número de faixas	Dois, três, quatro ou mais, dois e um ou três e dois
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 5000
Conjunto de gatilhos (2)	Tipo de área	Área rural/aberta
	Tipo de canteiro central	Canteiro central fictício (>1m), linha central divisória ou demarcação central larga (0,3m a 1m)
	Número de faixas	Um
	Curvatura	Fechada, muito fechada
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 5000
Conjunto de gatilhos (3)	Tipo de área	Área urbana/cidade rural ou vilarejo
	Tipo de canteiro central	Canteiro central fictício (>1m), linha central divisória,

Gatilho	Atributo	Categoria
		demarcação central larga (0,3m a 1m)
	Número de faixas	Dois, três, quatro ou mais, dois e um, ou três e dois
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 10000
Conjunto de gatilhos (4)	Tipo de área	Área urbana/cidade rural ou vilarejo
	Tipo de canteiro central	Canteiro central fictício (>1m), linha central divisória, demarcação central larga (0,3m a 1m)
	Número de faixas	Um
	Curvatura	Fechada, muito fechada
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 10000
Custo	Vida útil	Efetividade
Baixo	1 – 5 anos	10 – 25%

14.1.3 Defesa/Barreira central (sem duplicação da pista)

As barreiras no centro da pista separam fisicamente os fluxos de tráfego opostos e ajudam a parar os veículos que trafegam em faixas de tráfego opostas. Eles são muitas vezes construídos no centro de grandes estradas urbanas de várias faixas, onde podem ser usados para impedir que pedestres atravessem a estrada em locais inseguros.

As barreiras medianas também podem ser usadas para limitar as opções de conversão para veículos e deslocar esses movimentos para locais mais seguros.

As barreiras medianas usadas como "barreiras de segurança" (projetadas para parar ou redirecionar seguramente os veículos que as atingem) são geralmente mais fortes do que as barreiras medianas usadas principalmente para direcionar os fluxos de tráfego ou desencorajar os pedestres a atravessar. Barreiras medianas podem ser feitas de uma variedade de materiais, incluindo concreto, aço e cabos de aço.

As decisões sobre qual tipo de barreira mediana deve ser usada devem ser baseadas em vários fatores, incluindo volume de tráfego, velocidade de tráfego, mix de veículos,

largura mediana, número de faixas, alinhamento de estradas, histórico de acidentes e custos de instalação e manutenção.

Esta contramedida será acionada quando forem identificados na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados abaixo:

Tabela 7 – Gatilhos para Defesa/Barreira central (sem duplicação da pista)

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de gatilhos (1)	Tipo de área	Área rural/aberta
	Tipo de canteiro central	Largura do canteiro central físico \geq 5.0m a $<$ 10.0m. Largura do canteiro central físico \geq 1.0m $<$ 5.0m. Largura do canteiro central físico \geq 0m a $<$ 1.0m. Postes flexíveis, canteiro central fictício ($>$ 1m). Linha central divisória ou demarcação central larga (0,3m a 1m).
	Número de faixas	Dois, três, quatro ou mais, dois e um, três e dois
	Fluxo de veículos (VMDA)	\geq 5000
	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 70km/h
Conjunto de gatilhos (2)	Tipo de área	Área rural/aberta
	Tipo de canteiro central	Largura do canteiro central físico \geq 5.0m a $<$ 10.0m. Largura do canteiro central físico \geq 1.0m $<$ 5.0m. Largura do canteiro central físico \geq 0m a $<$ 1.0m. Postes flexíveis, canteiro central fictício ($>$ 1m).

Gatilho	Atributo	Categoria
		Linha central divisória ou demarcação central larga (0,3m a 1m).
	Número de faixas	Dois, três, quatro ou mais, dois e um, três e dois
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 5000
	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 70km/h
Custo	Vida útil	Efetividade
Médio	10 – 20 anos	40 – 60%

14.1.4 Canteiro central fictício

Canteiros centrais fictícios de sinalização horizontal e as linhas centrais largas aumentam a separação entre o tráfego que viajam em direções opostas em estradas de pista simples, reduzindo o risco de colisões frontais. Além disso, os canteiros fictícios podem ser usados para estreitar faixas largas e, portanto, incentivar o uso de velocidades mais baixas.

Essa contramedida pode ser usada em áreas rurais e urbanas. Nas áreas urbanas, ele oferece certa proteção aos pedestres que atravessam a estrada e pode ser acoplado a instalações de passagem para pedestres, como as ilhas de refúgio, para proporcionar maior segurança. Se o canteiro for largo o suficiente pode abrigar um faixa de conversão.

Nas áreas rurais, pode ser usada com marcadores de pavimento zebrados e bandas alentadoras para alertar os motoristas quando eles estão saindo da pista. Essa contramedida pode ser instalada ao longo de um trecho contínuo ou em pontos específicos - por exemplo, nos trechos curvos.

Esta contramedida será acionada quando forem identificados na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados abaixo:

Tabela 8 – Gatilhos para Canteiro central fictício

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de gatilhos (1)	Tipo de área	Área urbana/cidade rural ou vilarejo.
	Tipo de canteiro central	Linha central longitudinal divisora de pistas de sentidos opostos.
	Número de faixas	Um ou mais
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 5000
Conjunto de gatilhos (2)	Tipo de área	Área urbana/cidade rural ou vilarejo
	Tipo de canteiro central	Linha central longitudinal divisora de pistas de sentidos opostos
	Número de faixas	Um ou mais
	Dispositivo para travessia de pedestres - via inspecionada	Nenhum dispositivo
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 1000
	Fluxo de pedestres na hora pico atravessando a via	maior que 6
Conjunto de gatilhos (3)	Tipo de área	Área rural/aberta
	Tipo de canteiro central	Linha central longitudinal divisora de pistas de sentidos opostos, ou linha central longitudinal larga divisora de pistas de sentidos opostos (0,3m a 1 m)
	Número de faixas	Um ou mais
	Fluxo de veículos (VMDA)	≥ 1000
Conjunto de gatilhos (4)	Tipo de área	Área rural/aberta
	Tipo de canteiro central	Linha central longitudinal divisora de pistas de sentidos opostos, ou linha central longitudinal larga divisora de pistas de sentidos opostos (0,3m a 1 m)
	Número de faixas	Um ou mais
	Curvatura	Fechada ou muito fechada

Gatilho	Atributo	Categoria
Custo	Vida útil	Efetividade
Baixo	1 – 5 anos	10 – 25%

14.1.5 Defesa/barreira no canteiro central (1+1)

As barreiras no centro da pista separam fisicamente os fluxos de tráfego opostos e ajudam a parar os veículos que trafegam em faixas de tráfego opostas. Eles são muitas vezes construídos no centro de grandes estradas urbanas de várias faixas, onde podem ser usados para impedir que pedestres atravessem a estrada em locais inseguros.

As barreiras medianas também podem ser usadas para limitar as opções de conversão para veículos e deslocar esses movimentos para locais mais seguros.

