

**COMPARAÇÃO DOS ELEMENTOS PREVISTOS PARA AS “RODOVIAS QUE
PERDOAM” DA CEDR COM AS NORMAS BRASILEIRAS**

ALEXANDRE JUN DE CASTRO ARAI

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 EM TRANSPORTES

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA / DF: FEVEREIRO – 2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**COMPARAÇÃO DOS ELEMENTOS PREVISTOS PARA AS
“RODOVIAS QUE PERDOAM” DA CEDR COM AS NORMAS
BRASILEIRAS**

ALEXANDRE JUN DE CASTRO ARAI

ORIENTADORA: MICHELLE ANDRADE

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 EM TRANSPORTES

BRASÍLIA / DF: FEVEREIRO–2019

**COMPARAÇÃO DOS ELEMENTOS PREVISTOS PARA AS
“RODOVIAS QUE PERDOAM” DA CEDR COM AS NORMAS
BRASILEIRAS**

ALEXANDRE JUN DE CASTRO ARAI

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Michelle Andrade, *Dr.* (ENC/UnB)
(Orientador)

Prof. Pastor Willy Gonzales Taco, *Dr.* (ENC/UnB)
(Examinador interno)

Prof. Fábio Zanchetta, *Dr.* (ENC/UnB)
(Examinador interno)

BRASÍLIA/DF, 15 DE FEVEREIRO DE 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAI, ALEXANDRE JUN de CASTRO

Comparação dos elementos previstos para as “Rodovias que Perdoam” da CEDR com as normas brasileiras. [Distrito Federal] 2019.

xi, 80p, 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)
Monografia de Projeto Final 2 - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Rodovias que perdoam

2. Elementos de Segurança

3. Normas

4. CEDR

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Bacharel)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAI, A. J. C. (2018). **Comparação dos elementos previstos para as “Rodovias que Perdoam” da CEDR com as normas brasileiras.** Monografia de Projeto Final 1, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 90 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Alexandre Jun de Castro Arai

TÍTULO: Comparação dos elementos previstos para as “Rodovias que Perdoam” da CEDR com as normas brasileiras

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Alexandre Jun de Castro Arai
Avenida das Araucárias 4530 Bloco D Apartamento 703
CEP: 71.936-250 Brasília – DF – Brasil
e-mail: arai.alexandre@gmail.com

RESUMO

Segundo o *Internacional Transport Forum* (ITF) os acidentes de trânsito têm impacto devastador no mundo inteiro, de forma que todo ano morrem 1,25 milhão de pessoas nas rodovias com entre 20 e 50 milhões gravemente feridas, causando uma perda econômica gigantesca na ordem de 2 a 5% do Produto Interno Bruto (PIB) de cada país. Então esses dados mostram que mortes no trânsito e acidentes graves são inaceitáveis tanto socialmente quanto economicamente.

Com esse paradigma em vista foi criada a Visão Segura para reduzir os acidentes graves e mortes no trânsito a zero na Suécia. Posteriormente, em conjunto com o modelo de desenvolvimento sustentável criou-se o sistema seguro. Nesse sistema seguro toda a cadeia produtiva desde o projetista até os gestores das rodovias tem culpabilidade pelo acidente, gerando a necessidade de rodovias mais seguras desde o projeto.

Essas rodovias mais seguras são as rodovias autoexplicativas e que perdoam. O presente trabalho traz um estudo sobre o conceito inerente ao conceito das rodovias que perdoam, verificando quais elementos são necessários para perdoar os erros dos motoristas e reduzir as consequências dos acidentes. Dessa forma é realizada uma análise dos elementos previstos para as rodovias que perdoam descritos no documento da CEDR (2013) e os compara com elementos previstos nas normas e manuais brasileiros, de forma a viabilizar a identificação de elementos relevantes para a segurança das rodovias e que não são ainda contemplados nas normativas brasileiras.

A análise entre a normativa e manuais brasileiros com o documento da CEDR (2013) abrange 18 pontos, dos quais apenas 5 já são abordados de forma satisfatória nos documentos brasileiros. Dessa forma, 15 de 18 pontos (72% do total) não são abordados, possibilitando concluir que as normas e manuais brasileiros tem elementos condizentes com o conceito de rodovias que perdoam, porém confirma que o país e está muito aquém do necessário para efetivamente propiciar a segurança requerida na infraestrutura rodoviária brasileira. Diante disso, evidencia-se a necessidade de desenvolver estudos para analisar esses conceitos e possibilitar uma melhor averiguação sobre cada elemento para o contexto brasileiro, de forma que seja possível demonstrar o impacto qualitativo e quantitativo das limitações das normas e manuais brasileiros.

Palavras-chave: Rodovias que perdoam, elementos de segurança, normas, CEDR

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVO	3
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
1.4. METODOLOGIA	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. SEGURANÇA RODOVIÁRIA E SISTEMA SEGURO	5
2.2. RODOVIAS QUE PERDOAM	8
2.3. RISCOS NAS MARGENS DAS RODOVIAS	9
<u>2.3.1. OBSTÁCULOS FIXOS ÚNICOS.....</u>	<u>10</u>
<u>2.3.2. OBSTÁCULOS CONTÍNUOS</u>	<u>15</u>
<u>2.3.3. OBSTÁCULOS DINÂMICOS.....</u>	<u>17</u>
3. TRATAMENTO DAS RODOVIAS QUE PERDOAM DE ACORDO COM O CEDR (2013) E RISER (2005)	19
3.1. REMOÇÃO E REALOCAÇÃO DE OBSTÁCULOS	20
3.1.1. ZONA DE SEGURANÇA.....	20
3.1.2. ZONA DE RECUPERAÇÃO.....	21
3.1.3. ZONA DE GRAVIDADE LIMITADA.....	21
3.1.4. CANTEIRO CENTRAL	21
3.1.5. LEITO DE TRAVAGEM	22
3.1.6. CONTROLE DE VEGETAÇÃO.....	23
3.2. MODIFICAR ELEMENTOS DA RODOVIA	24

3.2.1.	ELEMENTOS DE ROMPIMENTO.....	24
3.2.2.	TRATAMENTO DE ENCOSTAS E VALAS	24
3.2.3.	ESTRUTURAS DE CONCRETO SUJEITAS A CHOQUE	26
3.2.4.	MODIFICAÇÃO DE ACOSTAMENTOS	26
3.2.5.	MODIFICAÇÃO DE MUROS DE CONTENÇÃO E CORTES NAS ROCHAS 26	
3.2.6.	TERMINAIS NAS BARREIRAS DE SEGURANÇA	27
3.2.7.	TRANSIÇÕES NAS BARREIRAS DE SEGURANÇA.....	27
3.3.	PROTEÇÃO CONTRA OBSTÁCULOS.....	28
3.3.1.	BARREIRAS RÍGIDAS.....	30
3.3.2.	BARREIRAS SEMI-RÍGIDAS	30
3.3.3.	BARREIRAS FLEXÍVEIS.....	31
3.3.4.	COMBINAÇÕES DE MEIO-FIO E BARREIRAS	31
3.3.5.	ATENUADORES DE IMPACTO.....	32
3.3.6.	BARREIRAS DE SEGURANÇA PARA CICLISTAS	33
3.4.	ELEMENTOS ADICIONAIS	33
3.4.1.	SONORIZADORES EM ACOSTAMENTOS.....	33
3.4.2.	TERMINAIS DE BARREIRAS DE SEGURANÇA	36
4.	ANÁLISE COMPARATIVA DO CEDR COM AS NORMAS BRASILEIRAS	37
4.1.	REMOÇÃO E REALOCAÇÃO DE OBSTÁCULOS	37
4.1.1.	ZONA DE SEGURANÇA.....	37
4.1.2.	ZONA DE RECUPERAÇÃO E ZONA DE GRAVIDADE LIMITADA	40
4.1.3.	CANTEIRO CENTRAL.....	40
4.1.4.	LEITO DE TRAVAGEM.....	41
4.1.5.	CONTROLE DE VEGETAÇÃO	45
4.2.	MODIFICAR ELEMENTOS DA RODOVIA	46
4.2.1.	ELEMENTOS COLAPSÍVEIS	46

4.2.2.	TRATAMENTO DE ENCOSTAS E VALAS	46
4.2.3.	ESTRUTURAS DE CONCRETO SUJEITAS A CHOQUE	52
4.2.4.	MODIFICAÇÕES DE ACOSTAMENTO	52
4.2.5.	MODIFICAÇÕES DE MUROS DE CONTENÇÃO E CORTES NAS ROCHAS	53
4.2.6.	TERMINAIS DE BARREIRAS DE SEGURANÇA	53
4.2.7.	TRANSIÇÕES DE BARREIRA DE SEGURANÇA	55
4.3.	PROTEÇÃO CONTRA OBSTÁCULOS.....	55
4.3.1.	SISTEMAS DE CONTENÇÃO	55
4.3.2.	COMBINAÇÃO DE MEIO-FIO E BARREIRAS	56
4.3.3.	ATENUADORES DE IMPACTO.....	57
4.3.4.	BARREIRAS DE SEGURANÇA PARA MOTOCICLISTAS.....	58
4.4.	ELEMENTOS ADICIONAIS	59
4.4.1.	SONORIZADORES NOS ACOSTAMENTOS.....	59
5.	TABELA COMPARATIVA DOS ELEMENTOS DA CEDR E DAS NORMAS E MANUAIS BRASILEIROS	60
6.	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 2.1: Comparando a abordagem tradicional de segurança rodoviária e o Sistema Seguro parte 1.....	5
Tabela 2.2: Comparando a abordagem tradicional de segurança rodoviária e o Sistema Seguro parte 2.....	6
Tabela 2.3: Objetos considerados obstáculos fixos.....	22
Tabela 3.1: Parâmetros para a construção de sonorizadores do tipo roídos e rolados.....	47
Tabela 3.2: Parâmetros para a construção de sonorizadores do tipo roídos e rolados menos agressivos.....	48
Tabela 4.1: Largura da Zona Livre.....	50
Tabela 4.2: Fator de Correção da Curva.....	51
Tabela 4.3: Largura para Canteiros Centrais.....	53
Tabela 5.1: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 1.....	73
Tabela 5.2: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 2.....	74
Tabela 5.3: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 3.....	75
Tabela 5.4: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 4.....	76
Tabela 5.5: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 5.....	77
Tabela 5.6: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 6.....	78
Tabela 5.7: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 7.....	79
Tabela 5.8: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 8.....	80
Tabela 5.9: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 9.....	81
Tabela 5.10: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 10.....	82
Tabela 5.11: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 11.....	83
Tabela 5.12: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras Parte 12.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 2.1: Princípios do Sistema Seguro.....	8
Figura 2.2: Exemplos de árvores perigosas localizadas nas margens da rodovia.....	23
Figura 2.3: Exemplos de postes perigosos.....	24
Figura 2.4: Exemplos de pedras e pedreiras perigosas.....	24
Figura 2.5: Exemplos de estruturas de pontes e viadutos perigosas.....	25
Figura 2.6: Exemplos de elementos de drenagem perigosos.	13
Figura 2.7: Exemplos de passagens subterrâneas perigosas.	14
Figura 2.8: Exemplos de terminais de barreira de segurança perigosos.....	26
Figura 2.9: Exemplo de Corte e aterros perigosos.....	27
Figura 2.10: Exemplos de valas de drenagem perigosas nas margens de rodovias.....	28
Figura 3.1: Procedimento para tratamento da beira das rodovias que perdoam.....	31
Figura 3.2: Divisão da zona de segurança.....	32
Figura 3.3: Exemplos de leitos de travagem.....	35
Figura 3.4: Exemplo de valas de drenagem e encostas seguras.....	37
Figura 3.5: Exemplo de projeto de extremidade de muro de contenção.....	39
Figura 3.6: Classificação de sistema de contenção rodoviária.....	41
Figura 3.7: Exemplos de barreiras rígidas.....	42
Figura 3.8: Exemplo de barreira semi-rígida.....	43
Figura 3.9: Exemplos de atenuadores de impacto.....	45
Figura 3.10: Parâmetros para construção de sonorizadores em acostamentos.....	47
Figura 4.1: Esquema de vala triangular.....	59
Figura 4.2: Seção de drenagem preferível para valas triangulares.....	59
Figura 4.3: Esquema de vala trapezoidal.....	60
Figura 4.4: Seção de drenagem preferível para valas trapezoidais.....	60
Figura 4.5: Talude Recuperável.....	62
Figura 4.6: Talude Não Recuperável.....	63
Figura 4.7: Talude Crítico.....	63

LISTA DE ABREVIACÕES

Abreviao	Significado
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ABNT	Associao Brasileira de Normas Técnicas
AIT	<i>Alberta Infrastructure and Transportation</i>
CEDR	<i>Conference of European Directors of Boards</i>
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Trânsito
IPEA	Instituto de Pesquisa Econmica Aplicada
ITF	<i>International Transport Forum</i>
NCHRP	<i>National Cooperative Highway Research Program</i>
NRA	<i>National Roads Authority</i>
RISER	<i>Roadside Infrastructure for Safer European Roads</i>
USDPT	<i>U.S. Department of Transportation</i>

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de transporte terrestre no Brasil matam aproximadamente 43 mil pessoas por ano segundo os dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datasus), do Ministério da Saúde (MS), representando uma das principais causas de morte no país. Os acidentes nas rodovias federais respondem por cerca de 20% dessas mortes (8.227 mortes em 2014), com cerca de 26 mil feridos graves por ano, com fortes impactos sobre o orçamento público e a renda das famílias atingidas (IPEA, 2015).

Segundo o IPEA (2015) a situação dos acidentes de trânsito tende a se agravar ainda mais neste contexto de franca expansão da frota de veículos automotores que o país está vivendo desde o final do século passado. Além disso segundo WIETHOFF *et al.* (2011) ainda há muitas mortes e feridos como resultado das limitações da segurança rodoviária.

Tendo em vista melhorar essas condições foi aprovado na Suécia segundo o PARLAMENTO SUÉCO (1997) a Visão Zero na Suécia em 1997. De acordo com a decisão, a meta de longo prazo da segurança no trânsito é que ninguém seja morto ou gravemente ferido como resultado de acidentes de trânsito no sistema de transporte rodoviário e que o projeto e a função desse sistema sejam adaptados aos requisitos da Visão Zero (PARLAMENTO SUÉCO, 1997).

A Visão Zero tem sido descrita como uma inovação política na segurança do tráfego rodoviário, pois difere das políticas tradicionais de tráfego em relação à formulação de um problema com base em princípios científicos sobre lesões, sua visão de responsabilidade, suas exigências para a segurança dos usuários e objetivo do trabalho de segurança viária (BELIN *et al.*, 2012).

Uma abordagem menos radical para a mudança do sistema viário chamada Sistema Seguro foi uma proposta, que emergiu de uma combinação da filosofia da Visão Zero e do modelo de Segurança Sustentável desenvolvido pelos holandeses (MOOREN *et al.*, 2011). A abordagem do Sistema Seguro reformula a maneira pela qual a segurança nas estradas é vista e gerenciada. O principal para essa abordagem é a proposição de que não pode ser aceito trocar danos nas rodovias e seus participantes a favor de uma melhoria de mobilidade. Esse sistema destina-se a abordar todos os elementos do sistema de transporte rodoviário de forma integrada para garantir

que os níveis de energia cinética em colisões permanecem abaixo do que o corpo humano pode tolerar (JOHNSTON, 2010).

Esse Sistema Seguro encoraja uma estratégia que “perdoa” para a prevenção de lesões na estrada, que aceita que mesmo que o erro humano na estrada seja inevitável, a morte e os ferimentos graves resultantes de um acidente não são (ITF, 2016).

Nesse contexto tem-se dois tipos de rodovias que tentam atingir essa estratégia: rodovias que perdoam e rodovias autoexplicativas, as quais segundo o CEDR (2013) são dois conceitos diferentes de estradas que buscam reduzir o número de acidentes em toda a rede viária. Dessa forma, segundo a CEDR (2013) elas se diferem no fato das estradas autoexplicativas tentarem evitar erros de direção, enquanto estradas que perdoam minimizarem suas consequências.

