

Wesley Ernanês Lima Novaes

**ESTUDO DA EFICÁCIA DA UTILIZAÇÃO DAS DEFENSAS
METÁLICAS NAS RODOVIAS BRASILEIRAS**

Brasília

2017



Wesley Ernanes Lima Novaes

**ESTUDO DA EFICÁCIA DA UTILIZAÇÃO DAS DEFENSAS METÁLICAS NAS
RODOVIAS BRASILEIRAS**

Monografia submetida a Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de especialista em Operações Rodoviária
em vinte e oito de junho de 2017.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Alice Prudêncio Jacques

Brasília

2017

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

Novaes, Wesley Ernanés Lima
Estudo da eficácia da utilização das defensas metálicas
nas rodovias brasileiras / Wesley Ernanés Lima Novaes ;
orientador, Prof. Dr.ª Maria Alice Prudêncio Jacques, 2017.
136 p.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Curso de Especialização
em Operações Rodoviárias, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.


1. Engenharia Civil 2. Operações Rodoviárias. 3. Segurança
Viária. 4. Dispositivos de Segurança. I. Jacques, Prof.
Dr.ª Maria Alice Prudêncio. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Especialização em Operações Rodoviárias.
III. Título.

Wesley Ernanes Lima Novaes

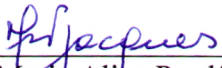
**ESTUDO DA EFICÁCIA DA UTILIZAÇÃO DAS DEFENSAS METÁLICAS NAS
RODOVIAS BRASILEIRAS**

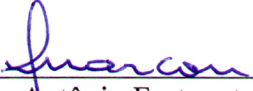
Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequada para obtenção do Título de “Especialista em Operações Rodoviárias”, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Especialização em Operações Rodoviárias.

Brasília, 28 de junho de 2017.


Prof.^a Dr.^a Ana Maria Benciveni Franzoni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:


Prof.^a Dr.^a Maria Alice Prudêncio Jacques
Orientadora
Universidade de Brasília


Prof. Dr. Antônio Fortunato Marcon
Membro da banca
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho as todas as pessoas que fazem parte do meu convívio e sempre me ajudam a ter forças para vencer meus desafios e concretizar meus sonhos. Dedicção muito especial ao meu super pai, a minha super mãe e minha irmã, que me ensinaram a ser a pessoa e profissional que me tornei; a minha “grande” esposa Ana Flavia por me apoia em todas as dificuldades e aos meus filhos Pedro Henrique e Maria Eduarda (Duda), razões da minha vida; a minha Tia Zilma (minha segunda mãe); ao meus primos Cleverson, Marcelena, Marconi e Raniery; aos Tios Edson, Wilma, Zeina, Luiz Carlos e Zilda que sempre me recebem de braços abertos com muito amor e carinho; aos Tios Paulo Roberto e Ana Cristina, Tia Nice, Ademir Floresta e Maria Lúcia, sem os quais não sei como muitas coisas seriam pois sempre nos ajudam imensamente com o Pedro e a Duda; aos Tios Divino e Renata que apesar de “quase” não convidar para visita-los (kkk) são fantásticos; a minha sogra Maria Helena e sogro nº2 Marlucio, a minha sogra nº2 Tânia e sogro Vanderlei; aos meus extraordinários amigos de infância Victor, Jarbas, Emílio, Hugo, Paulão, Franquilin e Carlos, este por último o qual com apoio incondicional me fez chegar mais longe; aos amigos pessoais e de trabalho Carlos Eduardo, Roberto, Hélio, Murilo, Edvaldo, Percivan Clóvis e Timbó (Darci) que me ensinaram o que realmente é a profissão; aos amigos do DNIT - CGPERT Ivone, Romeu, Lucas Boto, Lucas Gurgel, Thiago Rosa, Braga, Alênio, Leonardo, Romeu, Cássia, Lana, Kenia ao grande César que me ajudaram a “suportar” a distância de casa e ao Alexandre que conseguiu o impossível; aos amigos César, Leonardo, Daniel, Jonas, Germano, Bernadete, José Rubens (Bimba).

AGRADECIMENTOS

A Prof. Dr.^a Maria Alice Prudêncio que me orientou de maneira espetacular na realização e conclusão deste trabalho.

Ao Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes por ter proporcionado esta oportunidade de qualificação para melhoria da capacitação nas atividades profissionais.

A Universidade Federal de Santa Catarina que desenvolveu este curso de especialização e nos atendeu da melhor forma possível para a concretização deste curso, principalmente pelo corpo de professores apresentados.

RESUMO

Segundo o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), cerca de 60% de todos acidentes fatais ocorridos em rodovias envolvem apenas um veículo, sendo que 70% deles envolvem veículos que abandonam a pista de rolamento, capotam ou batem em objetos fixos. A prevenção e/ou a redução da gravidade desses tipos de acidentes requer o uso de dispositivos viários específicos, denominados pelo Código de Trânsito Brasileiro como dispositivos de proteção contínua. Dentre esses dispositivos encontram-se as defesas metálicas. A defesa metálica é constituída por perfis metálicos, projetados em sua forma, resistência e dimensões, para conter e redirecionar os veículos descontrolados, absorvendo parte da energia cinética do veículo, pela deformação do dispositivo. Neste trabalho acadêmico é estudada a eficácia da defesa metálica no combate aos acidentes de trânsito nas rodovias federais. Deseja-se verificar o papel das defesas metálicas na redução da quantidade e gravidade dos acidentes, por meio do estudo do histórico de acidentes de trânsito e suas tipologias, com relação às condições de implantação das defesas metálicas nas rodovias. As condições consideradas referem-se à observação das normas e manuais nacionais quanto à necessidade de implantação e critérios de instalação desse tipo de dispositivo de contenção. Como fundamentação teórica deste trabalho, foram revisados as normas e os manuais que regem os critérios para definição dos locais onde as barreiras devem ser instaladas e as disposições sobre como estes dispositivos devem ser utilizados. É preciso considerar que estes critérios existem em função de estudos, ensaios e experiências realizadas, inclusive com relação aos materiais a serem empregados. Os critérios de normas são estabelecidos com base em resultados de boa prática. Isso implica dizer que contrariar as normas e os manuais, sem um estudo técnico-científico rigoroso e específico que justifique a não-conformidade, é ignorar todo o empenho e estudos prévios que normatizaram o emprego das defesas metálicas. O trabalho de campo realizado analisou segmentos de duas rodovias federais, a BR-050/MG e a BR-365/MG, alguns com necessidade de defesas metálicas, mas que não foram implantadas, e outros com necessidade de defesas metálicas e que foram implantadas. Para esses últimos foi verificado se as defesas foram utilizadas conforme preconiza as normas e manuais referentes a este dispositivo. Para essa avaliação foram utilizados os dados de acidentes das rodovias estudadas e verificou-se, através da tipologia dos acidentes, a relação das ocorrências nos segmentos determinados com as condições das defesas. Apesar do resultado apresentar grande variabilidade e ser produzido por uma amostra de segmentos heterogêneos em diferentes aspectos, além das defesas, os dados utilizados para este estudo mostram a importância de se implantar as defesas metálicas conforme critérios determinados pelas normas competentes, e o reflexo disso no papel determinante desses dispositivos no combate à redução da quantidade e da gravidade de acidentes rodoviários. Ou seja, revelam a necessidade de estudos mais detalhados sobre o assunto para aumentar a segurança do trânsito nas rodovias brasileiras.

Palavras-chave: Dispositivos de Segurança, Acidentes de Trânsito, Defesas Metálicas e Rodovias Federais.

ABSTRACT

According to Road's Research Institute(IPR), about 60% of all fatal accidents that take place on highways involve only one vehicle, 70% of them involve vehicles that leave the road, overturn or hit fixed objects. The prevention and / or reduction of the severity of these types of accidents requires that use some specific road devices as a continuous protection, designated by the Brazilian Traffic Code. Among those devices are the guardrails. The guardrail consists of metallic profiles, designed in their shape, strength and dimensions, to contain and redirect the ungoverned vehicles, absorbing part of the kinetic energy of the vehicle, by the deformation of the device. In this academic work, we have studied the success of the guardrail used against traffic accidents in the federal highways. The work shows the desire to verify the importance of guardrail in reducing the quantity and severity of those accidents, by studying the historical bases of traffic accidents and their typologies, regarding the conditions on the implantation of guardrail on highways. The conditions that were considered refers to the observation of the national standards and manuals regarding the necessity of implantation and criteria on the installation of this type of containment device. As a Theoretical basis of this work, the standards and manuals that show the criteria to define the places where the barriers are to be installed and the layout on how these devices should be used have been revised. It is necessary to consider that these criteria exist because of studies, tests and experiments carried out, including with respect to the materials to be used. The criteria the standards are established with bases in results of good practices. This implies that to go against standards and manuals, without a rigorous and specific technical-scientific study that justifies the nonconformity, is to ignore all the commitment and previous studies that normalized the use of guardrail. The field work that was made analyzed two federal highways segments, BR-050 / MG and BR-365 / MG, some of them in need to use the guardrails, but that were not implanted, and others in need to use the guardrail and that were implanted. The last one, we verified if the guardrail were used as recommended in the standards and manuals related to this device. For this evaluation highways accident's data were used and the relationship between the occurrences on the determined segments with the conditions of the guardrails was verified through the typology of the accidents. Although the results show great variability and have been made by a sample of heterogeneous segments in different aspects, besides the guardrails, the data that was used for this study, showed the importance of implanting guardrails according to criteria determined by the competent norms, and the better results of those devices, reducing the quantities and severity of road accidents. There for, they revealed the needs for more detailed studies on this subject to increase road safety in Brazilian highways.

Keywords: Safety Devices, Traffic Accidents, Guardrails and Federal Highways.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Implantação em desconformidade - Defesa metálica km 166,82 – BR-050.....	28
Figura 2 – Defesa metálica	32
Figura 3 – (a) defesa metálica simples, (b) defesa metálica dupla	32
Figura 4 – (a) defesa dupla onda, (b) defesa tripla onda	33
Figura 5 – Defesa metálica – Nível de contenção N2.	34
Figura 6 – Defesa metálica – Nível de contenção H1.	35
Figura 7 – Defesa metálica – Nível de contenção N2 (Normal).	36
Figura 8 – Defesa metálica – Nível de contenção H2 (Alta).	36
Figura 9 – Defesa metálica – Nível de contenção H4b (Muito Alta)	36
Figura 10 – Espaço de trabalho (W).	37
Figura 11 – Deflexão Dinâmica (Dm) e Intrusão (Iv, Ih).	38
Figura 12 – (a) Defensas metálicas contínuas em passagem inferior, (b) Defensas metálicas fixadas nas extremidades da passagem inferior.	43
Figura 13 – Defensas metálicas para proteção de postes de iluminação.	44
Figura 14 – Defensas metálicas para proteção de suportes de sinalização.	45
Figura 15 – Defensas metálicas para proteção de suportes de sinalização.	45
Figura 16 – Formas de ancoragem das defensas metálicas.	47
Figura 17 – Extremidades de defensas metálicas.	48
Figura 18 – Extremidade afastada.	48
Figura 19 – Extremidade reta em rampa.	49
Figura 20 – Fig. 18 da DNER-ES 144/85 – Necessidade de Defensas em aterros.	51
Figura 21 – Fig. 19 da DNER-ES 144/85 – Necessidade de Defensas em canteiros centrais.	51
Figura 22 – Necessidade de Defensas em canteiro separador pista principal com rua lateral com largura de 4,0 a 8,0 metros com obstáculos.	52
Figura 23 – Necessidade de Defensas em canteiro separador pista principal com rua lateral com largura de 4,0 a 8,0 metros sem obstáculos.	52
Figura 24 – Necessidade de Defensas em canteiro separador pista principal com rua lateral com largura de 8,0 a 12,0 metros.	53
Figura 25 – Necessidade de Defensas em acessos a OAE em pista dupla.	54
Figura 26 – Posição da defesa metálica em relação ao meio-fio.	54
Figura 27 – Ancoragem em rampa.	55

Figura 28 – Necessidade de Defensas em acessos a OAE em pista dupla: condição de ancoragem nos canteiros centrais.....	55
Figura 29 – Ancoragem reta em rampa - Defesa metálica dupla.....	56
Figura 30 – Ancoragem da defensas metálica nas OAE.....	56
Figura 31 – Extensão lateral da invasão.....	57
Figura 32 – Ábaco – Cálculo da largura da zona livre (Lc).....	63
Figura 33 – Necessidade de proteções laterais em função do talude.....	64
Figura 34 – Necessidade de proteção divisória em canteiro central.....	66
Figura 35 – Acessos às obras de arte especiais.....	67
Figura 36 – Elementos de sistema de contenção.....	68
Figura 37 – Comprimento de sistemas de contenção.....	68
Figura 38 – Transição de defesa para elemento rígido usando lâmina tripla onda.....	69
Figura 39 – Terminais abatidos com deflexão e sem deflexão lateral.....	73
Figura 40 – Terminal abatido.....	73
Figura 41 – Terminal ancorado no talude de corte.....	74
Figura 42 – Terminal absorvedor de energia.....	74
Figura 43 – Gráfico de acidentes da BR-050/MG – km 80 ao km 206.....	80
Figura 44 – Gráfico de acidentes da BR-365/MG – km 630 ao km 710.....	81
Figura 45 – Defesa metálica – Km 125,7 BR-050/MG (L2).....	84
Figura 46 – Defesa metálica – Km 126,7 BR-050/MG (L2).....	84
Figura 47 – Defesa metálica – Km 130,2 BR-050/MG (L2).....	85
Figura 48 – Defesa metálica – Km 144,3 BR-050/MG (L2).....	85
Figura 49 – Defesa metálica – Km 132,2 BR-050/MG (L2).....	86
Figura 50 – Defesa metálica – Km 140,6 BR-050/MG (L2).....	86
Figura 51 – Defesa metálica – Km 152,9 BR-050/MG (L2).....	86
Figura 52 – Defesa metálica – Km 144,5 BR-050/MG (L2).....	87
Figura 53 – Defesa metálica – Km 136,2 BR-050/MG (L4).....	88
Figura 54 – Defesa metálica – Km 142,7 BR-050/MG (L4).....	88
Figura 55 – Defesa metálica – Km 155,7 BR-050/MG (L4).....	88
Figura 56 – Defesa metálica – Km 126,0 BR-050/MG (L4).....	89
Figura 57 – Defesa metálica – Km 163,8 BR-050/MG (L4).....	89
Figura 58 – Ausência de defesa metálica – Km 134,9 BR-050/MG (L5).....	90
Figura 59 – Ausência de defesa metálica – Km 146,6 BR-050/MG (L5).....	90
Figura 60 – Ausência de defesa metálica – Km 159,2 BR-050/MG (L5).....	91

Figura 61 – Ausência de defesa metálica no lado esquerdo – Km 128,6 BR-050/MG (L5)..	91
Figura 62 – Ausência de defesa metálica – Km 132,8 BR-050/MG (L5).....	92
Figura 63 – Ausência de defesa metálica – Km 144,7 BR-050/MG (L5).....	92
Figura 64 – Ausência de defesa metálica – Km 159,4 BR-050/MG (L5).....	93
Figura 65 – Defesa metálica – Km 158,1 BR-050/MG (L5).....	93
Figura 66 – Defesa metálica – Km 133,3 BR-050/MG – Rio Tijuco (L2).....	94
Figura 67 – Defesa metálica – Km 133,3 BR-050/MG (L2).....	94
Figura 68 – Defesa metálica – Km 135,2 BR-050/MG – Rio Pirapitinga (L2)	95
Figura 69 – Defesa metálica – Km 147,6 BR-050/MG – Rio Água Limpa (L2).....	95
Figura 70 – Defesa metálica – Km 155,1 BR-050/MG – Rio Veadinho (L2)	96
Figura 71 – Defesa metálica – Km 156,2 BR-050/MG – Rio Laranjeiras (L2)	96
Figura 72 – Defesa metálica – Km 633,1 BR-365/MG (L1).....	97
Figura 73 – Defesa metálica – Km 635,3 BR-365/MG (L1).....	98
Figura 74 – Defesa metálica – Km 635,3 BR-365/MG (L1).....	98
Figura 75 – Seção preferencial para canais com mudanças abruptas de declividade.....	99
Figura 76 – Defesa metálica – Km 656,5 BR-365/MG – 1,2 km de defesa – devido drenagem (L1).....	99
Figura 77 – Defesa metálica – Km 630,4 BR-365/MG (L2).....	100
Figura 78 – Defesa metálica – Km 630,9 BR-365/MG (L2).....	100
Figura 79 – Defesa metálica – Km 642,0 BR-365/MG (L2).....	101
Figura 80 – Defesa metálica – Km 654,3 BR-365/MG (L2).....	101
Figura 81 – Defesa metálica – Km 655,3 BR-365/MG (L2).....	102
Figura 82 – Defesa metálica – Km 655,5 BR-365/MG (L2).....	102
Figura 83 – Defesa metálica – Km 656,8 BR-365/MG (L2).....	103
Figura 84 – Defesa metálica – Km 640,1 BR-365/MG – Rio das Pedras (L2).....	104
Figura 85 – Defesa metálica – Km 640,1 BR-365/MG – Rio das Pedras (L2).....	104
Figura 86 – Defesa metálica – Km 640,1 BR-365/MG – Rio das Pedras (L2).....	104
Figura 87 – Defesa metálica – Km 642,0 BR-365/MG (L2).....	105
Figura 88 – Defesa metálica – Km 646,1 BR-365/MG (L2).....	105
Figura 89 – Defesa metálica – Km 653,2 BR-365/MG (L2).....	106
Figura 90 – Defesa metálica – Km 660,5 BR-365/MG (L2).....	106
Figura 91 – Defesa metálica – Km 652,8 BR-365/MG (L2).....	106
Figura 92 – Defesa metálica – Km 647,4 BR-365/MG (L2).....	107
Figura 93 – Defesa metálica – Km 633,3 BR-365/MG (L4).....	108

Figura 94 – Defesa metálica – Km 657,7 BR-365/MG (L4)	108
Figura 95 – Ausência de defesa metálica – Km 637,7 BR-365/MG (L5)	109
Figura 96 – Ausência de defesa metálica – Km 639,7 BR-365/MG (L5)	109
Figura 97 – Ausência de defesa metálica – Km 647,7 BR-365/MG (L5)	110
Figura 98 – Ausência de defesa metálica – Km 645,1 BR-365/MG (L5)	110
Figura 99 – Ausência de defesa metálica – Km 650,1 BR-365/MG (L5)	111
Figura 100 – Ausência de defesa metálica – Km 657,7 BR-365/MG (L5)	111
Figura 101 – Ausência de defesa metálica – Km 662,7 BR-365/MG (L5)	112
Figura 102 – Gráfico – Soma da Taxa de severidade média para os grupos– BR-050/MG..	122
Figura 103 – Gráfico – Soma da Taxa de severidade média para os grupos – BR-365/MG.	128
Figura 104 – Gráfico – Soma da Taxa de severidade (Ts) x Período – BR-050/MG.....	129
Figura 105 – Gráfico – Soma da Taxa de severidade (Ts) x Período – BR-365/MG.....	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos níveis de contenção, conforme EN 1317-2.....	33
Quadro 2 - Classificação dos níveis de contenção, conforme NCHRP 350.....	34
Quadro 3 - Espaço de trabalho conforme EN 1317.....	37
Quadro 4 - Critério de Talude.....	40
Quadro 5 - Critério de utilização de defensas em canteiro central.....	42
Quadro 6 - Critério de Obstáculos em rodovia.....	46
Quadro 7 - Critério de Ancoragem.....	49
Quadro 8 - Área lateral – Manual IPR 741.....	58
Quadro 9 - Critério de Talude.....	60
Quadro 10 - Critério de Canteiro Central.....	60
Quadro 11 - Critério de Obstáculos em rodovia na lateral da pista.....	60
Quadro 12 - Critério de Obstáculos em rodovia no canteiro central.....	60
Quadro 13 - Critério de Obstáculos em rodovia nas bifurcações.....	61
Quadro 14 - Critério em canteiro separador entre pista e via lateral.....	61
Quadro 15 - Proteção demais elementos.....	61
Quadro 16 - Critério de Ancoragem.....	61
Quadro 17 - Sugestão de deflexão lateral em função da velocidade de projeto.....	72
Quadro 18 - Área lateral livre.....	75
Quadro 19 - Declividade do Talude.....	75
Quadro 20 - Critério Canteiro Central.....	75
Quadro 21 - Critério de Obstáculos em rodovia na lateral da pista.....	75
Quadro 22 - Proteção demais elementos.....	76
Quadro 23 - Critério de Ancoragem.....	76
Quadro 24 - Informações da BR-050/MG.....	77
Quadro 25 - Informações da BR-365/MG.....	78
Quadro 26 - Valores de VDMa.....	114
Quadro 27 - Locais analisados – BR-050/MG.....	114
Quadro 28 - Locais analisados – BR-365/MG.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Levantamento de UPS – BR-050/MG	117
Tabela 2- Levantamento de Ts acumulado para 5 anos – BR-050/MG	118
Tabela 3- Levantamento de Taxa de severidade (Ts) – BR-050/MG	119
Tabela 4- Levantamento de Ts média – BR-050/MG	121
Tabela 5 - Levantamento de UPS – BR-365/MG	123
Tabela 6- Levantamento de Ts acumulado para 5 anos – BR-365/MG	124
Tabela 7- Levantamento de Taxa de severidade (Ts) – BR-365/MG	125
Tabela 8- Levantamento de Ts média – BR-365/MG	127

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

AASHTO	- <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> – Associação Americana dos Especialistas em Rodovias e Transportes
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
COF	- Colisões com Objetos Fixos
CONTRAN	- Conselho Nacional de Trânsito
CTB	- Código de Trânsito Brasileiro
DNIT	- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNER-EM	- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - Especificação de Materiais
DNER-ES	- Departamento Nacional de Estradas e Rodagem – Especificação de Serviço
EM	- <i>European Norm</i> – Norma Europeia
IPR	- Instituto de Pesquisas Rodoviárias
NCHRP	- <i>National Cooperative Highway Research Program</i> – Cooperativa Nacional de Programa de Pesquisa Rodoviária
NBR	- Norma Brasileira
OAE	- Obras de Arte Especial
PNCT	- Plano Nacional de Controle de Tráfego
PRF	- Polícia Rodoviária Federal
SP	- Saída de Pista
TMD	- Tráfego Médio Diário
VDMa	- Volume Diário Médio Anual
VDM	- Volume Diário Médio

LISTA DE SÍMBOLOS

UPS	- Unidade Padrão de Severidade
Ts	- Taxa de Severidade
ASI	- Acceleration Severity Index – Índice de Severidade de Aceleração
THIV	- <i>Theoretical Head Impact Velocity</i> – Velocidade Téorica de Impacto da Cabeça
ASV	- Número de Acidentes Sem Vitimas
ACF	- Número de Acidentes Com Feridos, excluindo acidentes envolvendo pedestres
ACFP	- Número de Acidentes Com Feridos envolvendo Pedestres
ACM	- Número de Acidentes com Mortes
P	- Período em dias
V	- Volume Médio Diário de Veículos no Local Considerado
E	- Extensão do Segmento
Tsma	- Taxa de Severidade Média Anual
DP	- Desvio Padrão
IC	- Intervalo de Confiança
CV	- Coeficiente de Variação
Δ média	- variação média da Ts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
1.1 OBJETIVO	28
1.2 DELIMITAÇÃO	28
1.3 JUSTIFICATIVA	29
1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	30
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	31
2.1 DEFENSAS METÁLICAS	31
2.2 HISTÓRICO DAS PUBLICAÇÕES TÉCNICAS DO DNIT.....	39
2.2.1 Manual IPR 629/85.....	39
2.2.2 Norma DNER – ES – 144/85	50
2.2.3 Manual IPR - 741	56
2.3 PUBLICAÇÕES TÉCNICAS ABNT, CONTRAN E DNIT	62
2.3.1 Área lateral livre	63
2.3.2 Declividade do talude e altura do aterro	64
2.3.3 Largura do Canteiro central.....	65
2.3.4 Obras de artes especiais (OAE).....	66
2.3.5 Distância entre a defesa e o obstáculo a ser protegido	70
2.3.6 Obras de drenagem	70
2.3.7 Proteção para pedestres	71
2.3.8 Presença de suporte de sinais e semáforos ou postes de iluminação.....	71
2.3.9 Uniformidade dimensional para todos os dispositivos de contenção.....	71
2.3.10 Terminais e ancoragem.....	72
3 ESTUDO DE CASO	77
3.1 CARACTERÍSTICAS DOS SEGMENTOS EM ESTUDO	77
3.2 COLETA DE DADOS	78
3.3 TRECHOS ANALISADOS	82
3.3.1 Rodovia BR-050/MG	83
3.3.2 Rodovia BR-365/MG	96
3.4 PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DOS TRECHOS SELECIONADOS.....	112

3.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	117
3.5.1 Resultados obtidos para os locais da BR-050/MG.....	117
3.5.2 Resultados obtidos para os locais da BR-365/MG.....	122
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	131
4.1 PROPOSTA PARA FUTUROS TRABALHOS	133
REFERÊNCIAS	135

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho acadêmico estuda a eficácia do dispositivo de segurança – defesa metálica – no combate aos acidentes nas rodovias federais. Deseja-se com este estudo verificar o papel das defensas metálicas na redução da quantidade e gravidade dos acidentes comparando o histórico de acidentes de trânsito e suas tipologias de acordo com a implantação das defensas metálicas nas rodovias em estudo.

Para os usuários das rodovias que não possuem conhecimento sobre a implantação e utilização de defensas metálicas não fica evidente os casos onde estes dispositivos estão sendo utilizados de forma incorreta, mas para os profissionais da área são comuns serem vistos ao longo das rodovias casos extremamente graves que mostram o descaso na forma em que estes dispositivos são utilizados.

A defesa metálica, como um dispositivo de contenção, foi projetada para conter e redirecionar os veículos desgovernados, sendo os acidentes de saída de pista e colisão de veículos com objetos fixos os tipos de acidentes relacionados diretamente com este dispositivo de contenção. Segundo apresentado pelo Manual IPR 741 (Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, 2010), cerca de 60% de todos os acidentes fatais envolvem apenas um veículo, e 70% deles envolvem veículos que abandonam a pista de rolamento capotam ou batem em objetos fixos.

As normas e manuais que regem os critérios para a seleção dos locais em que as barreiras metálicas são necessárias e dispõem sobre como estes dispositivos devem ser utilizados existem em função de estudos, ensaios, experiências de casos e tipos de materiais empregados. Assim, contrariar estes conteúdos normativos sem uma justificativa técnica bem fundamentada é ignorar todo o empenho e estudos que normatizaram o emprego das defensas metálicas. Em muitos casos, a forma incorreta na implantação destes dispositivos pode agravar a severidade de acidentes, indo na contramão do papel que as defensas metálicas devem cumprir. Estas implantações incorretas, com certeza, causam uma falsa impressão de segurança, e existem quilômetros de defensas metálicas instaladas em todo país que não irão desempenhar sua função quando forem solicitadas, por não estarem empregadas de maneira correta.

A Figura 1 ilustra um exemplo de caso de implantação incorreta onde a defesa metálica encontra-se amarrada com uma corda e também não há uma conexão com o outro dispositivo de contenção de concreto – New Jersey, deixando cantos vivos voltados contra o fluxo de tráfego.

Figura 1 – Implantação em desconformidade - Defesa metálica km 166,82 – BR-050



Fonte: Autor (2016).

1.1 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é avaliar a eficácia da implantação das defensas metálicas quanto à quantidade e gravidade dos acidentes nas rodovias, a partir do estudo de dois trechos de rodovias federais, um sob a jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT e o outro sob concessão. As rodovias selecionadas possuem Volume Diário Médio (VDM) e características geométricas semelhantes.

Propõe-se com este estudo, analisar os segmentos com necessidade de defensas metálicas, mas que não foram implantadas, e segmentos com necessidade de defensas metálicas e que foram implantadas, e verificar se essa implantação ocorreu conforme preconizam as normas e manuais referentes a este dispositivo.

Para cada segmento, levando em conta a quantidade e severidade dos acidentes, será calculada a Unidade Padrão de Severidade (UPS) e, posteriormente, a Taxa de Severidade (Ts) para permitir comparar diferentes segmentos entre si.

1.2 DELIMITAÇÃO

As rodovias estudadas são a BR-050/MG, incluindo segmentos pertencentes ao trecho entre os quilômetros 80 e 206, e a BR-365/MG, em segmentos localizados entre o quilômetro 630 e o quilômetro 709.

Para a avaliação dos trechos selecionados serão utilizados os dados de acidentes disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal (PRF) e será verificada, através da tipologia

dos acidentes, a relação das ocorrências nos segmentos determinados com as condições de uso e implantação das defensas metálicas nesses segmentos.

1.3 JUSTIFICATIVA

O uso das defensas metálicas em locais onde esses dispositivos são efetivamente necessários e implantados de acordo com os critérios especificados em norma, tem um potencial importante na prevenção da ocorrência e, sobretudo, na redução da severidade dos acidentes de trânsito, especialmente daqueles decorrentes da saída de pista dos veículos. Nesses tipos de acidentes, as defensas têm papel fundamental na absorção do impacto da colisão do veículo desgovernado com outros veículos e com objetos fixos (incluindo taludes de corte), e com a contenção do seu deslocamento em taludes de aterro.

Entretanto, para poder cumprir bem o seu papel, é importante que as defensas sejam instaladas em locais em que a combinação do volume de tráfego e das características geométricas do segmento justifica sua implantação e, sobretudo, que essa implantação ocorra de modo correto. Uma defesa com instalação indevida, sem respeito aos critérios técnicos definidos em norma, além de não cumprir a sua função, pode se tornar um elemento agravador da ocorrência e da gravidade dos acidentes. Isso decorre tanto do fato dela poder inspirar no condutor uma sensação de segurança que não reflete a realidade, quanto da possibilidade dela, ou partes dela, vir a se tornar um elemento de agressão ao veículo na ocorrência do acidente.

Apesar desses efeitos adversos de uma implantação indevida das defensas metálicas, não é raro observar-se esse tipo de situação em vários trechos de rodovias, inclusive das federais. No entanto, estudos especialmente voltados à caracterização desses efeitos adversos não são comuns. Nesse contexto, o presente trabalho se justifica como uma iniciativa voltada a contribuir com a melhoria da segurança do trânsito nas rodovias.

Espera-se como resultado deste estudo, ressaltar a importância de se implantar as defensas metálicas em locais e disposição conforme critérios determinados pelas normas competentes, e o reflexo disso no papel determinante das defensas metálicas no combate a redução de acidentes rodoviários, destacando assim a necessidade de estudos mais detalhados sobre o assunto para melhorar a segurança do trânsito nas rodovias brasileiras.

1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

O presente trabalho está organizado em quatro capítulos. No presente capítulo (Capítulo 1) são apresentados a contextualização do trabalho, seu objetivo, delimitação e justificativa, além da estrutura do documento.

No Capítulo 2 são apresentados o conceito de defesa metálica e os critérios de utilização conforme normas e manuais vigentes.

O Capítulo 3 descreve os trechos de rodovias estudados neste trabalho e apresenta os dados de suas características gerais. São mostrados os segmentos localizados segundo critérios de utilização de defensas metálicas e os cálculos de UPS e Ts, importantes para as avaliações dos respectivos segmentos.

Finalmente, no Capítulo 4, são apresentadas as conclusões das análises e as necessidades vislumbradas com o estudo para sua continuidade ou início de novos estudos para o aprofundamento do um assunto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A concepção de uma rodovia vai muito além de sua construção, pois são realizados vários estudos para a concretização de seu projeto. Até a implantação de uma rodovia, considerado o estágio final de sua concepção, são realizados os estudos preliminares à realização do projeto, e estes estudos influenciam diretamente nas características finais da via.