As barreiras medianas usadas como "barreiras de segurança" (projetadas para parar ou redirecionar seguramente os veículos que as atingem) são geralmente mais fortes do que as barreiras medianas usadas principalmente para direcionar os fluxos de tráfego ou desencorajar os pedestres a atravessar. Barreiras medianas podem ser feitas de uma variedade de materiais, incluindo concreto, aço e cabos de aço.

As decisões sobre qual tipo de barreira mediana deve ser usada devem ser baseadas em vários fatores, incluindo volume de tráfego, velocidade de tráfego, mix de veículos, largura mediana, número de faixas, alinhamento de estradas, histórico de acidentes e custos de instalação e manutenção.

Esta contramedida será acionada quando forem identificados na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados abaixo:

Tabela 9 - Gatilhos para Defesa/barreira no canteiro central (1+1)

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de gatilhos (1)	Etiqueta de pista	Via de pista simples
	Tipo de canteiro central	Postes flexíveis, canteiro central fictício (>1m), linha central divisória ou demarcação central larga (0,3m a 1m)

Gatilho	Atributo	Categoria
	Número de faixas	Um
	Curvatura	Moderada, fechada ou muito fechada
Conjunto de gatilhos (2)	Velocidade operacional (85% percentil)	Maior que 70km/h
Custo	Vida útil	Efetividade
Médio	10 – 20 anos	40 – 60%

14.1.6 Construir área para circulação de pedestres - lado do passageiro / Condutor (caminho informal)

Nas áreas urbanas, os caminhos elevados são muitas vezes parte da secção transversal da estrada. Nas áreas rurais, muitas vezes, não são fornecidos percursos peatonais, mesmo onde os volumes de pedestres são altos.

Em áreas rurais, uma trilha ao lado da estrada, ou um ombro largo e plano da estrada, pode evitar acidentes com pedestres. Os benefícios de segurança serão maiores se a trilha estiver separada da estrada (por exemplo, por um dreno, uma berma de grama ou uma barreira).

Uma trilha rural pode ser feita de forma relativamente barata usando-se uma motoniveladora para nivelar e desobstruir um lado, ou de preferência, ambos os lados da estrada. São necessárias travessias de pedestres onde os caminhos rurais passam por comunidades ou centros comerciais (veja separação de grade para pedestres, ilha de refúgio para pedestres, travessia de pedestres - não sinalizada, travessia de pedestres - sinalizada).

Essa contramedida será acionada quando for identificado na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados abaixo:

Tabela 10 - Construir área para circulação de pedestres - lado do passageiro / Condutor
(caminho informal)

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de gatilhos (1)	Calçada ou caminho informal - do lado do passageiro	Nenhum ou caminho informal 0m a <1,0m
	Fluxo de pedestres ao longo da via em horário de pico - lado do passageiro/condutor	1 a 5 ou 6 a 25
Custo	Vida útil	Efetividade
Baixo-Médio	10 – 20 anos	40 – 60%

14.1.7 Melhorar sinalização de delimitação de curva

Os tratamentos de delineamento de centro e borda ajudam os motoristas a avaliar sua posição na estrada e fornecem avisos sobre as condições futuras de deslocamento. Os tratamentos de delineamento são particularmente úteis quando houver problemas de visibilidade (por exemplo, devido à chuva, neblina ou escuridão) e em curvas acentuadas. Existem diversos tratamentos de delineamento disponíveis, e estes devem ser usados de forma contínua ao longo de uma rota ou rede rodoviária. Exemplos de tratamentos de delineamento incluem: sinalização horizontal, marcadores de pavimento retro refletivo (RRPMs), postes guias, marcadores de alinhamento e sinalização de advertência.

As linhas de bordo ajudam os motoristas a julgar o alinhamento da estrada à frente e podem reduzir as colisões de saída de pista. A sinalização também é eficaz na redução de danos provenientes de veículos que rodam no acostamento e, portanto, na redução dos custos de manutenção. Suas ações se potencializam quando aplicadas conjuntamente com bandas alentadoras.

Os marcadores de pavimento retro reflexivo ou tachas/tachões são normalmente usados em conjunto com a marcação de linha pintada para alertar os motoristas sobre mudanças no alinhamento na estrada à frente. São particularmente úteis em locais com pouca iluminação ou em locais onde o clima dificulta a visibilidade.

Os postes-guias de orientação auxiliam o usuário da estrada, indicando o alinhamento à frente, especialmente nas curvas horizontais e verticais. Os postes de guia geralmente têm cerca de um metro de altura e ficam a cerca de um metro da beira da estrada, podendo ser equipados com refletores ou pintados com tinta reflexiva e, portanto, são especialmente úteis à noite. Eles não devem constituir um perigo à beira da estrada e, portanto, devem ser construídos com material leve, rúptil, porém durável.

Os marcadores de alinhamento são elementos de sinalização vertical com "chevrons" amarelos e pretos podem ser instalados ao longo do bordo externo de uma curva para fornecer aos condutores uma melhor visão da curva à medida que se aproximam dela, e para ajudá-los a posicionar o veículo durante a trajetória curvilínea.

Sinais de advertência informam os motoristas sobre a natureza de um perigo à frente. Sinais de aviso, incluindo sinais regulamentares de velocidade, indicam aos motoristas como transpor o perigo com segurança. Por exemplo, sinais de curva perigosa colocados na aproximação da curva podem informar ao motorista como o alinhamento da estrada muda.

Essa contramedida será acionada quando forem identificados na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados abaixo:

Tabela 11 – Gatilhos para Melhorar sinalização de delineação de curva

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de Gatilhos (1)	Curvatura	Moderada. Fechada Muito fechada
	Qualidade da curva	Baixa qualidade
Conjunto de Gatilhos (2)	Curvatura	Moderada. Fechada Muito fechada
	Delineação	Má qualidade
Custo	Vida útil	Efetividade
Baixo	1 – 5 anos	10 – 25%

14.1.8 Sonorizadores no acostamento

Sonorizadores do acostamento são um tipo de tratamento de delineamento. Os tratamentos de delineamento de centro e borda ajudam os motoristas a avaliar sua posição na estrada e fornecem avisos sobre as condições futuras de deslocamento. Os tratamentos de delineamento são particularmente úteis quando houver problemas de visibilidade (por exemplo, devido à chuva, neblina ou escuridão) e em curvas acentuadas. Existem diversos tratamentos de delineamento disponíveis e estes devem ser usados de forma contínua ao longo de uma rota ou rede rodoviária. Exemplos de tratamentos de delineamento incluem: sinalização horizontal, marcadores de Pavimento Retro refletivo, postes guias, marcadores de alinhamento, sinais de aviso e sinais de velocidade.