Nesse trabalho de conclusão de curso o tema central de estudos são as “rodovias que perdoam”, de forma a ser feita uma análise dos elementos que compõem uma rodovia que perdoa e um estudo de caso para comparação da aplicação desses elementos e os elementos descritos nas normativas brasileiras.

Devido à ausência de trabalhos nacionais para o embasamento deste projeto de conclusão de curso, apontam-se as principais para referência utilizadas:

- INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM. **Zero roads deaths and serious injuries – Leading a paradigm shift to a safe system.** OECD Publishing. Paris. 2016.
- NATIONAL ROADS AUTHORITY. **A Guidance Document for the Implementation of the CEDR Forgiving Roadsides report.** Irlanda. 2013.
- CONFERENCE OF EUROPEAN DIRECTORS OF BOARDS. **Forgiving roadside guide design.** Paris. 2016.

1.1. PROBLEMA

No Brasil há normas e manuais técnicos com orientações para projetos viários que preveem aspectos de segurança viária, no entanto, o número de acidentes e seus impactos permanecem em patamares elevados quando comparados com outros países. Dessa forma vê-se a

necessidade de verificar se essas normas e manuais preveem os elementos efetivamente necessários para proporcionar a segurança pelas infraestruturas rodoviárias.

1.2. OBJETIVO

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Fazer uma análise comparativa dos normativos e manuais de projeto e implantação de rodovias brasileiras com normas alinhadas aos conceitos de rodovias que perdoam.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os elementos das rodovias que perdoam da CEDR e compará-los com as normativas e manuais brasileiros.
- Propor um conjunto de recomendações para ser incorporado às normativas e manuais brasileiros de modo a incrementar a segurança de projetos rodoviários do país.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho de conclusão de curso foi dividido nas seguintes etapas:

- Revisão Bibliográfica: Nela foram abordados os conceitos de sistema seguro, rodovias que perdoam e riscos nas rodovias, de forma que fique claro como surgiu o conceito de rodovias que perdoam, como ele funciona e quais os riscos devem ser tratados para que no tópico de tratamento das rodovias que perdoam da CEDR tenha claro os problemas a se tratar
- Tratamento das Rodovias que Perdoam da CEDR: Relatar como os elementos são abordados no documento da CEDR para o Tratamento das Rodovias que Perdoam
- Normas brasileiras: Para cada elemento das rodovias que perdoam, analisar quais as normas brasileiras que abordam os elementos e comparar como elas abordam com o documento da CEDR, de forma de analisar possíveis recomendações para a norma.

- Tabela Comparativa: Fazer uma tabela que resuma os elementos das rodovias que perdoam da CEDR, tenha as normas que são abordadas de forma clara e por fim tenha uma recomendação sucinta.
- Conclusões: Com todos os elementos analisados e as recomendações expostas, será organizada esse tópico com os principais resultados.

1.4. METODOLOGIA

Para fazer a comparação entre os elementos das rodovias que perdoam da CEDR e das normas brasileiras, foi utilizada a seguinte metodologia:

- Com o documento CEDR (2013) relatou-se todos os tratamentos para rodovias que perdoam;
- Utilizando os elementos encontrados na CEDR (2013), foi feita uma pesquisa bibliográfica nos documentos da ABNT, DNIT, DNER e outros documentos governamentais com caráter normativo para verificação de como esses elementos estão abordados nas normativas brasileiras;
- Com essa abordagem das normativas brasileiras para os elementos da CEDR (2013) foi feita uma análise comparativa focando que poderia ser melhorado e como poderia ocorrer essa melhora, nessa etapa incluiu outros elementos normativos de outros países que complementam os documentos da CEDR (2013) e brasileiros;
- Organizou-se todos os dados na forma de tabela comparativa;
- Demonstrou os resultados principais e as recomendações por forma de conclusões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. SEGURANÇA RODOVIÁRIA E SISTEMA SEGURO

Segundo a ITF (2016) na análise de segurança no trânsito e estudos de acidentes, duas abordagens são possíveis. A abordagem tradicional que adota uma perspectiva retrospectiva. A análise padrão de causalidade de colisão tenta entender todos os fatores envolvidos em um acidente que aconteceu para sugerir formas de impedi-lo. Alternativamente, uma visão prospectiva irá considerar quais acidentes tem possibilidade de acontecer no futuro e identificar todas as possíveis formas de como esses acidentes podem ser evitadas. Esta abordagem proativa é a base de um sistema seguro.

Os aspectos que diferenciam a abordagem tradicional de política de segurança rodoviária e a do sistema seguro são explicitadas na Tabela 2.1 e 2.2.

Tabela 2.1: Comparação da abordagem tradicional de segurança rodoviária e o Sistema Seguro - Parte 1

	Política tradicional de segurança rodoviária	Sistema Seguro
Qual o problema?	Tenta prevenir contra todos os acidentes	Evitar que os acidentes resultem em vítimas fatais e graves
Qual o objetivo adequado?	Reduzir o número de mortes e lesões sérias	Zero mortes e ferimentos graves
Quais são as abordagens principais do planejamento?	Reativo a acidentes Abordagem incremental para reduzir o problema	Projetar e tratar de forma proativa o risco sistemático abordado para construir um sistema rodoviário seguro

Fonte: Adaptada ITF (2016).

Tabela 2.2: Comparando a abordagem tradicional de segurança rodoviária e o Sistema Seguro
- Parte 2

	Política tradicional de segurança rodoviária	Sistema Seguro
O que causa o problema?	Usuários das rodovias não conformes	As pessoas cometem erros e são fisicamente frágeis/vulneráveis em acidentes. A variedade da qualidade e projetos de infraestrutura e velocidades de operação fornecem orientação inconsistente aos usuários sobre o que é um comportamento adequado considerando o uso e segurança
Quem é responsável?	Usuários individuais das rodovias	Responsabilidade compartilhada entre indivíduos e projetistas
Como o sistema funciona?	Composta por intervenções isoladas	Diferentes elementos de um Sistema Seguro combinam-se para produzir um efeito maior que a soma dos tratamentos individuais - de modo que, se uma parte do sistema falhar, outras partes fornecem proteção

Fonte: Adaptada ITF (2016).

De acordo com o ITF (2016) o Sistema Seguro é sustentado por quatro princípios:

- As pessoas cometem erros que podem levar a acidentes de trânsito
- O corpo humano tem uma capacidade física limitada para tolerar forças de impacto antes que ocorram danos
- Existe uma responsabilidade compartilhada entre aqueles que projetam, constroem, gerenciam e usam estradas e veículos e fornecem cuidados pós-colisão para evitar acidentes resultando em ferimentos graves ou morte
- Todas as partes do sistema devem ser fortalecidas para multiplicar seus efeitos; e se uma parte falhar outra compensará o erro e os usuários da estrada ainda estarão protegidos.

Segundo a ITF (2016) o projeto e operação do sistema de transporte rodoviário deve guiar o usuário para um comportamento seguro e mitigar consequências de erros humanos comuns.

Segundo a ITF (2016) em um Sistema Seguro, há uma clara distinção entre a responsabilidade do projetista e a do usuário da rodovia. Embora nos quadros legais do tráfego rodoviário

convencional, o motorista seja, no fim das contas, considerado responsável pelos acidentes, em um sistema seguro, o utilizador da estrada é responsável por seguir as regras para a utilização segura do sistema e por se comportar de forma adequada. Esta é uma grande diferença entre as políticas convencionais e o sistema seguro.

Em alguns países pioneiros na implementação de um Sistema Seguro, a responsabilidade compartilhada cabe ao projetista. Ou seja, se o usuário da estrada não seguir as regras, a responsabilidade recai, no fim das contas, no projetista, e isso é alcançado por meio de políticas ou práticas. A política afirma que o projetista do sistema é, em última instância, responsável e deve tomar medidas adicionais para explicar quando pessoas cometem erros previsíveis, de modo que as falhas não resultem em acidentes sérios. Uma estrutura de políticas do Sistema Seguro pode ser um catalisador comum para os projetistas influenciarem o projeto e o uso do sistema de transporte rodoviário. A responsabilidade do usuário é frequentemente descrita em leis e regulamentos, mas a responsabilidade do “projetista do sistema” é mais uma declaração ética, mas poderia, se necessário, ser uma questão de legislação. (ITF, 2016)

Na rodovia, as pessoas cometem erros, mas não devem ser penalizadas com ferimentos ou morte por fazê-lo. Isso significa que todos os elementos do "sistema" precisam perdoar. Os pontos principais dessa abordagem são rodovias e margens de rodovias seguras, velocidades seguras, veículos seguros e usuários seguros de estradas. Estes quatro fatores determinam as forças exercidas durante o acidente e, portanto, a gravidade do resultado. (MILLER e BAILEY, 2015)

Outros pontos importantes para o Sistema Seguro de acordo com MILLER e BAILEY (2015) são:

- amplificação de estratégias para incentivar a conformidade e gerenciar a não conformidade com as regras de trânsito
- compreender acidentes e riscos através da análise de dados, pesquisa e avaliação
- gerir o acesso à estrada através do licenciamento de motoristas e do registro de veículos
- fornecer educação e informação
- inovação
- boa gestão, monitoramento, comunicação e coordenação.

Para representar os fatores mais importantes para o sistema seguro foi feita a Figura 2.1.



Figura 2.1: Princípios do Sistema Seguro
 Fonte: Adaptado MILLER e BAILEY (2015).

2.2. RODOVIAS QUE PERDOAM

Ambientes rodoviários que perdoam constituem na ferramenta básica na prevenção ou mitigação de uma porcentagem importante de acidentes rodoviários relacionados a erros de condução no trânsito. Como todo ser humano comete erros, os motoristas eventualmente continuarão fazendo manobras ou ações erradas. Mais de 80% dos acidentes estão relacionados ao erro do motorista. Mais especificamente, as estatísticas mostram que cerca de 25 a 30% dos acidentes fatais envolvem acidentes com objetos de estrada fixos. Esses acidentes são causados principalmente devido a erros de condução que levam a saída de pista / estrada. A existência de um ambiente rodoviário que perdoa teria evitado acidentes deste tipo (e geralmente acidentes que envolvem erros de condução) e / ou reduziu a gravidade das consequências de tais acidentes (BEKIARIS e GAITANIDOU, 2011).

Uma rodovia que perdoa é definida como uma rodovia concebida e construída de forma a interferir ou bloquear o desenvolvimento de erros de condução e evitar ou atenuar as consequências negativas dos erros de condução, permitindo ao condutor recuperar o controle e ou parar ou voltar para a faixa de rolamento sem ferimentos ou danos (BEKIARIS e GAITANIDOU, 2011).

A primeira prioridade das rodovias que perdoam é reduzir as consequências de um acidente causado por erros de condução, mau funcionamento do veículo ou condições precárias de pista. Ele deve se concentrar em tratamentos que trazem veículos errantes de volta à pista para reduzir ferimentos ou acidentes fatais. Se o veículo ainda atingir um elemento rodoviário, a segunda prioridade é reduzir a gravidade do acidente. Em outras palavras, a rodovia deve perdoar o erro do motorista, reduzindo a gravidade dos acidentes de saída de pista (CEDR, 2013).

A metodologia e revisão bibliográfica de rodovias que perdoam foi baseada principalmente pelo CEDR (2013), o qual de acordo com a NRA (2013) foi preparado após extensas consultas e discussões com especialistas em segurança rodoviária em vários países da União Europeia. O objetivo específico do relatório era identificar as melhores práticas para o tratamento de estradas, para proporcionar um ambiente mais seguro e mais tolerante para atender incidentes envolvendo veículos descontrolados.

2.3. RISCOS NAS MARGENS DAS RODOVIAS

Segundo a CEDR (2013) as rodovias que perdoam surgiram no meio da década de 1960 para considerar o fato que os veículos podem sair da rodovia. A AASHTO (2002) divide as razões dos veículos saírem da rodovia em:

- Comportamento do motorista como desatenção, fadiga, influência de álcool ou drogas, manobras de evasão, velocidade excessiva;
- Condições da pista, tais como mau alinhamento, pouca visibilidade, atrito do pavimento reduzido, sinalização inadequada, drenagem inadequada, marcação ou delineamento;
- Mau funcionamento do veículo, como falhas de direção e de frenagem, quebra de pneus.

O US DPT (1986) fala que elementos da rodovia são considerados potencialmente perigosos quando um ou mais dos seguintes eventos ocorrem:

- O veículo é abruptamente parado;
- Elementos externos penetram para os assentos dos passageiros;
- O veículo fica instável devido a elementos na estrada.

O CEDR (2013) categoriza os riscos das rodovias nos seguintes grupos:

- Obstáculos fixos únicos;
- Obstáculos contínuos;
- Obstáculos dinâmicos.

2.3.1. OBSTÁCULOS FIXOS ÚNICOS

Segundo o US DPT (1986) os obstáculos fixos apresentam o maior número de perigos potenciais na margem da rodovia. A Tabela 2.3 representa em quais diâmetros e velocidades os riscos fixos são considerados perigosos.

Tabela 2.3: Objetos considerados obstáculos fixos

Obstáculos Fixos	Diâmetro (m)	Velocidade de impacto perigosa (km/h)	Comentários adicionais
Árvores e Pedacos de Árvores	> 0,2	40	Tipicamente > 0,1 em muitos guias internacionais
Seguintes postes: - Postes de Serviço Público - Postes de iluminação padrão	> 0,2	40	-
- Sinalização de rodovias	> 0,1	40	-
- Grandes sinais de trânsito - Suporte/ Mastros de CCTV/ Postes de Iluminação de mastro alto - Outros postes de mastro alto	> 0,1	40	-
Pedras	-	-	-
Pilares de Pontes	-	50	-
Terminais de drenagem	-	-	-
Passagens Subterrâneas	-	-	Incluindo aqueles que estão na ponta do talude
Terminais de barreiras de proteção	-	-	Terminais de barreira sem ponta e inclinados que não estão apontados para a rodovia

Fonte: Adaptado do CEDR (2013).

Os obstáculos fixos únicos de acordo com CEDR (2013) podem ser divididos em árvores e tocos de árvores, postes, pedras e pedreiras, estruturas de pontes, viadutos e túneis, passagens

subterrâneas, terminal e transição de barreira de segurança perigosos e outros riscos singulares, conforme descritos a seguir.

2.3.1.1. ÁRVORES E TOCOS DE ÁRVORES

Segundo a RISER (2005) árvores são predominantes em estradas, particularmente em locais rurais, e podem ser muito implacáveis durante um impacto, absorvendo muito pouco da energia criada pelo impacto. Embora individualmente elas sejam perigosas, elas podem estar agrupadas de forma a serem perigosas em conjunto, especialmente nos casos em que há fileiras de árvores ao longo da margem da estrada. Muitas vezes, as árvores estabelecidas mais antigas são protegidas por ordens de preservação, de modo que não podem ser removidas ou realocadas da beira da estrada. Portanto, métodos de proteção do veículo e dos ocupantes da árvore são necessários. Alguns exemplos de árvores perigosas estão na Figura 2.2.



Figura 2.2: Exemplos de árvores perigosas localizadas nas margens da rodovia.

Fonte: CEDR (2013).

2.3.1.2. POSTES

Segundo a RISER (2005) os postes perigosos incluem postes de iluminação, postes de pórtico e suportes de sinalização, bem como todas placas de sinalização rodoviária que não são testados de acordo com a norma europeia EN12767. Todos os postes e postes "passivamente seguros" são considerados como não sendo riscos na estrada.

Segundo a CEDR (2013) esses postes podem ser chamados de imperdoáveis devido a habilidade de absorção de energia ser mínima. A distância desses elementos da rodovia, seu diâmetro, características do material utilizado são características que impactam no quão perigoso cada um desses elementos é. Exemplos de postes perigosos são evidenciados na Figura 2.3.



Figura 2.3: Exemplos de postes perigosos
Fonte: CEDR (2013).