Entre estes estudos, se avalia a melhor forma de projetar uma rodovia com a intenção de minimizar as condições que possam propiciar um acidente, ou seja, tornar a rodovia o mais segura possível. Apesar deste esforço, pode ser que aconteça de haver um trecho da rodovia que não apresente uma segurança viária satisfatória. Neste caso, onde não é possível uma alteração física deste trecho, seja por impossibilidade construtiva ou orçamentária, existem alguns casos onde a implantação dos dispositivos de segurança ajuda a melhorar a segurança viária.

Dentre os dispositivos de proteção contínua definidos no Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro - CTB (Brasil, 2013), os dispositivos para fluxo veicular, ou também conhecidos como dispositivos de contenção viária (ABNT, 2007), são estruturas desenvolvidas e utilizadas para conter ou redirecionar um veículo desgovernado para que não atinja algum obstáculo fixo, talude de aterro, evitar ou dificultar que ele alcance o fluxo oposto em rodovias duplicadas ou atinja locais utilizados por pedestres e ciclistas.

Estes dispositivos de contenção constituem sistemas classificados de acordo com sua capacidade de deflexão resultante do impacto, podendo ser classificados em flexíveis, semirrígidos ou rígidos (ABNT, 2007). Os sistemas flexíveis mais utilizados são defensas metálicas, defensas com cabos de aço ou defensas de madeiras reforçadas com aço; os sistemas semirrígidos são as defensas metálicas, defensas de madeira reforçadas com aço, barreiras metálicas tubulares e barreiras de concreto pré-moldadas; e os sistemas rígidos são as barreiras de concreto e o muro de concreto liso vertical.

Neste trabalho será estudada a utilização das defensas metálicas como sistema de contenção, por ser esse o dispositivo com a aplicação mais difundida nas rodovias brasileiras.

2.1 DEFENSAS METÁLICAS

A NBR 6971 (ABNT, 2012) define tecnicamente defesa metálica como um dispositivo de contenção de proteção contínua, constituída por perfis metálicos, projetados em sua forma, resistência e dimensões, para conter e redirecionar os veículos desgovernados,

absorvendo parte da energia cinética do veículo, pela deformação do dispositivo. A Figura 2 mostra um exemplo desse dispositivo.

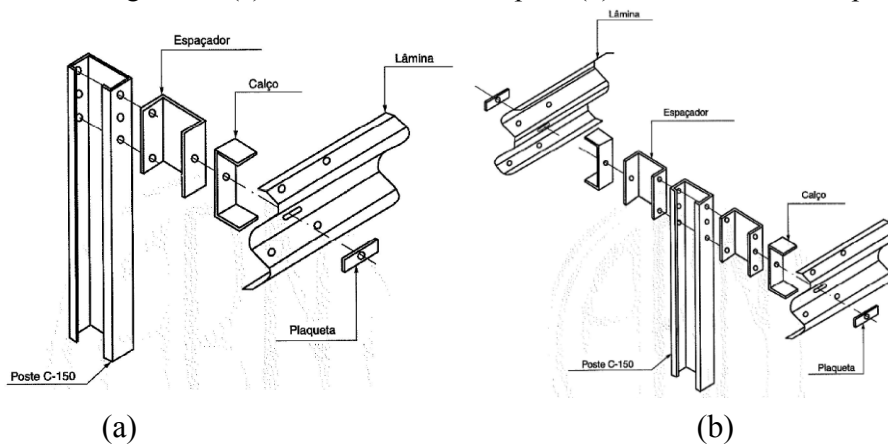
Figura 2 – Defesa metálica



Fonte: Armco Staco (2017).

As defensas metálicas possuem uma estrutura básica composta por lâminas dupla onda, postes, espaçadores, calço, parafusos, porcas e arruelas. O tipo de defesa metálica pode ser simples e dupla, onde a simples possui apenas uma linha de lâminas suportada por uma única linha de postes, e a dupla possui duas linhas de lâminas suportadas por uma única linha de postes, conforme Figura 3. Estas lâminas podem ser dupla onda ou tripla onda, conforme mostrado na Figura 4.

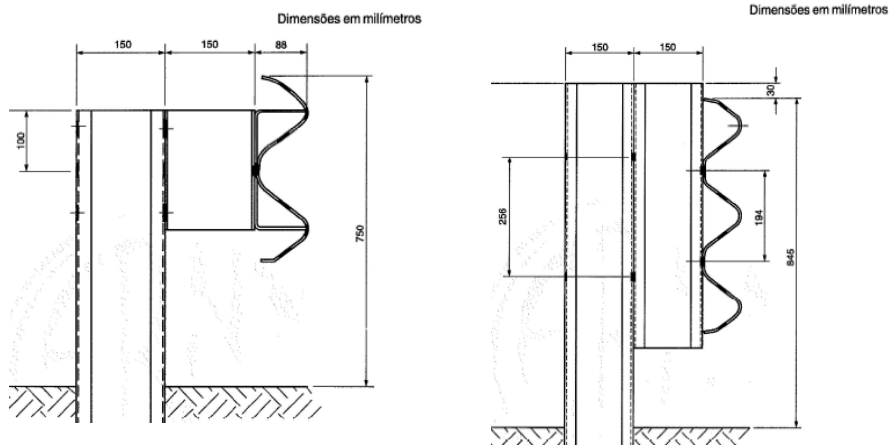
Figura 3 – (a) defesa metálica simples, (b) defesa metálica dupla



(a)
Fonte: ABNT (2016).

(b)

Figura 4 – (a) defesa dupla onda, (b) defesa tripla onda
(a) (b)



Fonte: ABNT (2016).

As defensas metálicas podem ser caracterizadas como um sistema flexível, semirrígido ou semi-flexível, ou rígido. As defensas metálicas podem ser dimensionadas para obter diferentes graus de rigidez ou capacidade de absorver energia de impacto (variando o espaçamento ou a rigidez dos postes de fixação ou, ainda, a rigidez dos elementos longitudinais e seus fixadores) (Missato, 2011).

Atualmente, conforme NBR 15486 (ABNT, 2016), os dispositivos de segurança, no nosso caso as defensas metálicas, são dispositivos classificados com base no nível de contenção, índice de severidade de aceleração, espaço de trabalho e deflexão dinâmica. Estes desempenhos devem ser comprovados mediante certificação de ensaios de impactos, de acordo com a norma europeia EN 1317 e a americana NCHRP 350. Estas últimas apresentam concepções e fundamentos ligeiramente diferentes e são utilizadas na certificação por serem referência na avaliação de desempenho destes dispositivos de segurança, e suas classificações devem ser utilizadas para se adequar da melhor maneira possível à realidade do tráfego onde se deseja aplicar um dispositivo de contenção.

A NBR 15486 (ABNT, 2016) trabalha com a classificação dos níveis de contenção, conforme EN 1317-2 e conforme a NCHRP 350, de acordo com o Quadro 1 e o Quadro 2.

Quadro 1 - Classificação dos níveis de contenção, conforme EN 1317-2.

Classificação	EN 1317-2
Muito alta	H4a, H4b, L4a e L4b
Alta	H1, H2, H3, L1, L2, e L3
Normal	N1 e N2
Temporária	T1, T2 e T3

Fonte: ABNT (2016).

Quadro 2 - Classificação dos níveis de contenção, conforme NCHRP 350.

Classificação	NCHRP 350
Muito alta	TL5 e TL 6
Alta	TL4, TL5 e TL6
Normal	TL3
Temporária	TL1, TL2 e TL3

Fonte: ABNT (2016).

Assim, uma defesa metálica certificada com nível de proteção N1, que foi desenvolvida para a contenção de veículos de passeio em situações de baixa gravidade de impacto, não é eficaz quando impactada por veículos maiores com velocidades elevadas e grandes ângulos de impacto. Uma defesa metálica que satisfaz o nível de contenção H4b foi desenvolvida para veículos de passeio e caminhões articulados (38 Toneladas). Estas variações nos graus de contenção, não têm reflexo apenas na estrutura da defesa metálica, mas também têm reflexo no custo do dispositivo. Assim a aplicação de cada tipo de defesa deve ser verificada com o devido critério, pois em rodovias de baixo tráfego e velocidades diretrizes reduzidas, defensas com alto grau de contenção podem não ser economicamente viáveis.

Abaixo são apresentados modelos de defensas certificadas para níveis de contenção N2 (Figura 5) e H1 (Figura 6), que são classificadas como níveis de contenção normal e alta, respectivamente. Os demais elementos que integram a referência a cada defesa (W6 ou W4, e A) também refletem características do dispositivo que serão apresentadas posteriormente.

Figura 5 – Defesa metálica – Nível de contenção N2.

N2 – W6 – A

Defesa Metálica N2 – W6 – A

Desempenho		Características	
Nível de contenção	N2	Altura	~725mm
Índice de severidade	A	Comprimento do módulo	4m
Largura de trabalho	2,0m W6	Distância do poste	4m
Deflexão	1,9m		
Intrusão	0,0m		
Classe VI	VI 1		
Composição			
Perfil W 4m metálico			1
Perfil C-130 C/1500mm			1
Conjunto de fixação M-10 x 30mm classe 5.8			1
Conjuntos de fixação M-16 x 30mm classe 8.8			8

Fonte: Marangoni (2016).

Figura 6 – Defesa metálica – Nível de contenção H1.

H1 – W4 – A

Defesa Metálica H1 – W4 – A

Desempenho		Características	
Nível de contenção	H1	Altura	~775mm
Índice de severidade	A	Comprimento do módulo	4m
Largura de trabalho	1,1m W4	Distância do poste	2m
Deflexão	1,0m		
Intrusão	2,2m		
Classe VI	VI 6		
Composição			
Perfil W 4m metálico		1	
Perfis C-130 C/1700mm		2	
Conjuntos de fixação M-10 x 30mm classe 5.8		2	
Conjuntos de fixação M-16 x 30mm classe 8.8		8	

Fonte: Marangoni (2016).

Para a certificação da defesa metálica para o nível de contenção N2 são necessários dois ensaios, sendo um com carro de 900 kg, velocidade de 100 km/h e ângulo de impacto de 20° e outro com carro de 1.500 kg, velocidade de impacto de 110 km/h e ângulo de impacto de 20°. Já para a certificação de nível de contenção H1 são necessários dois ensaios, um com carro de 900 kg, velocidade de 100 km/h e ângulo de impacto de 20° e outro com caminhão de 10.000 kg, velocidade de 70 km/h e ângulo de impacto de 15°. Diante destes dados, é possível verificar que apesar da diferença de esforço que os dois tipos de defesa metálica podem suportar, os dois tipos de defensas mudam pouco estruturalmente, cabendo destacar como diferenças a altura do perfil C-130 (poste), que possui 1.500mm no modelo N2 e 1.700 mm no modelo H1, e o espaçamento entre os postes que são de 4,0 m e 2,0m, respectivamente.

A seguir são apresentados, entre a Figura 7 e a Figura 9, mais alguns tipos diferentes de defensas metálicas em função dos níveis de contenção aos quais foram certificados. A Figura 7 apresenta a configuração de um dos modelos mais simples de contenção, ao contrário da Figura 9 que apresenta a configuração de contenção máxima possível para uma defesa metálica, segundo certificação baseada nos ensaios da norma europeia (EN 1317 *apud* ABNT, 2016) e americana (NCRHP 350 *apud* ABNT, 2016), conforme referido na Norma NBR 15486 (ABNT, 2016).

Figura 7 – Defesa metálica – Nível de contenção N2 (Normal).



Fonte: Armco Staco (2017).

Figura 8 – Defesa metálica – Nível de contenção H2 (Alta).



Fonte: Armco Staco (2017).

Figura 9 – Defesa metálica – Nível de contenção H4b (Muito Alta).



Fonte: Armco Staco (2017).

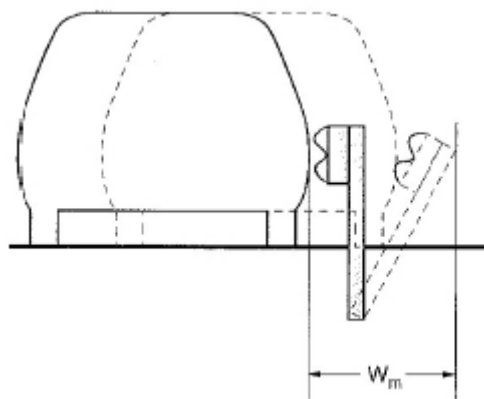
Os demais critérios de classificação das defensas metálicas, índice de severidade de aceleração, largura de trabalho (referida na norma da ABNT como espaço de trabalho) e deflexão dinâmica são possíveis de se verificar na Figura 5 e na Figura 6.

O índice de severidade é tratado pelos índices ASI (índice de severidade de aceleração e o THIV (velocidade teórica de impacto da cabeça), que são avaliações da severidade de impacto dos ocupantes dos veículos, e constituem três níveis - A, B e C -, sendo A mais seguro que o nível B, e o nível B mais seguro que o nível C. Os modelos de contenção

mostrados na Figura 5 e na Figura 6 possuem índices de severidade A, o que indica o melhor nível de segurança aos ocupantes dos veículos para os quais foram dimensionadas.

O espaço de trabalho, referenciado pela letra W, é a distância medida entre a face voltada ao tráfego da defesa metálica até o ponto mais externo da defesa metálica decorrente do impacto, conforme a Figura 10. O espaço de trabalho é dividido, segundo a EN 1317, em 8 níveis, como demonstrado no Quadro 3. Nos modelos apresentados na Figura 5 e na Figura 6, o modelo N2 possui um nível de espaço de trabalho W6 (até 2,1m) e o modelo H1 possui um nível W4 (até 1,3m), ou seja, o modelo com nível W4 de espaço de trabalho pode ficar a uma distância mínima de 1,3 metros de obstáculos, sendo que o modelo com nível W6 necessita de uma distância mínima maior, de 2,1 metros de um obstáculo, para que a defesa exerça sua função, de conter e redirecionar o veículo desgovernado, sem que atinja o obstáculo.

Figura 10 – Espaço de trabalho (W).



Fonte: ABNT (2016).

Quadro 3 - Espaço de trabalho conforme EN 1317.

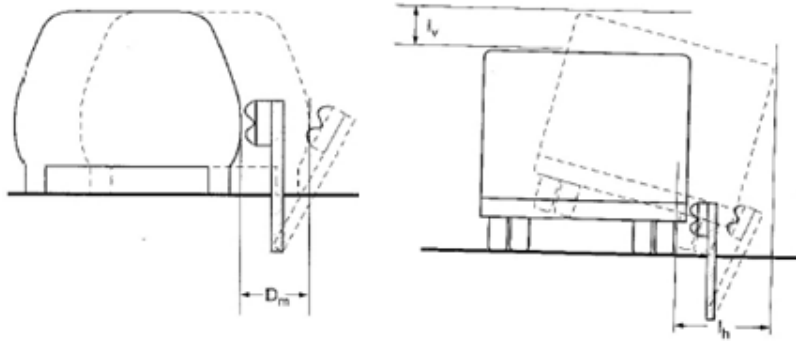
Níveis	Espaço de trabalho
W1	≤ 0,6 m
W2	≤ 0,8 m
W3	≤ 1,0 m
W4	≤ 1,3 m
W5	≤ 1,7 m
W6	≤ 2,1 m
W7	≤ 2,5 m
W8	≤ 3,5 m

Fonte: ABNT (2016).

A deflexão dinâmica é a distância medida entre a face voltada para o tráfego da defesa metálica até o mesmo ponto após a ocorrência do impacto. Existe também a intrusão,

que é a capacidade do veículo em produzir a intrusão tanto no espaço horizontal como no vertical, sendo neste caso uma distância a ser considerada no momento da instalação do dispositivo para que não se atinja os obstáculos. A Figura 11 ilustra a deflexão e a intrusão a ser considerada nas defensas metálicas.

Figura 11 – Deflexão Dinâmica (D_m) e Intrusão (I_v , I_h).



Fonte: ABNT (2016).

Nos modelos mostrados nas Figuras 5 e 6, a defesa com nível de contenção N2 apresenta característica de deflexão dinâmica de 1,9 metros e de intrusão de 0,0 metros, enquanto a defesa com nível de contenção H1 apresenta característica de deflexão dinâmica de 1,0 metros e intrusão de 2,2 metros. Vale ressaltar que estes modelos são exemplos reais, mostrados aqui para evidenciar os diferentes níveis que uma defesa metálica pode ter ao ser implantada, cabendo infinitas combinações, que devem ser especificadas baseadas nas características que a defesa metálica deve possuir para cumprir o papel que dela se espera.

É importante considerar que as defensas metálicas têm seu princípio de funcionamento baseado na sua capacidade de deformação e, portanto, não são intransponíveis. Visto que em uma rodovia transitam veículos com pesos muito diferentes, por mais que se estude as estatísticas de um trecho, um veículo fora dos padrões que se espera em um local pode perder o controle e alcançar uma defesa metálica que não possui as características de contenção para este veículo, e desta forma este dispositivo não terá o efeito aguardado.

Para uma melhor exposição sobre a aplicação das defensas metálicas, foram realizadas algumas análises de publicações sobre os critérios de instalação disponíveis hoje nos vários órgãos responsáveis por regulamentar a aplicação destes dispositivos no Brasil.

A primeira análise baseia-se num breve histórico das publicações técnicas sobre defensas metálicas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), para se verificar a evolução dos critérios de instalação destes dispositivos no âmbito do referido órgão.

Em um segundo momento, foi realizado um comparativo entre as publicações técnicas vigentes que tratam de defensas metálicas nos diferentes órgãos federais que regulamentam a aplicação desse dispositivo. São eles: o DNIT; o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN); e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Assim, na sequência, serão apresentadas as diferentes possibilidades de uso das defensas metálicas como dispositivo de segurança viária.

2.2 HISTÓRICO DAS PUBLICAÇÕES TÉCNICAS DO DNIT

Nesta parte da pesquisa realizou-se um comparativo entre as publicações técnicas do DNIT que estabelecem os parâmetros que configuram um local com necessidade de implantação de defensas metálicas e, no caso dessa necessidade ocorrer, apresentam as formas de implantação para garantir posicionamentos corretos e seguros dos dispositivos. Essas publicações, portanto, visam a implantação de dispositivos de segurança eficazes na absorção de energia e no direcionamento dos veículos desgovernados. São elas: Manual IPR 629/85 – Defensas Rodoviárias – 1979; Norma Rodoviária – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Especificação de Serviço - DNER-ES 144/85 - 1985; e Manual IPR 741 - Manual de Projetos e Práticas operacionais para Segurança nas Rodovias – 2010.

2.2.1 Manual IPR 629/85

O Manual IPR 629/85 – Defensas Rodoviárias – 1979 está vigente até a presente data. O conteúdo original dessa publicação, que é uma tradução feita pelo IPR do “*Highway Guardrail*” *Special Report* 81, do *Highway Research Board*, não passou por nenhum processo de revisão. Cabe destacar que o Manual IPR 629/85 aborda somente defensas metálicas com seção universal “W”, executadas em chapa metálica prensada. Esse tipo de defesa é referido no documento por “defensa tipo viga”. O manual admite não existir diretrizes suficientemente amplas para definir a necessidade de uso de defensas metálicas e o seu método de instalação, estabelecendo ele princípios básicos para a instalação desses dispositivos. O manual adverte que ao estudar as exigências para a instalação das defensas, deve-se aplicar os princípios fundamentais de projeto. Ou seja, “toda estrada deverá ser projetada com disposição e equilíbrio judiciosos das características geométricas, para evitar ou minimizar a necessidade de colocação de defensas”.

O referido manual trabalha com três tipos de condições básicas em que deve-se analisar a necessidade de aplicação de defensas metálicas. São elas: (i) pistas em aterros; (ii) canteiros centrais; e (iii) obstáculos nas áreas laterais.

A necessidade de implantação de defensas metálicas em pistas em aterros, considerado por esse manual, é verificada para taludes mais inclinados que 4:1 (H:V) em função da altura do aterro “h”, representada pela diferença de elevação entre o bordo externo do acostamento da pista e o ponto onde o talude encontra com o terreno natural.

Nesse manual a inclinação dos taludes, por exemplo, inclinação 4:1 (H:V), é apresentada com o primeiro valor correspondente à componente horizontal e o segundo valor correspondente à componente vertical. Essa notação difere das demais publicações analisadas neste trabalho, onde o primeiro valor se refere à componente vertical e o segundo à componente horizontal (V:H). Assim, para padronizar as análises, as inclinações referentes a esse manual serão apresentadas da mesma maneira das demais publicações em análise.

Como orientação do Manual IPR 629/85, foram estabelecidos valores básicos de alturas mínimas de aterro que requerem defensas metálicas, conforme apresentado no Quadro 4. O manual faz uma análise do custo de terraplanagem para se suavizar um terreno de 1:2 (V:H) para 1:4 (V:H), em comparação ao custo da implantação de defensas metálicas, afim de estabelecer uma altura crítica que definiria a opção entre a conformação do terreno pela execução de terraplanagem e a colocação de defensas metálicas. Tendo em vista a época de publicação do manual e da importância desta análise em particular, seria de muita relevância uma nova realização deste estudo, com os valores de custo atuais, para verificar se há modificação dos valores apresentados, e assim poder estabelecer tal parâmetro para as futuras normas.

Quadro 4 - Critério de Talude

Inclinação de Talude (V:H)	Altura do Aterro (h)
Talude 1:1 ½	8 pés \cong 2,4 m
Talude 1:2	10 pés \cong 3,0 m
Talude 1:2 ½	12 pés \cong 3,6 m
Talude 1:3	15 pés \cong 4,5 m

Fonte: Adaptado do Manual IPR 629/85.

O manual também faz referência ao comprimento das defensas metálicas nos aterros das rodovias. Ele recomenda evitar a implantação de trechos curtos de defensas, por criarem, muitas vezes, novos riscos. Considera desejável um comprimento mínimo de trecho isolado

de defesa metálica de 100 pés ($\cong 30\text{m}$), podendo ser adotado, em rodovias de alta velocidade, comprimentos mínimos de 250 pés ($\cong 75\text{m}$).

O Manual IPR 629/85 apresenta diretrizes quanto à forma de implantação das defensas metálicas. No caso da implantação desses dispositivos em aterros, considera necessário um distanciamento variando de 2 pés a 5 pés do bordo do acostamento, para taludes com inclinação de 1:4 (V:H) a 1:1 $\frac{1}{2}$ (V:H), respectivamente. Quando houver presença de meio-fio, o manual recomenda a localização da defesa preferencialmente a 1,5 pés da face do meio-fio, admitindo que, em condições restritas, a defesa seja aplicada na face do meio-fio. Apesar desta recomendação, o manual faz menção à necessidade de estudos sobre a influência dos meios-fios na eficácia das defensas metálicas. Será demonstrado que nas publicações mais recentes, estudadas neste trabalho, é vedada a utilização de defensas metálicas com o meio-fio à sua frente, sendo recomendado a instalação das defensas na frente dos meios-fios ou faceando-os.

Uma outra diretriz, no caso da necessidade de implantação de defensas metálicas, é a sua instalação de forma a estarem alinhadas com todos os elementos (muro de arrimo, barreiras de concretos de pontes ou viadutos, por exemplo) de uma rodovia, a fim de garantir uma uniformidade dimensional. Isto é, para permitir que veículos desgovernados “escorreguem” entre os elementos sem colidir com algum deles, e assim diminuir a gravidade dos acidentes.

Para a necessidade de implantação de defensas metálicas em canteiros centrais, este Manual, considera duas situações: (i) canteiros com ambas as pistas no mesmo nível; e (ii) canteiros com pistas em níveis diferentes. Na primeira situação, a proteção com a utilização de defensas metálicas depende da largura do canteiro e do volume de tráfego conforme Quadro 5, segundo o manual, para evitar colisões, principalmente as frontais, com veículos que ultrapassem o canteiro central. No segundo caso, o manual considera, especialmente em canteiros largos, as condições de necessidade de defensas metálicas com base nos critérios de aterro mostrados anteriormente.

O manual admite a necessidade de defensas, em canteiros de pistas com níveis diferentes, com taludes de 1:4 (V:H) ou mais de inclinação, podendo omitir a sua utilização para inclinação de canteiros centrais iguais ou inferiores a 1:5 (V:H), desde que existam acostamentos à esquerda de inclinação e larguras adequadas. É importante citar que esta inclinação e largura não são apresentadas.

Uma situação que não está clara no manual é se nos casos de canteiros centrais com pistas em níveis diferentes e taludes de 1:5 (V:H) ou menos, com condições necessárias para

dispensa de defensas metálicas, mas que possuem canteiros com larguras e volume de tráfego conforme Quadro 5, cabe ou não a aplicação de defensas metálicas.

Quadro 5 - Critério de utilização de defensas em canteiro central

Largura do Canteiro Central	TMD (Tráfego Médio Diário)		
	Condições desfavoráveis	Condições favoráveis	Norma Mínima
10 pés \cong 3,0 m	10 mil	15 mil	20 mil
20 pés \cong 6,0 m	20 mil	30 mil	40 mil
30 pés \cong 9,0 m	30 mil	45 mil	60 mil
40 pés \cong 12,0 m	-	-	60 mil

NOTAS: Condições desfavoráveis – rodovias com terreno acidentado, condições de congestionamento e velocidade elevada.

Fonte: Manual IPR 629/85.

Nos canteiros centrais, o manual apresenta apenas a instalação de defensas duplas, com algumas variações de disposição, sendo considerada a implantação de defensas simples apenas nos casos de canteiros centrais entre pistas em níveis diferentes, sendo implantadas na pista de nível superior.

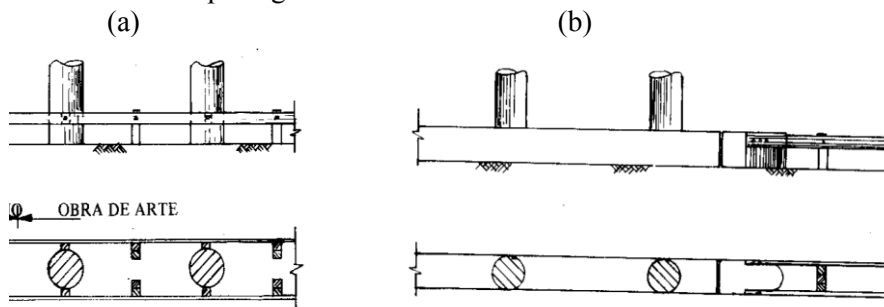
No tocante a obras de arte especiais (OAE) de passagem superior, em pista duplas com canteiro central, frequentemente ocorre situações potencialmente perigosas. Além da barreira de contenção (barreiras de concreto ou parapeitos de concreto) dessas obras de arte se constituírem em obstáculo causador de risco, ainda há o espaço entre as OAE onde o canteiro central sofre uma inclinação brusca até a ferrovia, estrada ou curso d'água, agravando o perigo neste ponto.

O manual recomenda a instalação de defensas metálicas com comprimento mínimo de 150 pés (\cong 45m) para canteiros centrais estreitos, de 22 pés (\cong 7m) a 38 pés (\cong 11m) de largura, e comprimento mínimo de 200 pés (\cong 60m) para canteiros centrais com largura igual ou superior a 40 pés (\cong 12m). O manual recomenda, também, proteção transversal entre as OAE's para deter veículos desgovernados. É recomendado, sempre que possível, a construção de uma OAE que atenda as duas pistas, ao invés de uma para cada pista, o que eliminaria o "vazio" entre as duas estruturas.

Para proteção de pilares centrais localizados em canteiros centrais, devido a passagens inferiores, o manual recomenda a instalação de defesa continua que se estenda através da passagem inferior e termine, de preferência, a 100 pés (\cong 30m) antes e depois da OAE. Caso estes pilares tenham uma base de concreto, as defensas metálicas podem ser fixadas nas suas extremidades. A Figura 12 (a) e (b) ilustra as duas situações.

O manual recomenda, no caso de defesa metálica contínua, que sua fixação seja feita diretamente em cada lado dos pilares, para que se produza um efeito de continuidade, sem desvios da defesa metálica, conforme Figura 12 (a).

Figura 12 – (a) Defensas metálicas contínuas em passagem inferior, (b) Defensas metálicas fixadas nas extremidades da passagem inferior.



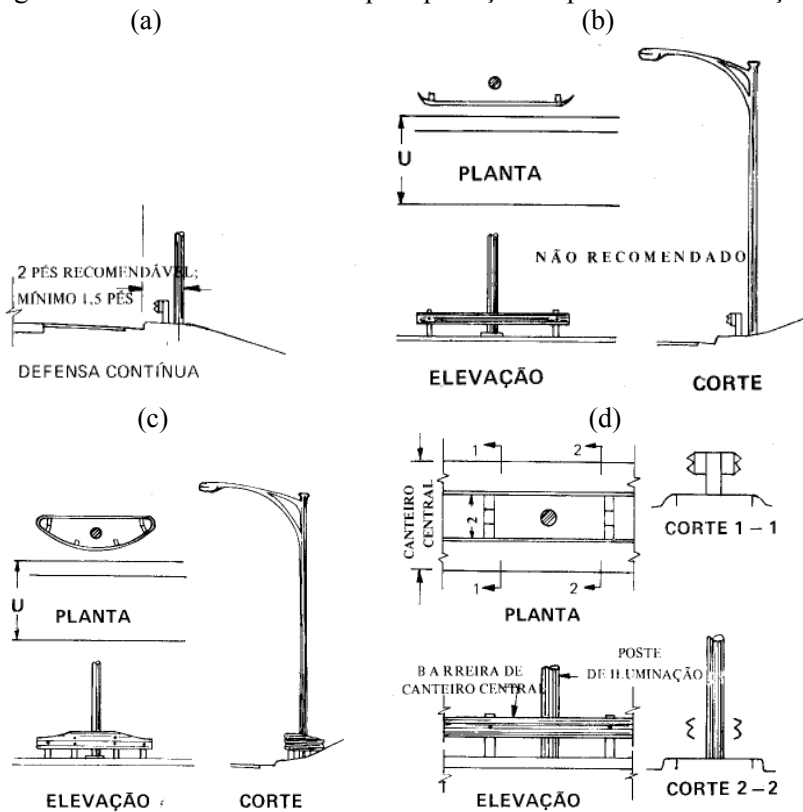
Fonte: Manual IPR 629/85

Para a necessidade de implantação de defensas metálicas devido à presença de obstáculos nas áreas laterais da via, o Manual IPR 629/85 identifica como obstáculos os postes de iluminação e os suportes de placas de sinalização.

A respeito dos postes de iluminação, esse manual apresenta três maneiras para proteção. No caso das formas apresentadas na Figura 13 (b) e (c), o documento reconhece que sua capacidade de proteção é reduzida, mas que essas formas podem ter um grau razoável de proteção em condições de baixa velocidade. A forma de proteção por defesa metálica contínua, apresentada na Figura 13 (a), é considerada uma forma razoável de proteção pelo manual.

O manual faz referência de que postes de iluminação não devem ser instalados em canteiros centrais, mas que, caso seja absolutamente necessário, é recomendada sua instalação dentro de uma defesa dupla. É admitido que esta defesa deve ter uma deflexão dinâmica máxima de 8 polegadas (que corresponde a aproximadamente 20 centímetros) para que seja garantida a integridade do poste.

Figura 13 – Defensas metálicas para proteção de postes de iluminação.