As bandas alentadoras longitudinais (também conhecidas como linhas de borda de perfil elevado ou linhas de borda áudio-táteis) podem ser usadas para delinear a borda de uma estrada onde a fadiga do motorista é conhecida por causar falhas de condução. Além de fornecer uma delineação visual, as faixas longitudinais também podem ser ouvidas e sentidas pelos motoristas. Quando o pneu atropela as faixas, um ruído e vibração são produzidos. Isso transmite ao motorista sonolento ou distraído a percepção de que o veículo está começando a sair da estrada.

Essa contramedida será acionada quando forem identificados na via e codificados alguns dos conjuntos de elementos apresentados a seguir:

Tabela 12 – Gatilhos para Sonorizadores no acostamento

Gatilho	Atributo	Categoria
Conjunto de Gatilhos (1)	Velocidade de operação	Maior que 70 km/h
	Tipo de área	Área rural/aberta
	Dispositivos vibradores/Sonorizadores no acostamento	Não presentes
	Acostamento pavimentado - lado do passageiro	Largo ($\geq 2.4\text{m}$). Médio ($\geq 1.0\text{m}$ a $< 2.4\text{m}$) Estreito ($\geq 0\text{m}$ a $< 1.0\text{m}$).
Conjunto de Gatilhos (2)	Velocidade de operação	Maior que 80 km/h

Gatilho	Atributo	Categoria
	Tipo de área	Área urbana/cidade rural ou Vilarejo
	Dispositivos vibradores/sonorizadores no acostamento	Não presentes
	Acostamento pavimentado - lado do passageiro	Largo ($\geq 2.4\text{m}$)
Custo	Vida útil	Efetividade
Baixo	1 – 5 anos	10 – 25%

15 COMPARAÇÃO ANTES E DEPOIS DA CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS

Por fim, apresenta-se o comparativo do Mapa de Classificação por Estrelas antes e depois da aplicação das contramedidas previstas tendo em vista as considerações de melhorias levantadas ainda considerando um cenário de pista simples, o projeto desenvolvido contempla a duplicação da rodovia.



Figura 21- Mapa da classificação por estrelas antes e depois da aplicação das contramedidas para ocupantes de veículos



Figura 22 - Mapa da classificação por estrelas antes e depois da aplicação das contramedidas para ocupantes de motociclista



Figura 23 - Mapa da classificação por estrelas antes e depois da aplicação das contramedidas para ciclista

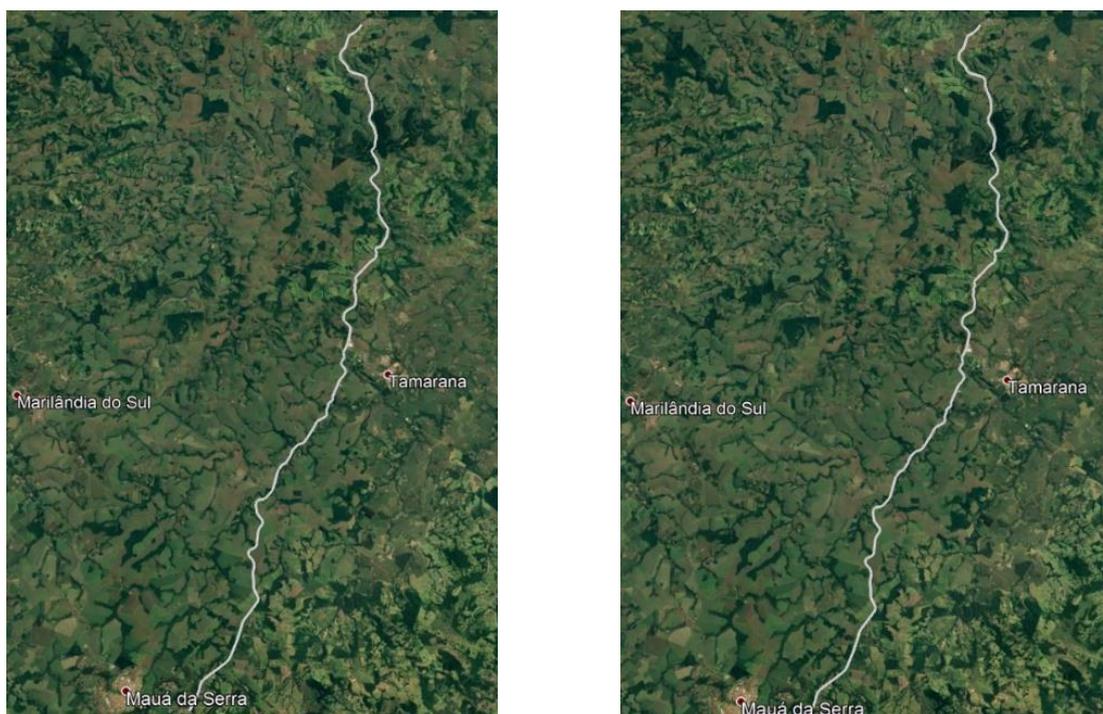


Figura 24 - Mapa da classificação por estrelas antes e depois da aplicação das contramedidas para pedestre

16 COMPATIBILIZAÇÃO COM O CAPEX E CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS

No caso em questão, a aplicação da metodologia iRAP não tem por objetivo criar um plano de investimentos para melhorar a condição de segurança viária de forma isolada, mas como complemento as ações já previstas para as rodovias no seu CapEx. Com base nas demais obras previstas no CapEx e na temporalização dos investimentos foram realizadas simulações da classificação por estrelas para identificar a classificação por estrelas ao longo dos anos. Foram realizadas simulações 14^o e para o 30^o ano de estudo. Para essas simulações, foi alterado somente o volume de tráfego, conforme os estudos de tráfego, visto que não é possível, a priori, identificar as mudanças no tipo de acidentes e no fluxo de pedestres e ciclistas com as obras previstas. Sendo assim, ressalta-se que a classificação por estrelas apresentada não necessariamente reflete a classificação por estrelas final da via, mas dá indícios sobre a condição de segurança caso as condições descritas anteriormente não se alterem. A velocidade nessa análise foi considerada como na análise do ano-base.

Ressalta-se que, para a correta avaliação das obras pós execução, é necessário coletar dados de acidentes por 3 anos consecutivos. Sendo assim, as obras e os volumes simulados em cada análise, seguiram as regras apresentadas na Tabela 14. Os resultados dessa análise estão apresentados nos quadros a seguir para cada trecho e cada tipo de usuário.

Tabela 13 - Parâmetros de análise

Análise	Obras	Tráfego
Ano 0	Ano 0	Ano 0
Ano 14	Ano 10	Ano 14
Ano 30	Ano 30	Ano 30

Já a Tabela 15 apresenta o percentual de trechos com 3, 4 ou 5 estrelas nas seguintes situações (i) situação atual da rodovia, (ii) com o plano de investimentos gerados pelo iRAP (volume do ano 0, visto que a metodologia não prevê progressão do volume de tráfego), (iii) para o ano 14 – três anos ao fim do plano de intervenções e para o ano (iv) ao fim do período de estudo. Para pedestres e ciclistas não foi identificado fluxo desses usuários nos trechos abaixo.