2.3.1.3. PEDRAS E PEDREIRAS

Segundo a CEDR (2013) rochas e pedregulhos são obstáculos perigosos quando localizados perto da rodovia. Afloramentos de rocha ocorrem principalmente em estradas construídas em um ambiente rochoso, onde a provisão de uma zona de segurança é cara. Um outro risco resultante de cortes de rochas na beira da estrada são fragmentos que podem cair de encostas íngremes na estrada. Exemplos de pedras e pedreiras perigosas foram evidenciados na Figura 2.4.



Figura 2.4: Exemplos de pedras e pedreiras perigosas
Fonte: CEDR (2013).

2.3.1.4. ESTRUTURAS DE PONTES, VIADUTOS E TÚNEIS

Segundo a CEDR (2013) as estruturas de entrada de túneis, suportes de viadutos e pontes são principalmente de concreto, e, portanto, extremamente perigosas. Porém, essas estruturas tem uma porcentagem pequena de acidentes fatais comparadas com os outros objetos fixos. Exemplos de estruturas de pontes e viadutos perigosas foram evidenciados na Figura 2.5.



Figura 2.5: Exemplos de estruturas de pontes e viadutos perigosas
Fonte: CEDR (2013).

2.3.1.5. ELEMENTOS DE DRENAGEM

Segundo a RISER (2005) um bueiro é uma estrutura para canalizar um curso de água. Pode ser feito de concreto, aço ou plástico. Uma extremidade do bueiro é a extremidade do canal ou conduto, também normalmente uma estrutura de concreto, aço ou plástico.

Segundo o CEDR (2013) elementos de drenagem como bueiros e extremidades de canais são obstáculos perigosos para as margens das rodovias. Essas estruturas são geralmente feitas de material rígido, o qual não consegue absorver energia do impacto. Exemplos de elementos drenantes perigosos são evidenciados na Figura 2.6.



Figura 2.6: Exemplos de elementos de drenagem perigosos.
Fonte: CEDR (2013).

2.3.1.6. PASSAGENS SUBTERRÂNEAS

Segundo a RISER (2005) as passagens subterrâneas são passagens abaixo da rodovia principal, que são pequenas rodovias ou passagens de água e são extremamente perigosas para veículos invasores. Exemplos de passagens subterrâneas perigosas são evidenciados na Figura 2.7.



Figura 2.7: Exemplos de passagens subterrâneas perigosas
Fonte: RISER (2005).

2.3.1.7. TERMINAL E TRANSIÇÃO DE BARREIRA DE SEGURANÇA PERIGOSOS

Segundo a RISER (2005) terminal de barreiras de segurança perigosos são aqueles mal concebidos ou posicionados, incluindo tratamentos dos terminais que não cumprem os requisitos da norma europeia EN 1317, no caso de barreiras feitas na União Europeia. Exemplos de terminais de barreira de segurança perigosos são demonstrados na Figura 2.8.



Figura 2.8: Exemplos de terminais de barreira de segurança perigosos
Fonte: CEDR (2013).

2.3.1.8. OUTROS RISCOS SINGULARES

Segundo o CEDR (2013) outros obstáculos fixos únicos são estruturas rígidas como hidrantes, objetos singulares desprotegidos, marcações na rodovia de alvenaria, obras de arte especial de concreto como rotatórias que foram mudadas para ficarem mais atrativas.

2.3.2. OBSTÁCULOS CONTÍNUOS

Os riscos contínuos são objetos distribuídos que tem tamanho considerável, tornando impraticável removê-los ou realocá-los. Esses obstáculos contínuos são classificados de acordo com a RISER (2005), em aterros e encostas, elementos de drenagem, barreiras de segurança má projetadas ou mal instaladas, meio fio e outros obstáculos distribuídos.

2.3.2.1. ATERROS E ENCOSTAS

Segundo a CEDR (2013) quão perigoso é o talude depende de sua altura, sua inclinação e sua distância até a estrada. Uma análise detalhada de padrões em diferentes países definindo os limites para esses parâmetros foi realizada no RISER (2005). A Figura 2.9 traz exemplos de cortes e aterros perigosos.



Figura 2.9: Exemplo de corte e aterros perigosos
Fonte: CEDR (2013).

2.3.2.2. ELEMENTOS DE DRENAGEM

Segundo a RISER (2005) as valas de drenagem são elementos de drenagem que correm paralelos à estrada. Segundo o CEDR (2013) os projetistas têm que garantir que as valas de drenagem são largas o suficiente para prover drenagem o suficiente e retenção de neve e uma vala com profundidade maior que 1 metro e/ou com inclinação menor que 4:1 é considerada perigosa. Exemplos de valas de drenagem perigosas estão presentes na Figura 2.10.



Figura 2.10: Exemplos de valas de drenagem perigosas nas margens de rodovias
Fonte: CEDR (2013).

2.3.2.3. BARREIRAS DE SEGURANÇA MAL INSTALADAS OU MÁ PROJETADAS

Segundo a RISER (2005) barreiras de segurança que não atendem aos requisitos da norma europeia EN1317, projetos que foram documentados com baixo desempenho em colisões do mundo real, e aquelas que foram incorretamente instaladas são perigosas.

2.3.2.4. MEIO-FIO

Segundo a CEDR (2013) em ambientes urbanos, os acostamentos da estrada não são praticáveis como tratamento de beira de estrada. Em vez disso, os meios-fios são comumente usados para evitar acidentes de saída de pista. Um meio-fio é tipicamente a borda entre um caminho de pedestre e uma estrada, o qual é feito em concreto ou asfalto. Um dos propósitos é evitar que os motoristas dirijam para a margem da rodovia, enquanto o outro objetivo é garantir uma drenagem eficiente da via. Deve-se notar que as restrições - como sistemas de contenção de

estradas - são um tratamento para melhorar a segurança na estrada, mas podem, ao mesmo tempo, representar um risco para os motoristas.

2.3.2.5. OUTROS OBSTÁCULOS DISTRIBUÍDOS

Segundo a RISER (2005) outros obstáculos distribuídos são corpos de água permanentes como rios, lagos, canais localizados nas margens da rodovia e florestas e selvas a margem da rodovia, no qual as árvores passam a ser obstáculos distribuídos.

2.3.3. OBSTÁCULOS DINÂMICOS

Segundo a NCHRP (2008) os obstáculos dinâmicos são divididos em instalações para bicicletas, estacionamento e calçada e passagem de pedestres, os quais são detalhados a seguir.

2.3.3.1. INSTALAÇÕES PARA BICICLETAS

Segundo a NCHRP (2008) as instalações para bicicletas consistem em elementos rodoviários destinados à operação de bicicletas. Essas instalações podem incluir pistas padrão, faixas largas externas, ciclovias e ciclofaixas. Em geral, a literatura sobre a relação entre instalações de bicicleta e segurança na beira da estrada é limitada. Acostamentos largos e ciclovias proporcionam uma área “segura” adicional adjacente ao percurso, portanto, esses recursos poderiam fornecer um benefício de segurança secundário para os motoristas, desde que os volumes de bicicleta sejam baixos. Essas instalações de bicicletas também separarão ainda mais o veículo motorizado de qualquer obstrução na estrada e melhorará a distância de visão resultante para motoristas.

2.3.3.2. ESTACIONAMENTO

Segundo a NCHRP (2008) em ambientes urbanos, o estacionamento limitado fora da rua muitas vezes requer o uso de estacionamento na rua para atender às necessidades das empresas locais e das partes interessadas.

Segundo a NCHRP (2008) estacionamento na rua pode ter resultados mistos no desempenho de segurança de uma pista. Por um lado, essas características restringem a largura efetiva da via

e podem resultar em reduções de velocidade, levando a uma redução na gravidade da colisão. Por outro lado, o estacionamento na rua também pode levar a um aumento nas colisões associadas a veículos que tentam entrar ou sair do estacionamento na rua.

Segundo a NCHRP (2008) o estacionamento na rua, também, serve como um amortecedor físico entre o caminho do veículo motorizado e as instalações para pedestres. Um incremento de segurança fornecido ao pedestre, no entanto, pode ser combatido pelo pedestre que opta por atravessar o quarteirão da rua em áreas não designadas para travessia de pedestres. Os veículos estacionados podem funcionar como um escudo para evitar a distância de visão adequada para os condutores de veículos motorizados adjacentes, resultando muitas vezes em novos conflitos entre motoristas e os pedestres entre os carros estacionados. Da mesma forma, existe um conflito inerente entre os motoristas que saem ou entram nos seus veículos estacionados no lado do trânsito da estrada.

2.3.3.3. CALÇADAS E PASSAGEM DE PEDESTRES

Segundo a NCHRP (2008) as calçadas e pedestres, em geral, não representam um perigo particular para os motoristas. O risco existe para os pedestres que usam as instalações adjacentes as pistas. Fornecer instalações seguras para pedestres é uma estratégia óbvia para aumentar a segurança dos pedestres. Enquanto as ruas compartilhadas podem ser apropriadas se as velocidades e os volumes dos veículos forem mantidos extremamente baixos, para a maioria das estradas nas áreas urbanas, a velocidade do veículo obriga o uso de calçadas.

3. TRATAMENTO DAS RODOVIAS QUE PERDOAM DE ACORDO COM O CEDR (2013) E RISER (2005)

Foram descritos perigos potenciais que afetam a margem das rodovias. De acordo com a CEDR (2013) considera-se três tipos de estratégias para melhorar a segurança da beira das rodovias:

- Remoção e realocação de obstáculos
- Modificação de elementos da beira da rodovia
- Proteção contra obstáculos

De acordo com a CEDR (2013) a delimitação e sinalização das rodovias são usualmente considerados um tratamento caso os três anteriores não sejam executáveis, pois ajuda aos motoristas a evitar certos obstáculos nas margens da rodovia. Porém é uma estratégia das rodovias autoexplicativas, não é para as rodovias que perdoam.

De acordo com a RISER (2005) o desenvolvimento de uma margem de rodovia segura depende da identificação dos perigos na margem da rodovia. Uma vez que esses obstáculos são identificados e localizados na zona de segurança, são elaboradas estratégias adequadas necessárias para proteger o tráfego desses perigos. O procedimento para tratamento da margem das rodovias para serem rodovias que perdoam é apresentado na Figura 3.1.

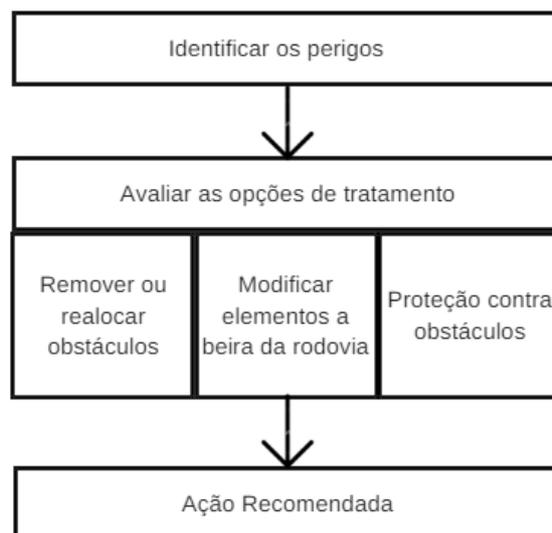


Figura 3.1: Procedimento para tratamento da beira das rodovias que perdoam

Fonte: adaptado CEDR (2013).

3.1. REMOÇÃO E REALOCAÇÃO DE OBSTÁCULOS

3.1.1. ZONA DE SEGURANÇA

De acordo com a AASHTO (2002) o termo “zona de segurança” é usado para designar áreas sem obstrução, relativamente planas presentes além do limite das faixas de rodagem para a recuperação de veículos errantes.

Segundo AIT (2007) o projetista de rodovias deve se esforçar para fornecer a mais ampla e perdoadora margem de rodovia, considerando as restrições físicas e econômicas envolvidas. Para a maioria dos projetos, haverá locais isolados ou segmentos longitudinais em que a zona de segurança não pode ser fornecida de acordo com os critérios de projeto desejados. Fatores como topografia, características ambientais, requisitos de drenagem, requisitos de propriedade e financeiros frequentemente ditam a forma e a área (tamanho) do espaço disponível imediatamente adjacente as faixas de rodagem.

A zona de segurança inclui quaisquer acostamentos ou pistas auxiliares. Segundo o CEDR (2013) a zona de segurança pode ser dividida em duas áreas: a zona de recuperação (acostamento) e a zona de gravidade limitada. A divisão da zona de segurança é evidenciada pela Figura 3.2.

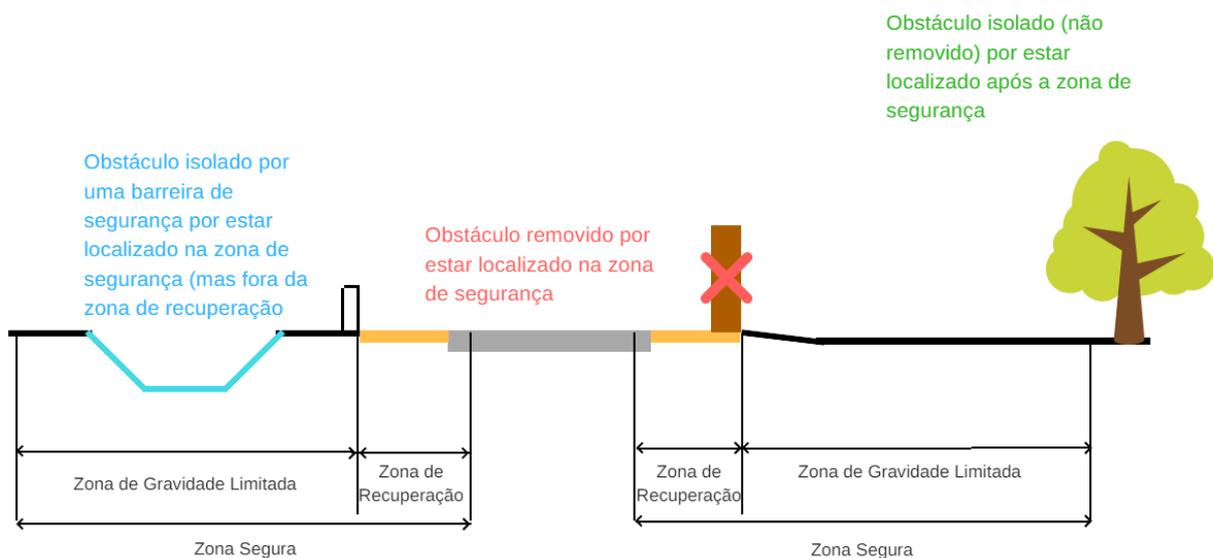


Figura 3.2: Divisão da zona de segurança

Fonte: Adaptado CEDR (2013).

Segundo o CEDR (2013) a largura da zona de segurança varia em diversos países, dependendo da política e praticidade de cada país. Critérios comuns para dimensionamento são:

- Velocidade de projeto;
- Gradientes de inclinação lateral;
- Tipo de rodovia;
- Fluxo de tráfego;
- Alinhamento horizontal;
- Espessura da faixa de rodagem;
- Porcentagem de veículos pesados;
- Avaliação de riscos pessoais e de terceiros.

3.1.2. ZONA DE RECUPERAÇÃO

Segundo RISER (2005) a zona de recuperação é definida de duas maneiras diferentes, de acordo com as políticas europeias na maioria dos países é uma zona estreita à margem da estrada considerada como parte integrante do projeto de zona de segurança. Em alguns países, a zona de recuperação é um acostamento pavimentado que permite manobras limitadas do veículo e é considerado um problema à parte.

3.1.3. ZONA DE GRAVIDADE LIMITADA

Segundo o CEDR (2013) algumas normas distinguem entre a área de recuperação e o restante da zona de segurança. O objetivo da chamada "zona de gravidade limitada" não é tentar impedir que os veículos saiam da estrada, mas minimizar a gravidade desse tipo acidente. É definido como a área além da zona de recuperação que ainda faz parte da zona de segurança.