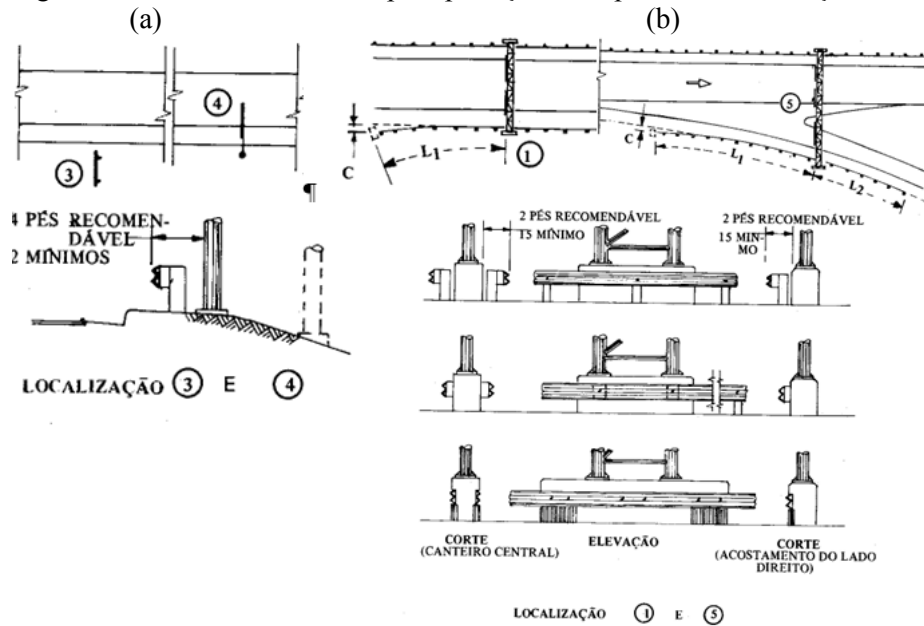


Fonte: Manual IPR 629/85

Os suportes de sinalização que representam grandes obstáculos nas laterais das rodovias devem receber proteção, segundo o Manual IPR 629/85. A recomendação é de que seja respeitada uma distância de 2 pés ($\cong 0,6\text{m}$) entre o suporte e a face da defesa metálica, mas que não sendo possível esta distância, pode-se fixar a defesa na base de concreto, caso exista; e em casos extremos pode-se formar uma reentrância no bloco para instalar a defesa e obter assim uma continuidade ao longo da defesa. Em casos de suportes simples e placas em balanço, recomenda-se afastamento de 4 pés ou mais. Estas disposições são ilustradas na Figura 14.

Para estes casos de proteção de suportes de sinalização, a defesa metálica deve possuir comprimento preferencial de 125 pés ($\cong 38\text{m}$). Para as defensas que forem instaladas livres do suporte de sinalização (não fixadas na base de concreto do suporte de sinalização) deve-se estender no mínimo 75 pés ($\cong 23\text{m}$) do suporte de sinalização, quando não ancorada; e no mínimo 25 pés ($\cong 8\text{m}$) quando ancorada. Caso a defesa esteja fixada na base de concreto do suporte de sinalização não é necessário estender seu comprimento além no obstáculo.

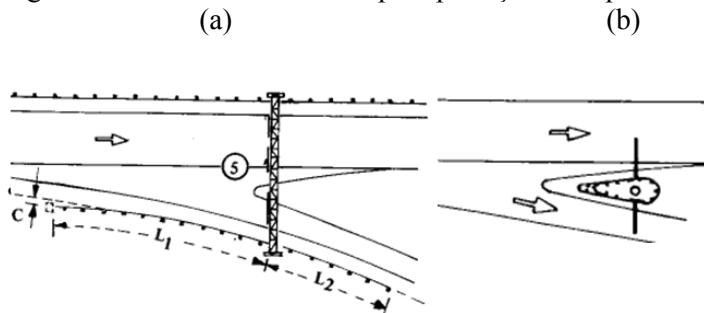
Figura 14 – Defensas metálicas para proteção de suportes de sinalização.



Fonte: Manual IPR 629/85.

Em bifurcações, o manual recomenda a instalação de suportes conforme apresentado na Figura 15 (a). Caso não seja possível, e seja necessária a instalação de suportes de sinalização em uma bifurcação, como mostrado na Figura 15 (b), é recomendada a implantação de defesa metálica em forma de “U” alongado. O manual reconhece que este dispositivo não é muito eficaz devido ao seu pequeno tamanho e falta de ancoragem.

Figura 15 – Defensas metálicas para proteção de suportes de sinalização.



Fonte: Manual IPR 629/85.

Para estes casos, os critérios anteriormente apresentados sobre o comprimento da defesa metálica são mantidos.

O Quadro 6 apresenta um resumo dos critérios para a utilização de defensas metálicas devido a obstáculos em rodovias.

Quadro 6 - Critério de Obstáculos em rodovia

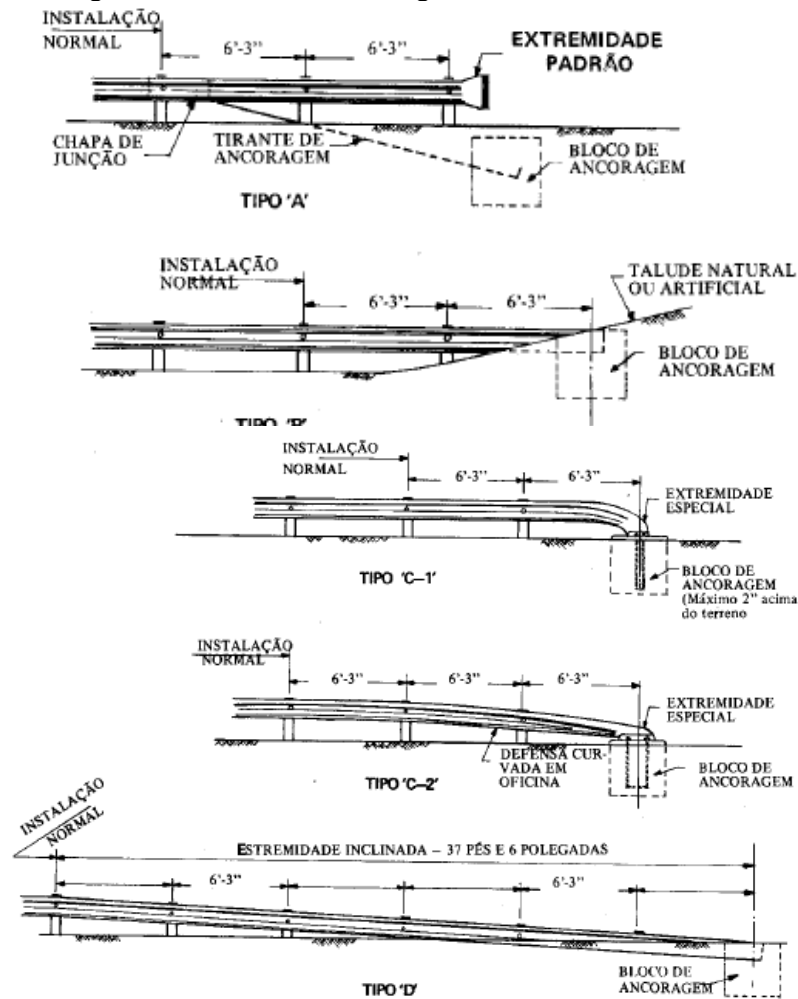
Obstáculos	Afastamento		
	Lateral	Canteiro Central	Bifurcação
Postes de iluminação	2 pés	Entre laminas de defesa dupla	-
Suporte de Sinalização	2 pés a 4 pés-	2 pés	30 pés na parte anterior ao suporte

Fonte: Adaptado do Manual IPR 629/85.

Em todas as aplicações citadas até o momento, foram analisadas as condições de avaliação de necessidades de implantação das defensas metálicas. Há também disposições dos terminais das defensas metálicas, que constituem o início e o término destes dispositivos de contenção. Assim, na sequência, serão tratadas as condições de ancoragem destes dispositivos e apresentados os tipos de terminais referidos no Manual IPR 629/85.

Esse manual admite que uma colisão nos primeiros 15 a 30 metros do comprimento das defensas, a torna totalmente ineficaz. Assim, para aumentar a estabilidade do dispositivo de contenção, suas extremidades devem ser ancoradas. O manual considera formas diferentes de ancoragem, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Formas de ancoragem das defensas metálicas.

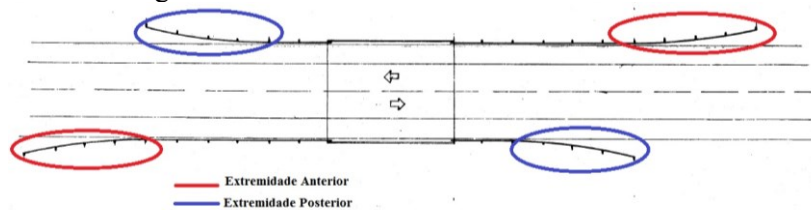


Fonte: Manual IPR 629/85.

A ancoragem tipo A consiste em um terminal aéreo com um tirante ancorado em um bloco de concreto enterrado. O tipo B consiste na ancoragem da extremidade da defesa, enterrada em um talude natural ou até mesmo artificial, não deixando extremidade exposta, sendo uma característica recomendável pelo manual. Já o tipo C se divide nos tipos C1 e C2. Basicamente, são terminais especiais, pré-fabricados, onde o tipo C1 é um terminal curvado e o tipo C2 apresenta uma inclinação com uma curvatura menor na extremidade, sendo os dois ancorados em um bloco de concreto. A ancoragem tipo D é ilustrada com mais detalhes na Figura 19.

O manual convencionou, a partir do sentido do tráfego, a parte inicial da defesa metálica como sendo a extremidade anterior e a parte final da defesa como a extremidade posterior, conforme Figura 17.

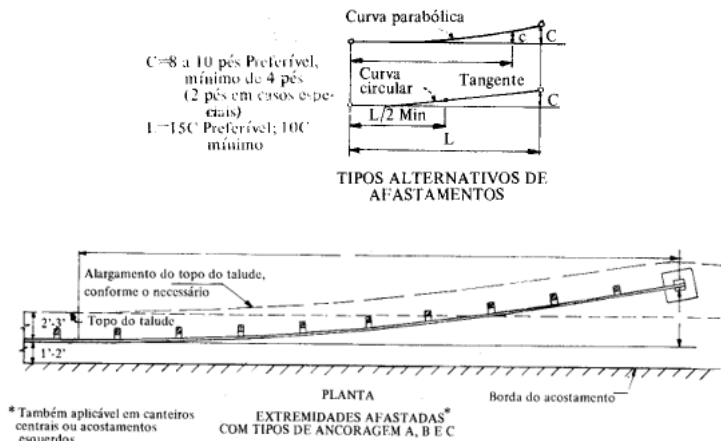
Figura 17 – Extremidades de defensas metálicas.



Fonte: Manual IPR 629/85

Segundo o manual, deve-se afastar e ancorar as extremidades anteriores das defensas metálicas, sendo este afastamento, preferencialmente, de 2,4 a 3,0 metros, sendo admitidos afastamentos menores em casos especiais, e seu comprimento deve ser superior a 10 vezes o afastamento, sendo preferível 15 vezes. Inclusive é recomendado iniciar o terminal antes do ponto teórico necessário para uma defesa metálica, para impedir que um veículo passe por trás da defesa e assim elimine sua finalidade. Segue na Figura 18 a utilização de afastamento nos vários tipos de ancoragens.

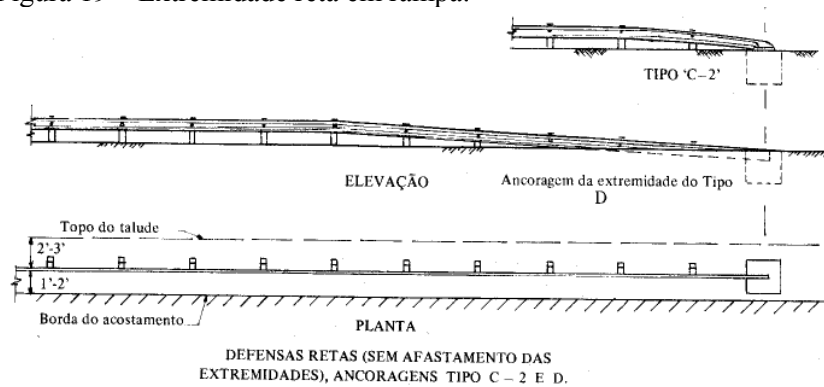
Figura 18 – Extremidade afastada.



Fonte: Manual IPR 629/85

No entanto, o manual apresenta uma outra forma de tratamento da extremidade anterior, ancoragem tipo D, que é com terminal reto (sem afastamento) em rampa, conforme ilustrado na Figura 19. Este tipo de tratamento apresenta como vantagem a eliminação do risco de colisão de um veículo com o terminal. O manual faz uma ressalva de que para altas velocidades este tipo de tratamento pode fazer com que o veículo seja lançado por cima da defesa, mas mostra que esta aplicação é satisfatória para velocidade de até 64 km/h, aproximadamente.

Figura 19 – Extremidade reta em rampa.



Fonte: Manual IPR 629/85

A extremidade posterior, segundo o manual, embora não seja tão crítica, também apresenta problemas de estabilidade nos últimos 15 a 30 metros. Assim é recomendado uma extensão preferencial de 22,5 metros além do ponto teórico para a ancoragem, sendo sugerido a ancoragem tipo C-1. O Quadro 7 ilustra um resumo dos critérios relatados.

Quadro 7 - Critério de Ancoragem

Ancoragem	Tipo	Dimensões
Anterior	Afastada	$C \cong 2,4$ a $3,0$ m e $L \cong 10$ a $15 \times C$
	Rampa	$L \cong 11,1$ m (3 seções padrões)
Posterior	Tipo C-1	-

Legenda: C=Afastamento e L=Comprimento

Fonte: Adaptado do Manual IPR 629/85

Uma consideração importante feita pelo Manual IPR 629/85 são as ancoragens em Obra de Arte Especial – OAE, onde há fatores que tornam estes locais perigosos, tais como o estreitamento usual de acostamentos, que resulta na redução de espaço livre lateral, e obstáculos como os parapeitos ou guarda-corpos. Desta forma, é recomendado que a defesa metálica seja ancorada às barreiras de proteção de concreto (parapeito ou guarda-corpos), mantendo um alinhamento uniforme. Nos casos de estreitamento da pista, pela eliminação ou redução dos acostamentos, uma deflexão lateral gradativa aceitável considerada pelo manual é a razão de 4,5 a 6,0 metros para cada metro de estreitamento.

Apesar de considerar algumas alternativas no tratamento da ancoragem das defensas metálicas, a mais usualmente encontrada é a extremidade da barreira de proteção da OAE moldada para receber a extremidade da defesa metálica com chumbamento entre as estruturas. O Manual IPR 629/85 recomenda a transição em rigidez e resistência da defesa para o elemento rígido da OAE, com a redução de espaçamento entre os postes de fixação da defesa metálica.

2.2.2 Norma DNER – ES – 144/85

A Norma Rodoviária – DNER-ES 144/85 está vigente até a presente data e é uma revisão da Norma Rodoviária – DNER-ES-OC 41/70. Essa norma dispõe sobre especificações de serviços destinados à instalação de defensas metálicas às margens das rodovias, enumerando posicionamentos das defensas. Especifica disposições construtivas para cada situação considerada, instruindo sobre equipamento mínimo necessário para a execução dos serviços, orçamento dos serviços de instalação, sua medição e forma de pagamento. A norma apresenta, também, gráficos onde a necessidade de implantação de defensas em aterros e canteiros centrais pode ser verificada.

Nessa norma é apresentada a Norma DNER-EM 145/85, que foi revisada e hoje substituída pela Norma DNER-EM (EM – Especificação de Materiais) 370/97. Essa última norma define a defesa metálica como um dispositivo de proteção, contínuo, deformável, com forma, resistência e dimensões capazes de absorção gradativa e redirecionamento de veículos desgovernados. As defensas podem ser simples, aquelas que dispõem de uma guia de deslizamento (lâmina), ou dupla. A defesa dupla dispõe de duas guias de deslizamento, montada sobre uma única linha de elementos de sustentação. Para os dois tipos, a Norma DNER-EM 370/97 descreve como módulo o conjunto completo de peças para construção de 4,0 metros úteis de defesa.

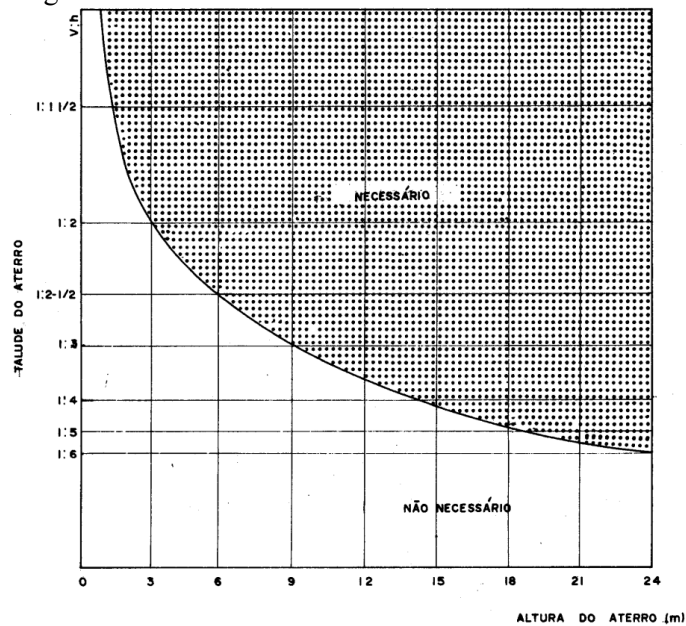
A Norma DNER-ES 144/85 não apresenta uma definição descritiva dos tipos de defensas metálicas as quais faz menção em seu texto, mas apresenta na sua referência bibliográfica a NB-285 (como era chamada as normas brasileiras antes da mudança de nomenclatura para NBR), a qual se tornou a ABNT NBR 6971, e nesta norma há uma descrição dos tipos de defensas referenciadas na DNER-ES 144/85. Os tipos de defensas metálica são: (i) as defensas maleáveis com postes menos rígidos e que sofrem, portanto, maiores deformações plásticas em toda sua estrutura; (ii) as defensas semi-maleáveis que possuem postes mais rígidos que as defensas maleáveis, ficando a maior tendência de deformação nas lâminas e nos espaçadores; (iii) as defensas semirrígidas, que são sistemas mais rígidos que o maleável e semi-maleável; e (iv) as defensas rígidas, que são obtidas a partir da defesa semi-maleável por meio da diminuição do espaçamento entre postes.

Há na Norma DNER-ES 144/85 dois gráficos importantes. O gráfico mostrado na Figura 18 da norma (ver Figura 20 desta monografia) define a necessidade da implantação da defesa metálica em aterros, em função da inclinação do talude e da altura do aterro. Já o gráfico da Figura 19 da norma (ver Figura 21 desta monografia) define a necessidade da

defensa nos canteiros centrais, em função do volume diário médio diário (VDM) e da soma da largura do canteiro com a faixa de segurança.

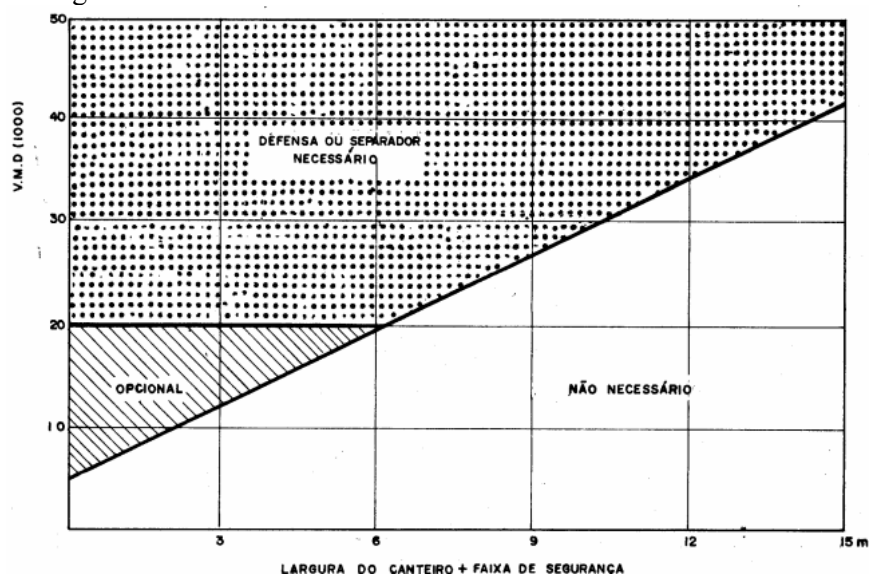
Nota-se que a necessidade de defensas metálicas em canteiros centrais é recomendada a partir de VDM de 20 mil para canteiros até 6m, sendo prevista a manutenção dessa necessidade para uma variação linear do VDM acima de 20 mil em relação à largura acima de 6m, até canteiros centrais com 15,0 metros de largura.

Figura 20 – Fig. 18 da DNER-ES 144/85 – Necessidade de Defensas em aterros.



Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

Figura 21 – Fig. 19 da DNER-ES 144/85 – Necessidade de Defensas em canteiros centrais.

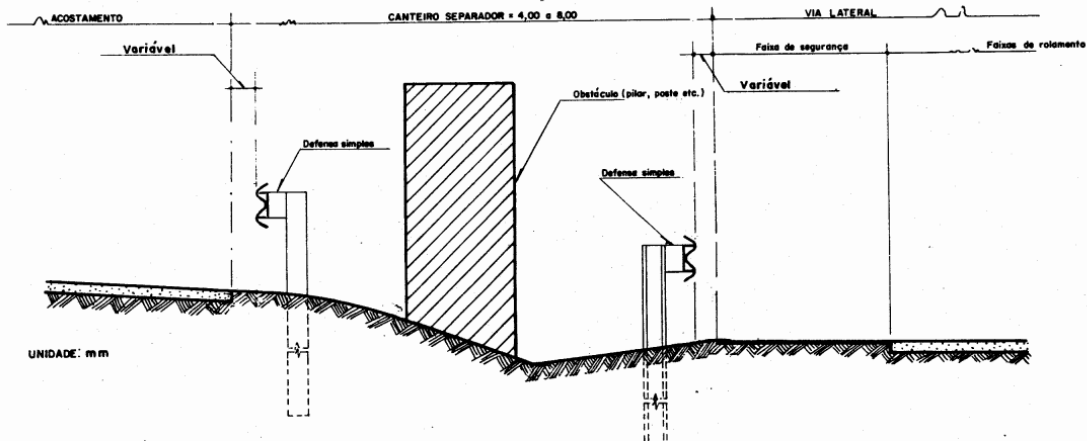


Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

A implantação, no caso da necessidade das defensas metálicas em canteiros centrais, deve ser de defensas duplas. A defesa dupla deve ser desdobrada em duas linhas de defensas simples quando houver uma ou mais das seguintes situações: diferença de nível (n) e largura (l) entre as pistas maior de 1:6, existência de meios-fios, posição incompatível com drenos e existência de vegetação antiofusante ou possibilidade de plantio.

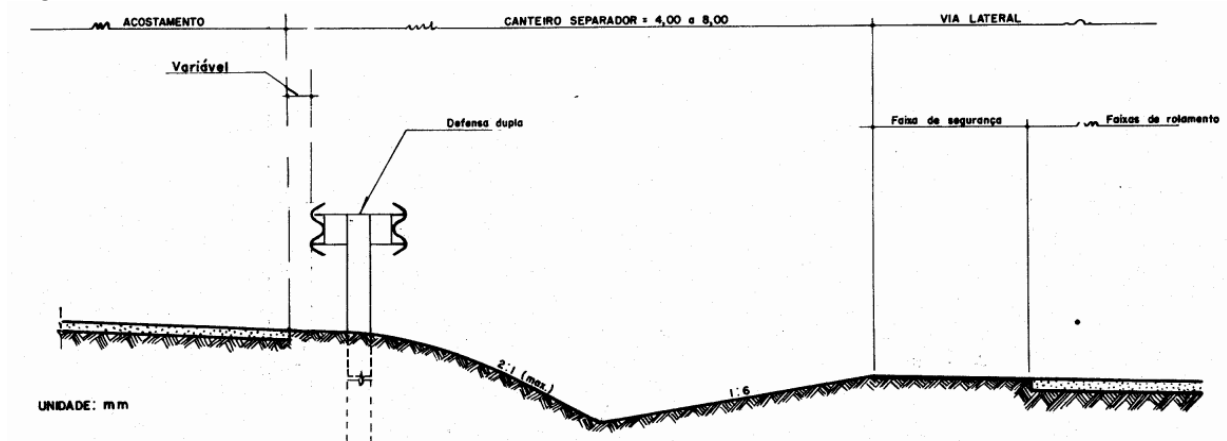
A norma ainda faz menção a três situações onde deve ser utilizada a proteção por defensas metálicas em canteiros separadores de pistas principais com ruas laterais. Essas situações são ilustradas nas Figuras 22 a 24.

Figura 22 – Necessidade de Defensas em canteiro separador pista principal com rua lateral com largura de 4,0 a 8,0 metros com obstáculos.



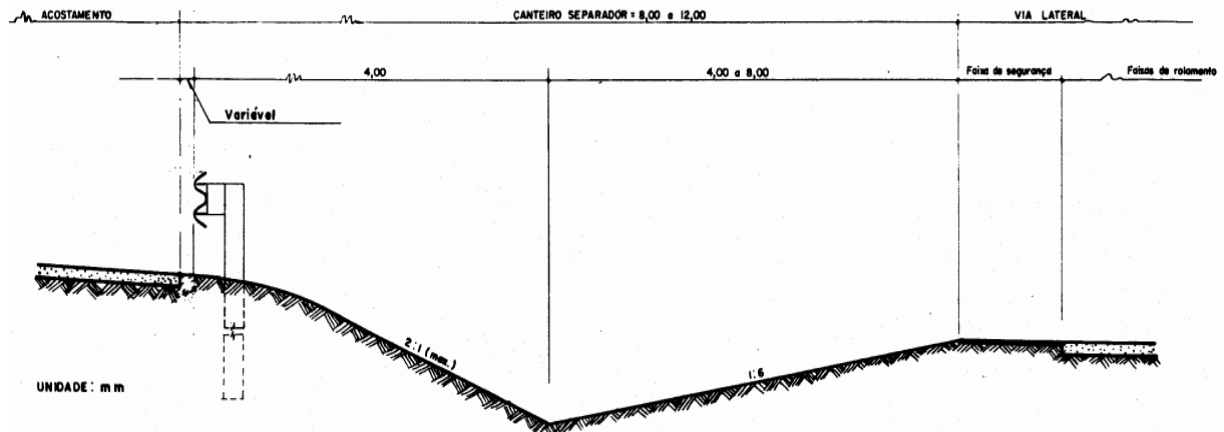
Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

Figura 23 – Necessidade de Defensas em canteiro separador pista principal com rua lateral com largura de 4,0 a 8,0 metros sem obstáculos.



Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

Figura 24 – Necessidade de Defensas em canteiro separador pista principal com rua lateral com largura de 8,0 a 12,0 metros.

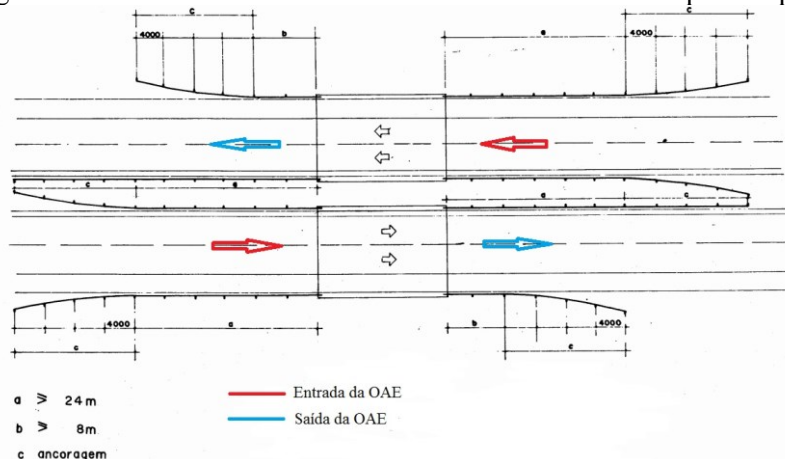


Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

Para obstáculos às margens da rodovia, admitindo-se postes de iluminação, pilares, suportes de sinalização, e outros eventuais obstáculos, a norma não apresenta uma distância à margem da pista ou em canteiros centrais que deva servir de parâmetro para que seja determinada a necessidade de defensas metálicas. Ela cita tão somente a necessidade do uso do dispositivo no caso da existência de obstáculos de reconhecida periculosidade. Reconhecida tal situação, a defesa deve ser aplicada respeitando a distância mínima de 0,50 metros entre a face externa da defesa e o obstáculo, um comprimento de defesa de 16,0 metros anterior ao obstáculo, com ancoragem afastada em rampa.

A norma cita especificamente situações de necessidade de defensas metálicas nos acessos às OAE's. Recomenda como critério para OAE's em pistas simples, comprimentos de defensas metálicas maiores ou iguais a 24,0 metros e 8,0 metros, na entrada e saída da OAE (considerando o sentido do tráfego), respectivamente. Estes comprimentos são tidos como referência apenas para o corpo da defesa metálica, sendo necessários, ainda, os terminais para ancoragem do dispositivo de contenção. Para as OAE's em pistas duplas, o valor dos comprimentos para as entradas e saídas se mantém como na situação de pistas simples, à margem direita do tráfego de cada pista. Nas defensas metálicas nos canteiros que dividem as OAE's, os comprimentos são maiores ou iguais a 24,0 metros, tanto para entrada como para a saída, como mostrado na Figura 25.

Figura 25 – Necessidade de Defensas em acessos a OAE em pista dupla.



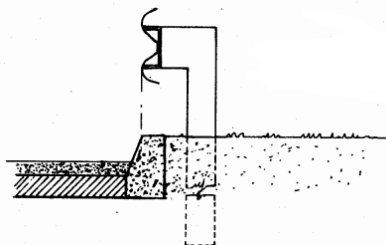
Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

Em casos onde não há acostamentos nas OAE's, as defensas metálicas devem ser instaladas nas calçadas das mesmas, prolongando-se sobre os acessos sem mudanças bruscas de alinhamentos. Para esses casos, a Norma DNER-ES 144/85 admite um desvio angular correspondente a uma relação de 1:25, ou seja, um metro de afastamento lateral a cada 25,0 metros de comprimento de defesa instalada.

A Norma DNER-ES 144/85 ainda recomenda a necessidade de instalação de defensas metálicas com aberturas para passagem de pedestre, quando há no local dimensões que comportem tal instalação, e em talude de corte em rochas é prevista a necessidade de instalação de defensas metálicas para a proteção contra a queda nas sarjetas de pé de talude.

É importante destacar que essa norma apresenta a posição como as defensas metálicas devem ser instaladas em relação aos meios-fios, quando eles existirem, nos locais de implantação, de forma que a lâmina das defensas metálicas faceie o meio-fio, conforme ilustrado na Figura 26.

Figura 26 – Posição da defesa metálica em relação ao meio-fio.