Tabela 14 - Percentual de trechos com 3 estrelas ou mais

Usuários	Ano 0	Ano 0 + irap	Ano 14	Ano 30
Ocupante de veículos	40%	100%	100%	100%
Motociclistas	20%	80%	80%	80%

As tabelas a seguir apresentam a classificação por estrelas para as situações apresentadas por seção do lote para cada tipo de usuário.

Tabela 15 - Classificação por estrelas para veículos nos anos de análise

RODOVIA	TRECHO	ANO 0	ANO 0 + iRap	ANO 14	ANO 30
PR445	445S0010EPR	3	3	3	3
PR455	445S0015EPR	4	4	5	5
PR455	445S0017EPR	2	3	3	3

Tabela 16 - Classificação por estrelas para motociclistas nos anos de análise

RODOVIA	TRECHO	ANO 0	ANO 0 + iRap	ANO 14	ANO 30
PR445	445S0010EPR	2	3	3	3
PR445	445S0015EPR	4	4	4	4
PR445	445S0017EPR	1	3	3	3

17 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das Classificações por Estrelas mostram que a infraestrutura rodoviária pode representar um risco para os usuários na rede pesquisada, mas que também há potencial de salvar vidas com a instalação de algumas contramedidas. Esse relatório é o primeiro passo na construção de uma rodovia segura, mas entende-se que, idealmente, devam ser realizados os seguintes procedimentos:

- exame local das contramedidas propostas (incluindo um workshop do tipo “engenharia de valor”, com a participação de todas as partes interessadas);
- projeto detalhado, classificações por estrelas dos projetos, auditoria de segurança rodoviária, custeio detalhado e licitação, avaliação final e construção;
- avaliação pós-construção e auditoria de segurança rodoviária, incluindo a classificação por estrelas para a rodovia com as melhorias e análise de dados sobre acidentes.

Espera-se que essa avaliação e esse trabalho ajudem a salvar vidas.

Nota da Engefoto: As considerações do IRAP foram levadas em consideração no desenvolvimento do projeto. No entanto, a duplicação da pista e o adequado projeto de segurança suplantaram as contramedidas indicadas.