3.1.4. CANTEIRO CENTRAL

O CEDR (2013) indica que o canteiro central separa faixas de rolamento com tráfego em sentidos opostos. Na maioria dos documentos não são considerados elementos das margens das rodovias, porém pode diminuir o número de acidentes por saída da faixa de trânsito ou minimizar a sua gravidade. Um benefício adicional consiste em possibilitar uma área que pode ser usada como área de recuperação ou de parada de emergência do veículo. Em estudos ressaltados pela CEDR (2013) foi encontrado três tendências de segurança em relação aos canteiros centrais:

- O efeito do canteiro central no total de acidentes é questionável;
- Acidentes entre veículos trafegando em sentidos opostos são diminuídos com os canteiros centrais;
- Acidentes relacionados a canteiros centrais diminuem na medida que a largura aumenta além de 9,1 m. Até 9,1 m o número de acidentes aumenta com o aumento da largura do canteiro central.

A largura do canteiro central varia conforme o país dependendo do espaço e do uso desejado.

3.1.5. LEITO DE TRAVAGEM

Segundo WANG (1989) quando veículos pesados, como caminhões ou tratores-reboques, viajam em rodovias com declives longos e íngremes e perdem a capacidade de frenagem, os danos materiais e a perda de vida geralmente ocorrem quando atingem outros veículos, prédios próximos ou pedestres. Para salvar a vida e evitar danos à propriedade, deve haver instalações ao longo da rodovia que possam impedir a entrada de veículos que estão saindo da pista. Tais instalações são frequentemente chamadas de rampas de escape ou leitos de travagem.

Segundo WANG (1989) existem três tipos principais de leitos de travagem: rampa de gravidade, caixas de areia e caixas de cascalho. Destes três tipos, as caixas de cascalho demonstraram ser mais seguros e mais eficientes. O desempenho de campo das caixas de cascalho depende grandemente de duas propriedades agregadas, nomeadamente o atrito entre as partículas e a drenagem livre. A condição ideal é uma fricção interarticular baixa o suficiente para que os pneus afundem no agregado, mas suficientemente altos para parar o veículo dentro de uma distância desejada. Esta condição deve ser mantida durante toda a vida útil do leito de travagem sem ser influenciada pelo congelamento e outros possíveis fatores adversos. Os exemplos de leitos de travagem são mostrados na Figura 3.3.



Figura 3.3: Exemplos de leitos de travagem
Fonte: CEDR (2013).

Segundo a CEDR (2013) há uma falta de diretrizes específicas que lidam com o projeto ou requisitos para leitos de travagem e rampas de escape. Normalmente, as estatísticas de acidentes, a relação entre a velocidade de operação e os gradientes das estradas, ou a curvatura, são relevantes para a construção da rampa. Para projetar um leito de travagem, é necessária uma análise detalhada. O comprimento irá variar dependendo da velocidade e grau. A AASHTO (2002) desenvolveu uma política sobre o desenho geométrico de rodovias e ruas, incluindo princípios de projeto para rampas de escape.

3.1.6. CONTROLE DE VEGETAÇÃO

De acordo com a CEDR (2013) princípio de zonas de segurança, as plantas ou árvores perigosas devem ser removidas da área da estrada especificada. Grama, ervas daninhas, arbustos e galhos de árvores podem obscurecer ou limitar a visão do motorista dos dispositivos de controle de tráfego, aproximando veículos de animais selvagens, gado, pedestres e ciclistas. Mesmo que plantas perigosas tenham sido removidas da beira da estrada, o crescimento de plantas e árvores maduras pode levar a novos obstáculos na estrada. O controle da vegetação, portanto, ajuda a reduzir os acidentes e lesões. Os operadores rodoviários são encorajados a desenvolver programas de gestão de vegetação na estrada para eliminar ou minimizar a vegetação.

3.2. MODIFICAR ELEMENTOS DA RODOVIA

Segundo CEDR (2013) em alguns casos, os obstáculos perigosos não podem ser removidos da zona de segurança da rodovia. Em tais casos, os riscos únicos e contínuos precisam ser modificados para minimizar ferimentos ou danos materiais em caso de acidentes. Eles devem ser melhorados, tornando-os quebradiços ou resistentes a choques. As seções a seguir mostram diferentes tratamentos para tornar os objetos não removíveis mais tolerantes.

3.2.1. ELEMENTOS DE ROMPIMENTO

Segundo CEDR (2013) postes que não são frágeis ainda são usados em rodovias nas quais o tráfego de pedestres é alto, as linhas elétricas aéreas estão próximas ou se o poste estiver montado em cima de uma barreira de tráfego de concreto. No entanto, os postes frágeis são recomendados na maioria das áreas da beira da estrada. Existem várias estratégias para tornar os postes 'perdoadores'. Isso pode ser conseguido pelas seguintes modificações:

- Mudar o material para um que aumenta a resistência a absorção de energia
- Posição correta dos pontos de ruptura;
- Verificar a possibilidade de deslizamento da base;
- Base frágil para que quebre pela base;
- Conectores frágeis

3.2.2. TRATAMENTO DE ENCOSTAS E VALAS

Se as valas de drenagem forem consideradas perigosas, elas precisam ser modificadas para aumentar a segurança. Com base na forma da vala, a CEDR (2013) propõe vários tratamentos:

- Drenagem Enterrada: Normalmente a drenagem é necessária, portanto não pode ser removida. O tratamento eficaz é preencher a vala com materiais drenantes após a montagem de um coletor. Isso deve eliminar riscos advindos dos taludes da zona livre.
- Mudar a inclinação dos declives das valas para que fiquem as mais planas possíveis. Os taludes recuperáveis têm uma relação de inclinação de 4: 1 ou mais plana. Para maiores volumes de tráfego, os taludes laterais devem ser projetados com uma proporção de 6: 1;

- Modificar o fundo da vala, de forma que ele seja arredondado com uma inclinação do talude frontal de 4:1 e posterior de 2:1. As valas têm que ser projetadas para serem largas o suficiente para promover uma drenagem suficiente, de modo que seja no mínimo 1 m. Com o mínimo de 1,2 m de preferência. Valas muito rasas ou largas necessitam de drenagem enterrada.
- Tampar as valas com calhas ou qualquer material drenante, geralmente utilizada quando é necessária uma vala profunda;
- Isolar as valas mais perigosos com a utilização de barreiras e defensas;
- Modificar estruturas como canais, meio-fio e barragens de controle para que suas estruturas sejam preparadas para impacto;
- Corte falso é um meio de filtrar a estrada de propriedades na paisagem circundante. É particularmente apropriado em terrenos suavemente ondulados, onde um corte natural não pode ser alcançado. Tem o benefício adicional de reduzir o impacto do ruído.

As valas de drenagem e encostas seguras são apresentadas pela Figura 3.4.



Figura 3.4: Exemplo de valas de drenagem e encostas seguras
Fonte: RISER (2005).

3.2.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO SUJEITAS A CHOQUE

Segundo a CEDR (2013) estruturas de concreto, como parapeitos, sarjetas ou meio-fio, podem ser encontradas frequentemente em estradas, especialmente em valas ou pontes. Elas geralmente têm absorção mínima de energia e são, portanto, obstáculos muito perigosos para veículos errantes. Se eles não puderem ser removidos da zona livre, essas estruturas precisam ser modificadas de maneira apropriada.

Segundo a RISER (2005) se o veículo sair da estrada para a vala de drenagem, existe o risco de um impacto na extremidade do bueiro ou no declive lateral da rodovia. As soluções são remover o obstáculo, desenho ou redesenho da localização do bueiro ou uso de construção mais segura nas extremidades do bueiro.

Segundo CEDR (2013) os parapeitos curtos, encontrados principalmente em pontes para proteger veículos errantes da pista, são perigosos devido à sua rigidez. Se possível, eles devem ser removidos ou substituídos por uma barreira mais leve. No entanto, em alguns casos, modificar a estrutura dos parapeitos é um tratamento barato e fácil. Quando o parapeito é muito curto para proteger veículos errantes, ele deve ser estendido para um comprimento adequado. As extremidades de um parapeito podem ser chanfradas para minimizar a agressividade em caso de colisão.

3.2.4. MODIFICAÇÃO DE ACOSTAMENTOS

Segundo a CEDR (2013) os tratamentos de acostamento que promovem uma recuperação segura incluem a ampliação do acostamento, a pavimentação do acostamento e padronização de bordas.

3.2.5. MODIFICAÇÃO DE MUROS DE CONTENÇÃO E CORTES NAS ROCHAS

Segundo o CEDR (2013) uma parede é aceitável na zona de segurança se satisfizer as seguintes condições:

- Longitudinal à estrada ou quase longitudinal;
- Não é provável que nenhuma protuberância ou borda bloqueie um veículo;
- Alturas superiores a 70 cm;
- Robusto o suficiente para suportar um impacto.

Se uma parede perigosa ou rocha contínua não puder ser removida da zona de segurança, suas extremidades precisam ser tratadas ou isoladas, se possível. Paredes ou rochas irregulares devem deixar o veículo deslizar em caso de impacto. O tratamento dessas extremidades é ilustrado pela Figura 3.5.

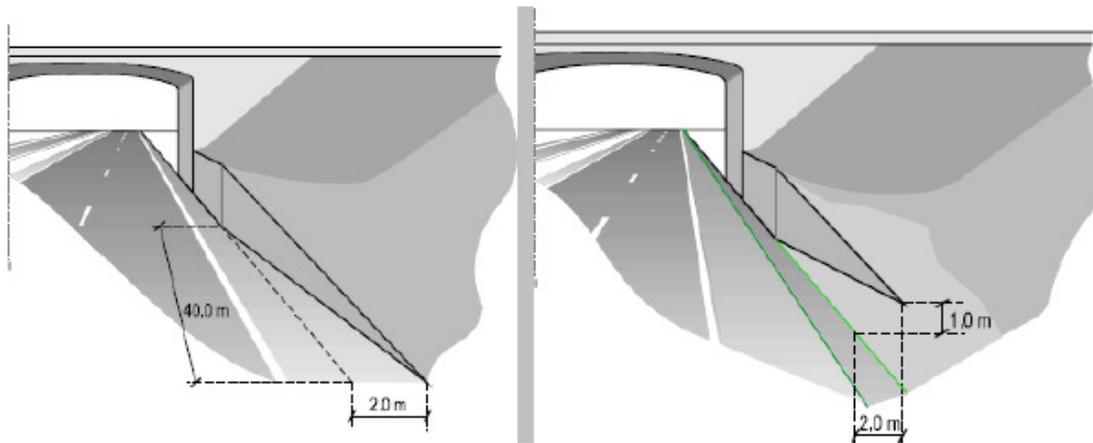


Figura 3.5: Exemplo de projeto de extremidade de muro de contenção.

Fonte: CEDR (2013).

3.2.6. TERMINAIS NAS BARREIRAS DE SEGURANÇA

Segundo a NHCHRP (2008) para locais onde a extremidade das barreiras não pode ser adequadamente alargada ou protegida, é necessário usar um tratamento da extremidade, como um terminal de barreira ou um atenuador de impacto. Melhorias para tratamentos finais não receberam muita atenção, portanto tratamentos convencionais são necessários no ambiente urbano. Esses tratamentos não devem permitir que um veículo penetre, salte ou role com o impacto. Eles devem ter a força e as qualidades de redirecionamento de uma barreira padrão.

3.2.7. TRANSIÇÕES NAS BARREIRAS DE SEGURANÇA

Segundo o CEDR (2013) transição entre duas barreiras de segurança tem que garantir que os veículos deslizem ao longo da barreira de forma suave, sem qualquer interrupção. A transição entre o semi-rígido e as barreiras rígidas, em particular, tem que ser suficientemente rígida para evitar uma dobra local da barreira mais deformável na junção entre os dois dispositivos.

Segundo o CEDR (2013) transição entre uma barreira flexível e uma barreira semi-rígida é comumente construída pela sobreposição da barreira flexível na frente da barreira semi-rígida. Isso leva os veículos a deslizarem na barreira semi-rígida de maneira suave. A mesma instalação pode ser usada quando barreiras flexíveis e rígidas são conectadas.

3.3. PROTEÇÃO CONTRA OBSTÁCULOS

Segundo a CEDR (2013) em muitos casos, não é possível nem economicamente aconselhável remover ou modificar objetos perigosos. Para evitar colisões entre veículos e esses objetos, a terceira opção é protegê-los usando sistemas de contenção rodoviária.

Segundo NEVES (2018) os sistemas de contenção de veículos (VRS), como barreiras, amortecedores de impacto e terminais, têm um papel importante na segurança dos ocupantes do veículo. Particularmente, a principal função da barreira da estrada é redirecionar um veículo fora de controle de volta para a estrada, evitando assim a colisão ou a desvios perigosos da trajetória da estrada. Secundariamente, a possível absorção de energia oferecida pela deformação da barreira ou por qualquer outro método de dissipação de energia pode ser benéfica para o ocupante do carro.

Segundo CEDR (2013) sistemas podem ser perigosos, mas a gravidade dos acidentes ainda deve ser menor do que se não fosse usado. Os sistemas de retenção rodoviária estão divididos em sistemas de retenção de veículos e sistemas de retenção de pedestres, conforme a Figura 3.6.

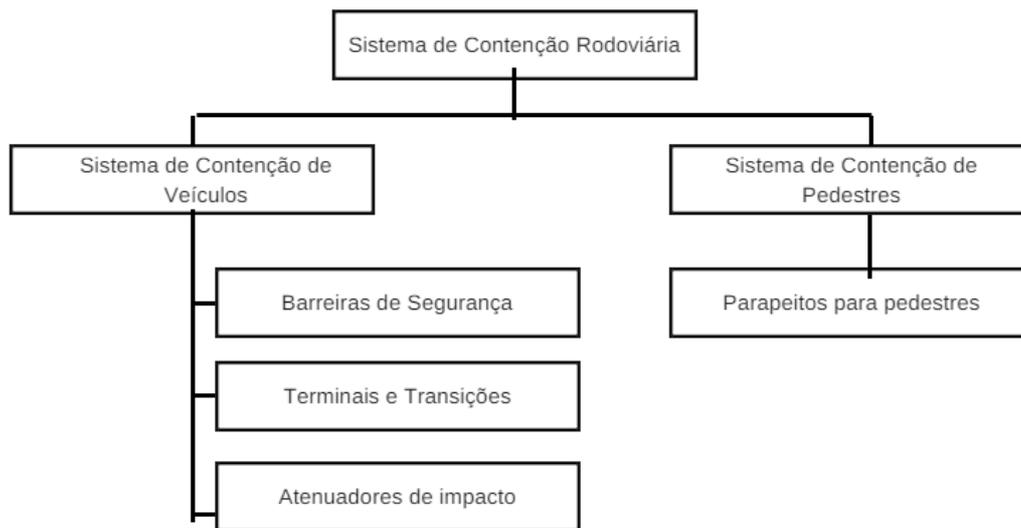


Figura 3.6: Classificação de sistema de contenção rodoviária
 Fonte: Adaptado CEDR (2013).

Segundo o CEDR (2013) o tipo mais importante de sistema de contenção rodoviária são barreiras de segurança. Eles impedem que veículos errantes saiam da faixa de tráfego e, portanto, minimizam a probabilidade de colisão com um objeto perigoso. Eles podem ser instalados na beira da estrada ou no canteiro central. O objetivo de um sistema de contenção de veículos é proteger os condutores e passageiros dos veículos errantes e impedir a colisão com outros motoristas. Além disso, impedem que pedestres e ciclistas entrem na estrada ou caiam na água. Além de sua função de restrição, eles também redirecionam os veículos de volta ao seu caminho original para que possam continuar com mais facilidade seus movimentos. A eficácia de um sistema de contenção rodoviária é avaliada com base nos seguintes critérios:

- O nível de contenção do sistema de contenção rodoviária;
- Gravidade do impacto;
- Deformação ou largura de trabalho.

Segundo CEDR (2013) o objetivo das barreiras de segurança é impedir que os veículos passem acima ou abaixo da barreira e reduzir a gravidade dos acidentes. Isto pode ser conseguido tornando a barreira deformável ou móvel. Por esta razão, as barreiras de segurança são divididas em três grupos principais de acordo com o seu nível de deformação:

3.3.1. BARREIRAS RÍGIDAS

Segundo a CEDR (2013) as barreiras rígidas são geralmente feitas de concreto. Elas mantêm sua forma e posição quando atingidos por um veículo, levando a impactos pesados. Elas fornecem um alto nível de contenção sem qualquer desvio sob impacto. Por outro lado, a vantagem das barreiras rígidas é o pequeno consumo de espaço, uma vez que elas não desviam de todo. Isto é de particular interesse para instalações no canteiro central onde a barreira está próxima da faixa de tráfego. As barreiras rígidas são exemplificadas pela Figura 3.7.