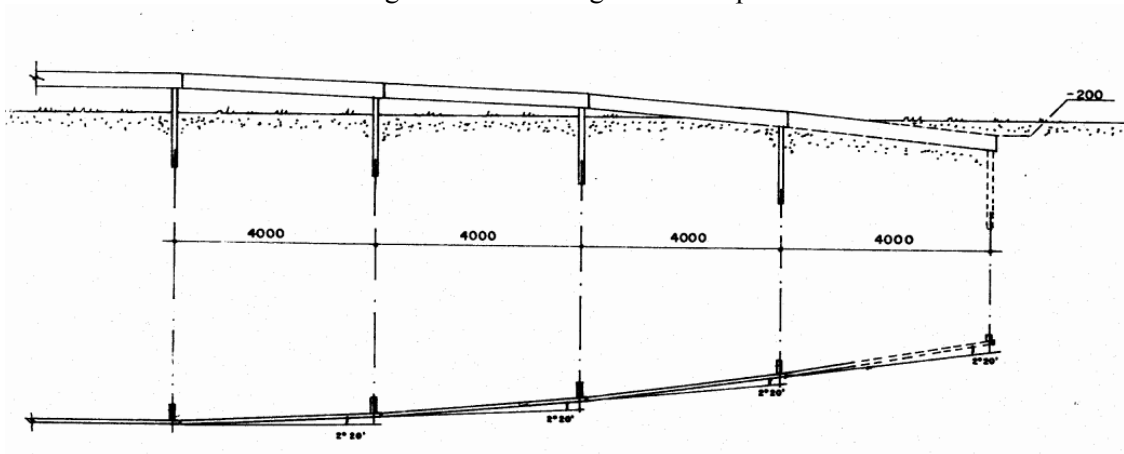


Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

Para os casos de ancoragem das defensas metálicas instaladas conforme situações recomendadas pela Norma DNER-ES 144/85, é admitida apenas a ancoragem desviada em

rampa e reta em rampa. A ancoragem em rampa abordada nessa norma consiste na descida da lâmina, na extensão de 16,0 metros até 0,20 m abaixo do nível do solo, conforme Figura 27.

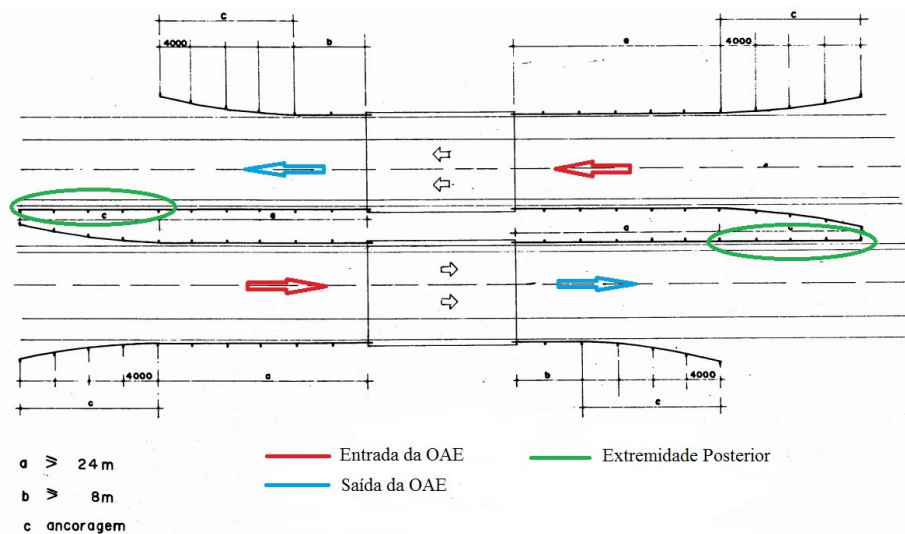
Figura 27 – Ancoragem em rampa.



Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

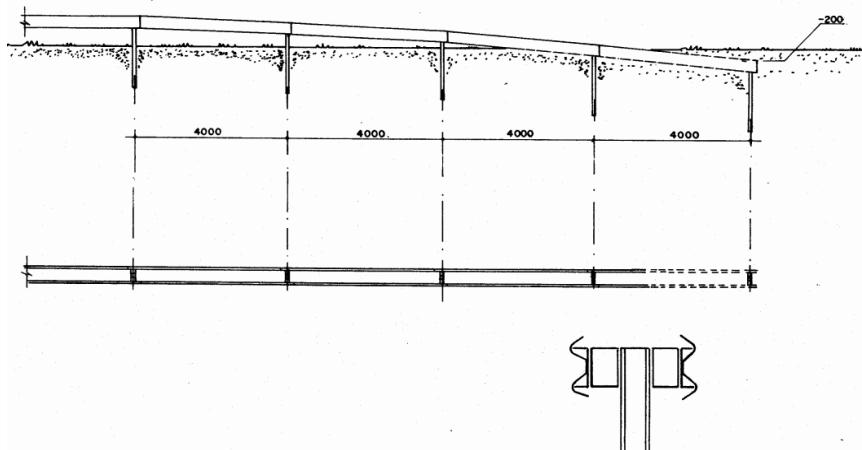
A condição da ancoragem de ser desviada foi mostrada nesta norma, em todos os casos de aplicação de defensas metálicas simples, com exceções dos terminais de extremidades posteriores das defensas metálicas dos canteiros centrais nas saídas das OAE's e em terminais de defensas duplas. Para esses terminais são recomendadas ancoragens reta e em rampa, conforme ilustram as Figura 28 e 29. Nos casos de ancoragens desviadas é recomendado o desvio angular correspondente a uma relação de 1:25, ou seja, um metro de afastamento lateral a cada 25,0 metros de comprimento de defesa instalada.

Figura 28 – Necessidade de Defensas em acessos a OAE em pista dupla: condição de ancoragem nos canteiros centrais.



Fonte: Norma DNER-ES 144/85.

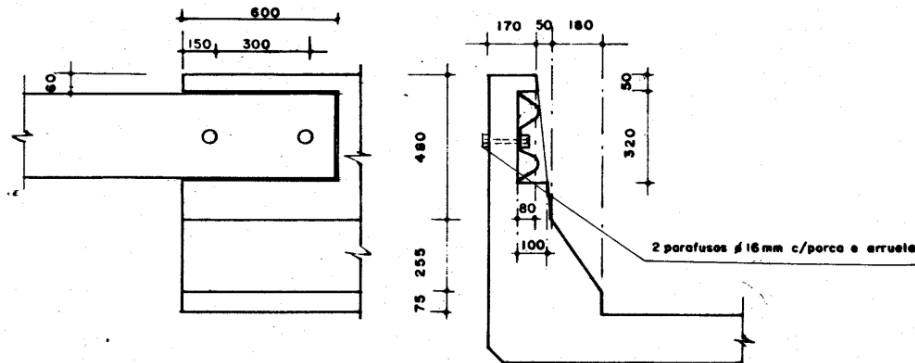
Figura 29 – Ancoragem reta em rampa - Defesa metálica dupla.



Fonte: Norma DNER-ES 144/85

As ancoragens das defensas metálicas nos guarda-corpos de concreto das OAE, de acordo com a Norma, devem ser posicionadas em reentrâncias na estrutura de concreto para receber a lâmina da defesa metálica, sendo essa lâmina fixada por parafusos transpassados, conforme Figura 30.

Figura 30 – Ancoragem da defensas metálica nas OAE.



Fonte: Norma DNER-ES 144/85

2.2.3 Manual IPR - 741

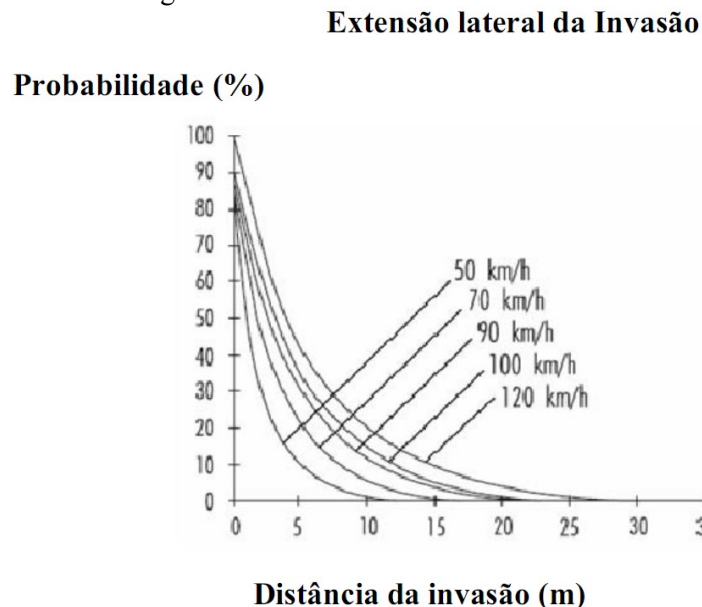
O Manual IPR 741 - Manual de Projetos e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias – 2010 está em vigor, sendo uma tradução do “*Highway Safety Design and Operations Guide – 1997*”, editado pela *American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO*, complementada com recomendações de outras publicações técnicas, incluindo experiência nacional sobre projetos e práticas operacionais para segurança nas rodovias. A publicação da AASHTO de 1997 é uma atualização dos

manuais anteriores, das duas edições (1967 e 1974) da publicação da AASHTO - “*Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety*”.

No Manual IPR 741 é apresentado o conceito de área livre, como sendo uma área adjacente à pista, na qual a declividade transversal, a superfície e a ausência de obstáculos fixos possam permitir a recuperação de um veículo que vier a sair da rodovia. Esta declividade transversal, que apresenta condições do motorista recuperar o controle do veículo admitida por esse manual é de 1:4 (V:H).

O Manual IPR 741 recomenda que, para a redução da severidade dos acidentes resultantes da saída de pista, deve ser provida uma área livre de obstáculos ao longo da rodovia. Quando não for possível ajustar as características (inclinação do talude e obstáculos fixos) das áreas laterais recomenda-se a utilização de dispositivos de contenção. Esse manual admite que estes dispositivos não devem ser considerados como preferenciais. É apresentado um gráfico para a determinação da largura necessária das áreas livres (determinada como a distância de invasão) em função da probabilidade da ocorrência de acidentes e da velocidade do veículo, conforme Figura 31.

Figura 31 – Extensão lateral da invasão.



Fonte: Manual IPR 741 (2010).

De acordo com o gráfico mostrado na Figura 31, adotando uma probabilidade de 10% de ocorrências de acidentes como admissível, temos as larguras de área livre de acordo com as velocidades consideradas pelo gráfico, conforme Quadro 8.

Quadro 8 - Área lateral – Manual IPR 741

Largura área livre	Velocidade de Projeto
5,0 m	50 km/h
8,6 m	70 km/h
10,6 m	90 km/h
12,0 m	100 km/h
15,0 m	120 km/h

Fonte: Adaptado do Manual IPR 741 (2010).

A respeito dos sistemas de contenção de um modo geral, o manual considera que esses sistemas não devam ser curtos, ou sem ancoragem adequada, ou terminados de forma que possam penetrar em um veículo. Se uma dessas situações ocorrer, o sistema de contenção terá pouca utilidade, pois ele deve impedir a penetração pelo impacto e deve estar adequadamente ancorado.

Para as defensas metálicas de modo geral, o Manual IPR 741 recomenda que suas extremidades próprias para impactos devem ser utilizadas onde existir uma probabilidade razoável de serem atingidas por um veículo desgovernado, mesmo quando situadas fora da área livre. Estas extremidades são os terminais absorvedores de energia que, segundo a NBR 15486 (ABNT, 2016), são dispositivos de contenção pontual acoplados a um sistema de contenção longitudinal. O terminal absorvedor de energia, ao ser impactado frontalmente, absorve a energia cinética do veículo impactante, conduzindo-o a uma parada segura; e quando impactado na sua lateral, através de sua ancoragem, permite desenvolver tensão e redirecionar veículos. Extremidades curvadas ao solo (terminais em rampa chamados também de terminais abatidos) não são recomendadas para vias de velocidades elevadas e grande tráfego, pois podem resultar na suspensão ou tombamento de veículos.

As ancoragens das defensas metálicas em barreiras de concreto rígidas das OAE's, devem ser feitas sem superfícies salientes, com conexões cuidadosamente projetadas, levando em consideração a resistência da conexão, alinhamento das faces da barreira de concreto e das defensas e as diferenças de flexibilidades entre elas. É recomendado o aumento da rigidez das defensas, até que atinja a barreira rígida, sendo este processo realizado por meio da diminuição entre os espaçamentos dos postes de fixação, emprego de postes mais resistentes ou reforço das defensas na área de conexão.

Para OAE's, o Manual IPR 741 admite a utilização de defensas metálicas quando não for possível fazer o posicionamento dos pilares fora da área livre da rodovia. É recomendado um sistema semirrígido de defensas quando houver pilares a 1,70 metros do

bordo do acostamento e, no caso desta distância ser menor, recomenda o fortalecimento deste sistema para diminuir a deflexão dinâmica do sistema de contenção. Não é recomendada a utilização de defensas muito próximas dos pilares, com distâncias inferiores à deflexão dinâmica do dispositivo, já que nestes casos, a defesa pode perder sua função e agravar ainda mais possíveis acidentes. O manual admite como uma situação perigosa os casos dos taludes nos encontros da pista com as OAE, recomendando atenção na definição dos comprimentos das defensas, que não podem ser insuficientes para impedir que o veículo atinja o talude e possa ser lançado no lado interno da defesa, atingir um pilar ou estrutura de drenagem, ou mesmo capotar.

A situação de OAE's paralelas caracteriza-se um problema especial, pois um veículo desgovernado pode passar entre as estruturas e cair em um rio, via férrea ou outra via localizada em uma passagem inferior. Assim, nestes casos, é recomendada a utilização de um dispositivo de contenção para parar ou redirecionar o veículo.

Nos locais com canteiros centrais relativamente planos e sem obstruções, mesmo atendendo às larguras mínimas necessárias, pode ser necessário implantar defensas metálicas em razão de outras condições desses locais ou do histórico de acidentes. No Manual IPR 741 é admitida a utilização de defensas metálicas como uma técnica de controle de acesso para, por exemplo, limitar pontos de acesso a vias locais.

É recomendado nesse manual que suportes de luminárias, sinalização ou cercas que não forem projetados para ceder em possíveis impactos de veículos, sejam protegidos por defensas metálicas. O propósito é fazer com que as deflexões da defesa não cheguem a atingi-los, em casos de impactos, devido à sua proximidade com as pistas das rodovias.

É citado que os dispositivos de drenagem, quando não atenderem critérios que permitam a passagem de veículos sem que percam o controle, devem ser corrigidos, e nos casos onde isso não for possível, devem ser separados por dispositivos de contenção. Estruturas de drenagem específicas, tais como bocas de bueiros ou caixas para captação de águas pluviais devem ser colapsíveis ou transponíveis; caso contrário, deve ser implantado dispositivo de contenção.

Dependendo do volume de tráfego de pedestres e ciclistas em estruturas como pontes e viadutos, caso exista defensas metálicas nos extremos dessas estruturas, deve ser prevista a passagem para os pedestres e ciclistas. Ainda é recomendado que pistas para tráfego de ciclistas (ciclovias) devem ser separadas fisicamente da pista de rolamento da rodovia por uma faixa de terreno, canteiro separador ou sistema de contenção. Em áreas de recreio de

escolas e residências situadas ao lado externo de curvas fechadas, e em interseções tipo T, é conveniente a aplicação de sistemas de contenção.

Os Quadros 9 a 16 apresentam os parâmetros para as necessidades de defensas metálicas de acordo com as publicações técnicas do DNIT analisadas até o momento.

Quadro 9 - Critério de Talude

Inclinação de Talude (V:H)	Altura do Aterro (h)		
	IPR 629	DNER-ES 144	IPR 741
Talude 1:1 ½	≅ 2,4 m	1,5 m	não apresenta
Talude 1:2	≅ 3,0 m	3,0 m	
Talude 1:2 ½	≅ 3,6 m	6,0 m	
Talude 1:3	≅ 4,5 m	9,0 m	
Talude 1:6	-	24,0 m	

Fonte: Adaptado de Norma IPR 629 (1979), DNER-ES 144 (1985) e Manual IPR 741 (2010)

Quadro 10 - Critério de Canteiro Central

Largura do Canteiro Central	VDM (Volume Diário Médio)		
	IPR 629	DNER-ES 144	IPR 741
3,0 m	20 mil	20,0 mil	não apresenta
6,0 m	40 mil	20,0 mil	
9,0 m	60 mil	26,5 mil	
12,0 m	60 mil	34,3 mil	
15,0 m	-	41,5 mil	

NOTAS: São apresentados valores de VDM para condições mínimas do IPR 629.

Fonte: Adaptado de Norma IPR 629 (1979), DNER-ES 144 (1985) e Manual IPR 741 (2010)

Quadro 11 - Critério de Obstáculos em rodovia na lateral da pista

Obstáculos	Afastamento		
	IPR 629	DNER-ES 144	IPR 741
Postes de iluminação	2 pés	≥ 0,5 m	não apresenta
Suporte de Sinalização	2 pés a 4 pés-	≥ 0,5 m	

Fonte: Adaptado de Norma IPR 629 (1979), DNER-ES 144 (1985) e Manual IPR 741 (2010)

Quadro 12 - Critério de Obstáculos em rodovia no canteiro central

Obstáculos	Afastamento		
	IPR 629	DNER-ES 144	IPR 741
Postes de iluminação	Entre laminas de defensa dupla	não apresenta	não apresenta
Suporte de Sinalização	2 pés		

Fonte: Adaptado de Norma IPR 629 (1979), DNER-ES 144 (1985) e Manual IPR 741 (2010)

Quadro 13 - Critério de Obstáculos em rodovia nas bifurcações

Obstáculos	Afastamento		
	IPR 629	DNER-ES 144	IPR 741
Postes de iluminação	não apresenta		
Suporte de Sinalização	30 pés na parte anterior ao suporte	não apresenta	não apresenta

Fonte: Adaptado de Norma IPR 629 (1979), DNER-ES 144 (1985) e Manual IPR 741 (2010)

Quadro 14 - Critério em canteiro separador entre pista e via lateral

Larguras	Critério		
	IPR 629	DNER-ES 144	IPR 741
4,0 a 8,0 m	c/ obstáculo		
4,0 a 8,0 m	Talude 2:1 (máx)	não apresenta	não apresenta
8,0 a 12,0 m	Talude 2:1 (máx)		

Fonte: Adaptado de Norma IPR 629 (1979), DNER-ES 144 (1985) e Manual IPR 741 (2010)

Quadro 15 - Proteção demais elementos

Elementos	Critério		
	IPR 629	DNER-ES 144	IPR 741
Pedestre/ciclistas	Não prevê	Prevê	Prevê
Cortes em Rocha	Não prevê	Prevê	Não prevê
Drenagem	Não prevê	Prevê	Prevê

Fonte: Adaptado de Norma IPR 629 (1979), DNER-ES 144 (1985) e Manual IPR 741 (2010)

Quadro 16 - Critério de Ancoragem

Ancoragem	Tipo	Dimensões	
	IPR 629	DNER-ES 144	IPR 741
Anterior	Afastada	Afastada	
	Rampa	Rampa	Rampa /
Posterior	Tipo C-1	Afastada	Atenuadores
		Rampa	

Fonte: Adaptado de Norma IPR 629 (1979), DNER-ES 144 (1985) e Manual IPR 741 (2010)

2.3 PUBLICAÇÕES TÉCNICAS ABNT, CONTRAN E DNIT

O estudo da aplicação das defensas metálicas no Brasil obriga o conhecimento das publicações técnicas dos órgãos que regulamentam essa aplicação, para que se atinja a segurança necessária para os usuários das rodovias brasileiras.

Atualmente, as instituições federais que apresentam tais publicações são a ABNT, CONTRAN e DNIT, por meio, respectivamente, da Norma ABNT NBR 15486, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Volume VI – Dispositivos Auxiliares – 2016 e da Norma DNER-ES 144/85.

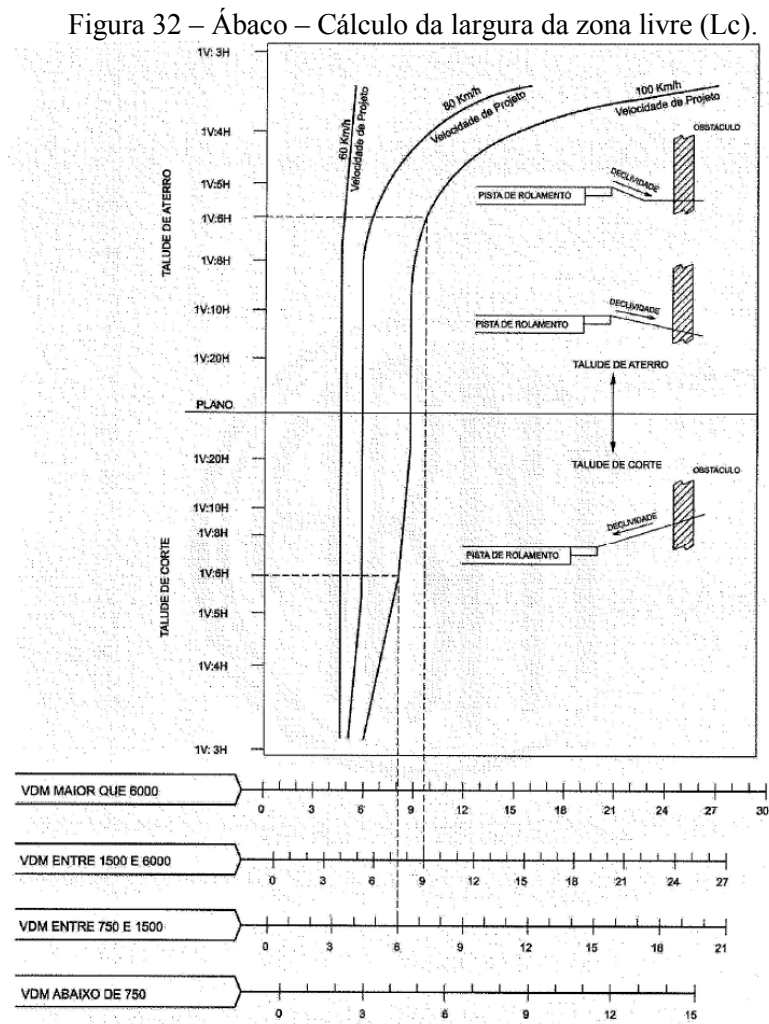
É importante ressaltar que a Norma da ABNT, NBR 15486, sofreu revisão em 2016. Para a análise dessa norma será considerada a versão anterior, de 2007. Isto decorre do fato de que o estudo proposto no presente trabalho leva em consideração os projetos de dispositivos de segurança aplicados pelo Programa BR-LEGAL, que foram baseados na norma de 2007. A posteriori será apresentada uma análise comparativa das versões de 2007 e 2016 da referida norma.

O Volume VI do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (CONTRAN, 2016) encontra-se na versão preliminar. Consta neste manual que a avaliação das necessidades da utilização de defensas metálicas deve estar de acordo com as normas da ABNT. Desta forma, ele não apresenta, no que diz respeito às defensas metálicas, recomendações diferentes das estabelecidas pela ABNT (2007) para utilização destes dispositivos, o que dispensa o seu detalhamento nessa monografia. Na análise comparativa entre as publicações da ABNT (2007) e DNIT (1985) verificou-se os locais e parâmetros para a aplicação das defensas metálicas considerando-se:

- área lateral livre;
- declividade de talude;
- altura de aterro;
- canteiro central;
- obras de arte especiais;
- drenagem;
- taludes em corte;
- pedestres;
- suportes de sinalização/iluminação;
- terminais.

2.3.1 Área lateral livre

Para as considerações de utilização de defensas metálicas nas rodovias pela norma da ABNT, a condição primordial é a existência de obstáculos nas suas áreas laterais. A norma apresenta o cálculo de largura de zona livre a ser considerada em função da inclinação do talude, da velocidade de projeto e do Volume Diário Médio (VDM), conforme Figura 32.



Fonte: ABNT (2007).

Nestes casos, se não for possível remover ou relocar os obstáculos é prevista a utilização de defensas metálicas. A norma do DNIT apenas admite a utilização de defensas metálicas caso haja na margem da rodovia obstáculos de reconhecida periculosidade para o trânsito, sem estabelecer um parâmetro de distância mais claro.

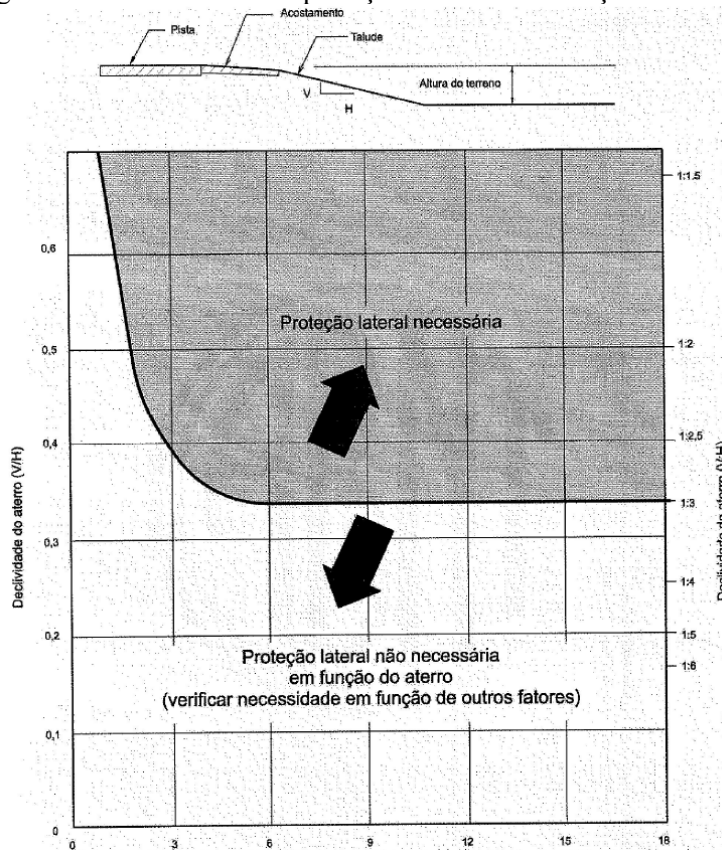
2.3.2 Declividade do talude e altura do aterro

Dentre os critérios apresentados na norma do DNIT para se verificar a necessidade da utilização das defensas metálicas estão a declividade do talude e a altura do aterro. A Norma do DNIT apresenta um gráfico em que prevê a necessidade de utilização de defensas metálicas em função do talude do aterro e de sua altura, conforme apresentado na Figura 20, seção 2.2.2 desta monografia.

A Norma da ABNT também utiliza a relação entre a declividade do talude e a altura do aterro para estabelecer a necessidade de utilização de dispositivos de proteção lateral (barreiras de concreto e defensas metálicas), conforme apresentado na Figura 33.

As disposições da NBR 15486 (ABNT, 2007) na análise de necessidade de dispositivos de contenção de proteção lateral, contenção central, contenção lateral, e demais, em todos os casos, se referem às barreiras de concreto e defensas metálicas. Estes dispositivos são escolhidos em função de fatores como desempenho (o que estruturalmente estão aptos a conter), deflexão dinâmica e outros. No entanto, tendo em vista o objetivo do presente trabalho, o foco da verificação da Norma da ABNT está nas defensas metálicas.

Figura 33 – Necessidade de proteções laterais em função do talude.



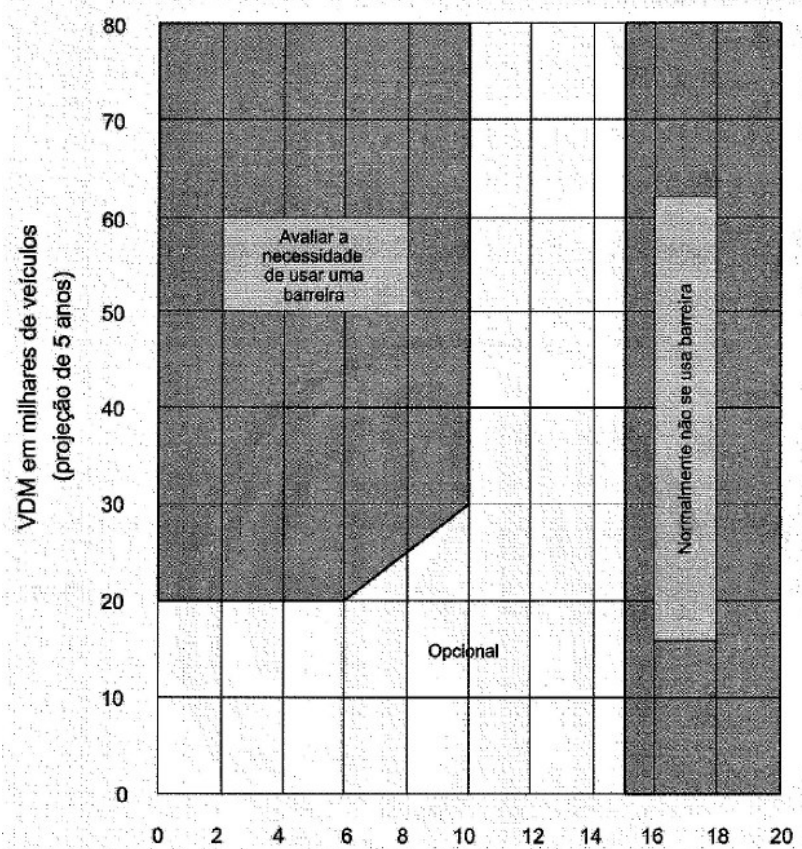
Fonte: ABNT (2007).

2.3.3 Largura do Canteiro central

Nas rodovias de pista dupla são previstas algumas condições que dizem respeito à largura do canteiro central e apresentam a necessidade de defensas metálicas para diminuir a gravidade de eventuais acidentes que venham a ocorrer nestes locais. Estas condições são baseadas, basicamente, na relação da largura do canteiro central com o VDM da rodovia. A verificação da necessidade de defensas no canteiro central, de acordo com a norma do DNIT, é função da soma da largura do canteiro com a da faixa de segurança, em relação ao VDM (ver Figura 21), conforme já apresentado na seção 2.2.2 desta monografia, a norma do DNIT recomenda a utilização de defensas metálicas duplas, sendo possível a implantação de duas linhas de defensas simples no bordo interno das duas pistas quando algumas das condições a seguir forem verificadas: diferença de nível (n) e largura (l) entre as pistas for maior de 1:6; houver meios-fios; a posição for incompatível com drenos; ou ocorrer a existência de vegetação antiofuscante nesta região.

Para a utilização de defensas metálicas no canteiro central, chamados de dispositivos de contenção central, a Norma da ABNT apresenta que estes dispositivos devem atender os mesmos requisitos e recomendações de implantação dos dispositivos de contenção lateral, ou seja, serem instalados para que não se atinja objetos laterais (objetos fixos e terrenos com ondulações e depressões excessivas), determinados taludes (conforme apresentado anteriormente), pedestres e ciclistas. Assim esta norma apresenta sugestões para a implantação de dispositivos de contenção central em vias de alta velocidade (acima de 60 km/h) com canteiros atravessáveis, em função da largura do canteiro central e do VDM da rodovia (ver Figura 34). Segundo descrito na ABNT (2007), deve ser dada uma atenção especial para os dispositivos de contenção (barreiras de concreto e defensas metálicas) que separam pistas com diferença de elevação, nas quais o potencial de acidentes causados por veículos cruzando o canteiro central aumenta. Neste caso, deve-se levar também em consideração os critérios de contenção lateral. Esse critério não é considerado pela norma do DNIT nestes casos.

Figura 34 – Necessidade de proteção divisória em canteiro central



Fonte: ABNT (2007).

Pode-se notar que há diferenças entre as duas normas, onde a do DNIT considera necessária a utilização de defensas metálicas a partir de um VDM de 20.000 veículos nas rodovias duplicadas com canteiros centrais de até 6,0 metros, considerando um aumento proporcional com o acréscimo do VDM. Já na Norma da ABNT há também a consideração de avaliação da necessidade de utilização de defensas metálicas com VDM de 20.000 veículos com canteiros de até 6,0 metros, mas com aumento proporcional da largura até 10 metros, em função do VDM até 30.000 veículos. Para larguras de canteiro central de 10 a 15 metros e VDM acima de 30.000 veículos, a utilização de proteção divisória no canteiro central é opcional. A categoria “opcional” implica na utilização do dispositivo de proteção somente se houver histórico de acidentes no local.