ANEXOS

18 ANEXO I – GRÁFICOS DA CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS

18.1 GRÁFICOS DE CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS RODOVIA PR445 – 445S0010EPR

- Ocupante de Veículo

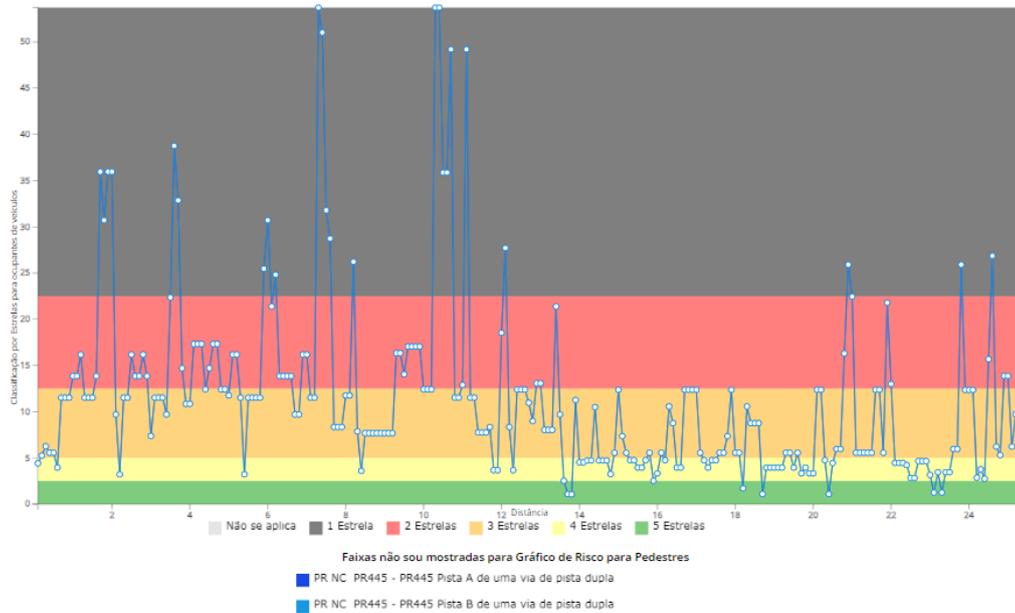


Figura 25 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0010EPR

- Motociclistas

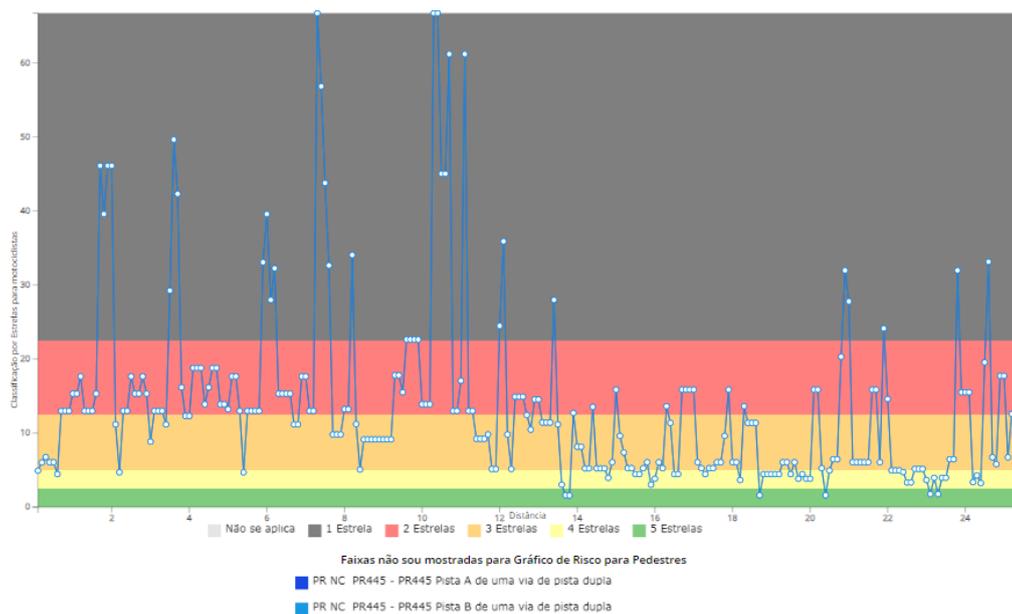


Figura 26 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0010EPR

- Pedestres

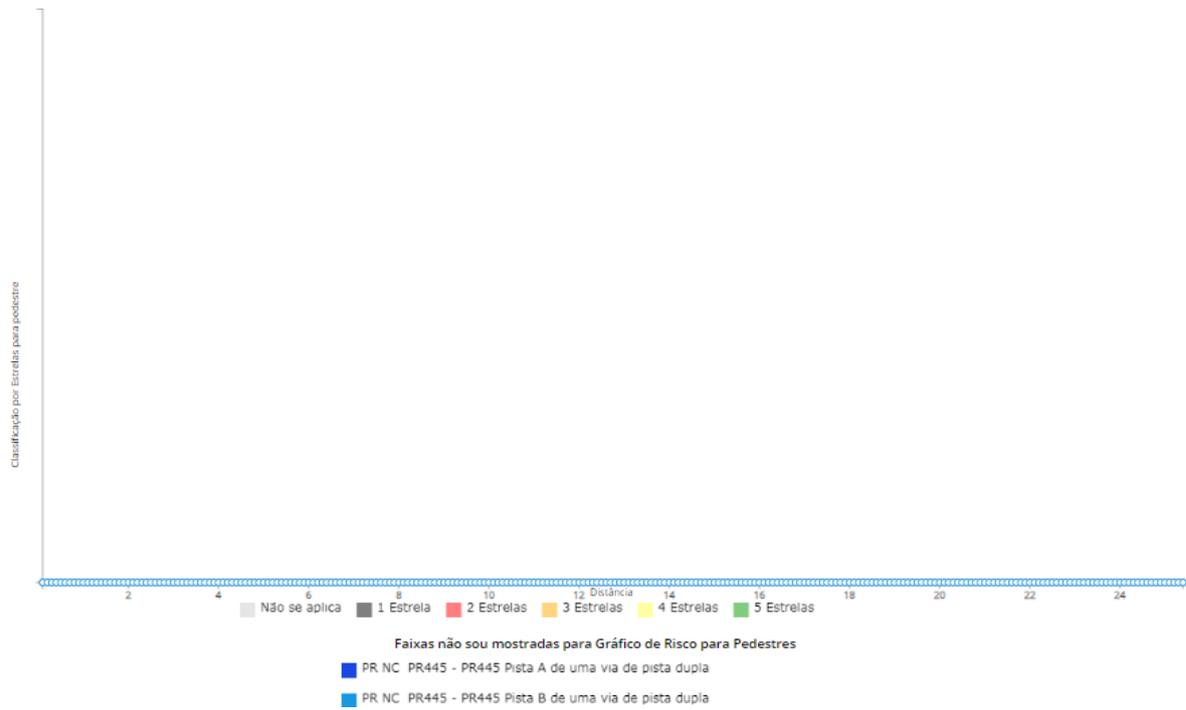


Figura 27 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0010EPR

- Ciclistas

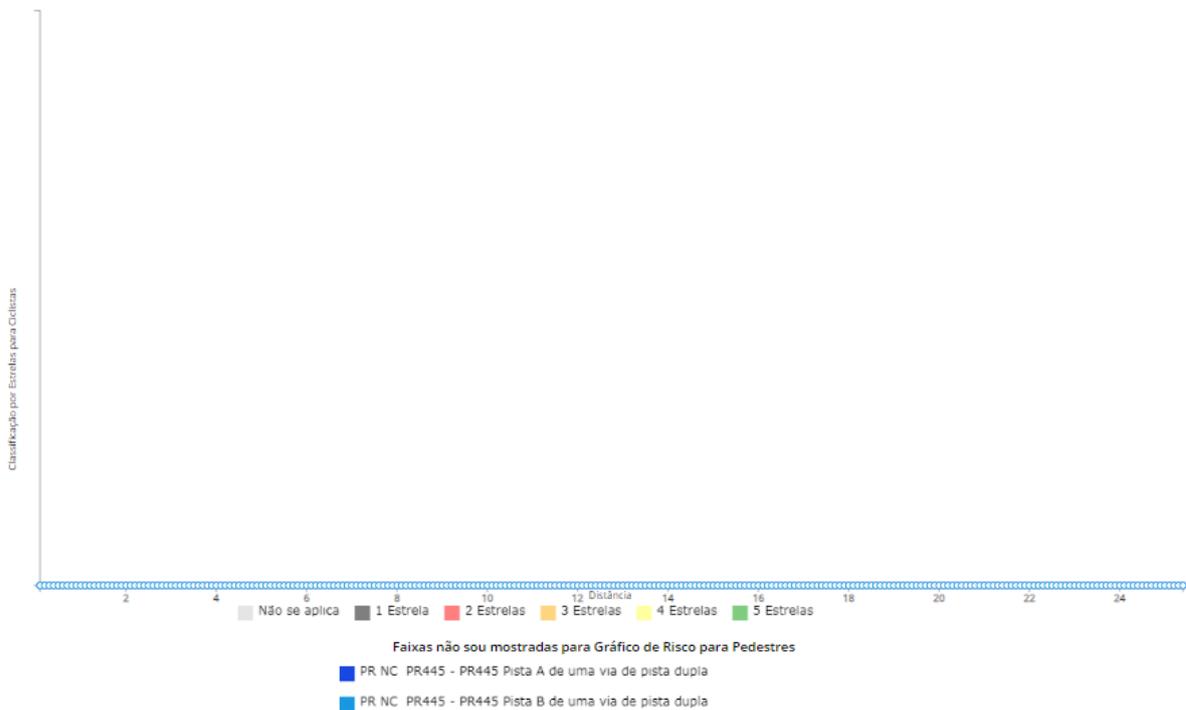