Figura 3.7: Exemplos de barreiras rígidas
Fonte: CEDR (2013).

3.3.2. BARREIRAS SEMI-RÍGIDAS

Segundo o CEDR (2013) as barreiras semi-rígidas são a alternativa mais comum às barreiras rígidas, já que geralmente causam acidentes menos graves. Elas são tipicamente feitas de aço. Barreiras semi-rígidas têm duas funções principais. Por um lado, impedem a passagem de veículos errantes. por outro absorvem a energia do impacto por deformação. Isso leva a acidentes menos graves e a um melhor desempenho em termos de redirecionamento. No entanto, colisões subsequentes com outros veículos ou obstáculos podem ocorrer devido ao redirecionamento. O tipo mais comum de barreira semi-rígida é a de perfil W. Um exemplo típico de barreira semi-rígida é apresentado pela Figura 3.8.



Figura 3.8: Exemplo de barreira semi-rígida
Fonte: CEDR (2013).

3.3.3. BARREIRAS FLEXÍVEIS

Segundo o CEDR (2013) os exemplos típicos de barreiras flexíveis são barreiras de cabos e cercas de segurança. As barreiras flexíveis causam menos danos aos veículos e representam o menor risco de lesões aos ocupantes do veículo em comparação com todos os outros tipos de barreiras. A principal desvantagem das barreiras flexíveis é que exigem mais espaço por trás delas, já que podem desviar até três metros. Além disso, a inclinação na área de deformação deve ser plana o suficiente para garantir um desempenho de redirecionamento seguro. Tal como as barreiras semi-rígidas, as barreiras flexíveis podem causar colisões quando um veículo é desviado de uma barreira e colide posteriormente com outro veículo ou obstáculo.

3.3.4. COMBINAÇÕES DE MEIO-FIO E BARREIRAS

De acordo com a CEDR (2013) geralmente, não é desejável usar barreiras de segurança em conjunto com os meio-fios. Em vez de instalar barreiras, zonas claras livres de quaisquer obstáculos na estrada são recomendadas. Projetos inadequados da combinação de meio-fio e barreiras de segurança podem resultar em veículos passando por cima ou sob barreiras. As seguintes propriedades, bem como suas interdependências, precisam ser consideradas para melhorar a segurança:

- Altura do meio-fio (Acima de 20 cm é considerado obstáculos);

- Formato do meio-fio;
- Distância entre o meio-fio e a barreira;
- Tipo da barreira;
- Altura da barreira.

Segundo o CEDR (2013) o projetista deve considerar o máximo tamanho do meio-fio como 100 mm quando usando barreiras. A inclinação do meio-fio deve ser 1:3 ou mais plano. Barreiras instaladas embaixo de meios-fios não devem ser localizadas com menos de 2,5 m do meio-fio para uma velocidade de tráfego de 60 km/h ou maior.

3.3.5. ATENUADORES DE IMPACTO

De acordo com o CEDR (2013) os atenuadores de impacto ou amortecedores de impacto são sistemas de proteção usados para reduzir consequências de acidentes com obstáculos fixos. A proteção de terminais e transições de barreiras de segurança podem também ser tratados usando estas medidas, tipicamente protegidos em todas as direções, para que possam ser melhor personalizados do que barreiras. Em qualquer caso, eles devem ser usados se as barreiras de segurança forem não é possível a todos ou uma instalação apropriada não pode ser alcançada (Figura 3.9).

Os atenuadores de impacto podem ser diferenciados pelo método de absorção usado da seguinte forma:

- múltiplas caixas de plástico, feitas mais pesadas por sacos internos cheios de sal, água ou espuma e conectado com cabos de aço;
- dispositivos de sacos, feitos de sacos de fibra sintética contendo elementos de pia cilíndricos, cheios com argila expandida, unidos e encostados a estruturas de aço;
- tubos valvulados, protegidos por lâminas de aço deslizantes e conectados com cabos de aço.



Figura 3.9: Exemplos de atenuadores de impacto
 Fonte: CEDR (2013).

3.3.6. BARREIRAS DE SEGURANÇA PARA CICLISTAS

De acordo com o CEDR (2013) as barreiras de segurança de aço aumentam a probabilidade do motociclista ser gravemente ferido ou morto, devido a motocicleta não ter zona de absorção de impacto de forma que o motorista geralmente cai durante o acidente ou desliza por baixo da barreira e atinge algum objeto perigoso atrás da barreira. Os tratamentos de segurança são chamados de barreiras de segurança para ciclistas, que são posicionadas embaixo da anterior para impedir que ele deslize por baixo.

Todas as barreiras de segurança para ciclistas irão alterar o seu comportamento de forma, que sobre determinadas circunstâncias, pode diminuir a segurança do sistema de proteção.

3.4. ELEMENTOS ADICIONAIS

3.4.1. SONORIZADORES EM ACOSTAMENTOS

De acordo com o CEDR (2013) sonorizadores no acostamento são recursos de segurança rodoviária usados para alertar os usuários da estrada que se afastam da estrada ou à deriva na faixa oposta do tráfego, causando um aviso vibro-tátil e audível. Eles são destina-se a reduzir os acidentes rodoviários causados por motoristas sonolentos ou desatentos e pode ser distinguesse em sonorizadores nos acostamentos, linha de centro ou transversais.

De acordo com o CEDR (2013) sonorizador no acostamento é um recurso de design longitudinal instalado em um acostamento de pista pavimentada perto da borda externa da faixa de deslocamento. É feito de uma série de elementos elevados ou reentrâncias destinados a alertar motoristas desatentos através da vibração e do som que seus veículos deixaram a faixa de viagem. Em rodovias divididas, as faixas de ombro são normalmente instaladas no lado mediano da estrada, bem como no ombro exterior (direito).

De acordo com a CEDR (2013) mesmo que esses elementos sejam de baixo custo e extrema eficácia, o uso desse tipo de elemento de segurança é ainda limitado, provavelmente devido a falta de elementos normativos e a percepção dos potenciais efeitos negativos como sonoros e dirigir de motos e bicicletas e problemas de manutenção.

Em termos de técnicas construtivas para sonorizadores, a CEDR (2013) divide em quatro diferentes:

- Roído: Corte do pavimento com dentes de metal;
- Rolado: Com rolo compressor para o qual em uma metade é soldado uma barra de aço. A operação pressiona a forma do tubo ou barra na superfície do pavimento do asfalto quente;
- Formada: É adicionar ao concreto fresco formas onduladas, logo após a sua colocações e operações de acabamento;
- Levantado: Adicionando tiras de materiais que provoquem o efeito desejado, podendo ser feito de pavimento extrudado.

Os parâmetros principais para a determinação do layout dos sonorizadores (Figura 3.10) são:

- A) Distância da faixa de rolamento;
- B) Comprimento;
- C) Largura;
- D) Espessura;
- E) Espaçamento;
- F) Espaço para bicicletas.

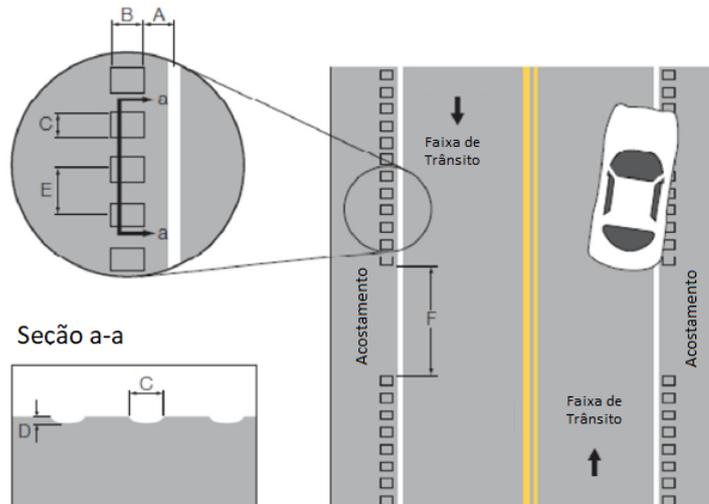


Figura 3.10: Parâmetros para construção de sonorizadores em acostamentos

Fonte: CEDR (2013).

De acordo com a CEDR (2013) os valores típicos para essas dimensões são conforme dispostos na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Parâmetros para a construção de sonorizadores do tipo roídos e rolados

Parâmetro	Sonorizadores roídos	Sonorizadores rolados
A Distância da faixa de rolamento	0-760 mm	0-760 mm
B Comprimento	400 mm	400 mm
C Largura	180 mm	40 mm
D Espessura	13 mm	32 mm
E Espaçamento	305 mm	170 mm

Fonte: CEDR (2013).

De acordo com o NCHRP (2008) sonorizadores colocados mais perto da linha que separa o acostamento e da faixa tem uma eficácia maior para rodovias rurais. Porém esse design mesmo sendo eficaz é agressivo nos quesitos a levar a muito ruído e vibração e causar distúrbio aos ciclistas.

Segundo o CEDR (2013) o NCHRP (2008) tem um design menos agressivo para reduzir o impacto sonoro dos sonorizadores (Tabela 3.2).

Tabela 3.2: Parâmetros para a construção de sonorizadores do tipo roídos e rolados menos agressivos

Parâmetro	Sonorizadores roídos e rolados menos agressivos
A Distância da faixa de rolamento	0-760 mm
B Comprimento	152 mm
C Largura	127 mm
D Espessura	10 mm
E Espaçamento	280 – 305 mm

Fonte: CEDR (2013).

3.4.2. TERMINAIS DE BARREIRAS DE SEGURANÇA

De acordo com o CEDR (2013) as barreiras de segurança são tratamentos de rodovias que perdoam que são projetados para proteger de obstáculos perigosos e / ou impedir que os veículos saiam da pista. No entanto, as extremidades ou transições entre dois tipos diferentes de barreiras podem resultar em objetos perigosos na estrada. As extremidades da barreira de segurança são consideradas perigosas quando a terminação não está devidamente ancorada ou inclinado para baixo no solo, ou quando não se afasta da faixa de rodagem.

4. ANÁLISE COMPARATIVA DO CEDR COM AS NORMAS BRASILEIRAS

Nessa seção são apresentadas as pesquisas nos documentos das normativas e manuais dos órgãos governamentais brasileiras dos elementos do tratamento das rodovias que perdoam da CEDR (2013) apresentadas na seção anterior, de forma a ficar claro as diferenças e uma análise sucinta.

4.1. REMOÇÃO E REALOCAÇÃO DE OBSTÁCULOS

4.1.1. ZONA DE SEGURANÇA

A NBR 15486 (ABNT, 2016) traz que para uma segurança adequada é recomendado providenciar uma área de recuperação livre de obstáculos que seja tão larga quanto for prático fazê-lo em uma determinada seção da rodovia. Em rodovias e vias expressas urbanas com velocidades acima de 60 km/h deve ser prevista uma área lateral à rodovia, desobstruída e traspassável (Tabelas 4.1 e 4.2). A zona livre externa das curvas (ZLc) deve ser calculada de acordo com a Equação 1:

$$ZLc = Lc Kcz \quad \text{Eq. 01}$$

No qual:

- ZLc é a zona livre externa das curvas;
- Lc é a largura da zona livre calculada;
- Kcz é o fator de correção da curva.

Vale ressaltar que não existe, por definição, um limite para alta velocidade, uma vez que esta depende das condições locais. Para os efeitos de normas, entende-se que essa velocidade seja acima de 60 km/h ou 70 km/h, a critério dos engenheiros.

Tabela 4.1: Largura da Zona Livre

Velocidade de Projeto km/h	VDM	Declividade lateral					
		1V:6H ou mais plano	1V:5H a 1V:4H	1V:3H	1V:3H	1V:5H a 1V:4H	1V:6H ou mais plano
60	< 750	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0	b	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0	2,0 - 3,0
	750 - 1500	3,0 - 3,5	3,5 - 4,5	b	3,0 - 3,5	3,0 - 3,5	3,0 - 3,5
	1500 - 6000	3,5 - 4,5	4,5 - 5,0	b	3,5 - 4,5	3,5 - 4,5	3,5 - 4,5
	> 6000	4,5 - 5,0	5,0 - 5,5	b	4,5 - 5,0	4,5 - 5,0	4,5 - 5,0
70 - 80	< 750	3,0 - 3,5	3,5 - 4,5	b	2,5 - 3,0	2,5 - 3,0	3,0 - 3,5
	750 - 1500	4,5 - 5,0	5,0 - 6,0	b	3,0 - 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,0
	1500 - 6000	5,0 - 5,5	6,0 - 8,0	b	3,5 - 4,5	4,5 - 5,0	5,0 - 5,5
	> 6000	6,0 - 6,5	7,5 - 8,5	b	4,5 - 5,0	5,5 - 6,0	6,0 - 6,5
90	< 750	3,5 - 4,5	4,5 - 5,5	b	2,5 - 3,0	3,0 - 3,5	3,0 - 3,5
	750 - 1500	4,5 - 5,0	6,0 - 7,5	b	3,0 - 3,5	4,5 - 5,0	4,5 - 5,0
	1500 - 6000	5,0 - 5,5	7,5 - 9,0	b	4,5 - 5,0	5,0 - 5,5	5,0 - 5,5
	> 6000	6,5 - 7,5	8,0 - 10,0	b	5,0 - 5,5	6,0 - 6,5	6,5 - 7,5
100	< 750	5,0 - 5,5	6,0 - 7,5	b	3,0 - 3,5	3,5 - 4,5	4,5 - 5,0
	750 - 1500	6,5 - 7,5	8,0 - 10,0	b	3,5 - 4,5	5,0 - 5,5	6,0 - 6,5
	1500 - 6000	8,0 - 9,0	10,0 - 12,0	b	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	7,5 - 8,0
	> 6000	9,0 - 10,0	11,0 - 13,5	b	6,0 - 6,5	7,5 - 8,0	8,0 - 8,5
110	< 750	5,5 - 6,0	6,0 - 8,0	b	3,0 - 3,5	4,5 - 5,0	4,5 - 5,0
	750 - 1500	7,5 - 8,0	8,5 - 11,0	b	3,5 - 5,0	5,5 - 6,0	6,0 - 6,5
	1500 - 6000	8,5 - 10,0	10,5 - 13,0	b	5,0 - 6,0	6,5 - 7,5	8,0 - 8,5
	> 6000	9,0 - 10,5	11,5 - 14,0	b	6,5 - 7,5	8,0 - 9,0	8,5 - 9,0

b Neste talude, pela possibilidade do veículo não recuperar o controle e prosseguir até o final do aterro, o pé do aterro deve estar livre de obstáculos fixo

Fonte: Adaptado NBR 15486 (ABNT, 2016).

Tabela 4.2: Fator de Correção da Curva

Raio (m)	Velocidade de Projeto (Km/h)					
	60	70	80	90	100	110
900	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
700	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
600	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4
500	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4
450	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
400	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	-

Fonte: Adaptado NBR 15486 (ABNT, 2016).

Verifica-se que a NBR 15486 (ABNT, 2016) atende aos seguintes critérios para o dimensionamento de zona livre que foram especificados na CEDR (2013):

- Velocidade de Projeto;
- Gradiente de inclinação lateral;
- Fluxo de tráfego;

Dessa forma a NBR 15486 (ABNT, 2016) não atende aos seguintes critérios considerados comuns para o dimensionamento de zona livre:

- Alinhamento horizontal;
- Tipo de rodovia;
- Espessura da faixa de rodagem;
- Porcentagem de veículos pesados.

Adicionando aos critérios que não são atendidos tem-se que o critério “avaliação de riscos pessoais e de terceiros” que é atendido incompletamente, pois aparece apenas no quesito “a” que é definido como “Quando uma investigação específica em uma local da via indica uma alta probabilidade de colisões contínuas, ou através de histórico de ocorrências de acidentes, o projetista pode aumentar o valor da distância da zona livre”.