2.3.4 Obras de artes especiais (OAE)

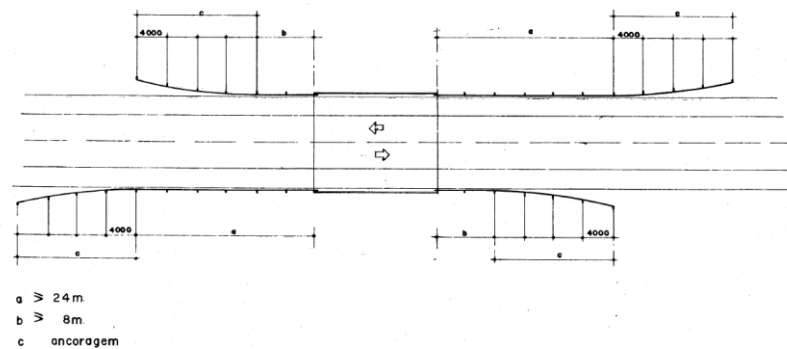
No que diz respeito à utilização de defensas metálicas nos casos de interferências das rodovias com obras de artes especiais (OAE), os dois documentos analisados dispõem sobre o assunto. As normas no DNIT e da ABNT divergem quanto às disposições propriamente ditas,

onde cabe ressaltar que diante da diferença entre os períodos de suas publicações, parte destas divergências podem decorrer das experiências vivenciadas ao longo dos anos pelos profissionais envolvidos no assunto.

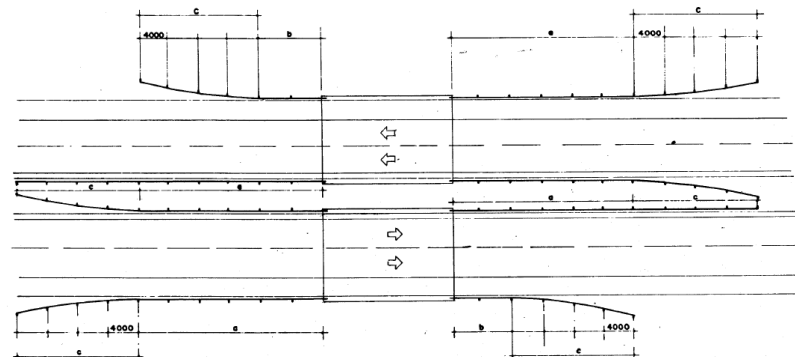
Pela Norma do DNIT é considerada a necessidade do uso de defensas metálicas no acesso às OAE's (entrada e saída). As Figuras 35 (a) e (b) mostram as disposições das defensas para as OAE's em rodovias simples e duplas.

Figura 35 – Acessos às obras de arte especiais.

(a) – Pista simples



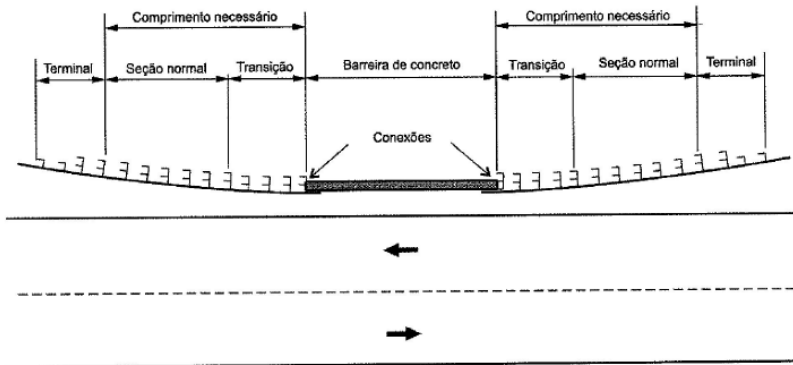
(b) – Pista Dupla



Fonte: DNIT (1985).

A Norma da ABNT apresenta uma ilustração com as diversas disposições dos sistemas de contenções, e nela fica bem clara a disposição de defensas metálicas nos encontros com OAE's, conforme Figura 36.

Figura 36 – Elementos de sistema de contenção.

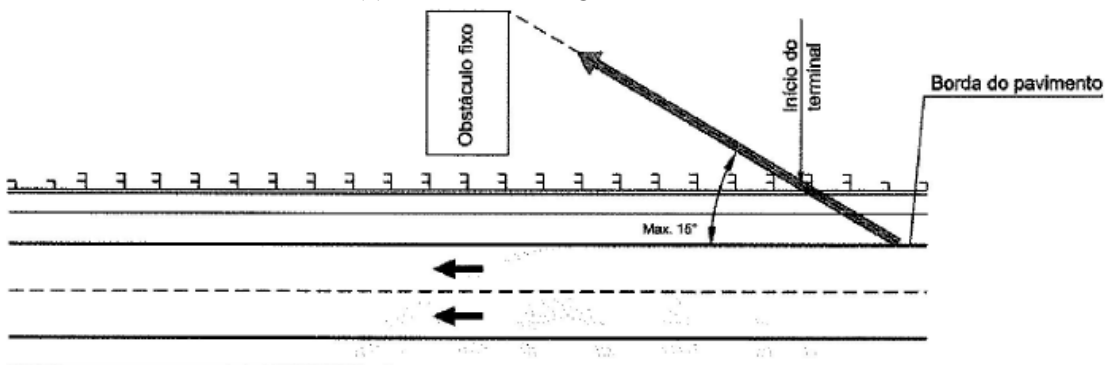


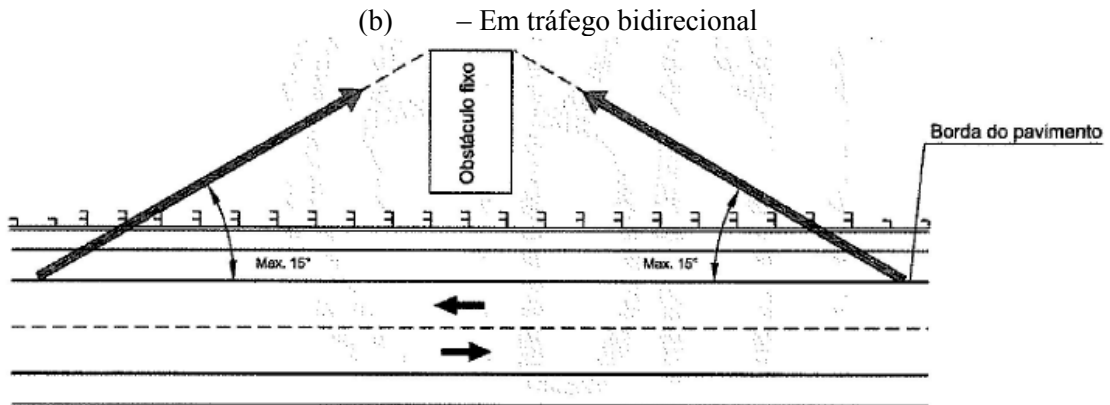
Fonte: ABNT (2007).

O comprimento necessário para a proteção do ponto em estudo, conforme determina a Norma da ABNT (2007), é calculado determinando-se um comprimento de contenção que intercepte a trajetória do veículo. Para tanto, é estabelecido um ângulo de impacto de, no máximo, 15° , de maneira que o veículo não atinja o obstáculo, que pode ser um obstáculo fixo, um corpo d'água ou até mesmo um desnível perigoso dentro da área lateral livre da rodovia. Desta forma, a Norma da ABNT promove um aumento na segurança para estes casos de necessidade de defensas metálicas, em comparação com a Norma do DNIT (1985). A Norma do DNIT apresenta somente comprimentos mínimos, sem indicar critérios mais claros para determinar o prolongamento nos comprimentos das defensas e, por isso, estas extensões podem se mostrar insuficientes para impedir que um veículo desgovernado consiga atingir a área lateral livre e passar por trás do dispositivo de segurança. O veículo pode, portanto, sofrer uma queda, no caso do local de uma OAE estar promovendo uma transposição sobre um rio, via férrea ou outra via localizada em uma passagem inferior, podendo causar uma fatalidade. A Figura 37 (a) e (b) ilustra graficamente o cálculo do comprimento necessário para a implantação de um sistema de contenção de acordo com a Norma da ABNT.

Figura 37 – Comprimento de sistemas de contenção.

(a) – Em tráfego unidirecional

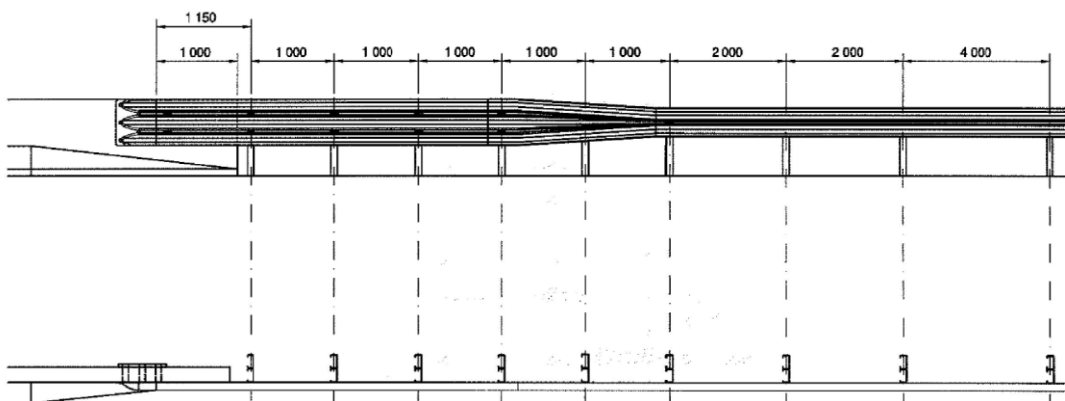




Fonte: ABNT (2007).

Um ponto importante que se destaca, é que a Norma do DNIT não prevê o enrijecimento gradual do sistema de contenção por defensas metálicas ou os elementos específicos, tais como defensas triplas, quando ligados aos elementos rígidos de uma OAE. Este enrijecimento, como explicado anteriormente, pode ser providenciado por meio dos postes, aumentando seu tamanho e/ou sua rigidez, e das lâminas, aumentando sua rigidez, implantando duas lâminas juntas ou acrescentando uma barra inferior, tornando assim o local mais resistente e provocando uma melhor compatibilidade entre o sistema rígido (OAE) e o sistema flexível (defensas metálicas), conforme apresentado na Figura 38.

Figura 38 – Transição de defesa para elemento rígido usando lâmina tripla onda



Fonte: ABNT (2007).

Para a norma da ABNT (2007), sempre que houver a necessidade de unir dois sistemas de contenção com diferentes níveis de rigidez, é necessária uma transição para produzir um enrijecimento gradual, suave e contínuo, do sistema menos rígido para o mais rígido, de modo a minimizar ou prevenir o efeito de embolsamento, enganchamento ou penetração do sistema na área de transição.

2.3.5 Distância entre a defesa e o obstáculo a ser protegido

Outra observação importante na comparação entre as normas da ABNT (2007) e do DNIT (1985), é a referência quanto ao critério sobre a distância entre a defesa e o obstáculo a ser protegido, o chamado espaço de trabalho, conforme Figura 10 (apresentada no item 2.1 deste trabalho). Para a Norma do DNIT (1985) este valor deve ser maior ou igual a 0,50 metros, uma condição vaga que condiciona a pensar que esta distância apenas tem relação com o espaço disponível entre o bordo da via e o obstáculo. Na publicação da ABNT (2007) é apresentado o conceito do espaço de trabalho do sistema de contenção, e para que este valor seja respeitado, mesmo que com uma distância pequena entre o bordo da pista e o obstáculo, já é reforçado o conceito de enrijecimento do sistema de contenção a fim de diminuir o espaço de trabalho e assim implantar um sistema que funcione de forma eficaz. Estes conceitos, assim como o do enrijecimento do sistema de contenção, são comentados pelo Manual do CONTRAN (2016) com referência à Norma da ABNT (2007).

As questões do enrijecimento e do espaço de trabalho dos sistemas de contenção são pontos importantes de melhoramento que são apresentados na Norma da ABNT (2007), o que deve aumentar a segurança e eficácia das contenções.

2.3.6 Obras de drenagem

Quanto à necessidade de contenção devido a obras de drenagem, a Norma do DNIT (1985) prevê apenas a implantação da defesa faceando o meio-fio, conforme mostra a Figura 26 (do item 2.2.2 deste trabalho). Com isso visa evitar a presença de um obstáculo antes da defesa metálica que possa servir como rampa de lançamento para um veículo que esteja desgovernado e vá ao encontro do dispositivo de contenção.

Com relação à drenagem, a Norma da ABNT (2007) apresenta um cenário bem completo das situações possíveis de serem enfrentadas para a redução dos potenciais pontos de perigo. Para todas as condições esta norma orienta como tratar os pontos a fim de resolver a questão da segurança, tornando os sistemas de drenagem próximos às vias transpassáveis. Com isso, torna desnecessária a implantação de defensas metálicas. No caso de necessidade da implantação do dispositivo de contenção, é recomendado que os meios-fios fiquem atrás das defensas metálicas, admitindo-se facear o meio-fio como previsto pelo DNIT (Figura 26 do item 2.2.2 deste trabalho).

2.3.7 Proteção para pedestres

Para a aplicação de defensas metálicas em função dos pedestres, as Normas da ABNT (2007) e do DNIT (1985) recomendam aberturas nas defensas nos casos de necessidade. Estas aberturas devem ser realizadas de maneira a evitar que os respectivos terminais se tornem elementos de risco para os veículos da via.

2.3.8 Presença de suporte de sinais e semáforos ou postes de iluminação

Na análise da necessidade de defensas metálicas para eliminar o risco ao tráfego da presença de suporte de sinais e semáforos ou postes de iluminação, a Norma do DNIT (1985) apenas recomenda a proteção no caso de uma ocorrência. Para a Norma da ABNT (2007), a proteção com dispositivo de contenção é recomendada onde não for prática a utilização de suportes colapsíveis.

2.3.9 Uniformidade dimensional para todos os dispositivos de contenção

As Normas do DNIT (1985) e da ABNT (2007) são unânimes em reforçar que deve ser garantida a uniformidade dimensional para todos os dispositivos de contenção ao longo da via, evitando-se assim variações contínuas e abruptas entre dispositivos e/ou ao longo de um mesmo dispositivo. Para esta condição as normas estabeleceram critérios para que seja feita uma deflexão lateral do dispositivo, quando houver necessidade.

Na Norma do DNIT (1985), por imposição de projeto, esta deflexão é admitida em uma relação máxima de 1:25 (um metro de deslocamento lateral para cada 25 metros de dispositivo de contenção). Já a Norma da ABNT (2007) admite tal deflexão, inclusive para locação de terminais em locais mais seguros, ou seja, a uma distância além da qual um motorista não irá perceber um objeto lateral como um obstáculo, a ponto de alterar o posicionamento ou a velocidade do veículo. Nessa norma, há um quadro de valores de deflexão em função da velocidade de projeto como a sugestão para sua aplicabilidade, conforme Quadro 17, em que as deflexões representam a relação da extensão pela distância de deslocamento lateral do dispositivo de contenção.

Quadro 17 - Sugestão de deflexão lateral em função da velocidade de projeto

Velocidade de projeto (km/h)	Deflexão lateral dentro da linha de preocupação	Deflexão lateral atrás da linha de preocupação	
		Sistema rígido	Sistema semi-rígido
110	30:1	20:1	15:1
100	28:1	18:1	14:1
90	24:1	16:1	12:1
80	21:1	14:1	11:1
70	18:1	12:1	10:1
60	16:1	10:1	8:1
50	13:1	8:1	7:1

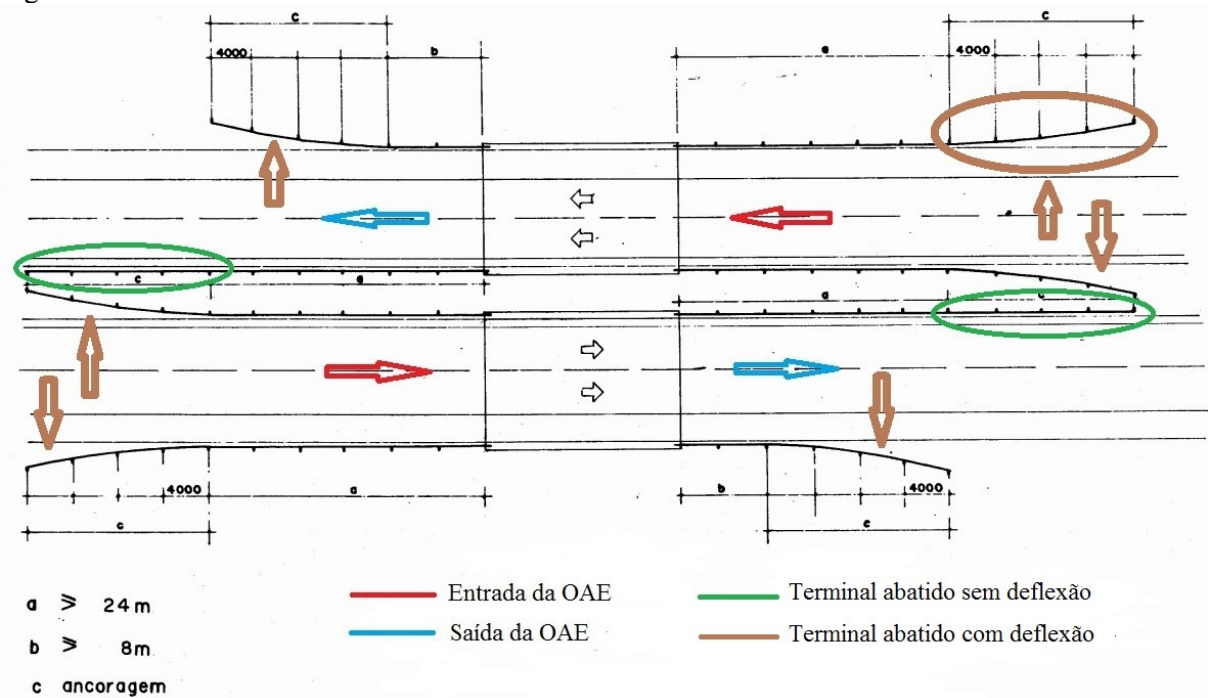
Observação: Linha de preocupação é a linha que delimita a distância de preocupação. A distância de preocupação é a distância da lateral da pista além da qual um motorista não irá perceber um objeto lateral como um obstáculo, a ponto de alterar o posicionamento ou a velocidade do veículo.

Fonte: ABNT (2007).

2.3.10 Terminais e ancoragem

Todas as situações apresentadas até o momento são indispensáveis para a aplicação de defensas metálicas. Da mesma forma, tem grande importância para um sistema de contenção estável o seu início e seu término, os chamados terminais, pois eles devem estar devidamente ancorados para garantir o pleno funcionamento do sistema como um todo. A Norma do DNIT (1985) apresenta apenas os terminais ditos em rampa (ou abatidos), apesar de apresentar terminais aéreos nas aberturas das passagens de pedestres onde há defensas metálicas. No caso dessa norma, os terminais abatidos devem ser implantados desviados, seguindo o critério da deflexão lateral, conforme ilustração da Figura 35 (a) e (b) (item 2.3.4), pela extensão de seu comprimento (16,0 metros). Esse critério não se aplica aos terminais de defensas metálicas duplas, e em pista duplas nos terminais de saída a esquerda do tráfego, como mostra a Figura 39, situações em que as defensas devem ser abatidas sem deflexão lateral.

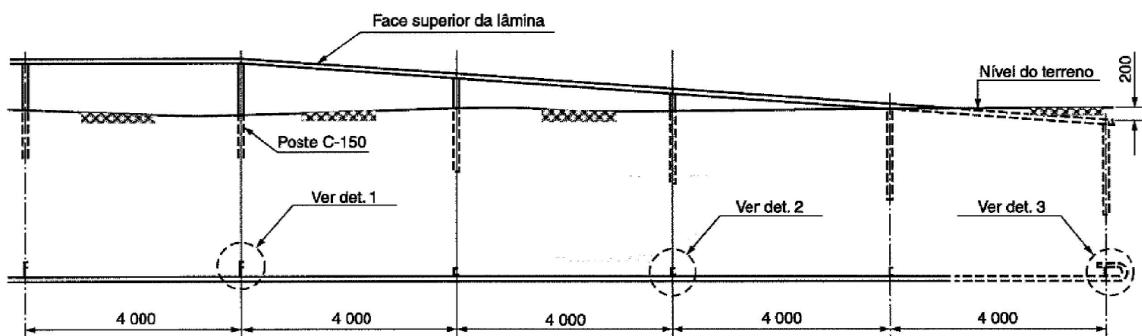
Figura 39 – Terminais abatidos com deflexão e sem deflexão lateral.



Fonte: DNIT (1985).

A Norma da ABNT (2007) considera três tipos de terminais, sendo eles o terminal abatido, o terminal ancorado em taludes de corte e o terminal absorvedor de energia. Os terminais abatidos são recomendados para rodovias com velocidades abaixo de 60 km/h, conforme Figura 40.

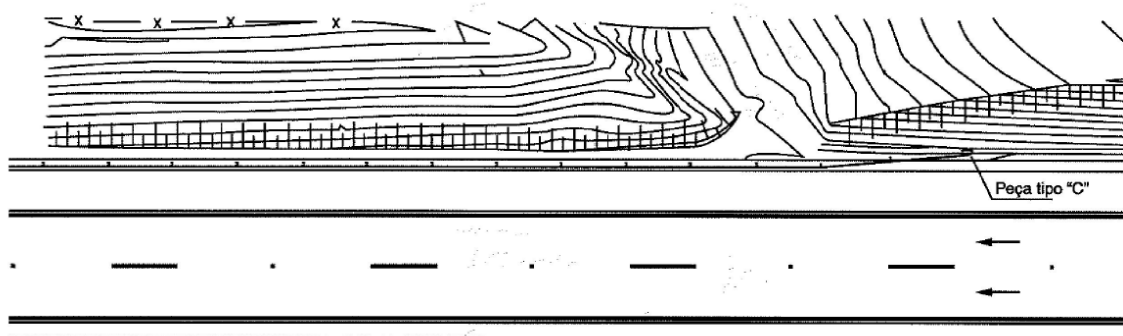
Figura 40 – Terminal abatido.



Fonte: ABNT (2007).

Os terminais ancorados em taludes de corte são considerados um dos tipos que oferece maior proteção, pois elimina a possibilidade de impactos frontais e minimiza a possibilidade do veículo passar por trás das defensas metálicas, conforme Figura 41.

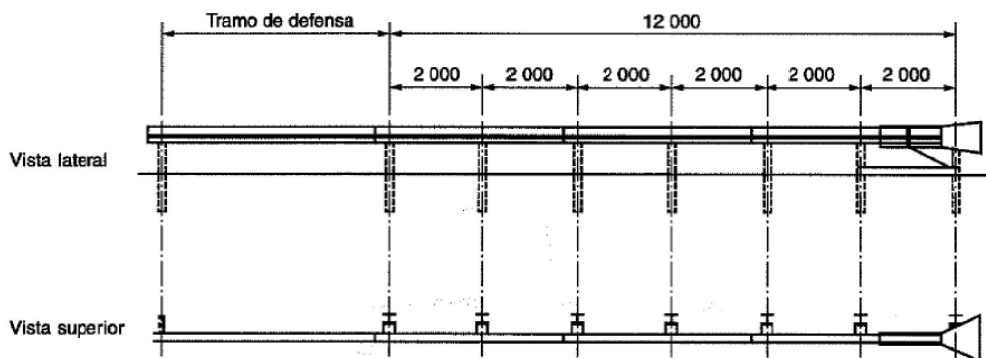
Figura 41 – Terminal ancorado no talude de corte.



Fonte: ABNT (2007).

Por sua vez, os terminais absorvedores de impacto são responsáveis por absorver a energia cinética do veículo quando impactados frontalmente; quando impactados lateralmente, são capazes apenas de redirecionar o veículo, conforme Figura 42.

Figura 42 – Terminal absorvedor de energia



Fonte: ABNT (2007).

Os terminais ancorados em taludes de corte e terminais absorvedores de impacto são mais comumente utilizados como terminais de entrada (ou anteriores), ou seja, que se localizam antes dos obstáculos e de frente ao sentido do tráfego. Os terminais de saída (ou posteriores), em locais onde o obstáculo não mais existe, considerado o término da contenção, devem receber o tratamento do terminal de entrada.

Além das normas citadas, existe a ABNT NBR 6971 (ABNT, 2012), e que com relação as normas que foram revisadas em detalhes, ela apresenta uma diferença de alguns terminais, assim uma vez que é uma norma específica requerida para a implantação das defensas metálicas, esta norma não foi incluída nos quadros comparativos.

Nos Quadros 18 a 23 são exibidos comparativos entre os parâmetros apresentados pelas publicações analisadas nesta parte do trabalho. Ela inclui a Norma DNER-ES 144/85, a Norma NBR 15486/2007 e a Norma NBR 15486/2016. Ou seja, esse quadro permitirá

verificar as alterações sofridas nos critérios da norma da ABNT devido à revisão realizada em 2016.

Quadro 18 - Área lateral livre

Velocidade de projeto (Km/h)	Área lateral livre		
	DNER-ES 144/85	NBR 15486:2007	NBR 15486:2016
110		-	10,5 m
100		9,0 m	10,0 m
90	Não se aplica	-	7,5 m
80		6,0 m	6,5 m
60		4,5 m	5,0 m

Nota: 1 - As distâncias de área lateral livre neste quadro são apresentadas em função de VDM maior ou igual a 6.000 veículos e terrenos planos para ilustrar as variações entre as publicações. As distâncias de área lateral livre variam em função da velocidade de projeto, VDM e declividade lateral como apresentado anteriormente. 2 – Para os valores mostrados na coluna da NBR 15486:2016 foram inseridos os limites superiores do intervalo 3º coluna da Tabela 1 da NBR 15486:2016.

Fonte: Adaptado de Norma DNER-ES 144 (1985), NBR15486 (2007) e NBR 15486 (2016).

Quadro 19 - Declividade do Talude

Declividade lateral (V:H)	Altura do Aterro (h)		
	DNER-ES 144/85	NBR 15486:2007	NBR 15486:2016
1:1 ½	1,5 m	≅1,0 m	≅1,0 m
1:2 ½	6,0 m	≅3,0 m	≅3,0 m
1:3	9,0 m	> = 6,0 m-	> = 6,0 m-
1:4	14,0 m	-	-
1:6	24,0 m	-	-

Fonte: Adaptado de Norma DNER-ES 144 (1985), NBR15486 (2007) e NBR 15486 (2016).

Quadro 20 - Critério Canteiro Central

Largura do Canteiro Central	VDM (Volume Diário Médio)		
	DNER-ES 144/85	NBR 15486:2007	NBR 15486:2016
3,0 m	20,0 mil	-	-
6,0 m	20,0 mil	20,0 mil	20,0 mil
10,0 m	28,7 mil	30,0 mil	30,0 mil
12,0 m	34,3 mil	A critério do projetista	A critério do projetista
15,0 m	41,5 mil	A critério do projetista	A critério do projetista

Fonte: Adaptado de Norma DNER-ES 144 (1985), NBR15486 (2007) e NBR 15486 (2016).

Quadro 21 - Critério de Obstáculos em rodovia na lateral da pista

Obstáculos	Afastamento		
	DNER-ES 144/85	NBR 15486:2007	NBR 15486:2016
Postes de iluminação	≥ 0,5 m	Suportes colapsíveis/atrás de dispositivos de contenção	
Suporte de Sinalização	≥ 0,5 m		

Fonte: Adaptado de Norma DNER-ES 144 (1985), NBR15486 (2007) e NBR 15486 (2016).

Quadro 22 - Proteção demais elementos

Elementos	Critério		
	DNER-ES 144/85	NBR 15486:2007	NBR 15486:2016
Pedestre/ciclistas	Prevê	Prevê	Prevê
Cortes em Rocha	Prevê	Prevê	Prevê
Drenagem	Prevê	Prevê	Prevê

Fonte: Adaptado de Norma DNER-ES 144 (1985), NBR15486 (2007) e NBR 15486 (2016).

Quadro 23 - Critério de Ancoragem

Elemento	Critério		
	DNER-ES 144/85	NBR 15486:2007	NBR 15486:2016
	Afastada (Desviado)	Abatido (Rampa)	Abatido (Rampa)
Ancoragem	Rampa	Ancorados em taludes de corte Absorvedores de energia	Ancorados em taludes de corte Desviado Absorvedores de energia

Nota: Terminal afastado pode receber o nome de terminal desviado, assim como terminal em rampa também pode receber o nome de terminal abatido. Terminal ancorado em taludes de corte também podem receber o nome de terminal defletido.

Fonte: Adaptado de Norma DNER-ES 144 (1985), NBR15486 (2007) e NBR 15486 (2016).

3 ESTUDO DE CASO

Para a análise em campo da aplicação e desempenho das defensas metálicas foram selecionadas duas rodovias federais, a rodovia BR-050/MG e a BR-365/MG, sendo uma sob a concessão da iniciativa privada e a outra sob jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT, respectivamente.

Conforme será demonstrado adiante neste trabalho, estas rodovias foram escolhidas por se assemelharem em termos do Volume Diário Médio Anual – VDMa e classe, embora apresentem diferenças em outras características, tais como relevo e geometria.

3.1 CARACTERÍSTICAS DOS SEGMENTOS EM ESTUDO

A rodovia BR-050/MG, selecionada para o estudo de caso, tem seu trecho compreendido entre o km 80,0 e o km 206,0. Atualmente esse trecho é administrado por uma concessionária, a qual assumiu o trecho que se encontrava sob administração da União. A seguir é apresentado o Quadro 24 com algumas informações da rodovia BR-050/MG. Segundo dados do DNIT (ano 2014 a 2016), o último levantamento de tráfego anual completo publicado é referente ao ano de 2015, e o posto de contagem se localiza no km 154,1, apresentando um Volume Diário Médio Anual (VDMa) de 12.998 veículos.

Quadro 24 - Informações da BR-050/MG

Km (inicial)	Km (final)	Região	Velocidade Diretriz	Classe	% de Curvas	% de tangentes
0,0	35,4	Ond/Mont	60 km/h	1-A	7,2	92,8
35,4	47,0	Ond/Mont	80 km/h	1-A	82,2	17,8
68,9	68,9	Ond/Mont	80 km/h	1-A	29,7	70,3
73,0	95,0	Plan/Mont	100 km/h	0	3,8	96,2
95,0	118,0	Plan/Mont	100 km/h	0	0,6	99,4
118,0	140,0	Plan/Mont	100 km/h	0	9,4	90,6
140,0	164,3	Plan/Mont	100 km/h	0	8,9	91,1
164,3	181,9	Plan/Mont	100 km/h	-	-	-
181,9	208,9	Plan/Mont	100 km/h	-	-	-

Fonte: Adaptado de Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (1996/2010).

A próxima rodovia selecionada é a BR-365/MG, e o trecho para estudo está compreendido entre o km 630,0 e o km 709,0, e atualmente este trecho encontra-se sob jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. A informação sobre o Volume Médio Diário Anual – VDMa foi obtida através do DNIT (ano 2014 a 2016), sendo o último levantamento anual completo referente ao ano de 2015, com o posto de

contagem localizado no km 676,0 e apresenta um valor de 10.643 veículos. O Quadro 25 mostra algumas informações sobre a rodovia BR-365/MG.

Quadro 25 - Informações da BR-365/MG

Km (inicial)	Km (final)	Região	Velocidade Diretriz	Classe	% de Curvas	% de tangentes
633,1	652,8	Ondulado	110 km/h	0	19,3	80,7
652,8	682,8	Ondulado	110 km/h	0	29,1	70,9
682,8	712,4	Ondulado	80 km/h	1-A	22,8	77,2

Fonte: Adaptado do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2010).