Figura 28- Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0010EPR

18.2 GRÁFICOS DE CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS RODOVIA PR445 – 445S0015EPR

- Ocupante de Veículo

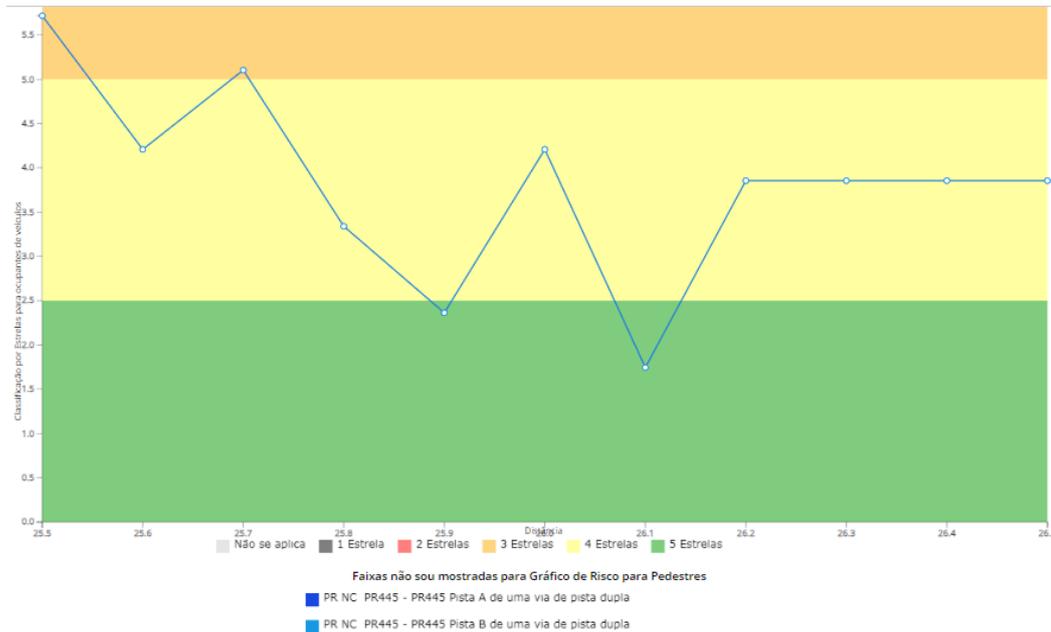


Figura 29 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0015EPR

- Motociclistas

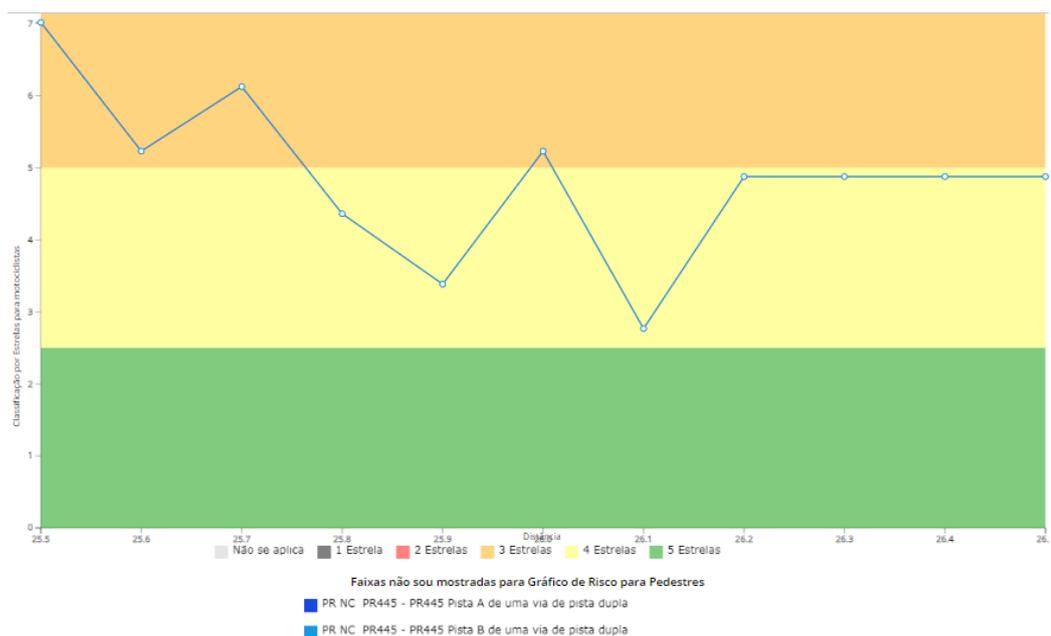


Figura 30 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0015EPR

- Pedestres

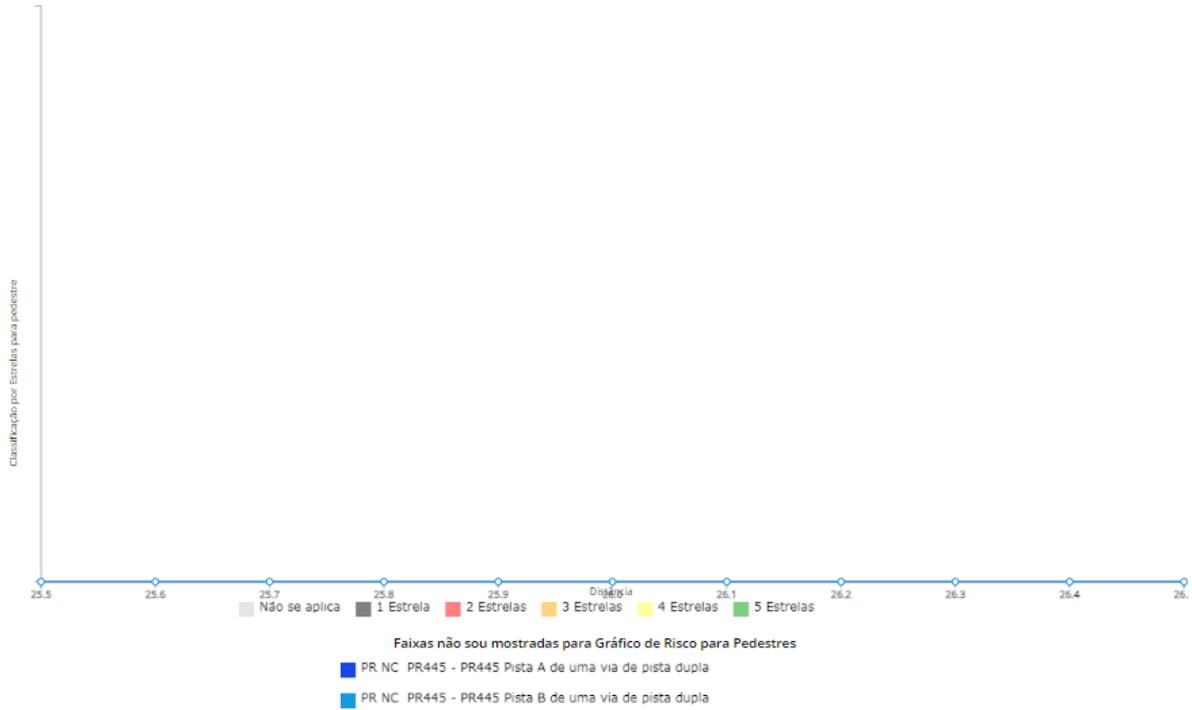


Figura 31 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0015EPR

- Ciclistas

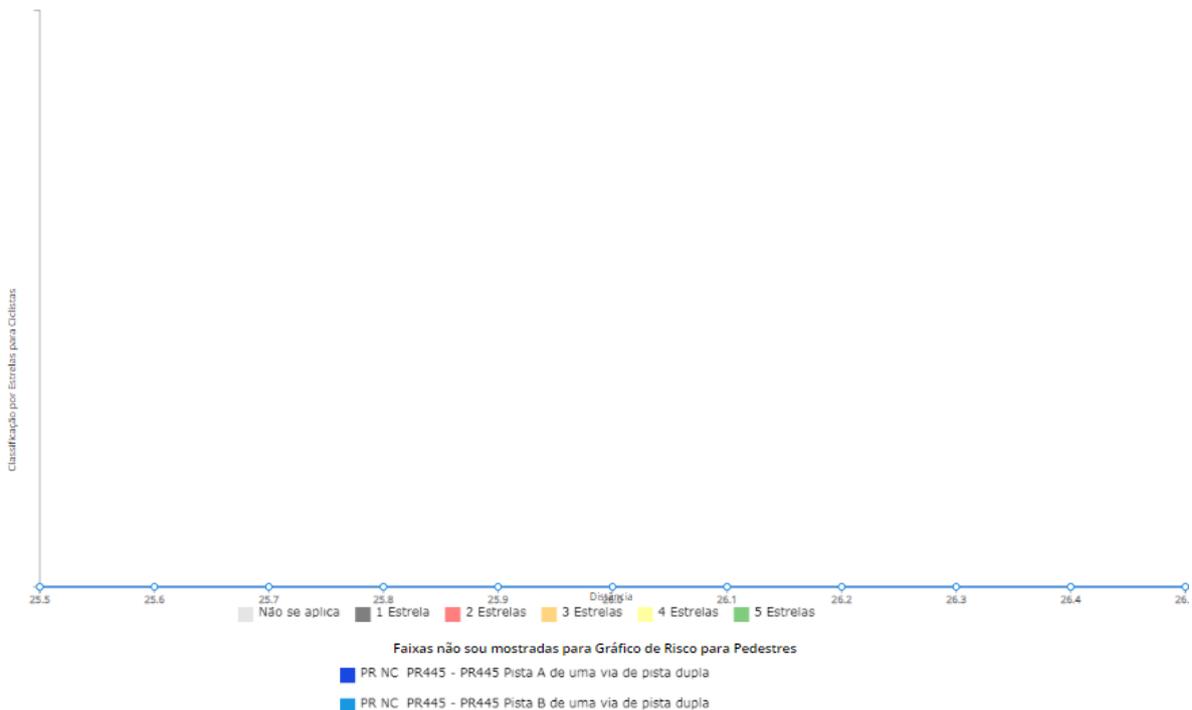


Figura 32 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0015EPR