Esse critério é incompleto devido a falta de especificação quantitativa dando margem para o projetista a escolha do que seja alta probabilidade, não cumprindo seu papel de norma. Acrescido a esse ponto, ele só é específico em alguns casos, de forma que na maioria o critério “avaliação de riscos pessoais e de terceiros” nem é levado em conta expressamente.

Recomenda-se, então, que sejam feitos estudos para que verifiquem a relevância desses critérios, de forma a possibilitar uma forma melhor do cálculo dessa zona livre.

4.1.2. ZONA DE RECUPERAÇÃO E ZONA DE GRAVIDADE LIMITADA

A norma NBR 15486 (ABNT, 2016) não faz distinção entre a zona de recuperação e zona de severidade limitada de forma a ambas estarem contidas na zona livre, porém devido ao tamanho da zona livre estar de acordo com outras normas internacionais não há nenhuma recomendação para esse tipo de mecanismo.

4.1.3. CANTEIRO CENTRAL

De acordo com o DNER (1999) são desejáveis canteiros centrais com a maior largura possível e viável. A largura dos canteiros centrais, em princípio, só é limitada por fatores econômicos. Conforme as circunstâncias, aumentos irrazoáveis na terraplanagem ou na extensão de obras-de-arte transversais, na desapropriação da faixa de domínio adicional, nos custos de manutenção, poderão restringir canteiros largos. Por outro lado, canteiros largos poderão proporcionar economias, representadas pela desnecessidade de defensas, barreiras centrais ou dispositivos anti-ofuscantes. Todos esses elementos, em alguns casos, podem representar parcela ponderável da construção e posterior manutenção.

As larguras para o canteiro central são, de acordo com DNER (1999), conforme apresentadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Largura para Canteiros Centrais

Classe da Rodovia	Largura do canteiro central
Classe 0	
Seção transversal restrita	3 a 7 metros
Valor normal	6 a 7 metros
Desejável	10 a 18 metros
Classe 1	
Seção transversal restrita	3 a 7 metros
Valor necessário nas áreas de retornos e interseções em nível	≥ 6 metros
Desejável	10 a 12 metros

Fonte: DNER (1999).

De acordo com o DNER (1999) canteiros pequenos, em vias de alta velocidade, em muitos casos será conveniente dispor um separador físico rígido, o qual requer maior atenção à drenagem, especialmente em seções superelevadas. Havendo apenas uma defesa, o centro do canteiro poderá ser pavimentado e disposto de modo levemente elevado, para facilitar a drenagem. Em casos extremos, o canteiro será reduzido à barreira ou defesa e uma faixa de segurança ou acostamento de cada lado. Esses casos corresponderão normalmente a longas estruturas ou túneis, ou a trechos com sérias restrições de faixa de domínio e intensos volumes de tráfego. Nesses casos deverá ser previsto onde necessário uma adequada proteção contra o ofuscamento causado por faróis altos, caso não seja prevista iluminação.

De acordo com o DNER (1999) canteiros serão, desejavelmente, plantados e um pouco rebaixados, recebendo onde for o caso a drenagem do acostamento ou faixa interna – é, em curvas, também de uma pista – terão uma valeta em seu ponto baixo. A seção transversal desta não deverá constituir obstáculos para veículos desgovernados. Para tanto, os taludes do canteiro deverão ter valores entre 1:10 ou 1:6 (excepcionalmente 1:4), de forma a dispensar o emprego de defensas e barreiras.

Dessa forma as normas e documentos do Brasil que tratam de canteiros centrais estipulam larguras mínimas, recomendações para inclinações de taludes, implementação de defensas e drenagem, porém tratam de apenas recomendações, não tendo normativas mais rígidas que possam especificar melhor as faixas de inclinação para os taludes, especificações de drenagem e elementos que tornam necessário a implementação de defensas.

4.1.4. LEITO DE TRAVAGEM

Não foi encontrado em normas ABNT nem em documentos do DNIT especificações sobre leitos de travagem, de forma que as recomendações para a construção de uma rampa de escape podem ser retiradas da AASHTO (2002).

Segundo a AASHTO (2002) para decisão da necessidade e posição das rampas de escapa é necessário observar que cada tipo de rampa de escapa tem características únicas. O alinhamento da estrada, a inclinação, o comprimento e a velocidade de descida contribuem para a possibilidade de veículos fora de controle. Para rodovias existentes, problemas operacionais em descidas serão geralmente reportados pelos agentes da lei, caminhoneiros ou público em geral. Uma visita em campo de pontos específicos pode revelar problemas em barreiras de

segurança, partes do pavimento danificadas ou óleo derramado, indicando locais onde motoristas de veículos pesados tiveram dificuldades de superar as inclinações. De forma que assim que a necessidade surgir deve-se colocar uma rampa de escape. Os dados de acidentes e volume de tráfego de veículo pesados combinado com o julgamento de engenheiros são os elementos geralmente utilizados para determinar a necessidade de uma rampa de escape. Geralmente o impacto causado por um potencial veículo pesado descontrolado é razão suficiente para a construção de uma rampa de escape.

Segundo a AASHTO (2002) da mesma forma rampas de escapes desnecessárias tem que ser evitadas. Como não há normativas para novas rodovias, uma variedade de fatores deve ser utilizada para selecionar o local para a rampa. Para cada localidade há diversos fatores que devem ser analisados incluindo a topografia, comprimento, inclinação percentual, velocidade potencial, economia, impacto ambiental e dados de acidentes. Dessa forma, as rampas de escape têm que ser colocadas de forma que interceptem o maior número de veículos saindo da pista.

Uma técnica segundo a AASHTO (2002) para novas rodovias avaliarem as suas operações e análise de acidentes é o “*Grade Severity System*”, o qual utilizando uma temperatura de freio limitada e pré-determinada para estabelecer o local aonde o freio com temperaturas que excedam o limite indicando o ponto no qual o freio pode a ter falhas, gerando potenciais carros desgovernados.

Rampas de escape geralmente podem ser construídas em qualquer onde o alinhamento da rodovia é tangente. Elas devem ser construídas antes das curvas horizontais que podem fazer um veículo ficar fora de controle e antes de áreas povoadas. Rampas de escape devem sair para a direita da estrada. Em rodovias divididas de múltiplos caminhos, onde uma saída à esquerda pode parecer ser o único local prático, podem ser esperadas dificuldades pela recusa de veículos na faixa da esquerda para ceder a veículos fora de controle que tentam mudar de faixa.

A AASHTO (2002) faz as seguintes considerações de projeto para uma eficaz rampa de escape:

- Para parar com segurança um veículo fora de controle, o comprimento da rampa deve ser suficiente para dissipar a energia cinética do veículo em movimento.
- O alinhamento da rampa de escape deve ser tangente ou em curvatura muito plana para minimizar a dificuldade do motorista em controlar o veículo.

- A largura da rampa deve ser adequada para acomodar mais de um veículo, pois não é incomum que dois ou mais veículos precisem da rampa de escape em um curto espaço de tempo. Uma largura mínima de 8 m pode ser prática em algumas áreas, embora as larguras maiores sejam as preferidas. Desejavelmente, uma largura de 9 a 12 m acomodaria mais adequadamente dois ou mais veículos fora de controle. Larguras de rampa inferiores às indicadas acima foram usadas com sucesso em alguns locais onde se determinou que uma largura maior era excessivamente cara ou desnecessária. As larguras das rampas em uso variam de 3,6 a 12 m.
- O material de revestimento utilizado no leito de travagem deve estar limpo, não ser facilmente compactado, e tem um alto coeficiente de resistência ao rolamento. Quando o agregado é usado, ele deve ser arredondado, não triturado, predominantemente tamanho único e tão livre de material fino quanto possível. Tal material irá maximizar a porcentagem de vazios, proporcionando assim uma ótima drenagem e minimizando o intertravamento e a compactação. Um material com baixa resistência ao cisalhamento é desejável para permitir a penetração dos pneus. A durabilidade do agregado deve ser avaliada usando um teste de esmagamento apropriado. O cascalho e areia são os materiais mais usados. Uma gradação com um tamanho máximo de 40 mm foi usada com sucesso em várias regiões.
- As camadas de proteção devem ser construídas com uma profundidade mínima agregada de 1 m. A contaminação do material do leito pode reduzir a eficácia do leito de travagem, criando uma camada de superfície dura de até 300 mm de espessura no fundo do leito. Portanto, recomenda-se uma profundidade agregada de até 1.100 mm. Quando o veículo entra no leito de travagem, as rodas do veículo afundam no material do leito, aumentando assim a resistência ao rolamento. Para ajudar a desacelerar o veículo suavemente, a profundidade da cama deve ser cônica de no mínimo 75 mm no ponto de entrada até a profundidade total de agregado nos 30 a 60 m iniciais do leito de travagem.
- Um meio positivo de drenar o leito de travagem deve ser fornecido para ajudar a proteger o congelamento do leito e evitar a contaminação do material da base. Isso pode ser feito, interceptando a água antes de entrar no leito, sistemas de drenagem com saídas transversais ou drenos de borda. Geotêxteis ou pavimentos podem ser usados entre a sub-base e os materiais do leito para evitar a infiltração de materiais finos que possam aprisionar a água. Onde a contaminação tóxica do combustível diesel ou outro

derramamento de material é uma preocupação, a base do leito do retentor pode ser pavimentada com concreto e tanques de retenção para reter os contaminantes derramados podem ser fornecidos.

- A entrada para a rampa deve ser projetada de forma que um veículo que viaje em alta velocidade possa entrar com segurança. A maior distância possível de visão deve ser fornecida antes da rampa, para que o motorista possa entrar com segurança. O comprimento total da rampa deve ser visível para o motorista. O ângulo de partida para a rampa deve ser pequeno, normalmente 5 graus ou menos. Uma pista auxiliar pode ser apropriada para auxiliar o motorista a se preparar para entrar na rampa de escape. A superfície da estrada principal deve ser estendida para um ponto na saída ou para além dela, de modo que ambas as rodas dianteiras do veículo fora de controle entrem no leito de travagem simultaneamente; isso também fornece tempo de preparação para o motorista antes que a desaceleração real comece. O leito de travagem deve ser deslocado lateralmente das pistas de passagem por uma quantidade suficiente para impedir que o material solto seja lançado nas pistas de passagem.
- O acesso à rampa deve ser evidenciado pela sinalização de saída para permitir que o motorista de um tempo de veículo desgovernado reaja, de modo a minimizar a possibilidade de perder a rampa. Sinalização antecipada é necessária para informar os condutores da existência de uma rampa de escape e para que eles tenham tempo suficiente para decidir se querem ou não usar a rampa de escape. Sinais de regulamentação perto da entrada devem ser usados para desencorajar outros motoristas a entrar, parar ou estacionar na ou na rampa. O caminho da rampa deve ser delineado para definir as bordas da rampa e fornecer direção noturna
- A característica que faz com que o leito de travagem um dispositivo de segurança eficaz também dificulta a recuperação de um veículo capturado pela rampa. Uma estrada de serviço localizada adjacente ao leito do para-raios é necessária para que caminhões de reboque e veículos de manutenção possam usá-la sem ficarem presos no material da cama. A largura desta estrada de serviço deve ser de pelo menos 3 m. De preferência, esta via de serviço deve ser pavimentada, mas pode ser coberta com cascalho. A estrada deve ser projetada de tal forma que o motorista de um veículo desgovernado não confunda a estrada de serviço para o leito de travagem.

- Âncoras, geralmente localizadas adjacentes ao leito de travagem em intervalos de 50 a 100 m, são necessárias para prender um caminhão de reboque ao remover um veículo do leito de travagem. Uma âncora deve estar localizada a cerca de 30 m antes do leito para ajudar o guincho a devolver um veículo capturado a uma pista pavimentada. Os operadores de guincho local podem ser muito úteis para localizar corretamente as âncoras.

4.1.5. CONTROLE DE VEGETAÇÃO

Para o controle da vegetação cabe ressaltar que de acordo com o DNIT (2009) que na elaboração de projetos e na execução de serviços deve ser observado o que estabelecem as Normas DNIT-PRO 070/2006, DNIT-ES 072/2006, DNIT-ES 073/2003, DNIT-ES 074/2006, DNIT-ES 075/2006, DNIT-ES 076/2006, DNIT-ES 077/2006, DNIT-PRO 078/2006 e DNIT-ES 102/2009, o Estudo Ambiental (EIA ou outro), os Programas Ambientais pertinentes do PBA e as exigências dos órgãos ambientais.

De acordo com o DNIT (2009) as áreas submetidas às intervenções das atividades de construção e manutenção rodoviária perdem parte de seus atributos ambientais, exigindo a legislação ambiental suas respectivas recuperações ou reabilitações ambientais.

Dessa forma de acordo com DNIT (2009) atendendo à conformidade legal, nestas áreas são implantadas as revegetações herbácea, arbustiva e arbórea, aplicadas em conjunto ou isoladas, desempenhando papel relevante nos Programas Ambientais, constituindo-se como fundamento dos mesmos, com destaque para o Programa de Controle do Processo Erosivo, Programa de Recuperação de Áreas Degradadas e do Passivo Ambiental, Programa de Paisagismo associado à Sinalização Viva da faixa de domínio da rodovia e Programa de Proteção à Flora e Fauna, com destaque para a recuperação de matas ciliares.

Dessa forma no Brasil existem diversas normas que especificamente tratam de diferentes casos em relação ao controle de vegetação rodoviária de forma que nelas está especificado este controle para diminuir o número de obstáculos e também ter um impacto ambiental menos significativo nas obras. Então as normas no Brasil já atendem ao esperado pelo CEDR (2013).

4.2. MODIFICAR ELEMENTOS DA RODOVIA

4.2.1. ELEMENTOS COLAPSÍVEIS

De acordo com a NBR 15486 (ABNT, 2016) onde for possível, os suportes devem ser implantados atrás de contenções existentes ou em áreas inacessíveis ao fluxo veicular. Onde isto não for possível, dispositivos colapsíveis ensaiados por impacto, conforme EN 12676, NCHRP 350 ou MASH, podem ser utilizados.

Dessa forma não há nada especificado em relação a esses elementos colapsíveis nas normas brasileiras em termos de melhorar sua performance, há apenas referências a normas europeias para a análise do desempenho da estrutura colapsiva, porém não é evidenciado nenhuma forma de modificação caso ela esteja fora das normativas. Dessa forma seguir as recomendações da CEDR (2013) são uteis para atingir os limites da norma.

4.2.2. TRATAMENTO DE ENCOSTAS E VALAS

As recomendações da NBR 15486 (ABNT, 2016) para drenagem que estão abordando os quesitos do CEDR (2013) para o tratamento de encostas e valas podem ser divididos em:

- Drenagem lateral;
- Estruturas de Drenagem;
- Drenagem transversal a via;
- Tratamento de Taludes.

No quesito drenagem lateral tem-se que os canais de drenagem devem ser construídos pensando também no seu efeito para a segurança das laterais da pista. Dessa forma a norma NBR 15486 (ABNT, 2016) apresenta gráfico com situações com seções de canais consideradas preferenciais que são trespassáveis para os perfis triangular e trapezoidal, os quais são especificados. Seções de canais foras dessa área devem ser evitadas. Esses gráficos estão representados pelas Figura 4.1 a Figura 4.4.