Para os trechos de rodovias selecionados, foram escolhidos os segmentos, com um quilômetro de extensão, da rodovia BR-050/MG, do km 125 ao km 160 e os segmentos da BR-365/MG do km 630 ao km 665. Estes trechos foram escolhidos por estarem fora de perímetros urbanos e apresentarem a maior concentração de acidentes, conforme será demonstrado a seguir.

3.2 COLETA DE DADOS

Para definição dos segmentos a serem estudados, foram escolhidos os trechos com maior quantidade dos tipos de acidentes que são mais relacionados com o propósito de implantação das defensas metálicas, que são: colisões com objetos fixos (COF) e saída de pista (SP).

Para ambas as rodovias, a BR-050/MG e a BR-365/MG, foram excluídos os trechos inseridos no perímetro urbanos, considerando assim apenas o tráfego de passagem. Isto é, buscou-se evitar as interferências características de regiões urbanas, como aumento acentuado de tráfego em horário de pico e congestionamentos. Os segmentos com estas características ficam compreendidos, na rodovia BR-050/MG, entre os km 165 e km 185, no município de Uberaba, Minas Gerais; e na rodovia BR-365/MG, entre os km 680 e km 690, no município de Monte Alegre de Minas, Minas Gerais.

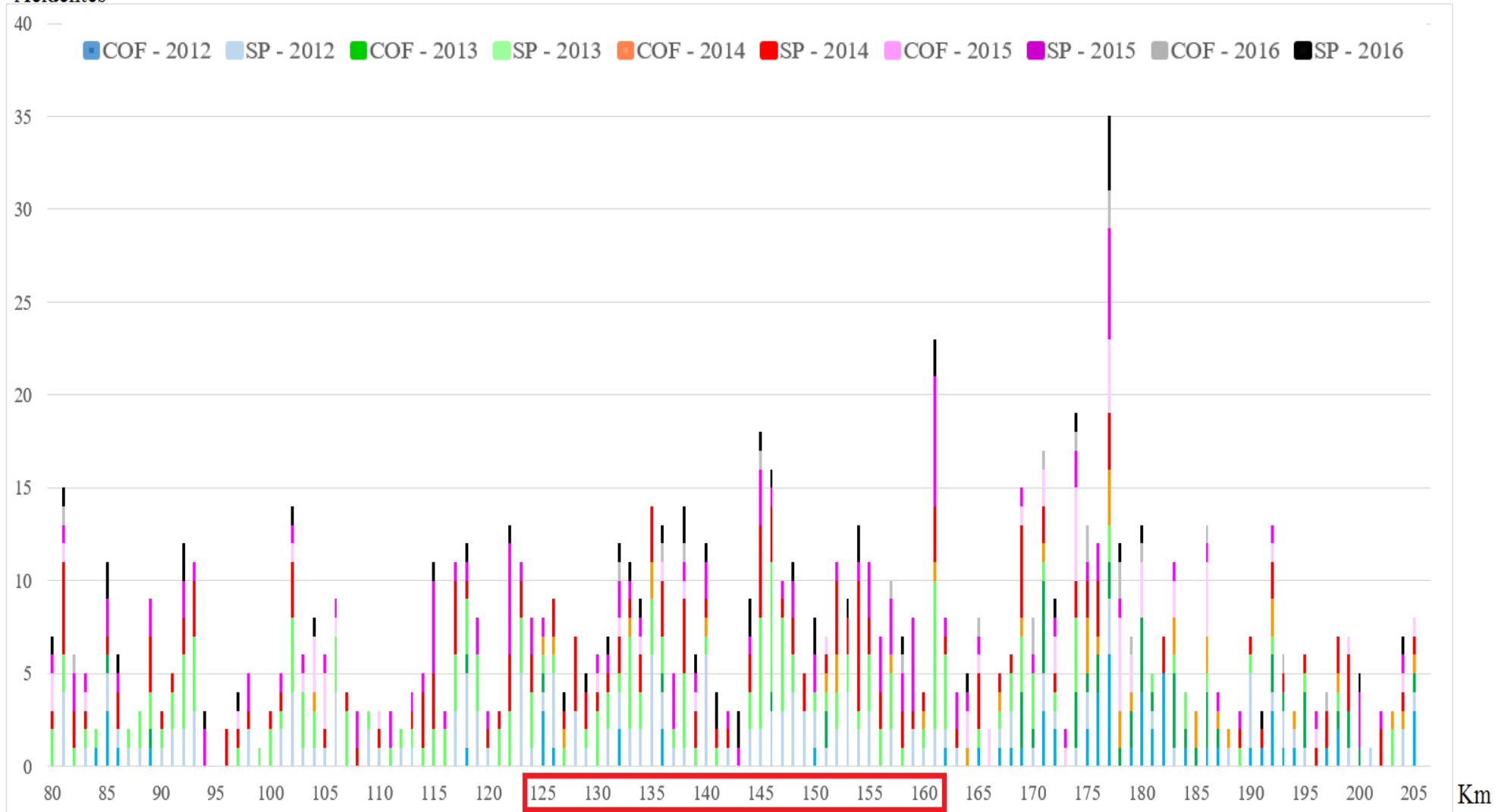
As Figuras 43 e 44 apresentam os gráficos de acidentes (colisões com objetos fixos (COF) e saídas de pista (SP)) ao longo dos quilômetros dos trechos estudados inicialmente. A partir deste gráfico, foram selecionados, para a rodovia BR-050/MG e BR-365/MG, os trechos do km 125 ao km 160 e do km 630 ao km 665, respectivamente.

Os dados de acidentes foram analisados a partir do relatório de acidentes da Polícia Rodoviária Federal (PRF) de janeiro de 2012 a setembro de 2016. Esse foi o período dos

dados de acidentes disponibilizado pela PRF quando da consulta feita ao órgão para a realização deste trabalho, em fevereiro de 2017.

Figura 43 – Gráfico de acidentes da BR-050/MG – km 80 ao km 206.

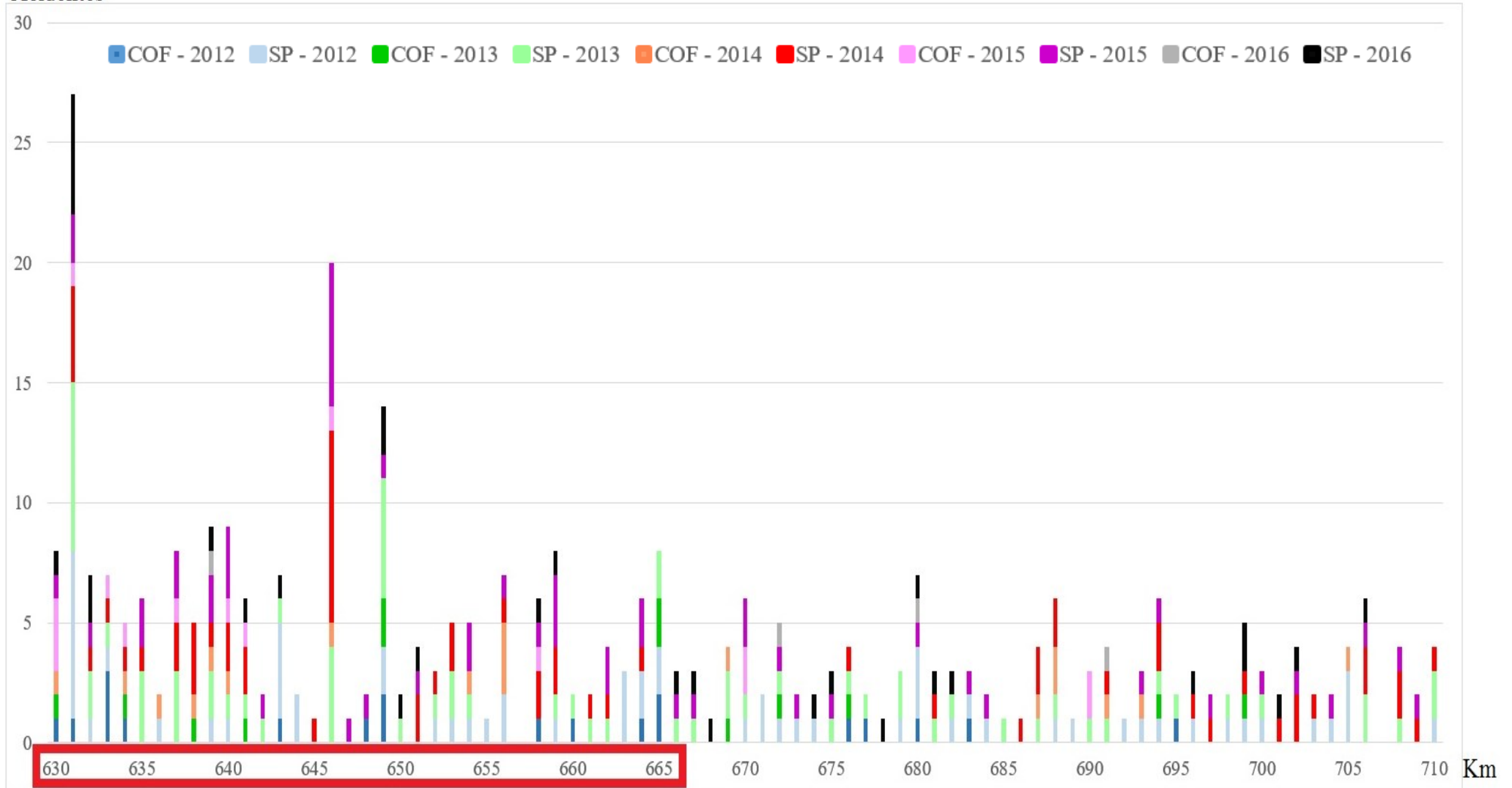
Acidentes



Fonte: Autor (2017).

Figura 44 – Gráfico de acidentes da BR-365/MG – km 630 ao km 710.

Acidentes



Fonte: Autor (2017).

3.3 TRECHOS ANALISADOS

Nos trechos analisados das rodovias BR-050/MG (km 125 ao km 160) e BR-365/MG (km 630 ao km 635), foram verificados:

(i) se as defensas metálicas instaladas nas rodovias seguem os preceitos normativos, tanto quanto à justificativa para sua implantação e quanto à forma de implantação em campo;

(ii) se existem locais no campo onde, de acordo com os critérios das normas em vigor, a utilização de defensas seja justificada, mas o dispositivo não está implantado.

No trecho selecionado da rodovia BR-050/MG (km 125 ao km 160) é regulamentada uma velocidade de 100 km/h, semelhante à velocidade de projeto. Portanto, segundo a Norma NBR 15486 (ABNT, 2007), só devem ser usados nesse trecho terminais ancorados em taludes de corte ou terminais absorvedores de energia, pois os terminais abatidos somente devem ser utilizados em trechos com baixa velocidade (abaixo de 60 km/h).

É verificado que neste trecho de rodovia encontram-se apenas terminais abatidos e aéreos. Os terminais aéreos, apesar de não mencionados na NBR 15486 (ABNT, 2007), são citados pela NBR 6971 (ABNT, 2012), que está em vigor, e que admite sua implantação, em terminais de saída, quando estes não puderem ser impactados por veículos do sentido oposto.

Conforme apresentado na Figura 32, no item 2.3.1, a área livre de cada rodovia é mensurada em função do talude, velocidade de projeto e VDM. Assim, para o trecho selecionado da rodovia BR-050/MG, que apresenta velocidade de projeto de 100 km/h e VDM de 12.998 veículos, a rodovia deve apresentar em terreno plano uma área livre de 9,0 metros.

No trecho selecionado da rodovia BR-365/MG (km 630 ao km 665) é regulamentada uma velocidade de 110 km/h. Portanto, segundo a Norma NBR 15486 (ABNT, 2007) só é regulamentado utilizar terminais ancorados em taludes de corte ou terminais absorvedores de energia, pois os terminais abatidos somente devem ser utilizados em trechos com baixa velocidade (abaixo de 60 km/h).

É verificado que neste trecho de rodovia encontram-se terminais absorvedores de energia, abatidos e aéreos. Conforme apresentado na Figura 32, no item 2.3.1, a área livre determinada em função do talude, velocidade de projeto e VDM (igual a 10.643 veículos), deve ser de 9,0 metros em terreno plano. Vale lembrar que, para ambas as rodovias estudadas, em taludes de aterro esta largura pode sofrer um acréscimo conforme mostrado na Figura 32.

Dentro dos preceitos a serem verificados, serão analisados neste trabalho 5 (cinco) grupos distintos de locais, sendo:

- Grupo L1 – conjunto de locais com implantação de defensas metálicas justificadas e corretamente instaladas;
- Grupo L2 – conjunto de locais com implantação de defensas metálicas justificadas, mas não instaladas corretamente;
- Grupo L3 – conjunto de locais com implantação de defensas metálicas sem justificativa, mas corretamente implantada;
- Grupo L4 – conjunto de locais com implantação de defensas metálicas sem justificativa e não instalada corretamente;
- Grupo L5 – conjunto de locais com implantação de defensas metálicas justificada, mas que não têm o dispositivo.

3.3.1 Rodovia BR-050/MG

Para o trecho em estudo da BR-050/MG não foi encontrado nenhum local que pudesse ser classificado no Grupo L1. Em função das características do trecho, as defensas nele instaladas deveriam possuir terminais ancorados em taludes de cortes ou absorvedores de energia. Estes tipos de terminais, entretanto, não foram encontrados no trecho considerado da rodovia BR-050/MG.

O Grupo L2, por sua vez, apresenta várias ocorrências, conforme será mostrado a seguir nas Figuras 45 a 52. A defesa metálica no bordo direito da pista, na Figura 45, segundo o critério de altura de talude (ABNT, 2007), tem sua implantação justificada neste local. Pelo projeto da rodovia BR-050/MG, os taludes de aterro no local considerado têm a inclinação de 1:1,5 (V:H). Como esta rodovia não sofreu obra de conformação de taludes, é possível admitir que seus taludes se apresentam conforme concebido em projeto. Desta forma, segundo NBR 15486 (ABNT:2007), para taludes de 1:1,5 (V:H) há necessidade de proteções a partir de alturas de aterro de aproximadamente 1,0 metro, o que fica evidente na situação apresentada na Figura 45. Assim pode-se verificar, também, que esse dispositivo apresenta comprimento insuficiente, deixando desprotegido o percurso anterior à defesa, o que possibilita a queda de um veículo desgovernado caso alcance este local.

Figura 45 – Defesa metálica – Km 125,7 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

A Figura 46 apresenta uma implantação justificada, uma vez que o talude apresenta inclinação maior que 1:3 (V:H) e altura suficiente para a implantação de defensas metálicas. Neste local, os terminais de entrada e de saída são abatidos, e pela NBR 15486:2007 os terminais estão em desacordo com a norma. Devido às condições do local, o terminal de entrada para se apresentar de forma adequada, segundo a norma, deveria ser um terminal absorvedor de energia ou um terminal ancorado em talude de corte, já que próximo dele há um talude de corte apropriado para este tratamento.

Figura 46 – Defesa metálica – Km 126,7 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017) / Google Earth (2016).

Na Figura 47, assim como na Figura 48, acontece o mesmo da Figura 45, onde a defesa metálica encontra-se instalada de forma justificada devido ao talude 1:1,5 (V:H) no bordo direito da rodovia, mas encontra-se com comprimento insuficiente, deixando

desprotegido o percurso anterior à defesa, o que possibilita a queda de um veículo desgovernado caso alcance este local.

Figura 47 – Defesa metálica – Km 130,2 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Reforça-se, ainda, que nas defensas mostradas na Figura 47 e Figura 48, os terminais de entrada e de saída são abatidos, em desconformidade com a Norma NBR 15486 (ABNT:2007) devido às características da rodovia, conforme dito anteriormente.

Figura 48 – Defesa metálica – Km 144,3 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Para os locais das defensas metálicas instaladas nas Figuras 49, 50 e 51, os taludes e alturas de aterro apresentam características que evidenciam necessidade de implantação de defensas metálicas. Nos três locais existe o problema de comprimento insuficiente, com o agravante de que imediatamente antes do terminal há obstáculos que irão agravar a severidade de um acidente, caso ele ocorra nestes locais.

Figura 49 – Defesa metálica – Km 132,2 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Figura 50 – Defesa metálica – Km 140,6 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Figura 51 – Defesa metálica – Km 152,9 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

A Figura 52 mostra a implantação de uma defesa metálica com justificativa, que no caso se confirma pela característica do talude e altura do aterro, mas que além do comprimento insuficiente no momento da sua implantação, apresenta também um terminal de saída aéreo. Este terminal, citado pela NBR 6971 (ABNT:2012), só poderia ser utilizado caso seu terminal não pudesse ser impactado por veículo do sentido oposto. Neste caso, fica claro

que sem um dispositivo de contenção implantado no canteiro central, um veículo desgovernado pode atingir este terminal aéreo e agravar a severidade do acidente.

Figura 52 – Defesa metálica – Km 144,5 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Para o Grupo L3 não foi encontrado nenhum local com a presença de defensas metálicas sem justificativa, mas corretamente instaladas. Isso porque, da mesma forma que ocorreu na análise do Grupo 1, para o Grupo 3, este trecho possui os parâmetros para a instalação de defensas com tipos de terminais ancorados em taludes de cortes ou absorvedores de energia e estes tipos de terminais não foram encontrados neste trecho da rodovia BR-050/MG.

O Grupo L4, que representa o conjunto de locais com defensas metálicas sem justificativas e não instaladas corretamente, apresentou 5 (cinco) ocorrências, conforme será mostrado a seguir nas Figuras 53 a 57.

As Figuras 53, 54 e 55 seguem a mesma configuração das demais defensas metálicas do trecho em análise, com terminais em desconformidade com as características da rodovia BR-050/MG. As defensas da Figura 53 e Figura 54 não são justificadas, pois não há combinação de talude e altura de aterro que as justifique, não há objetos fixos na área livre ou demais dispositivos que caracterize a necessidade de sua utilização. Na defesa mostrada na Figura 55, conforme dito anteriormente, as características da rodovia não apresentam fatores que justifiquem a implantação de defensas metálicas no canteiro central, além de não haver objetos fixos no local ou demais dispositivos que justifiquem sua utilização. Estas três defensas metálicas não possuem nem o comprimento mínimo para os terminais abatidos que

devem possuir 4 módulos de defensas (cada módulo possui 4,0 metros, possuindo um comprimento total de 16,30 metros). Na Figura 55 há um agravante quanto à condição de implantação, pois esta deixa a face oposta da defesa de forma exposta para o tráfego da outra pista e, segundo NBR 6971 (ABNT:2012), os componentes das defensas metálicas não podem apresentar arestas ou cantos vivos voltados contra o fluxo de tráfego.

Figura 53 – Defesa metálica – Km 136,2 BR-050/MG (L4)



Fonte: Autor (2017).

Figura 54 – Defesa metálica – Km 142,7 BR-050/MG (L4)



Fonte: Google Earth (2016).

Figura 55 – Defesa metálica – Km 155,7 BR-050/MG (L4)



Fonte: Google Earth (2016).

As Figuras 56 e 57 apresentam comprimento suficiente de terminais e apresentam um corpo mais extenso de defesa metálica, mas ambas estão implantadas no canteiro central sem justificativa para sua implantação. Estes locais apresentam um comprimento total de 330,0 metros de defensas (270,0 metros da Figura 56 e aproximadamente 60,0 metros da Figura 57) que poderiam ser utilizados em locais com potenciais altos de ocorrência de acidentes. Além do fato da implantação sem justificativa o mesmo agravante da implantação da Figura 55 acontece com os casos da Figura 56 e 57, onde a face oposta da defesa está exposta para o tráfego da outra pista.

Figura 56 – Defesa metálica – Km 126,0 BR-050/MG (L4)



Fonte: Google Earth (2016).

Figura 57 – Defesa metálica – Km 163,8 BR-050/MG (L4)



Fonte: Google Earth (2016).

O Grupo L5, que representa o conjunto de locais com justificativas para a implantação de defensas metálicas, mas que não têm o dispositivo, apresentou 8 (oito) ocorrências, conforme será mostrado a seguir, nas Figuras 58 a 65.

Nas imagens das Figuras 58, 59 e 60, pode-se notar taludes com inclinação maior que 1:3 (V:H) (aproximadamente 1:1,5 (V:H)) e altura de aproximadamente 3,0 metros. Segundo o critério de inclinação de talude e altura de aterro, a combinação destes fatores apresenta as condições para a necessidade de implantação de proteção lateral nestes locais. Na Figura 59 a condição ainda tem o agravante do segmento estar em um trecho com curva.

Figura 58 – Ausência de defesa metálica – Km 134,9 BR-050/MG (L5)



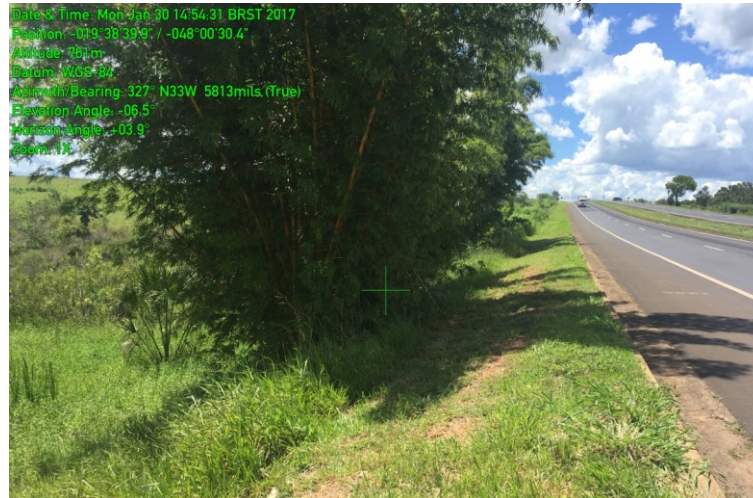
Fonte: Autor (2017).

Figura 59 – Ausência de defesa metálica – Km 146,6 BR-050/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

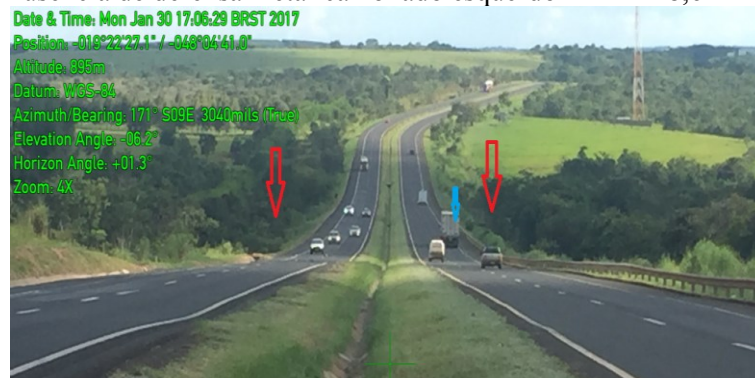
Figura 60 – Ausência de defesa metálica – Km 159,2 BR-050/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

O mesmo caso anterior acontece na Figura 61, pois no lado esquerdo da imagem, as condições do talude e altura de aterro apresentam as características para a implantação de defensas metálicas. As setas em vermelho apresentam os locais de maior altura de aterro e a seta em azul apresenta o final da defesa metálica no lado direito da imagem. O que chama a atenção neste local é que no lado direito, que apresenta uma condição semelhante à do lado esquerdo, a defesa metálica foi aplicada.

Figura 61 – Ausência de defesa metálica no lado esquerdo – Km 128,6 BR-050/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

As Figuras 62 e 63 apresentam situações semelhantes com objetos fixos na área livre, e para a rodovia BR-050/MG as características deste trecho em análise determinam uma área livre de, no mínimo, 9,0 metros. Desta forma, para ambos os casos, há necessidade de implantação de defensas metálicas para conter e redirecionar veículos desgovernados.

A situação da Figura 62 mostra a real necessidade da implantação do dispositivo de contenção que estamos estudando neste trabalho. A seta em vermelho desta figura demonstra

que já houve colisão de veículo no objeto fixo (no caso a árvore). A condição se mostra propícia ao aumento da severidade de algum eventual acidente pois o objeto fixo encontra-se em um trecho em curva, que é um local onde saídas de pista de veículos podem ser mais fáceis devido a força centrífuga.

Figura 62 – Ausência de defesa metálica – Km 132,8 BR-050/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

Figura 63 – Ausência de defesa metálica – Km 144,7 BR-050/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

Nos trechos das Figuras 64 e 65 verifica-se a situação da necessidade de aplicação de defesa metálica em função de um dispositivo de drenagem (no caso uma caixa de coleta de água pluvial). Quando realizada a aplicação dos critérios apresentados na NBR 15486 (ABNT, 2007) à situação mostrada na Figura 65, a defesa metálica deveria apresentar um comprimento de 35,0 metros, além dos comprimentos dos terminais de entrada e saída que, para o trecho em questão, deverão ser terminais absorvedores de energia.

Figura 64 – Ausência de defesa metálica – Km 159,4 BR-050/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

Figura 65 – Defesa metálica – Km 158,1 BR-050/MG (L5)



Fonte: Autor (2017) / Google Earth (2017).

No trecho da rodovia BR-050/MG em análise, existem 5 (cinco) Obras de Arte Especiais (OAE's), apresentadas nas Figuras 66 a 71. Estas OAE's apresentam locais onde são necessárias as defensas metálicas, especificamente para as proteções das suas entradas e saídas. Todos os locais de análise das OAE's se enquadram no Grupo L2, como veremos a seguir.

Nas defensas instaladas na OAE do Rio Tijuco (Figura 66 e 67), fica evidente a desconformidade de altura e a deflexão lateral do dispositivo, destacados pela seta em vermelho. A deflexão lateral para rodovias de velocidade de projeto de 100 km/h deve ser de

26:1, ou seja, a cada 26,0 metros de comprimento há um afastamento de 1,0 metro do dispositivo da lateral da rodovia.

Figura 66 – Defesa metálica – Km 133,3 BR-050/MG – Rio Tijuco (L2)



Fonte: Autor (2017).

Figura 67 – Defesa metálica – Km 133,3 BR-050/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

O caso mostrado na Figura 66, por meio da seta em vermelho do lado direito, se repete na Figura 68, onde a lâmina no encontro com a barreira de concreto (com 4,0 metros de comprimento) passa para atrás do dispositivo de drenagem (meio fio com sarjeta) que apresenta 65,0 centímetros de largura, o que resulta em uma deflexão lateral de aproximadamente 6:1, se mostrando em desconformidade com a NBR 15486 (ABNT 2007).

Figura 68 – Defesa metálica – Km 135,2 BR-050/MG – Rio Pirapitinga (L2)



Fonte: Autor (2017).

Assim como mostrado na Figura 69, situação que se repete nas demais OAE's, não há transição da rigidez entre as barreiras de concreto das pontes e as defensas metálicas utilizadas para proteção das entradas e saídas das OAE's, ou seja, a implantação está em desconformidade com a NBR 15486 (ABNT:2007).

Em todas as 5 (cinco) OAE's, a fixação das defensas metálicas nas barreiras de concreto das pontes encontra-se também em desconformidade com a NBR 15486 (ABNT:2007), e até mesmo com a Norma DNER-ES 144/85. Isso porque os parafusos que são responsáveis por esta fixação deveriam ser transpassados e, quando existem, eles estão implantados em quantidade inferior à necessária. Em alguns destes casos nem parafusos são utilizados, como mostrado na Figura 67.

Figura 69 – Defesa metálica – Km 147,6 BR-050/MG – Rio Água Limpa (L2)



Fonte: Google Earth (2016).

Nas Figuras 70 e 71, especificamente entre os tramos 6 e 7, a instalação possibilita que um veículo desgovernado adentre no espaço existente entre estes tramos de defensas metálicas, sendo possível assim a queda deste veículo no espaço entre as OAE's. Se as

defensas tiverem um comprimento maior, elas podem evitar que isso ocorra, diminuindo a severidade de um acidente que venha a ocorrer no local.

Figura 70 – Defesa metálica – Km 155,1 BR-050/MG – Rio Veadinho (L2)



Fonte: Google Earth (2016).

Figura 71 – Defesa metálica – Km 156,2 BR-050/MG – Rio Laranjeiras (L2)



Fonte: Google Earth (2016).

3.3.2 Rodovia BR-365/MG

No trecho selecionado da rodovia BR-365/MG, do km 630 ao km 665, é regulamentada uma velocidade de 110 km/h. Portanto, segundo a Norma NBR 15486 (ABNT, 2007), só é regulamentado o uso de terminais ancorados em taludes de corte ou terminais absorvedores de energia, pois os terminais abatidos somente devem ser utilizados em trechos com baixa velocidade (abaixo de 60 km/h).

É verificado que neste trecho de rodovia encontram-se terminais absorvedores de energia, abatidos e aéreos. Conforme apresentado na Figura 32, no item 2.3.1, a área livre calculada em função do talude, velocidade de projeto e VDM, apresenta para este trecho da rodovia BR-365/MG, com velocidade de projeto de 110 km/h e VDM de 10.643 veículos,

uma área livre de 9,0 metros em terreno plano. Em taludes de aterro esta largura pode sofrer um acréscimo conforme mostrado na Figura 32.

Para o Grupo L1 foram encontrados três locais com a presença de defensas metálicas com justificativas para sua instalação e instaladas corretamente, conforme mostrado nas Figuras 72 a 76.

A Figura 72 mostra a utilização de defesa metálica devido a obstáculos fixos na área livre da rodovia, ancorada devidamente com um terminal absorvedor de energia.

Figura 72 – Defesa metálica – Km 633,1 BR-365/MG (L1)



Fonte: Autor (2017).

Para o trecho da rodovia da BR-365/MG em análise, com VDM de 10.643, e canteiro central com largura de 6,0 metros, segundo o critério da NBR 15486 (ABNT, 2007) mostrado na Figura 34 (item 2.3.3), a condição para implantação de defensas metálicas se localiza na região do gráfico que caracteriza como opcional sua utilização, recomendada apenas se houver um histórico de acidentes no local. Mas em casos de diferença de nível entre as pistas, o critério de zona livre deve ser aplicado, e no local mostrado na Figura 73 há uma diferença de nível entre as pistas, com talude entre as pistas da ordem de 1:1,5 ($V:H \rightarrow V/H = 0,67$). Por apresentar uma altura da ordem de 2,0 metros em 3,0 metros de largura do canteiro central, caracteriza um talude entre as pistas que justifica a utilização de defesa metálica, conforme mostrado na Figura 74. Esta defesa, que se estende por 2,3 km, tem a aplicação correta de terminal absorvedor de energia.

Figura 73 – Defesa metálica – Km 635,3 BR-365/MG (L1)



Fonte: Autor (2017).

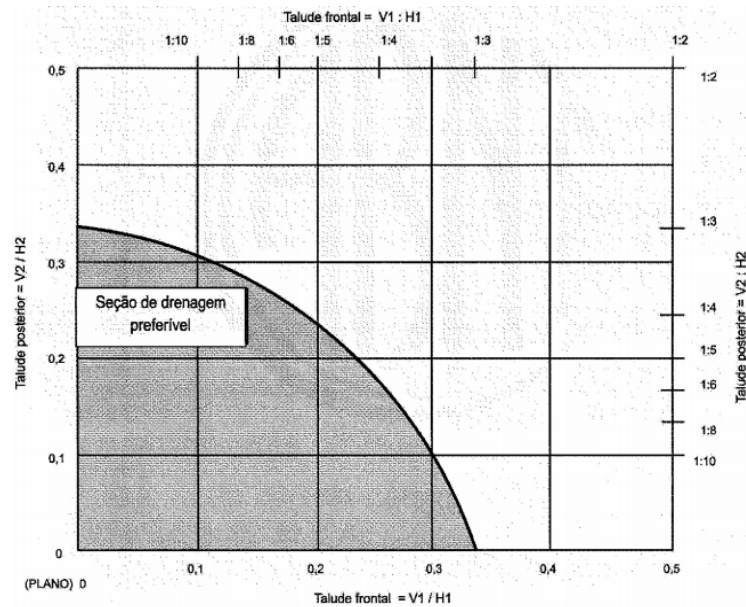
Figura 74 – Defesa metálica – Km 635,3 BR-365/MG (L1)



Fonte: Autor (2017) / Google Earth (2016).