18.3 GRÁFICOS DE CLASSIFICAÇÃO POR ESTRELAS RODOVIA PR445 – 445S0017EPR

- Ocupante de Veículo

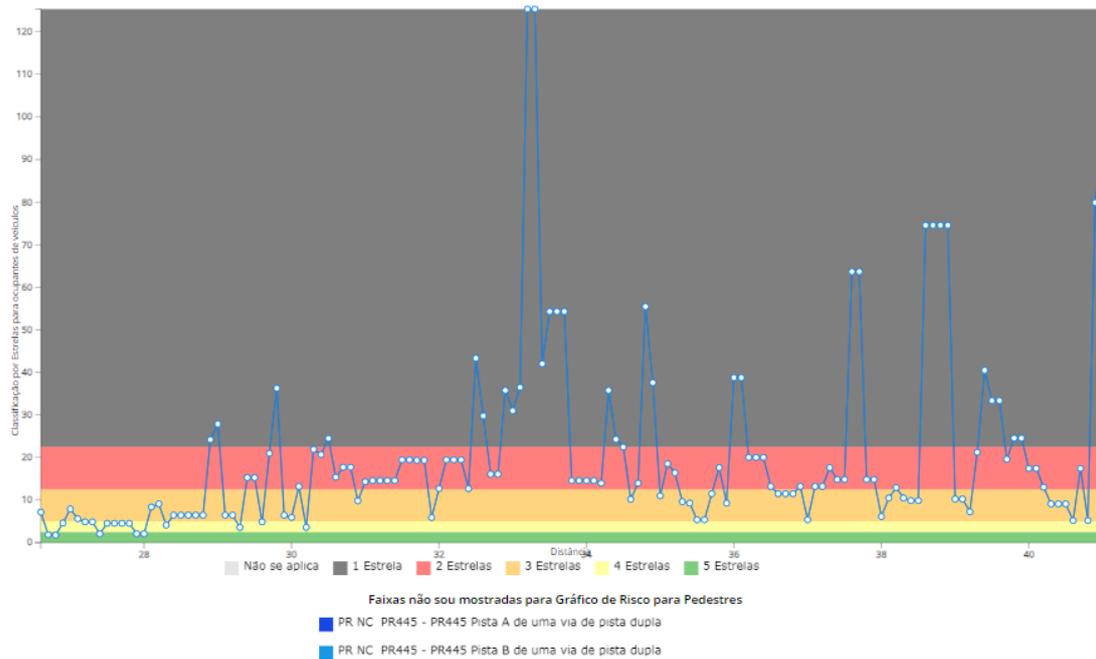


Figura 33- Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0017EPR

- Motociclistas

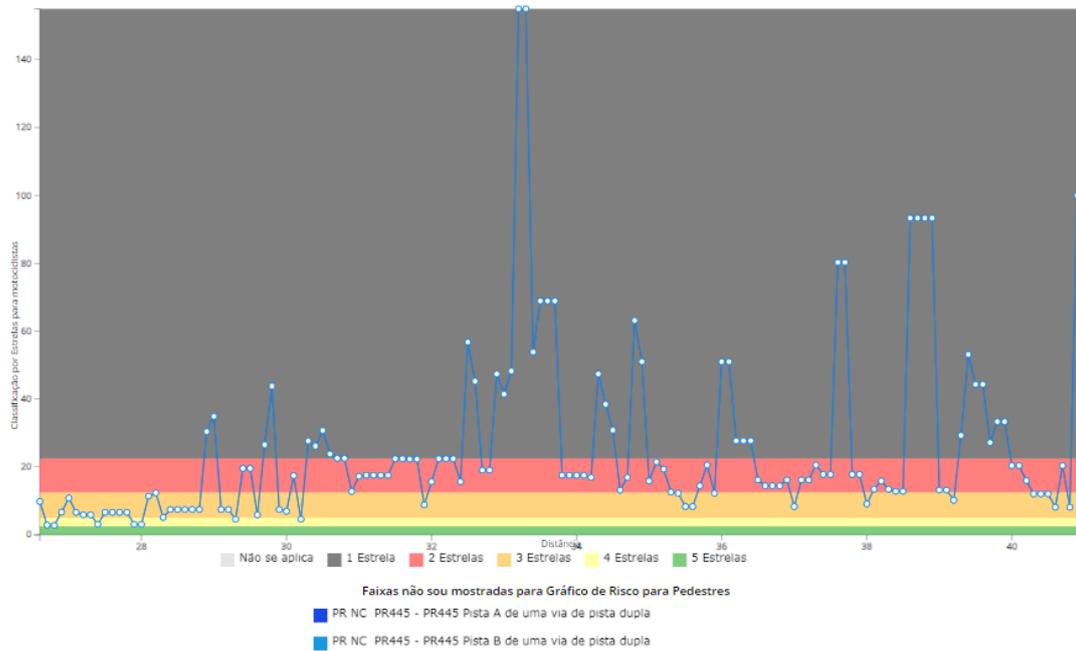


Figura 34 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0017EPR

- Pedestres



Figura 35 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0017EPR

- Ciclistas



Figura 36 - Gráfico Bruto – Rodovia PR445 – 445S0017EPR

19 ANEXO II - PLANOS DE INVESTIMENTOS

Os próximos quadros apresentam a localização de cada contramedida indicada para a vias em análise e o plano de investimento gerado para cada seção.