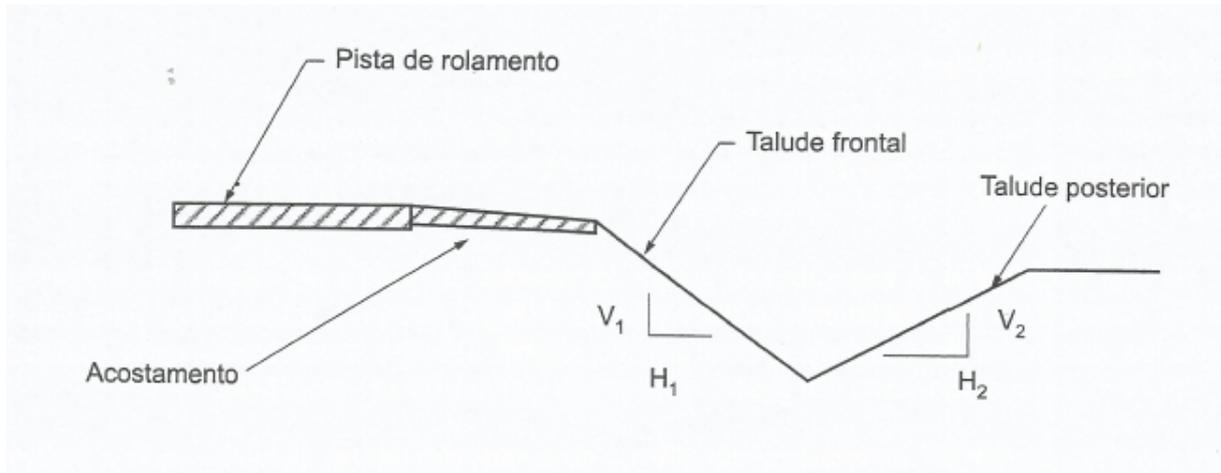


Figura 4.1: Esquema de vala triangular
 Fonte: NBR 15486 (ABNT, 2016).

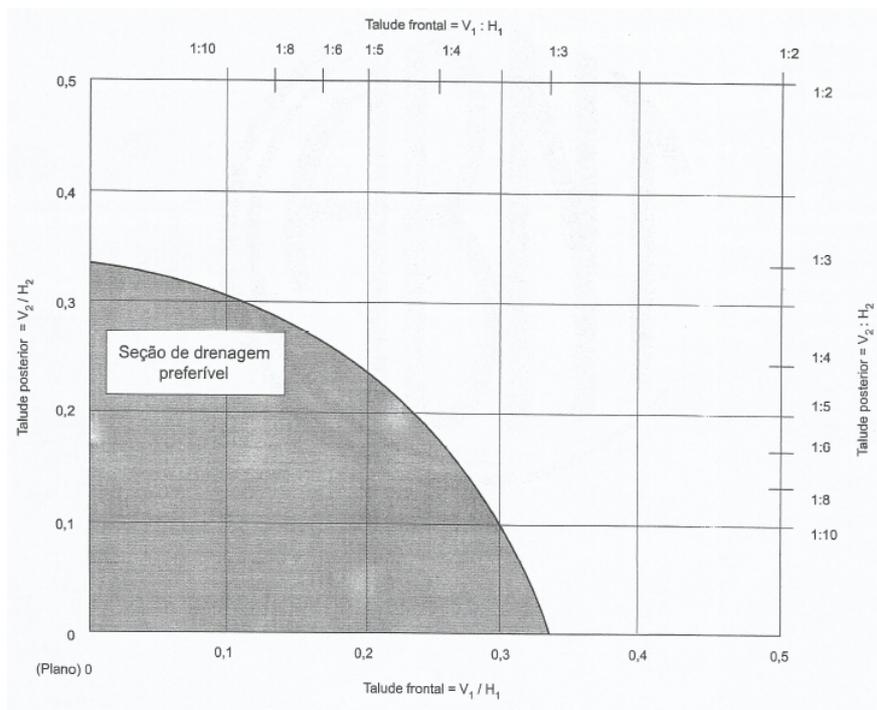


Figura 4.2: Seção de drenagem preferível para valas triangulares
 Fonte: NBR 15486 (ABNT, 2016).

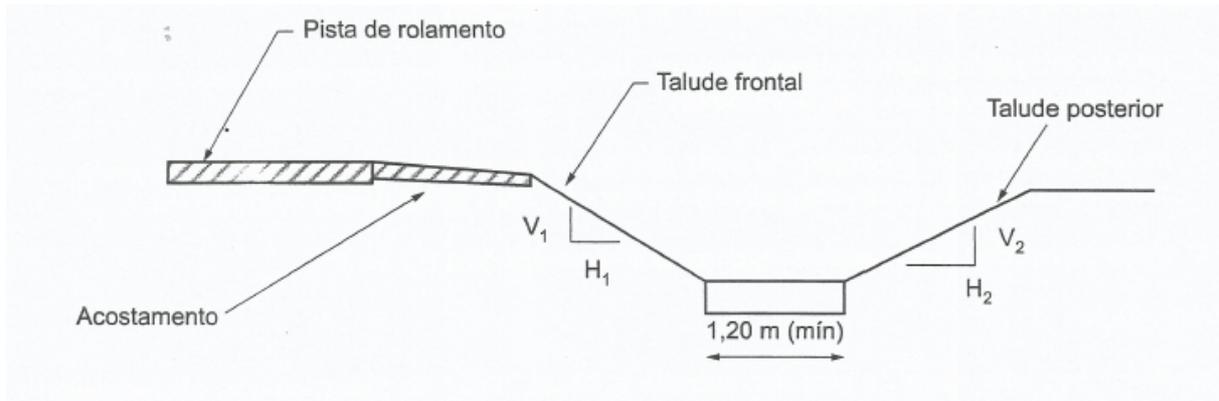


Figura 4.3: Esquema de vala trapezoidal
 Fonte: NBR 15486 (ABNT, 2016).

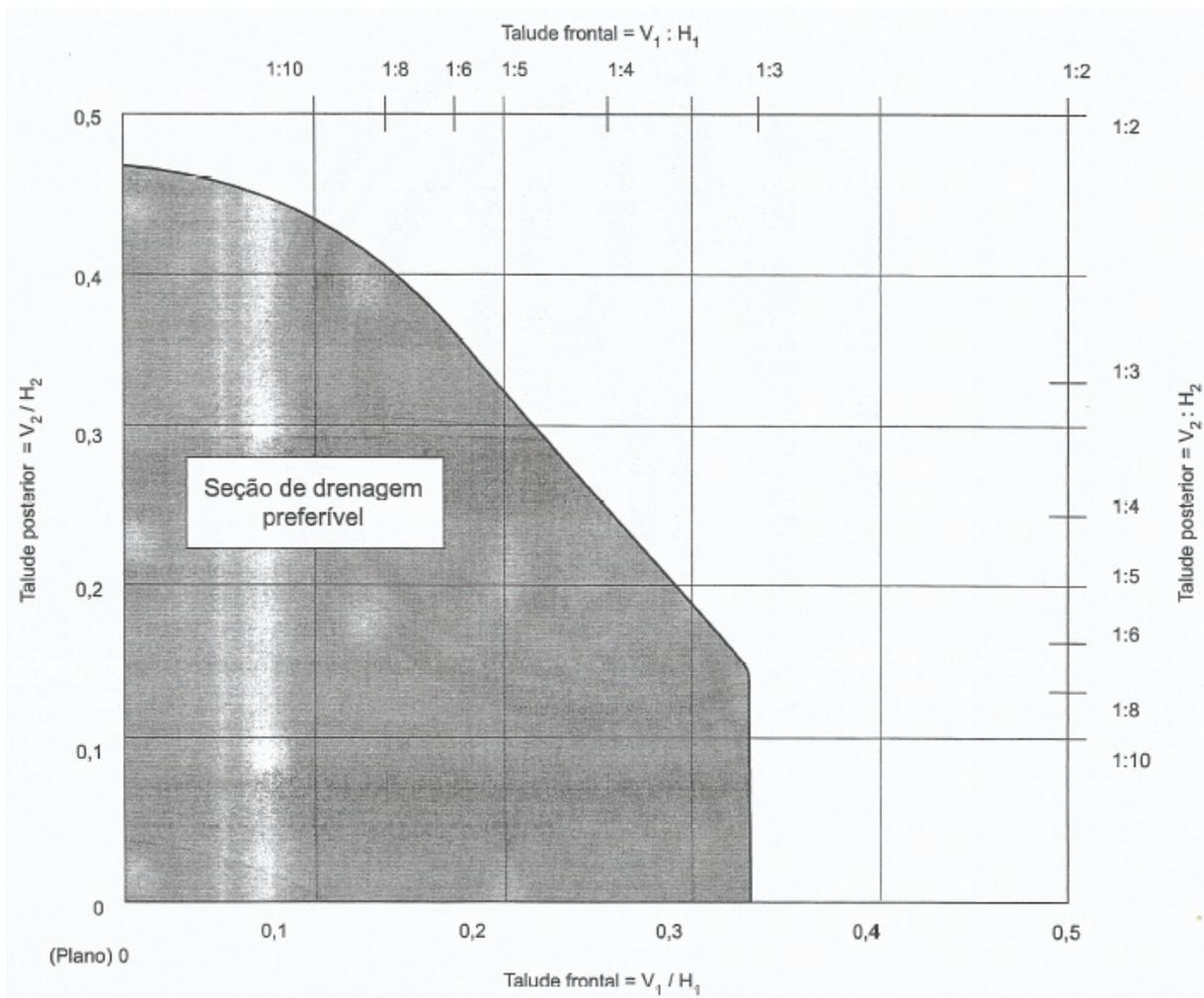


Figura 4.4: Seção de drenagem preferível para valas trapezoidais
 Fonte: NBR 15486 (ABNT, 2016).

Os gráficos das Figuras 4.2 e 4.4 mostram as seções de drenagem preferíveis para valas de seção triangular e trapezoidal respectivamente, os quais não são o tipo de fundo recomendado pela CEDR (2013). Dessa forma, é recomendado que o fundo seja arredondado para diminuir o impacto dos acidentes.

De acordo com a NBR 15486 (ABNT, 2016) as estruturas de drenagem, como guias, linhas de tubos transversais e paralelas, e caixas de inspeção devem ser projetadas, construídas e mantidas, considerando tanto a eficiência hidráulica quanto a segurança das laterais da via.

De forma que as seguintes opções são utilizadas para todas as estruturas de drenagem:

- Projetar ou modificar estruturas de drenagem de modo que sejam trespassáveis ou que apresentem a mínima obstrução aos veículos errantes;
- Se uma estrutura de drenagem de porte não puder ser efetivamente redesenhada ou realocada deve ser escudada por um dispositivo de contenção, caso seja dentro da zona livre.

Esses tratamentos são genéricos, porém podem ser aplicáveis ao ponto da CEDR (2013) de “Modificar estruturas como canais, meio-fio e barragens de controle para que suas estruturas sejam preparadas para impacto”. Dessa forma recomendasse que além de um tratamento genérico na norma fosse possível dar um tratamento específico a essas estruturas.

De acordo com a NBR 15486 (ABNT, 2016) as estruturas de drenagem orientadas paralelamente ao fluxo de tráfego de via representam um obstáculo lateral significativo, uma vez que podem ser atingidas por impactos frontais de veículos. Elas devem ser constituídas tão suaves quanto possível, conformando as bocas de entrada ao talude, recomendando-se taludes de inclinação 6H:1V ou menor para vias de alta velocidade.

As opções disponíveis para minimizar estes obstáculos de acordo com a ABNT NBR 15486:2016 são:

- Eliminar a estrutura;
- Utilizar um desenho trespassável;
- Mover a estrutura lateralmente até um ponto menos provável de ser atingido;
- Escudar a estrutura.

De acordo com a NBR 15486 (ABNT, 2016) utiliza os fatores básicos como altura e declividade lateral do talude para demonstrar a necessidade de contenção lateral. Os taludes são divididos em:

- Taludes recuperáveis;
- Taludes não recuperáveis;
- Taludes críticos.

Os taludes recuperáveis são aqueles com declividade 4H:1V ou mais planos que, sendo transpassáveis e livres de obstáculos fixos, os motoristas podem geralmente conduzir seus veículos a uma parada segura ou reduzir a velocidade o suficiente para retornar à pista em segurança. Nesse caso não necessita de contenção (Figura 4.5).

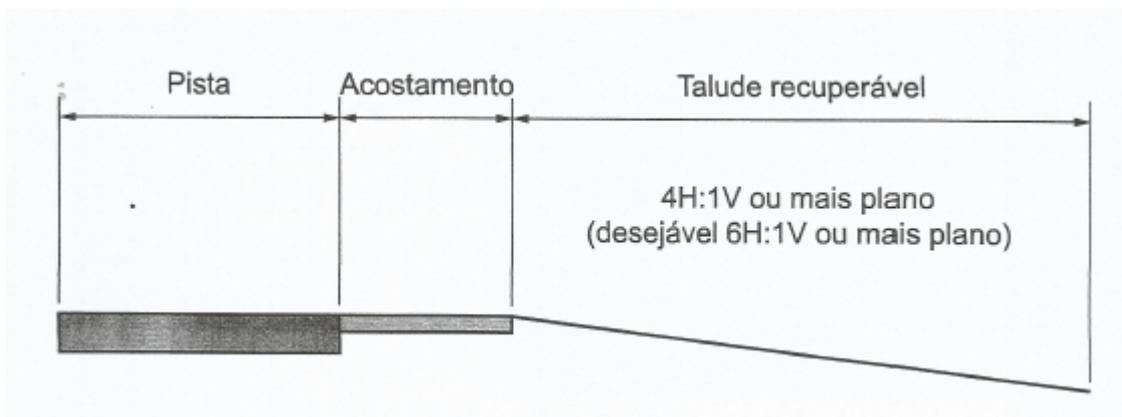


Figura 4.5: Talude Recuperável
Fonte: NBR 15486 (ABNT, 2016).

Os taludes não recuperáveis têm declividades entre 3H:1V e 4H:1V, e que são considerados transpassáveis se forem suaves e estiverem livres de obstáculos fixos, mas onde a maioria dos veículos não consegue parar ou retornar à pista com facilidade. Nesses casos é esperado que tais veículos atinjam o fundo do talude, onde é recomendado encontrar uma área livre. Caso não exista essa zona livre, deve ser projetado um dispositivo de contenção lateral (Figura 4.6).

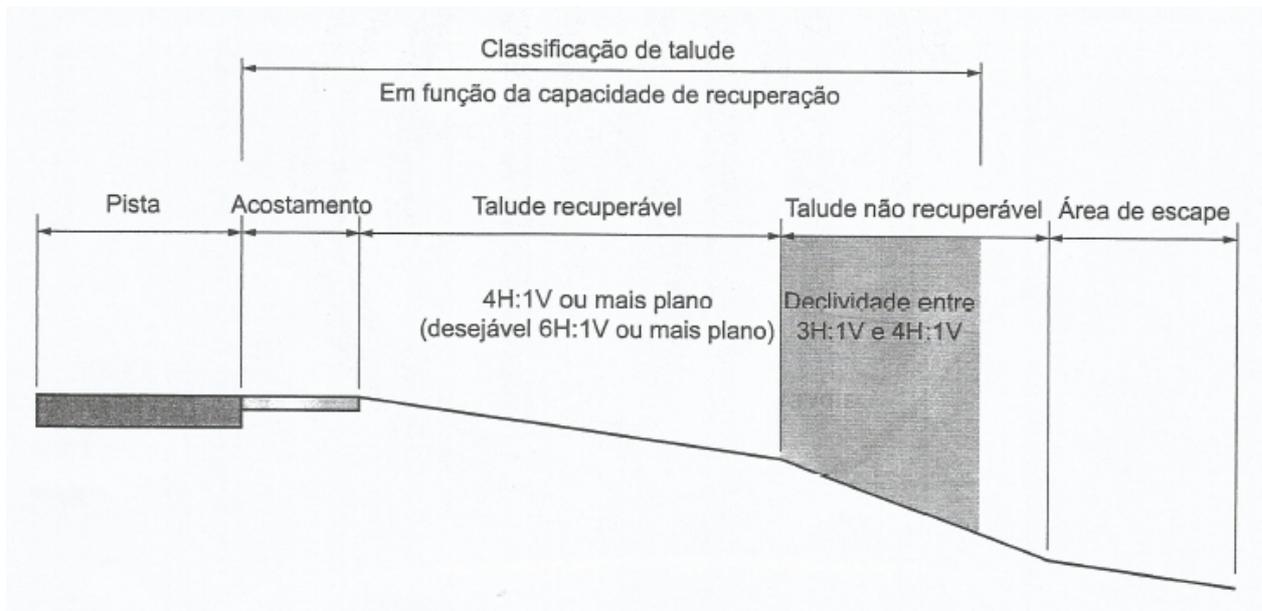


Figura 4.6: Talude Não Recuperável
 Fonte: NBR 15486 (ABNT, 2016).