No segmento mostrado na Figura 76 observa-se a utilização de defesa metálica no canteiro central, que neste caso se faz necessária devido à drenagem superficial que apresenta seção tida como não preferencial, sendo necessário a utilização de defensas. A seção do dispositivo de drenagem encontrado apresenta largura de 1,0 metro e profundidade de 0,3 metros, com talude frontal e talude posterior semelhantes ($V1:H1=V2:H2=0,5/0,3=0,6$). A necessidade da utilização de defensas metálicas em função de drenagem lateral foi apresentada no item 2.3.6 deste trabalho e, segundo a NBR 15486 (ABNT:2007), as drenagens superficiais devem apresentar taludes considerados transpassáveis, como mostrado na Figura 75.

Figura 75 – Seção preferencial para canais com mudanças abruptas de declividade



Fonte: ABNT (2007).

Figura 76 – Defesa metálica – Km 656,5 BR-365/MG – 1,2 km de defesa – devido drenagem (L1)



Fonte: Autor (2017).

O Grupo L2 desta rodovia, que apresenta o conjunto de locais com implantação de defensas metálicas justificadas, mas não instaladas corretamente, é formado por 13 ocorrências, que serão mostradas nas Figuras 77 a 92.

A imagem da Figura 77, mostra um local onde existe a necessidade de proteção lateral devido aos objetos fixos na lateral da rodovia, caracterizada pelos suportes do pórtico e da iluminação pública. Entretanto as defensas não estão corretamente instaladas, pois primeiramente a defesa vista ao lado esquerdo da figura possui um terminal abatido, em desacordo com a NBR 15486 (ABNT, 2007), conforme discutido anteriormente. Em segundo lugar, a defesa no lado direito da figura, apesar de possuir um terminal absorvedor de energia, o mesmo foi implantado muito próximo do suporte da iluminação pública, não

respeitando o espaço de trabalho do dispositivo implantado. Isso possibilitou que o suporte fosse atingido e danificado, conforme apontado pela seta vermelha na Figura 77. Fatos como esse podem agravar a severidade de acidentes e fazer com que a defesa metálica não cumpra seu papel de proteger os motoristas de obstáculos fixos laterais à via.

Figura 77 – Defesa metálica – Km 630,4 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Nas Figuras 78 a 82, as defensas metálicas são justificadas devido a diferença de nível entre as pistas e porque estes locais apresentam as características de talude e altura de aterro que caracterizam a necessidade de defensas metálicas. Entretanto, é visível nesses locais uma característica que torna suas instalações incorretas: as defensas metálicas foram implantadas com terminais abatidos, ou seja, em desacordo com a NBR 15486 (ABNT:2007) devido à velocidade da via.

Figura 78 – Defesa metálica – Km 630,9 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

É notória a importância da instalação das defensas metálicas conforme as necessidades apresentadas na NBR 15486 (ABNT:2007). Esta importância é mostrada nas

Figuras 79 a 81, onde podem ser vistas lâminas abalroadas por veículos que perderam o controle nestes locais.

Figura 79 – Defesa metálica – Km 642,0 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Figura 80 – Defesa metálica – Km 654,3 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Ressalta-se ainda que, nos casos das Figuras 78 a 82, as instalações de defensas metálicas simples nos canteiros centrais acarretam a possibilidade das defensas serem

impactadas em ambos os lados. Nestes casos, onde não for possível a instalação de defensas metálicas duplas, a defesa metálica deve ser desdobrada em dois segmentos de defensas simples, um em cada bordo do canteiro central. A Figura 81 apresenta um caso onde um veículo desgovernado impactou na parte de trás da defesa metálica, o que comprova a necessidade de defensas metálicas em ambos os lados dos canteiros centrais para proteger os veículos das arestas e cantos vivos que compõem a parte de trás das defensas metálicas.

Figura 81 – Defesa metálica – Km 655,3 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Figura 82 – Defesa metálica – Km 655,5 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

A Figura 83 mostra um local onde foi implantada uma defesa metálica pela existência de dispositivo de drenagem com características que demandam proteção lateral.

Porém há a necessidade de implantação de defesa metálica do outro lado do canteiro central (destacada pela seta roxa), não só pela existência do mesmo dispositivo de drenagem, que pode causar agravamento na severidade de um possível acidente no local, como também pela exposição das arestas e cantos que compõem a parte de trás da defesa metálica, conforme mostrado da Figura 83 (seta vermelha).

Assim, mesmo comprovada a necessidade da defesa metálica, a mesma foi implantada com comprimento insuficiente, uma vez que o local com a necessidade de proteção lateral se estende por 1,2 quilômetros. Além do comprimento insuficiente, o dispositivo foi instalado com terminais abatidos, já ditos incompatíveis com a determinação da NBR 15486 (ABNT, 2007) devido à velocidade da via.

Figura 83 – Defesa metálica – Km 656,8 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

No trecho em análise da rodovia BR-365/MG, existe apenas uma OAE, onde há necessidade de implantação de defensas metálicas nos acessos à estrutura. Neste caso a implantação se mostra incorreta devido ao tipo de terminal utilizado (Figuras 84 e 86), à inexistência na transição de rigidez entre dos dispositivos de contenção (barreira de concreto e defesa metálica), à ausência de conexão entre a barreira de concreto e a defesa metálica (Figuras 85 e 86), além de existir arestas e cantos vivos voltados contra o fluxo de veículos (Figuras 84 e 85).

Figura 84 – Defesa metálica – Km 640,1 BR-365/MG – Rio das Pedras (L2)



Fonte: Autor (2017).

Figura 85 – Defesa metálica – Km 640,1 BR-365/MG – Rio das Pedras (L2)



Fonte: Autor (2017).

A importância de uma conexão entre dispositivos de contenção com diferentes níveis de rigidez, é vista na Figura 86, que mostra o resultado da colisão de um veículo desgovernado na barreira de concreto da OAE devido à falta de conexão entre os dispositivos de contenção.

Figura 86 – Defesa metálica – Km 640,1 BR-365/MG – Rio das Pedras (L2)



Fonte: Autor (2017).

As Figuras 87 a 91 apresentam locais com necessidade de implantação de defensas metálicas em função da inclinação de taludes e alturas de aterro. Entretanto, nestes locais, foram instalados terminais abatidos quando deveriam ter sido instalados terminais absorvedores de energia ou terminais ancorados em taludes de corte.

Figura 87 – Defesa metálica – Km 642,0 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

As defensas metálicas mostradas nestes locais possuem também comprimento insuficiente, pois existem extensões imediatamente antes do início destes dispositivos em que veículos desgovernados têm a possibilidade de atingir as áreas com características que não permitem o controle do veículo.

Figura 88 – Defesa metálica – Km 646,1 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Na Figura 87 há um talude de corte onde seria uma forma ideal de ancoragem da defesa metálica implantada neste local, utilizando um terminal ancorado em talude de corte.

Figura 89 – Defesa metálica – Km 653,2 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Figura 90 – Defesa metálica – Km 660,5 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Na Figura 91 há também obstáculos fixos na zona de área livre (por se tratar de uma reserva de preservação permanente). Neste caso específico, devido ao comprimento insuficiente da defesa, caso o veículo tenha uma saída de pista antes do terminal desta defesa, há uma grande probabilidade de que atinja as árvores, conforme mostrado na figura, o que causaria um agravamento na severidade do acidente.

Figura 91 – Defesa metálica – Km 652,8 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

A Figura 92 apresenta um local com necessidade de implantação de defensas metálicas devido à inclinação do talude e altura do aterro e à existência de obstáculos fixos na zona de área livre (árvores). A implantação se mostra incorreta devido à utilização de terminal abatido como terminal de entrada e de terminal aéreo como terminal de saída. Na parte inferior da Figura 92 pode-se notar que não há nenhum dispositivo no canteiro central que possa impedir a colisão de um veículo desgovernado da pista com sentido oposto, que venha em direção do terminal de saída aéreo. Este caso ilustra com bastante clareza o risco deste tipo de terminal, onde existe a possibilidade de colisão de veículos no sentido oposto do terminal aéreo, sendo necessário a substituição deste terminal aéreo.

Figura 92 – Defesa metálica – Km 647,4 BR-365/MG (L2)



Fonte: Autor (2017).

Para o Grupo L3 não foi encontrado nenhum local com a presença de defensas que não tenham sua implantação justificada, mas que foram instaladas corretamente.

O Grupo L4 para esta rodovia, que apresenta o conjunto de locais com implantação de defensas metálicas sem justificativa e não instaladas corretamente, expõe 2 (duas) ocorrências, que serão mostradas nas Figura 93 e 94.

A rodovia BR-365/MG apresenta um VDM de 10.463 veículos e largura de canteiros de 6,0 metros, o que não caracteriza a necessidade de defensas metálicas em canteiros centrais transpassáveis. A Figura 93 apresenta a instalação de defesa metálica no canteiro central, local sem fatores que demonstrem necessidade de sua implantação. E, neste caso, ainda há utilização de terminal abatido, estando em desacordo com a NBR 15486 (ABNT:2007).

Figura 93 – Defesa metálica – Km 633,3 BR-365/MG (L4)



Fonte: Autor (2017).

A Figura 94 mostra a instalação de defesa metálica imediatamente após o término de uma anterior, configurando o encontro de um terminal aéreo com um terminal abatido. Para situações como esta, as estruturas devem ser ligadas para que se forme apenas um dispositivo de contenção e seja garantido um desempenho pleno da defesa metálica.

Figura 94 – Defesa metálica – Km 657,7 BR-365/MG (L4)



Fonte: Autor (2017).

O Grupo L5 desta rodovia apresenta o conjunto de locais com justificativa para a implantação de defensas metálicas, mas que não possuem o dispositivo. Para este Grupo são mostradas 7 (sete) ocorrências, nas Figura 95 a 101.

No trecho em análise da rodovia BR-365/MG foram encontrados 13 pórticos, dos quais apenas o pórtico apresentado na Figura 77 apresenta proteção com a utilização de defensas metálicas. Os demais pórticos não possuem nenhum tipo de proteção lateral, o que

os tornam vulneráveis a impactos frontais por veículos desgovernados. A Figura 95 mostra uma situação recorrente para os demais pórticos deste trecho.

Figura 95 – Ausência de defesa metálica – Km 637,7 BR-365/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

A Figura 96 mostra um local onde foi utilizada a defesa metálica no canteiro central devido aos fatores de inclinação de talude e altura de aterro. Neste local o corpo da defesa metálica deveria ser estendido para que se protegesse o suporte do pórtico, mas, ao contrário disso, ambos os suportes ficaram sem proteção lateral.

Figura 96 – Ausência de defesa metálica – Km 639,7 BR-365/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

As Figuras 97 e 98 mostram locais em que as pistas se encontram em níveis diferentes e o canteiro central possui características de inclinação de talude e altura de aterro que justificam a utilização de defensas metálicas.

Figura 97 – Ausência de defesa metálica – Km 647,7 BR-365/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

Figura 98 – Ausência de defesa metálica – Km 645,1 BR-365/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

A duplicação da rodovia BR-365/MG criou uma situação atípica (Figura 99), onde um posto de combustível que possuía um acesso regular, teve uma aproximação bastante grande de seu acesso com a margem da rodovia. Neste local, por iniciativa do proprietário do posto de combustível, foi implantado uma cerca com postes de eucaliptos, para separar e orientar os caminhoneiros que fazem uso das áreas do posto. Além deste obstáculo fixo às margens da rodovia ainda há suportes de iluminação ao lado da cerca, o que caracteriza uma situação bastante perigosa para os usuários da rodovia. Neste local há a necessidade de remoção da cerca e implantação de defensas metálicas com terminal absorvedor de energia para remover a situação perigosa que representa o atual local.

Figura 99 – Ausência de defesa metálica – Km 650,1 BR-365/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

Nos locais mostrados nas Figuras 100 e 101, há a necessidade de implantação de defensas metálicas devido às características de inclinação de talude e altura de aterro. Ambos os locais são regiões de retorno e os taludes de aterro localizam-se no lado externo da curva nestes locais.

Figura 100 – Ausência de defesa metálica – Km 657,7 BR-365/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

Figura 101 – Ausência de defesa metálica – Km 662,7 BR-365/MG (L5)



Fonte: Autor (2017).

3.4 PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA DOS TRECHOS SELECIONADOS

Para a análise das condições de segurança dos trechos em estudo, serão utilizados os números de acidentes ocorridos no período de 2012 a 2016, nos segmentos das rodovias BR-050/MG e BR-365/MG.

A partir do número de acidentes dos segmentos selecionados, por grau de severidade, será determinado para cada segmento o número de Unidades Padrão de Severidade (UPS), calculado por meio da Equação 1:

$$UPS = ASV + 4xACF + 6xACFP + 13xACM \quad [1]$$

em que:

ASV – número de acidentes sem vítimas;

ACF – número de acidentes com feridos, excluindo os acidentes envolvendo pedestres;

ACFP – número de acidentes com feridos envolvendo pedestres;

ACM – número de acidentes com mortes.

Determinado o número UPS, será calculada a taxa de severidade dos segmentos analisados pela Equação 2:

$$T_s = (UPS \times 10^6) / (P \times V \times E) \quad [2]$$

em que:

T_s – taxa de severidade dos acidentes (UPS/milhão de veículosxkm);

P – período em dias (em geral 365 dias);

V – volume diário médio anual de veículos no local considerado;

E – extensão do segmento (km).

Na determinação do número de acidentes a partir dos boletins de ocorrência lavrados pela Polícia Rodoviária Federal (PRF), é importante reconhecer que os locais das ocorrências registrados nesses boletins podem apresentar imprecisão de até 100,0 metros. Em função disso, para a determinação do número de UPS nos casos de avaliação de terminais, a localização dos mesmos será tratada com uma precisão de 100,0 antes e depois do local analisado. Para os casos em que há necessidade de analisar toda a extensão do corpo das defensas ou extensões, devido a comprimentos insuficientes, os locais serão tratados com acréscimo de 100,0 metros antes e depois das extensões em questão.

Os valores de Volume Diário Médio Anual (VDMa) das rodovias são encontrados no site do DNIT como parte integrante do Plano Nacional de Controle de Tráfego (PNCT). Estes dados de VDMa tiveram o início no ano de 2014, não possuindo assim valores para os anos de 2012 e 2013. Por essa razão foi realizada uma regressão dos dados conhecidos, em função do percentual do crescimento populacional para os respectivos anos. Este método é previsto pelo Manual de Estudos de Tráfego (IPR 723:2006), e é uma forma simplificada devido ao pequeno período de análise (entre os anos de 2014 e 2016) e por não existir grandes variações econômicas no período estudado, sendo necessário uma amostra maior para se utilizar um método mais complexo. O Quadro 26 apresenta os valores de VDMa encontrados para as duas rodovias em análise.

Quadro 26 - Valores de VDMa

BR-050/MG		BR-365/MG	
Período	VDMa	Período	VDMa
2012	12.414	2012	10.291
2013	12.885	2013	10.681
2014	12.997	2014	10.774
2015	13.008	2015	10.654
2016	12.289	2016	10.186

Fonte: Adaptado do DNIT, 2012/2016.

No Quadro 27, seguem os dados de análise dos grupos verificados na rodovia BR-050/MG, e no Quadro 28 os referentes à rodovia BR-365/MG.

Quadro 27 - Locais analisados – BR-050/MG

Grupo L2				
Local	Pista	Ação	Trecho	
			Real	Análise
Km 125,7	PE	120,0 m	Km 125,7-Km 125,82	Km 125,6-Km 125,9
Km 126,7	PD	30,0 m	Km 126,7-Km 126,67	Km 126,6-Km 126,8
Km 130,2	PD	80,0 m	Km 130,2-Km 130,12	Km 130,0-Km 130,0
Km 132,2	PE	80,0 m	Km 132,2-Km 132,28	Km 132,1-Km 132,4
Km 133,3	PD/PE		Km 133,3-Km 133,4	Km 133,1-Km 133,5
Km 135,2	PD/PE		Km 135,1-Km 135,2	Km 135,0-Km 135,3
Km 140,6	PD	20,0 m	Km 140,6-Km 140,58	Km 140,5-Km 140,7
Km 144,3	PD	70,0 m	Km 144,3-Km 144,23	Km 144,1-Km144,4
Km 144,5	PE	240,0 m	Km 144,3-Km 144,54	Km 144,2-Km 144,6
Km 147,6	PD/PE		Km 147,6-KM 147,7	Km 147,5-Km 147,8
Km 152,9	PD	120,0 m	Km 152,9-Km 152,78	Km 152,7-Km 153,0
Km 155,1	PD/PE		Km 155,1-Km 155,2	Km 155,0-Km 155,3
Km 156,2	PD/PE		Km 156,2-Km 156,3	Km 156,1-Km 156,4
Grupo L4				
Local	Pista	Ação	Trecho	
			Real	Análise
Km 126,0	PD/PE	270,0 m	Km 125,9-Km 126,17	Km 125,8-Km 126,3
Km 136,2	PD		Km 136,2	Km 136,1-Km 136,3
Km 142,7	PE		Km 142,7	Km 142,6-Km 142,8
Km 155,7	PD/PE		Km 155,7	Km 155,6-Km 155,8
Km 163,8	PD/PE		Km 163,8	Km 163,7-Km 163,9
Grupo L5				
Local	Pista	Ação	Trecho	
			Real	Análise
Km 128,6	PE	900,0 m	Km 128,4-Km 129,3	Km 128,3-Km 129,4
Km 132,8	PE	400,0 m	Km 132,5-Km 132,9	Km 132,4-Km 133,0
Km 134,9	PD	200,0 m	Km 134,7-Km 134,9	Km 134,6-Km 135,0
Km 144,7	PE	200,0 m	Km 144,6-Km 144,8	Km 144,5-Km 144,9
Km 146,6	PD	1.300,0 m	Km 145,4-Km 146,7	Km 145,3-Km 146,8
Km 158,1	PD/PE	35,0 m	Km 158,09- Km 159,12	Km 158,0-Km158,2
Km 159,2	PD	600,0 m	Km 158,9-Km 159,5	Km 158,8-Km 159,6
Km 159,4	PD/PE	35,0 m	Km 159,39-Km 159,42	Km 159,3-Km 159,5

Observação: PE – Pista Esquerda; PD – Pista Direita

Fonte: Autor (2017).

Quadro 28 - Locais analisados – BR-365/MG

Grupo L1				
Local	Pista	Ação	Trecho	
			Real	Análise
Km 633,1	PD	100,0 m	Km 633,1-Km 633,2	Km 633,0-Km 633,3
Km 635,3	PD/PE	2.300,0 m	Km 635,3-Km 637,6	Km 635,2-Km 637,7
Km 656,5	PD/PE	1.200,0 m	Km 656,5-Km 657,7	Km 656,4-Km 657,8
Grupo L2				
Local	Pista	Ação	Trecho	
			Real	Análise
Km 630,4	PD	32,0 m	Km 630,37-Km 630,4	Km 630,3-Km 630,5
Km 630,9	PD/PE		Km 630,9	Km 630,8-Km 631,0
Km 640,1	PD/PE	200,0 m	Km 640,0-Km 640,2	Km 639,9-Km 640,3
Km 642,0	PD/PE		Km 642,0	Km 641,9-Km 642,1
Km 642,0	PE	100,0 m	Km 642,0-Km 642,1	Km 641,9-Km 642,2
Km 646,1	PE	40,0 m	Km 646,1-Km 646,14	Km 646,0-Km 646,2
Km 647,4	PD	300,0 m	Km 647,4-Km 647,7	Km 647,3-Km 647,8
Km 652,8	PD	80,0 m	Km 652,8-Km 652,72	Km 652,6-Km 652,9
Km 653,2	PD	50,0 m	Km 653,2-Km 653,16	Km 653,1-Km 653,3
Km 654,3	PD/PE		Km 654,3	Km 654,2-Km 654,4
Km 655,3	PD/PE		Km 655,3	Km 655,2-Km 655,4
Km 655,5	PD/PE		Km 655,5	Km 655,4-Km 655,6
Km 656,8	PD/PE	1.200,0 m	Km 656,5-Km 657,7	Km 656,4-Km 657,8
Km 660,5	PD	120,0 m	Km 660,5-Km 660,38	Km 660,3-Km 660,6
Grupo L4				
Local	Pista	Ação	Trecho	
			Real	Análise
Km 633,3	PD/PE	60,0 m	Km 633,3-Km 633,24	Km 633,1-Km 633,4
Km 657,7	PD		Km 657,7	Km 657,6-Km 657,8
Grupo L5				
Local	Pista	Ação	Trecho	
			Real	Análise
Km 637,7	PD	24,0 m	Km 637,7	Km 637,6-Km 637,8
Km 639,7	PD	24,0 m	Km 639,7	Km 639,6-Km 639,8
Km 645,1	PD/PE	620,0 m	Km 645,3-Km 644,8	Km 644,7-Km 645,4
Km 647,7	PD/PE	185,0 m	Km 647,51-Km 647,7	Km 647,4-Km 647,8
Km 650,1	PD	100,0 m	Km 650,1-Km 650,2	Km 650,0-Km 650,3
Km 657,7	PE	500,0 m	Km 657,4-Km 657,9	Km 657,3-Km 658,0
Km 662,7	PD	300,0 m	Km 662,5-Km 662,8	Km 662,4-Km 662,9

Observação: PE – Pista Esquerda; PD – Pista Direita

Fonte: Autor (2017).

Para cada um dos locais selecionados nas duas rodovias será então calculada a taxa de severidade para cada um dos 5(cinco) anos do período de estudo, e a somatória dos valores obtidos de cada ano para cada local irá compor a somatória de Ts de cada grupo (considerando todos os anos analisados). Posteriormente, serão calculados os valores de Ts médio para cada grupo e o correspondente intervalo de confiança para $\alpha = 5\%$. Se os intervalos de confiança calculados para os diferentes grupos não apresentarem pontos em

comum, então pode-se inferir que a hipótese de igualdade entre as médias dos grupos é rejeitada para o nível de significância adotado e que, portanto, as taxas de severidade médias diferem entre os grupos. Caso contrário, a diferença entre as médias não será estatisticamente significativa. O propósito dessa comparação é verificar se existem indícios efetivos de que, nos locais considerados, a instalação das defensas em situações diferenciadas com relação à necessidade de implantação e à correção da instalação desse tipo de dispositivo afeta a segurança desses locais.

Será calculada, também, a Taxa de severidade média anual - Tsma de cada local para compor a somatória de Tsma de cada grupo para compararmos a variação média anual, pela Equação 3, para os períodos de 2012 a 2016 e 2014 a 2016 como o objetivo de verificarmos os reflexos de investimentos realizados após a implementação da concessão na rodovia BR-050/MG e do Programa BR-LEGAL na rodovia BR-365/MG, que ocorreram em 2014.

$$\Delta\text{média} = ((\text{Tsma-3}/\text{Tsma-5}) - 1) \times 100 \quad [3]$$

Onde:

$\Delta\text{média}$ – variação média da Ts;

Tsma-3 – Taxa de severidade média para os 3 anos analisados (2014-2016);

Tsma-5 – Taxa de severidade média para os 5 anos analisados (2012-2016).

Assim, se a variação média da Ts de um dado local for negativa, implica que a modificação feita em 2014 causou uma melhora nas condições de segurança do local com a modificação realizada (concessão, no caso da BR-050/MG, e BR-Legal na BR-365/MG). Uma variação média positiva, por outro lado, indica uma piora na segurança do local. É importante destacar que as ações previstas pelo BR-Legal incluíam a implantação de defensas, além de melhorias na sinalização horizontal e vertical das rodovias.

Cabe destacar que, em função das amostras de locais estudados serem pequenas (26 locais em cada rodovia), os resultados apresentados na seção 3.5 são apenas exploratórios e não devem ser usados para efeito de qualquer generalização.

3.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nessa seção o procedimento apresentado na seção anterior é aplicado aos locais selecionados das rodovias BR-050/MG e BR-365/MG.

3.5.1 Resultados obtidos para os locais da BR-050/MG

Na Tabela 1 são apresentados os valores UPS calculados para cada segmento em estudo.

Tabela 1- Levantamento de UPS – BR-050/MG

GRUPO L2						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 125,7	0	0	0	0	0	0
Km 126,7	0	0	0	0	0	0
Km 130,2	0	4	1	0	0	5
Km 132,2	4	0	0	1	1	6
Km 133,3	8	0	5	0	0	13
Km 135,2	14	0	0	0	0	14
Km 140,6	6	0	0	0	0	6
Km 144,3	4	0	0	0	0	4
Km 144,5	0	0	0	0	0	0
Km 147,6	4	0	1	0	0	5
Km 152,9	12	0	6	0	0	18
Km 155,1	6	2	4	2	0	14
Km 156,2	0	4	4	0	0	8
	58	10	21	3	1	93
GRUPO L4						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 126,0	6	1	5	0	0	12
Km 136,2	0	0	0	0	1	1
Km 142,7	0	0	0	0	0	0
Km 155,7	0	0	4	0	0	4
Km 163,8	0	0	0	0	0	0
	6	1	9	0	1	17
GRUPO L5						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 128,6	4	4	13	0	0	21
Km 132,8	4	4	1	0	1	10
Km 134,9	0	0	0	8	0	8
Km 144,7	0	0	1	4	0	5
Km 146,6	3	16	6	1	1	27
Km 158,1	0	1	0	0	0	1
Km 159,2	4	0	8	5	0	17
Km 159,4	0	0	0	5	8	13
	15	25	29	23	10	102

Fonte: Autor (2017).

Na Tabela 2 são apresentados os valores encontrados com os cálculos da Taxa de Severidade (Ts) de cada local para os respectivos anos em estudo na rodovia BR-050/MG.

Tabela 2- Levantamento de Ts acumulado para 5 anos – BR-050/MG

GRUPO L2						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 125,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 126,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 130,2	0,0	5,7	1,4	0,0	0,0	7,1
Km 132,2	5,8	0,0	0,0	1,4	4,4	11,7
Km 133,3	4,4	0,0	2,6	0,0	0,0	7,0
Km 135,2	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3
Km 140,6	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4
Km 144,3	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9
Km 144,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 147,6	2,9	0,0	0,7	0,0	0,0	3,6
Km 152,9	17,8	0,0	8,5	0,0	0,0	26,3
Km 155,1	4,4	1,4	2,8	1,4	0,0	10,0
Km 156,2	0,0	1,4	2,8	1,4	0,0	5,6
	65,0	10,0	18,9	2,8	4,4	101,1
GRUPO L4						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 126,0	2,6	0,4	2,1	0,0	0,0	5,2
Km 136,2	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	6,8
Km 142,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 155,7	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	4,2
Km 163,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2,6	0,4	6,3	0,0	6,8	16,2
GRUPO L5						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 128,6	1,6	1,5	4,9	0,0	0,0	8,1
Km 132,8	1,9	1,9	0,5	0,0	1,5	5,8
Km 134,9	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0	8,5
Km 144,7	0,0	0,0	1,0	4,2	0,0	5,2
Km 146,6	0,9	4,6	1,7	0,3	0,9	8,4
Km 158,1	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	1,1
Km 159,2	2,2	0,0	4,3	2,7	0,0	9,1
Km 159,4	0,0	0,0	0,0	5,3	26,9	32,2
	6,7	9,0	12,4	20,9	29,3	78,3

Fonte: Autor (2017).

Na Tabela 3 são apresentados os valores acumulados para o período de 2012 a 2016, encontrados pela soma das Taxas de Severidade (Ts) anuais calculadas para cada local em estudo. Com estes valores, foram calculadas as estatísticas descritivas de cada grupo (média, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação), bem como o respectivo intervalo de confiança para o valor médio, considerando o nível de confiança de 95% ($\alpha = 5\%$). As

amostras apresentam grande variabilidade, confirmadas pelos coeficientes de variação elevados, o que caracterizam amostras bastantes heterogêneas com relação à taxa de severidade.

Tabela 3- Levantamento de Taxa de severidade (Ts) – BR-050/MG

L2		L4		L5	
Locais	Ts	Locais	Ts	Locais	Ts
Km 125,7	0,0	Km 142,7	0,0	Km 158,1	1,1
Km 126,7	0,0	Km 163,8	0,0	Km 132,8	5,2
Km 144,5	0,0	Km 155,7	4,2	Km 144,7	5,8
Km 147,6	3,6	Km 126,0	5,2	Km 146,6	8,1
Km 156,2	5,6	Km 136,2	6,8	Km 128,6	8,4
Km 144,3	5,9			Km 134,9	8,5
Km 133,3	7,0			Km 159,2	9,1
Km 130,2	7,1			Km 159,4	32,2
Km 155,1	10,0				
Km 135,2	10,3				
Km 132,2	11,7				
Km 140,6	13,4				
Km 152,9	26,3				
Total	101,1		16,2		78,3
Média	7,8		3,2		9,8
Mediana	7,0		4,2		8,2
DP	7,1		3,1		9,4
IC(95%)–4,3	3,5	IC(95%)–3,8	-0,6	IC(95%)–7,9	1,9
	12,1		7,0		17,7
CV	91,6		95,6		96,3

Observações: DP – Desvio Padrão; IC – Intervalo de Confiança; CV – Coeficiente de Variação.

Os valores em vermelho são os que estão dentro do intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Autor (2017).

Na rodovia BR-050/MG, segundo os dados em estudo, apresenta-se mais crítico o Grupo L5 (média=9,8 e mediana=8,2), que representa os locais com justificativa de defensas metálicas, mas que não têm o dispositivo. Seguida do Grupo L2 (média=7,8 e mediana=7,0), que representa os locais com justificativa para instalação de defensas metálicas, mas que não foram corretamente instaladas, e por último o Grupo L4 (média=3,2 e mediana=4,2), que representa os locais sem justificativa para utilização de defensas metálicas e não instaladas corretamente. Ou seja, os resultados mostram que sob o ponto de vista da segurança viária, havendo necessidade de instalação de defensas, deixar de instalá-las é pior de que tê-las instalado de modo incorreto. Cabe destacar, no entanto, que as diferenças observadas não são estatisticamente significativas para $\alpha = 5\%$. Como pode ser visto na Tabela 3, os intervalos de confiança para a média dos três grupos têm valores em comum. Isso já era esperado uma vez

que a amostra de locais por grupo é bastante reduzida. Ou seja, os resultados obtidos não podem ser generalizados para outros locais similares, não incluídos nas amostras.

A Tabela 4 mostra os valores de Ts média para o período de 5 anos (2012 a 2016) e para o período de 3 anos (2014 a 2016), apresentando uma Δ média de -57,0%, 35,0% e 33,2%, para o Grupo L2, Grupo L4 e Grupo L5, respectivamente. Os resultados para a rodovia BR-050/MG, apresentaram uma redução da média da Ts apenas para o Grupo L2 e acréscimo para o Grupo L4, ao contrário do que se esperava para este último Grupo, o qual esperava-se um comportamento semelhante do Grupo L2 de redução na variação média da Ts. Com os dados levantados para estes cálculos, os investimentos mostraram-se eficazes na redução dos acidentes em locais que compõem o Grupo L2, ao contrário do Grupos L4 onde os investimentos não se mostraram eficazes como se esperava. Para o Grupo L5 o aumento na variação da Ts se justifica por se tratar de locais com necessidade de implantação, mas que não possuem o dispositivo, reforçando a necessidade de tratamento da segurança dos pontos que compõem este Grupo.