Esses investimentos contemplam o cenário de pista simples.

19.1 PLANO DE INVESTIMENTOS DA RODOVIA PR445 – 445S0010EPR

Tabela 17 – Plano de investimento da rodovia PR445 – 445S0010EPR

Contramedida	Extensão / Locais	OLGs Evitados	Valor Presente (VP) do Benefício de Segurança	Custo Estimado	Custo por OLG evitado	Índice Benefício/Custo (BC) do Programa
Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	0.80 km	4	408,961	384,775	92,692	1
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro	0.80 km	3	325,229	295,172	89,414	1
Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	6.10 km	5	459,711	235,191	50,403	2
Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	6.90 km	7	703,664	266,035	37,247	3
Sonorizadores ao longo do acostamento	0.90 km	1	114,963	81,282	69,655	1
		20	2,012,529	1,262,456	61,801	2

Tabela 18 - Localização das contramedidas da rodovia PR445 – 445S0010EPR

445S0010EPR	Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	Defensas/barreras na borda da pista - lado do passageiro	Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	Sonorizadores ao longo do acostamento
Pista-Simples					
0.3				1	
0.4				1	
0.5				1	
1			1		
1.1			1		
1.2			1	1	
1.6			1		
1.7	1	1	1		1
1.8	1		1		1
1.9	1	1	1		1
2	1	1	1		1
2.1			1		
2.5			1	1	
2.6			1		
2.7			1		
2.8			1	1	
2.9			1		
3.4			1		
3.5			1		
3.6		1	1		
3.7			1		
3.8			1		
4.1			1	1	
4.2			1	1	
4.3			1	1	
4.5			1		
4.6			1	1	
4.7			1	1	
5.1			1	1	
5.2			1	1	
5.9	1				
6	1	1			
6.1	1	1			
6.2	1	1			

445S0010EPR	Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	Defensas/barreras na borda da pista - lado do passageiro	Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	Sonorizadores ao longo do acostamento
6.3			1		
6.4			1		
6.5			1		
6.6			1		
6.7			1		
6.8			1		
6.9			1	1	
7			1	1	
7.4		1			
9.3			1	1	
9.4			1	1	
9.5			1		
10.3					1
10.4					1
10.5					1
10.6					1
10.7					1
12.7			1		
13.4			1		
13.5			1		
14.4			1		
14.9				1	
15.1			1		
15.3				1	
15.4				1	
15.7				1	
15.8				1	
16				1	
16.1				1	
16.2				1	
16.3				1	
16.7			1	1	
16.8			1	1	
16.9			1	1	
17			1	1	
17.1				1	

445S0010EPR	Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	Defensas/barreras na borda da pista - lado do passageiro	Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	Sonorizadores ao longo do acostamento
17.6				1	
17.7				1	
17.8			1		
17.9			1	1	
18				1	
18.1				1	
18.3				1	
19.3				1	
19.4				1	
19.6				1	
19.7				1	
19.9				1	
20.1			1	1	
20.2			1	1	
20.3				1	
20.5				1	
20.6				1	
20.7				1	
20.8			1		
20.9			1		
21			1		
21.1				1	
21.2				1	
21.3				1	
21.4				1	
21.5				1	
21.6			1	1	
21.7			1	1	
21.8				1	
21.9			1	1	
22				1	
23.2				1	
23.4				1	
23.5				1	
23.6				1	
23.7				1	

445S0010EPR	Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	Defensas/barreras na borda da pista - lado do passageiro	Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	Sonorizadores ao longo do acostamento
23.8			1	1	
24.6			1	1	
24.7				1	
24.9			1	1	
25			1	1	
25.1				1	

19.2 PLANO DE INVESTIMENTOS DA RODOVIA PR445 – 445S0015EPR

Tabela 19 – Plano de investimento da rodovia PR445 – 445S0015EPR

Contramedida	Extensão / Locais	OLGs Evitados	Valor Presente (VP) do Benefício de Segurança	Custo Estimado	Custo por OLG evitado	Índice Benefício/Custo (BC) do Programa
Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	0.30 km	0.1	12,471	11,567	91,373	1
Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	0.10 km	0.1	11,781	3,856	32,243	3
		0.2	24,252	15,422	62,650	2

Tabela 20- Localização das contramedidas da rodovia PR445 – 445S0015EPR

445S0015 EPR	Remoção de perigos à margem da via - lado do	Remoção de perigos à margem da via - lado do
Pista-Simples		
25.6	1	
26		1
26.2	1	
26.3	1	

19.3 PLANO DE INVESTIMENTOS DA RODOVIA PR445 – 445S0017EPR

Tabela 21 – Plano de investimento da rodovia PR445 – 445S0017EPR

Contramedida	Extensão / Locais	OLGs Evitados	Valor Presente (VP) do Benefício de Segurança	Custo Estimado	Custo por OLG evitado	Índice Benefício/Custo (BC) do Programa
Canteiro central fictício / Zebrado central	2.40 km	7	646,038	404,653	61,708	2
Defensa/Barreira central (sem duplicação da pista)	6.10 km	81	7,987,759	4,446,896	54,847	2
Defensa/barreira no canteiro central (1+1)	1.60 km	26	2,522,856	808,030	31,554	3
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do condutor	0.40 km	3	295,901	156,414	52,077	2
Defensas/barreiras na borda da pista - lado do passageiro	1.70 km	14	1,413,702	664,760	46,326	2
Melhoria de delineamento da curva	1.80 km	14	1,350,819	680,822	49,654	2
Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	2.20 km	4	381,654	106,030	27,370	4
Remoção de perigos à margem da via - lado do passageiro	3.10 km	7	675,691	149,406	21,784	5
Sonorizadores ao longo do acostamento	3.60 km	7	695,582	330,131	46,758	2
Sonorizadores/postes flexíveis ao longo do eixo da pista	3.50 km	8	747,966	160,480	21,138	5
		170	16,717,969	7,907,623	46,599	2

Tabela 22 - Localização das contramedidas da rodovia PR445 – 445S0017EPR

445S0017E PR	Canteiro central fictício / Zebrado	Defensa/Ba rreira central (sem duplicação	Defensa/bar reira no canteiro	Defensas/b arreiras na borda da pista - lado	Defensas/b arreiras na borda da pista - lado	Melhoria de delineament o da curva	Remoção de perigos à margem da via - lado do condutor	Remoção de perigos à margem da via - lado do	Sonorizador es ao longo do	Sonorizador es/postes flexíveis ao longo do eixo da
Pista – Simples										
26.9										1
27										1
27.1								1		1
27.2										1

20 TERMO DE ENCERRAMENTO

Este Volume denominado **iRAP - Relatório Metodológico de Inspeção de Segurança Viária**, referente ao Projeto de Duplicação e Restauração da rodovia PR-445, no trecho compreendido entre o km 0,000 e o km 26,800 possui 71 páginas numeradas sequencialmente.



Eng. Daniel M Pereira – CREA PR – 75078/D