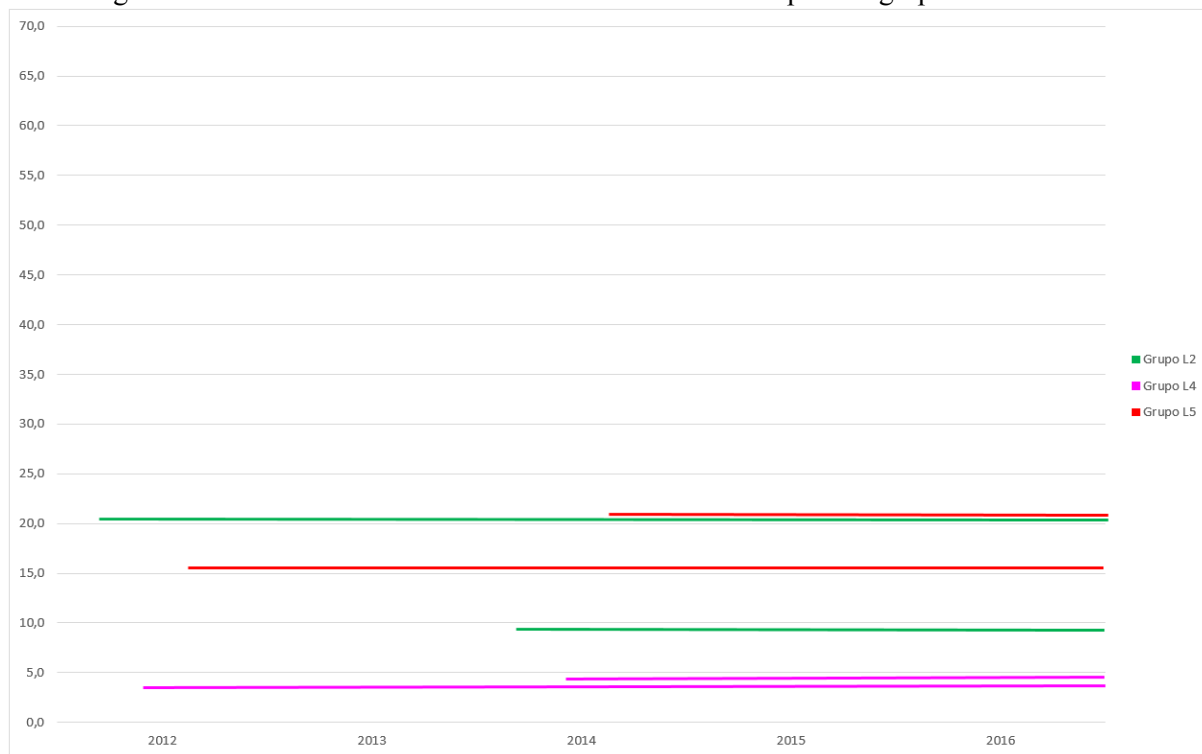
Tabela 4- Levantamento de Ts média – BR-050/MG

GRUPO L2		
Locais	Ts média (5 anos – 2012 a 2016)	Ts média (3 anos – 2014 a 2016)
Km 125,7	0,0	0,0
Km 126,7	0,0	0,0
Km 130,2	1,4	0,5
Km 132,2	2,3	1,9
Km 133,3	1,4	0,9
Km 135,2	2,1	0,0
Km 140,6	2,7	0,0
Km 144,3	1,2	0,0
Km 144,5	0,0	0,0
Km 147,6	0,7	0,2
Km 152,9	5,3	2,8
Km 155,1	2,0	1,4
Km 156,2	1,1	0,9
	20,2	8,7
Δ média = -57,0%		
GRUPO L4		
Locais	Ts média (5 anos – 2012 a 2016)	Ts média (3 anos – 2014 a 2016)
Km 126,0	1,0	0,7
Km 136,2	1,4	2,3
Km 142,7	0,0	0,0
Km 155,7	0,8	1,4
Km 163,8	0,0	0,0
	3,2	4,4
Δ média = 35,0%		
GRUPO L5		
Locais	Ts média (5 anos – 2012 a 2016)	Ts média (3 anos – 2014 a 2016)
Km 128,6	1,6	1,6
Km 132,8	1,2	0,6
Km 134,9	1,7	2,8
Km 144,7	1,0	1,7
Km 146,6	1,7	1,0
Km 158,1	0,2	0,0
Km 159,2	1,8	2,3
Km 159,4	6,4	10,7
	15,7	20,9
Δ média = 33,2%		

Fonte: Autor (2017).

A Figura 102 mostra por gráfico as Taxas de severidade médias para os períodos de 5 anos e 3 anos conforme descrito anteriormente.

Figura 102 – Gráfico – Soma da Taxa de severidade média para os grupos– BR-050/MG



Fonte: Autor (2017).

3.5.2 Resultados obtidos para os locais da BR-365/MG

Na Tabela 5 são apresentados os valores UPS calculados para cada segmento em estudo da BR-365/MG.

Tabela 5 - Levantamento de UPS – BR-365/MG

GRUPO L1						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 633,1	6	1	0	0	0	7
Km 635,3	4	7	21	22	0	54
Km 656,5	0	0	0	0	0	0
	10	8	21	22	0	61
GRUPO L2						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 630,4	0	0	0	0	0	0
Km 630,9	3	3	5	5	8	24
Km 640,1	1	0	5	2	0	8
Km 642,0	0	0	0	0	0	0
Km 642,0	0	0	0	0	0	0
Km 646,1	0	1	14	25	0	40
Km 647,4	0	0	0	0	0	0
Km 652,8	0	0	0	0	0	0
Km 653,2	0	0	1	0	0	1
Km 654,3	0	0	0	0	0	0
Km 655,3	0	0	0	0	0	0
Km 655,5	0	0	0	0	0	0
Km 656,8	0	0	0	0	0	0
Km 660,5	0	0	0	0	0	0
	4	4	25	32	8	73
GRUPO L4						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 633,3	0	0	0	0	0	0
Km 657,7	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
GRUPO L5						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 637,7	0	0	0	13	0	13
Km 639,7	0	0	4	0	0	4
Km 645,1	0	0	0	0	0	0
Km 647,7	0	0	0	0	0	0
Km 650,1	0	0	0	0	0	0
Km 657,7	0	0	5	0	0	5
Km 662,7	0	0	0	1	0	1
	0	0	9	14	0	23

Fonte: Autor (2017).

Com os valores da taxa de severidade para os segmentos de cada grupo em análise, foi realizada uma avaliação segundo o mesmo procedimento adotado para a rodovia BR-050/MG. Também nesse caso os resultados das amostras apresentaram grande variabilidade, demonstrado pelos coeficientes de variação elevados, revelando amostras bastante heterogêneas, conforme apresentado na Tabela 7.

Na Tabela 6 são apresentados os valores encontrados com os cálculos da Taxa de Severidade (Ts) de cada local para os respectivos anos em estudo na rodovia BR-365/MG.

Tabela 6- Levantamento de Ts acumulado para 5 anos – BR-365/MG

GRUPO L1						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 633,1	11,0	1,8	0,0	0,0	0,0	12,7
Km 635,3	0,4	0,7	2,1	2,3	0,0	5,5
Km 656,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	11,4	2,5	2,1	2,3	0,0	18,3
GRUPO L2						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 630,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 630,9	4,0	3,8	6,4	6,4	32,5	53,1
Km 640,1	0,7	0,0	3,2	1,3	0,0	5,1
Km 642,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 642,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 646,1	0,0	2,5	34,5	62,1	0,0	99,1
Km 647,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 652,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 653,2	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	2,6
Km 654,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 655,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 655,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 656,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 660,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4,7	6,3	46,7	69,8	32,5	159,9
GRUPO L4						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 633,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 657,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
GRUPO L5						
Locais	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Km 637,7	0,0	0,0	0,0	34,7	0,0	34,7
Km 639,7	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	10,5
Km 645,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 647,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 650,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Km 657,7	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	3,5
Km 662,7	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	1,1
	0,0	0,0	14,0	35,7	0,0	49,8

Fonte: Autor (2017).

Na rodovia BR-365/MG, segundo os dados em estudo, apresenta-se mais crítico o Grupo L2 (média=11,4 e mediana=0,0), que representa os locais com justificativa para instalação de defensas metálicas, mas que não foram corretamente instaladas. Este grupo é seguido pelo Grupo L5 (média=7,1 e mediana=1,1), que representa os locais com necessidade

de implantação de defensas metálicas, mas que não têm o dispositivo. Na sequência ficou o Grupo L1 (média=6,1 e mediana=5,5), que representa os locais com justificativa de defensas metálicas e implantadas corretamente, e por último o Grupo L4 (média=0,0 e mediana=0,0), que representa os locais sem justificativa para utilização de defensas metálicas e não instaladas corretamente. Para esse último grupo, como Ts foi zero e o número de observações somente igual a dois, não é possível considerá-lo na análise. A exemplo do que ocorreu no estudo da BR-050/MG, as diferenças obtidas nos valores da Ts média dos grupos não se mostraram estatisticamente significativas para $\alpha=5\%$ (os intervalos de confiança calculados para as médias dos grupos considerados possuem valores em comum).

Tabela 7- Levantamento de Taxa de severidade (Ts) – BR-365/MG

L1		L2		L4		L5	
Locais	Ts	Locais	Ts	Locais	Ts	Locais	Ts
Km 656,5	0,0	Km 630,4	0,0	Km 633,3	0,0	Km 645,1	0,0
Km 635,3	5,5	Km 642,0	0,0	Km 657,7	0,0	Km 647,7	0,0
Km 633,1	12,7	Km 642,0	0,0			Km 650,1	0,0
		Km 647,4	0,0			Km 662,7	1,1
		Km 652,8	0,0			Km 657,7	3,5
		Km 654,3	0,0			Km 639,7	10,5
		Km 655,3	0,0			Km 637,7	34,7
		Km 655,5	0,0				
		Km 656,8	0,0				
		Km 660,5	0,0				
		Km 653,2	2,6				
		Km 640,1	5,1				
		Km 630,9	53,1				
		Km 646,1	99,1				
Total	18,3		159,9		0,0		49,8
Média	6,1		11,4		0,0		7,1
Mediana	5,5		0,0		0,0		1,1
DP	6,4		28,9		-		12,7
IC(95%)–15,9	9,8		5,3		-		4,7
	22,0	IC(95%)–16,7	28,1	IC(95%)– 0,0	-	IC(95%)–11,8	18,9
CV	104,8		252,8		-		179,1

Observações: DP – Desvio Padrão; IC – Intervalo de Confiança; CV – Coeficiente de Variação.

Os valores em vermelho são os que estão dentro do intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Autor (2017).

A Tabela 8 mostra os valores de Ts média para o período de 5 anos (2012 a 2016) e para o período de 3 anos (2014 a 2016), apresentando uma Δ média de -59,9%, 55,2%, e 66,7%, para o Grupo L1, Grupo L2 e Grupo L5, respectivamente. Os resultados para a rodovia BR-365/MG, apresentaram uma redução da média da Ts apenas para o Grupo L1 e acréscimo para os Grupos L2 e L5, ao contrário do que se esperava para o Grupo L2 o qual

esperava-se um comportamento semelhante do Grupo L1 de redução na variação média da Ts. Para o Grupo L4 não houve variação na Ts pois não ocorreram acidentes nos locais que compõem este grupo nos períodos estudados. Com os dados levantados para estes cálculos, os investimentos mostraram-se eficazes na redução dos acidentes em locais que compõem o Grupo L1, ao contrário dos Grupos L2 onde os investimentos não se mostraram eficazes como se esperava. Para o Grupo L5 o aumento na variação da Ts se justifica por se tratar de locais com necessidade de implantação, mas que não possuem o dispositivo, reforçando a necessidade de tratamento da segurança dos pontos que compõem este Grupo, conforme verificado na anteriormente na rodovia BR-050/MG.

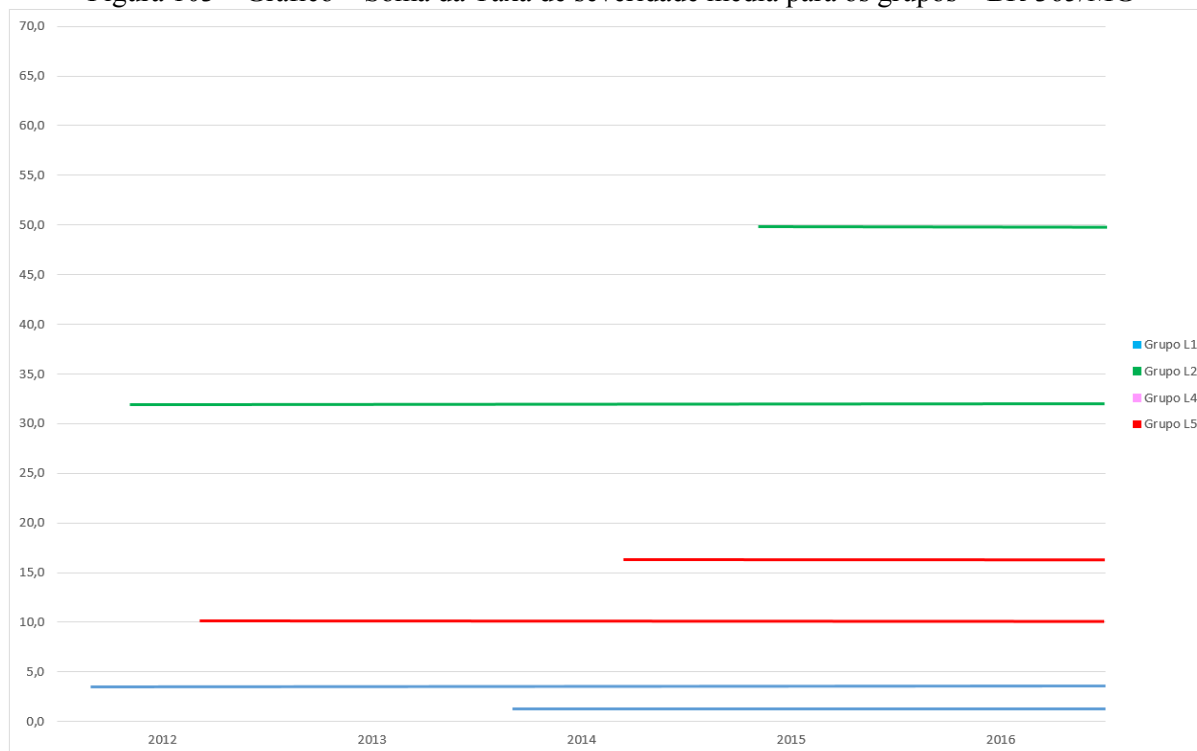
Tabela 8- Levantamento de Ts média – BR-365/MG

GRUPO L1		
Locais	Ts média (5 anos – 2012 a 2016)	Ts média (3 anos – 2014 a 2016)
Km 633,1	2,5	0,0
Km 635,3	1,1	1,5
Km 656,5	0,0	0,0
	3,7	1,5
Δ média = -59,9%		
GRUPO L2		
Locais	Ts média (5 anos – 2012 a 2016)	Ts média (3 anos – 2014 a 2016)
Km 630,4	0,0	0,0
Km 630,9	10,6	15,1
Km 640,1	1,0	1,5
Km 642,0	0,0	0,0
Km 642,0	0,0	0,0
Km 646,1	19,8	32,2
Km 647,4	0,0	0,0
Km 652,8	0,0	0,0
Km 653,2	0,5	0,9
Km 654,3	0,0	0,0
Km 655,3	0,0	0,0
Km 655,5	0,0	0,0
Km 656,8	0,0	0,0
Km 660,5	0,0	0,0
	32,0	49,6
Δ média = 55,2%		
GRUPO L4		
Locais	Ts média (5 anos – 2012 a 2016)	Ts média (3 anos – 2014 a 2016)
Km 633,3	0,0	0,0
Km 657,7	0,0	0,0
	0,0	0,0
Δ média = 00,0%		
GRUPO L5		
Locais	Ts média (5 anos – 2012 a 2016)	Ts média (3 anos – 2014 a 2016)
Km 637,7	6,9	11,6
Km 639,7	2,1	3,5
Km 645,1	0,0	0,0
Km 647,7	0,0	0,0
Km 650,1	0,0	0,0
Km 657,7	0,7	1,2
Km 662,7	0,2	0,4
	10,0	16,6
Δ média = 66,7%		

Fonte: Autor (2017).

A Figura 103 mostra por gráfico a Taxas de severidades média para os períodos de 5 anos e 3 anos para a rodovia BR-365/MG.

Figura 103 – Gráfico – Soma da Taxa de severidade média para os grupos – BR-365/MG

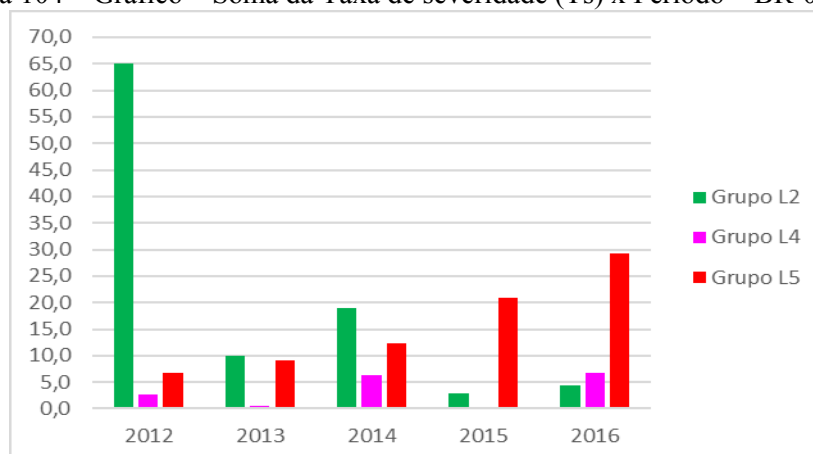


Fonte: Autor (2017).

Nas análises realizadas para as rodovias BR-050/MG e BR-365/MG, fica evidente que as amostras são pequenas e com valores muito dispersos. Isso não possibilitou uma análise mais criteriosa para uma avaliação estatisticamente significativa entre os grupos em estudo. Entretanto, com os valores de taxa de severidade, foi elaborado um gráfico de colunas para ilustrar o histórico das ocorrências nos locais analisados.

Na Figura 104, é apresentada a soma das Ts dos locais que integram os grupos analisados na rodovia BR-050/MG por período, e verifica-se que para o Grupo L2 houve uma diminuição na soma das taxas de severidade dos locais ao longo dos anos. No Grupo L5, ao contrário, verifica-se um aumento na soma da Ts, um acontecimento que até parece lógico a partir do fato do Grupo L5 incluir os locais com necessidade de implantação de defensas metálicas, mas sem os dispositivos nos locais. Já no Grupo L4 há uma pequena variação da soma da Ts dos locais ao longo do período, sem uma tendência clara de acréscimo ou redução no valor dessa soma.

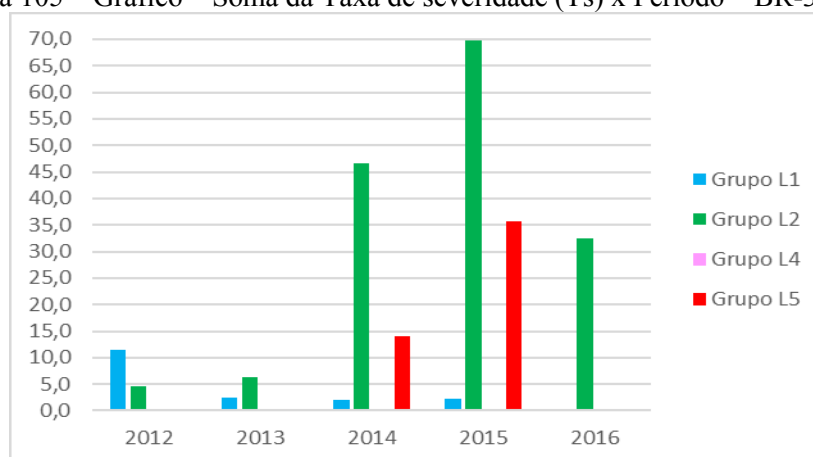
Figura 104 – Gráfico – Soma da Taxa de severidade (Ts) x Período – BR-050/MG



Fonte: Autor (2017).

Para a rodovia BR-365/MG, a Figura 105 mostra as somas das Ts dos locais para os grupos analisados por período, onde é possível verificar que para o Grupo L1 houve uma diminuição na soma das taxas de severidade ao longo dos anos. O Grupo L5 apresenta um aumento na soma da Ts, apesar de não ter valores relativos a ocorrência nos locais analisados em 2016. Já no Grupo L2 há variações maiores da soma da Ts ao longo do período, sem nenhuma tendência destacada de crescimento ou redução dessa soma.

Figura 105 – Gráfico – Soma da Taxa de severidade (Ts) x Período – BR-365/MG



Fonte: Autor (2017).

A partir dos gráficos apresentados, pode-se notar que para uma análise mais profunda é necessário um estudo mais detalhado nas rodovias em questão, analisando todos os trechos onde há implantação de defensas metálicas e onde há necessidade de sua implantação, mas não há o dispositivo instalado, para melhor amostragem dos casos analisados.

É importante também mencionar, que a defesa metálica é um dispositivo mitigador de acidentes rodoviários, instalados e posicionados com o objetivo de diminuir a gravidade dos possíveis acidentes que possam ocorrer em determinadas localidades da rodovia, e seu estudo isolado não demonstrou uma relação direta dos acidentes relacionados com este dispositivo. Ou seja, uma análise precisa dos efeitos do uso correto do dispositivo deveria incluir não só os acidentes registrados no local, mas também as ocorrências em que a ação do dispositivo foi responsável por reduzir sua severidade. Isto é, seria necessário dispor dos dados de manutenção das defensas, em que o número de vezes que cada dispositivo foi danificado pela colisão de um veículo seria considerado o número de ocorrências cujas gravidades foram reduzidas pela ação do dispositivo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo dos dados dos trechos analisados, foi observado que existem locais onde era esperado um grande número de acidentes e/ou com grande taxa de severidade, e o contrário se confirmou. Da mesma maneira, existiram locais onde não se esperava uma quantidade grande de acidentes e/ou uma taxa de severidade elevadas, e o contrário também se confirmou.

Contudo, o importante é ressaltar que apesar de haver observações contrárias às esperadas, as implantações de dispositivos de segurança são irrestritamente importantes, pois a partir do momento que estes dispositivos consigam evitar uma morte ou agravamento de um acidente, sua função já está desempenhada. Portanto, estes dispositivos de segurança devem estar implantados em locais com características descritas nas normas para que no caso de ocorrência de algum acidente, este tenha seu agravamento minimizado.

Quanto aos locais que compõem os grupos analisados, o tamanho das amostras foi pequeno e com grande variabilidade da variável de interesse (Taxa de Severidade) para permitir resultados mais conclusivos, o que revela a necessidade da realização de estudos a partir de amostras maiores. Isso pode ser obtido pelo estudo de trechos maiores de rodovias e/ou todas as ocorrências dos grupos estudados em um trecho selecionado, ao invés de reduzir o total de locais que compõe grupos com abundância de ocorrência, como foi feito no presente estudo dado as limitações de tempo.

Nos resultados de variação da Ts média, tanto para as rodovias BR-050/MG e BR-365/MG, os investimentos mostraram eficácia com a redução deste índice para os Grupos L2 e L1, respectivamente. A variação da Ts média também demonstrou a necessidade de investimentos para o Grupo L5 de ambas as rodovias. Em contrapartida, há a necessidade de uma investigação mais profunda e ampliar a pesquisa a outros elementos para melhor explicar a divergência nos resultados dos demais grupos. Vale ressaltar que a forma de estudo realizado para a variação da Ts média beneficia uma análise mais conservadora por considerar os dados de Ts do período 2014-2016 no percentual da Ts média do período 2012-2016.

Já com relação aos estudos que definem os intervalos de confiança para TS de cada grupo, é preciso reconhecer que a ausência de informação precisa sobre as condições de cada local antes de 2014, se constituem em uma limitação dos resultados obtidos, ou seja, alguns locais incluídos nos cálculos do intervalo de confiança de um determinado grupo podem não pertencer a esse grupo nos anos de 2012 e 2013. Conforme informações obtidas da

concessionaria e do DNIT, a condição de cada local, observada em 2016 durante a realização do presente estudo é válida a partir de 2014.

Com a análise dos dados de Ts acumulado por ano para os locais integrantes de cada grupo foram obtidos resultados reveladores como mostrado na Figura 104 e 105, onde os números ilustram decréscimos para os Grupos L2 e Grupo L1, para as rodovias BR-050/MG e BR-365/MG, respectivamente. Ilustram, também, pequena variação nos resultados do Grupos L4 da rodovia BR-050 e acréscimos do Grupo L5 de ambas as rodovias ao longo dos anos. Este último grupo citado, apresenta acréscimo podendo ser vinculado ao fato de se tratar de um grupo composto por locais com necessidade de implantação de defensas metálicas, mas que não possuem o dispositivo.

Os parâmetros verificados neste estudo também evidenciaram a necessidade de um maior detalhamento nos preenchimentos dos boletins de ocorrência dos acidentes registrados nas rodovias, para que se possa dispor de maior quantidade de dados sobre os acidentes ocorridos em cada local, e assim melhor avaliar as defensas metálicas e demais tipos de dispositivos instalados ao longo das rodovias. Por exemplo, saber se o veículo após colidir ou abalroar com outro veículo foi projetado para fora da pista ou se colidiu com um objeto fixo, é uma informação que ajuda a combater um possível agravamento na severidade do acidente, caracterizado por mais de um evento. Esta observação se faz relevante pois segundo Anuário Estatístico (DNIT/PRF,2010), nos registros de acidentes adota-se o primeiro evento relacionado com o veículo precursor da ocorrência.

Independentemente dos resultados obtidos nesta pesquisa, é importante destacar a quantidade de evidências de implantações de defensas metálicas em discordância com as normas vigentes. O trabalho mostrou que existe a falta de fiscalização dos órgãos responsáveis, haja vista que novos dispositivos de segurança estão sendo instalados contrariando as normas vigentes. No contexto nacional, as rodovias sob jurisdição do DNIT estão sob a implantação do Programa BR-LEGAL que inclui a utilização de defensas metálicas dentro das diretrizes das atuais normas. Já as rodovias sob jurisdição das concessões, percebe-se que, nos casos de utilização de novos dispositivos de segurança, as diretrizes das atuais normas não estão sendo respeitadas. Isso implica da necessidade de uma maior atuação da fiscalização dos órgãos competentes tanto para os novos dispositivos implantados quanto na correção do passivo existente em função das mudanças das normas vigentes.

Vale ressaltar, as inovações que foram apresentadas na ABNT NBR 15486 (ABNT, 2016), que dentre elas, a que mais se destaca é a classificação dos dispositivos de segurança

por níveis de contenção, índice de severidade de aceleração, espaço de trabalho e deflexão dinâmica, e essas classificações devem ser utilizadas para se adequar da melhor maneira possível à realidade do tráfego onde se deseja aplicar um dispositivo de contenção. Todavia, diante destas inovações, é importante que os órgãos responsáveis pelas rodovias sob sua jurisdição, apliquem com maior agilidade as inovações apresentadas pelas normas vigentes, afim de que os usuários das rodovias possam gozar das melhorias na segurança viária que estas inovações venham trazer.

4.1 PROPOSTA PARA FUTUROS TRABALHOS

A partir dos resultados obtidos, uma das propostas para a continuação de estudos no tema é a realização de uma análise dos fatores contribuintes para os acidentes classificados como saída de pista e colisão com objetos fixos. Esses tipos de acidentes são os mais relacionados ao propósito da instalação do dispositivo de segurança estudado neste trabalho (que são as defensas metálicas), e sua análise detalhada, juntamente com as características da via e das áreas lindeiras à via, permitirá rever os critérios de instalação e relocações de defensas metálicas.

Um estudo interessante, comentado no item 2.1.1 deste trabalho, seria estabelecer valores atuais para o custo de terraplenagem para suavizar taludes de alturas variáveis, onde se requer a utilização de defensas metálicas, e realizar comparação com o custo de implantação/manutenção dos dispositivos de segurança utilizados. Esta comparação em valores atuais será de grande importância para se estabelecer os benefícios, em termos financeiros, entre as alternativas propostas para a melhoria da segurança viária, e assim conseguir estabelecer novos parâmetros para futuras normas.

Para a análise de rodovias sob diferentes jurisdições, um trabalho futuro interessante, seria a análise das disponibilidades financeiras dos órgãos responsáveis para implantações de dispositivos de segurança e/ou sinalização de trânsito e como estes itens estão sendo implantados nas rodovias sob suas jurisdições, avaliando proporcionalmente os dados e resultados destas malhas viárias.

No contexto geral do trabalho, foi possível verificar que os materiais bibliográficos que regem o assunto sobre dispositivos de segurança possuem um grande espaçamento temporal, com publicações do DNIT (DNER-ES-144/85) e IPR (IPR-629/85 – que é de 1979 e IPR-741 – que é de 2010) com anos de antecedência com as mais atuais, a ABNT NBR 15486:2016 e NBR 6971:2012. Em virtude disso, é relevante uma revisão dos materiais

bibliográficos do DNIT, com o objetivo de adequá-los a atualidade e tratar de pontos e particularidades que venham existir e que não são tratados nas demais publicações.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2007) – **NBR 15486 - Segurança no tráfego — Dispositivos de contenção viária — Diretrizes de projeto e ensaios de impacto**, Rio de Janeiro, 2007. 27 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2016) – **NBR 15486 - Segurança no tráfego — Dispositivos de contenção viária — Diretrizes de projeto e ensaios de impacto**, Rio de Janeiro, 2016. 37 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2012) – **NBR 6971 - Segurança no tráfego – Defensas metálicas – Implantação**, Rio de Janeiro, 2012. 71 p.

ARMCO STACO (2017). Solicitação de imagens. fpatane@armcostaco.com. 07/02/2017.

BRASIL (2013). **CTB – Código de Trânsito Brasileiro**. Criado pela Lei nº9.503, de 23 de setembro de 1997. Recife:Soler, 2013. 294p.

CONTRAN – CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (2016) – **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito - Volume VI – Dispositivos Auxiliares** – Versão Preliminar.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES; PRF – POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (2010). **Anuário estatístico 2010**. 683p. Disponível em: www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de.../anuario-2010.pdf . Acesso em: 10 jan. 2017.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (1997) – **DNER-EM 370/97 - Defensas metálicas de perfis zincados** – Rio de Janeiro, 1997. 6 p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (1979) – **Manual IPR 629/85 – Defensas rodoviárias** – Rio de Janeiro, 1979. 57 p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (1985) - **DNER-ES 144/85 – Defensas metálicas** – Rio de Janeiro, 1985. 24 p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (2006) – **Manual IPR 723/2006 – Manual de estudos de tráfego** – Rio de Janeiro, 2006. 384 p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (2010) – **Publicação IPR 741/2010 – Manual de projeto e práticas operacionais para segurança nas rodovias** – Rio de Janeiro, 2010. 280 p.

JACQUES, M. A. P. (2016). **Segurança Viária**. 2016. 99p. Notas de Aula do Curso de Especialização em Operações Rodoviárias. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

MARANGONI (2016). Produtos e Serviços. Segurança Viária. Defesa metálica. Disponível em: <http://www.marangoni.com.br/produtoseservicos/seguranca-viaria/defensa-metalica/> . Acesso em 10 jan. 2017.

MISSATO, M.M. (2011). **Análise das recomendações para o uso de dispositivos de proteção lateral e a segurança viária em rodovias**. 2011. 214p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.