Os taludes críticos têm declividade maior a 3H:1V, pois a maioria dos veículos tende a capotar nesta superfície. No caso de o talude iniciar dentro da zona livre, deve ser projetado a contenção lateral (Figura 4.7).

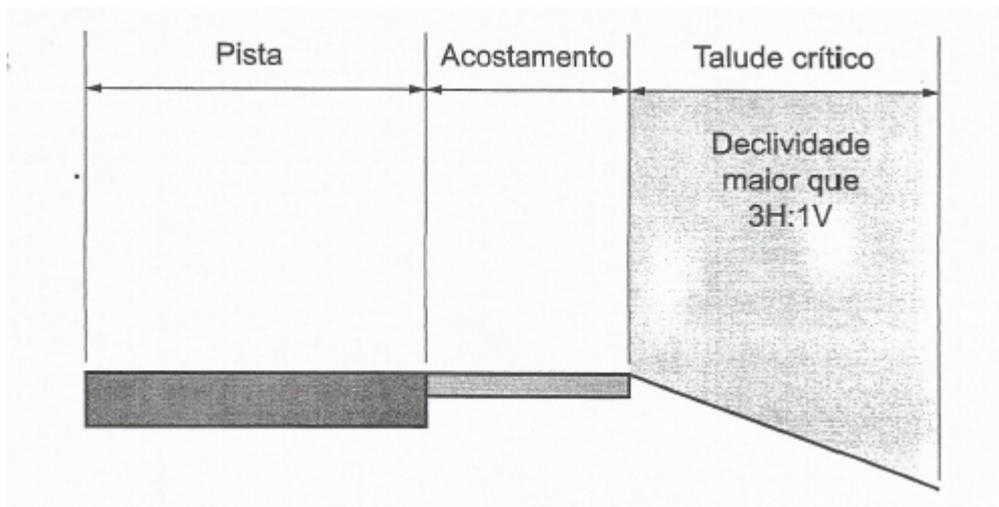


Figura 4.7: Talude Crítico
 Fonte: NBR 15486 (ABNT, 2016).

Os elementos da norma NBR 15486 (ABNT, 2016) estão de acordo com o conceito de taludes recuperáveis, porém o conceito de taludes não recuperáveis abre uma margem para deixar alguns taludes mais inclinados que 4H:1V que não tenham contenção lateral, dessa forma o

mais recomendável para ser de acordo com a CEDR (2013) seria que os taludes não recuperáveis tornassem taludes críticos para que a margem de segurança fique maior.

4.2.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO SUJEITAS A CHOQUE

De acordo com a NBR 15486 (ABNT, 2016) em geral as bocas de entrada e saída são feitas com muros de alças de concreto. Embora este tipo de desenho seja hidraulicamente eficiente e minimize problemas de erosão, representa um obstáculo aos veículos que saem da rodovia.

As opções disponíveis para diminuir estes obstáculos de acordo com a NBR 15486 (ABNT, 2016) são:

- Se o talude de aterro for trespassável, utilizar um formato de drenagem também trespassável, fazendo coincidir o início ao final da estrutura de drenagem com o talude, adotando a mesma declividade da lateral, resultando em uma superfície suave e segura, sem descontinuidades;
- Caso as modificações introduzidas na boca de lobo ou caixa de captação reduzam significativamente a capacidade de drenagem;
- Redesenhar as bocas de entrada e saída para que não constituam um obstáculo fixo
- Para tubos de entrada que não podem ser transformados em estruturas trespassáveis, estender a estrutura até um ponto menos provável de ser atingido, até o limite da zona livre apropriada para o local;
- Escudar as estruturas de maior porte com uma barreira apropriada, onde prolongar a estrutura ou torna-la trespassável for inviável.

4.2.4. MODIFICAÇÕES DE ACOSTAMENTO

Para a realização de restauração de pavimentos e reabilitação de pavimentos tem-se no Brasil dois manuais: DNIT (2006) e o DNER (1998).

De acordo com o DNIT (2006) o seu principal objetivo é apresentar e discutir os elementos técnicos necessários à identificação, quantificação e análise das deteriorações existentes nos pavimentos asfálticos e ainda descrever as principais técnicas de restauração disponíveis. São discutidas as técnicas para avaliação da capacidade estrutural dos pavimentos asfálticos, os métodos de determinação da sua habilidade de proporcionar conforto ao rolamento e segurança,

os enfoques e os métodos para o dimensionamento de reforço de pavimentos e as medidas de controle da qualidade na execução dos serviços de restauração.

Dessa forma o objetivo principal já abrange técnicas necessárias para recuperação segura nos acostamentos de pavimentos asfálticos, de forma que as normas brasileiras já abrangem os elementos abordados no documento CEDR (2013) para esse tópico.

4.2.5. MODIFICAÇÕES DE MUROS DE CONTENÇÃO E CORTES NAS ROCHAS

Nas normas brasileiras não há características para paredes para serem consideradas obstáculos como apontado na CEDR (2013), acrescido há o fato de não haver especificações para cortes de rochas e inclinações para evitar protuberâncias das paredes e rochas, então recomendasse fazer estudos sobre a possível caracterização de paredes com características específicas como obstáculos para evitar acidentes, além de especificações de tratamentos dessas paredes e rochas para que possam perdoar os erros dos motoristas.

4.2.6. TERMINAIS DE BARREIRAS DE SEGURANÇA

Segundo a NBR 15486 (ABNT, 2016) todo o sistema de contenção deve ser introduzido e encerrado com segurança. Um terminal apropriado é considerado essencial quando um sistema de contenção começa dentro da zona livre da rodovia ou está em um local onde possa ser impactado por um veículo errante. Para ser considerado seguro, um terminal não pode penetrar, fazer saltar, ou capotar um veículo que impacte frontalmente ou em ângulo. O início do terminal deve estar propriamente ancorado para que possua mesmas características de redirecionamento que o sistema de contenção a que está acoplado, quando impactado lateralmente, e ser capaz de desenvolver a tensão total para prover um redirecionamento.

Segundo a NBR 15486 (ABNT, 2016) os terminais possuem diferentes distâncias entre o cabeçal de impacto (início do terminal) e o ponto a partir do qual ele tem a capacidade de redirecionamento. Esta distância é importante para que o projetista possa acrescentar ao comprimento necessário do ponto a ser protegido. Toda a área em frente do terminal e entre a pista e o terminal deve ser essencialmente plana, com declividade máxima de 10H:1V.

Segundo a NBR 15486 (ABNT, 2016) terminais de entrada podem ser dividido em:

- Terminal abatido (enterrado): Conjunto composto por quatro módulos de defesa, variando na altura desde a posição de projeto até a extremidade enterrada, que deve ser firmemente fixada ao solo, por meio da peça apropriada. É vedada o uso em locais com velocidade de projeto maior que 60 km/h
- Terminal absorvedor de energia: Absorve a energia cinética do veículo errante ao ser impactado frontalmente, conduzindo-o a uma parada segura.
- Terminal em defesa defletida: Conjunto onde as defensas são defletidas horizontalmente, prosseguindo até o talude de corte, onde deve ser firmemente ancorado
- Terminal desviado: Nas situações em que exista uma área relativamente plana, que possa ser utilizada para desviar lateralmente a defesa, esta pode ser iniciada afastada da pista, de modo a reduzir o comprimento necessário.

A norma DNIT 144/2018 contém os projetos para os determinados terminais:

- Terminal abatido de defesa maleável simples para uma velocidade <60 km/h;
- Terminal abatido de defesa maleável dupla para uma velocidade <60 km/h;
- Terminal abatido de defesa semi-maleável simples para uma velocidade <60 km/h;
- Terminal abatido de defesa dupla simples para uma velocidade <60 km/h;
- Terminal absorvedor de energia de abertura;
- Terminal absorvedor de energia de não-abertura;
- Terminal ancorado no talude de corte;
- Defesa defletida e ancorada dentro da zona livre;
- Defesa defletida e ancorada fora da zona livre;
- Terminal de saída ancorado em talude de corte;
- Terminal de saída com cabo de ancoragem;
- Terminal de saída abatido.

4.2.7. TRANSIÇÕES DE BARREIRA DE SEGURANÇA

A DNIT 144/2018 fala que transição é um enrijecimento gradual, suave, contínuo de um sistema menos rígido para um mais rígido. A transição de uma defesa metálica para um elemento rígido (barreira ou muro de concreto) deve ser projetada de forma a produzir um enrijecimento gradual, através da diminuição contínua do espaçamento entre montantes, da implantação de lâminas adicionais, ou da implantação de lâmina tripla onda na transição.

Na norma DNIT 144/2018 tem-se representado diversos projetos de transições, os quais são:

- Transição de defesa para elemento rígido usando lâmina tripla onda (com o início da barreira New Jersey chanfrada);
- Transição de defesa para elemento rígido usando lâmina tripla onda;
- Transição e conexão de defesa para elemento rígido usando lâmina adicional;
- Transição e conexão de defesa para elemento rígido usando lâmina adicional (com o início da barreira New Jersey chanfrada);
- Conexão de defesa dupla onda em elemento rígido - detalhe da placa de fixação;
- Conexão de defesa tripla onda em elemento rígido - detalhe da placa de fixação.

A norma do DNIT 144/2018 abrange os elementos mencionados no documento da CEDR (2013) e tem exemplos de projetos de transição, de forma a ser uma versão mais completa do que no documento das rodovias que perdoam da CEDR (2013). Não havendo recomendação para acréscimos ou mudanças.

4.3. PROTEÇÃO CONTRA OBSTÁCULOS

4.3.1. SISTEMAS DE CONTENÇÃO

A NBR 15486 (ABNT, 2016) especifica os aspectos básicos a serem considerados na questão de conter e redirecionar o veículo desgovernado, dentro de uma desaceleração suportável, são:

- Massa do veículo;
- Velocidade de impacto;
- Ângulo de impacto.

A NBR 15486 (ABNT, 2016) diz que os dispositivos de segurança são classificados conforme os três critérios principais: nível de contenção, índice de aceleração, espaço de trabalho e deflexão dinâmica.

A NBR 15486 (ABNT, 2016) aborda os fatores para a seleção do dispositivo de contenção:

- Velocidade da via;
- Características do tráfego
- Características da via;
- Consequências caso um veículo pesado penetre ou ultrapasse o sistema de contenção em locais de alto risco;
- Natureza do risco e dos obstáculos existentes na rodovia.

Combinado com os fatores de classificação e seleção do dispositivo de contenção a norma NBR 15486 (ABNT, 2016) tem como tópicos importantes: o passo-a-passo para seleção de dispositivo de contenção viária por níveis de contenção, recomendações de projeto, efeito do terreno, deflexão lateral, comprimento mínimo necessário em situações de obstáculo fixo, transições e conexões e dispositivo de contenção em zonas de obras.

A norma NBR 15486 (ABNT, 2016) para o sistema de contenção contém o que está descrito no CEDR (2013) com o acréscimo de diversos tópicos que especificam as situações para aplicação de determinados sistemas e comprimentos, de forma a uniformizar melhor os projetos. Não necessitando nenhum acréscimo nas normas.

4.3.2. COMBINAÇÃO DE MEIO-FIO E BARREIRAS

De acordo com a norma DNIT 109/2018 fica claro que é proibida a existência de meio-fio entre barreira e a borda do pavimento, porém não é especificado as características para a altura do meio-fio e formato do meio-fio, dessa forma não atende totalmente ao especificado em alguns países citados no documento da CEDR (2013).

Então recomendasse implementação de normas restritivas para a altura do meio-fio de no máximo 20 cm para evitar que essas se tornem obstáculos para os motoristas e aumentem as chances e gravidades de acidentes. A inclinação no meio-fio poderia ser normatizada para no máximo 1V:3H com recomendação de ser mais plana possível.

4.3.3. ATENUADORES DE IMPACTO

A norma NBR 15486 (ABNT, 2016) especifica que os elementos atenuadores de impacto impedem que veículos errantes atinjam um objeto fixo e cumpre seu objetivo desacelerando gradualmente o veículo até sua parada segura, no caso de impactos frontais. Os atenuadores de impacto podem ser Rediretivos, quando, além de suportar impacto frontal, são capazes de redirecionar o veículo em impacto lateral, ou Não-Rediretivos, quando não tem a capacidade de redirecionar o veículo perante impacto lateral.

Os atenuadores de impacto são ideais para locais onde os obstáculos fixos não podem ser removidos, realocados, feitos colapsíveis, ou adequadamente protegidos por barreiras e defensas longitudinais.

Outro uso para os atenuadores de impacto está na proteção de zonas de obras e de equipes de manutenção, sendo que unidades portáteis ou temporárias são desenvolvidas para esse fim.

A norma NBR 15486 (ABNT, 2016) determina elementos a se considerar na escolha do atenuador de impacto, os quais são:

- Peso dos veículos: Entre 800 kg e 2700 kg;
- Velocidade de impacto: Entre 50 km/h a 110 km/h;
- Nível de contenção, o qual varia conforme classificação, velocidade da via e largura do obstáculo.

A norma NBR 15486 (ABNT, 2016) contém também especificações dos locais para a implantação desses elementos de segurança, de forma que os atenuadores de impacto são projetados e ensaiados em terrenos nivelados. De forma que um terreno não nivelado apresenta uma eficácia imprevisível, assim o terreno entre a pista de rolamento e o dispositivo deve possuir uma declividade igual ou inferior a 10H: 1V e estar livre de obstruções e irregularidades. Guias não podem ser implantadas onde os atenuadores de impacto forem instalados, uma vez que podem fazer o veículo decolar e atingir o sistema em posição que comprometa o desempenho da unidade.

Para as características estruturais e de segurança consideradas no projeto a NBR 15486 (ABNT, 2016) fala que quando mais de um sistema puder ser utilizado em específico, o projetista deve avaliar as características estruturais e de segurança de cada sistema considerado, incluindo as

desacelerações produzidas, capacidade de redirecionamento, ancoragem, necessidades de estrutura de retenção e detritos produzidos em função do impacto. Dessa forma, todos os dispositivos de ensaio devem ser capazes de parar os veículos de projeto, dentro de níveis de desaceleração toleráveis, nas condições previstas de ensaio e ser capazes de conter e/ou redirecionar veículos que impactem a lateral do sistema.

O último tópico de atenuadores da norma se resume na baixa manutenção de rotina, apenas necessária imediatamente após impacto, com exceção em locais com alto índice de acidente é recomendável atenuadores de impacto com algum grau de reutilização.

As informações da NBR 15486 (ABNT, 2016) tem uma profundidade bem maior no quesito atenuadores de impacto do que as contidas na CEDR (2013). De forma que fica claro as características necessárias para escolha do local de implantação e para as condições estruturais e de segurança, porém poderia ser quantificado o grau de reutilização mínimo para locais com alto índice de acidente e quantificar também o que seria um local com alto índice de acidente para que não abra margens para interpretações.

4.3.4. BARREIRAS DE SEGURANÇA PARA MOTOCICLISTAS

Há única menção relacionando barreiras de segurança e motociclista nas normas brasileiras está na norma DNIT 144/2018-ES que especifica o elemento de proteção de motociclistas que é o dispositivo de segurança fixado aos postes das defensas com função de prevenir o impacto direto de motociclistas contra os postes.

Porém essa menção apenas especifica um elemento que não é a barreira de segurança de motociclistas descritas no tópico “3.3.6. Barreiras de Segurança para motociclistas” dessa monografia. Dessa forma há necessidade de se criar uma normativa que especifique as condições para escolha da locação dessa barreira, considerações de projeto, manutenção e todos os outros aspectos que sejam importantes para o projeto dessa barreira.

4.4. ELEMENTOS ADICIONAIS

4.4.1. SONORIZADORES NOS ACOSTAMENTOS

Segundo o DNIT (2011) uma técnica muito usada com o objetivo de aumentar a segurança é o uso de sonorizadores em acostamentos pavimentados. Diversos tipos atualmente em uso criam uma vibração suave e um aviso sonoro adequado, para alertar motoristas, quando saem da faixa de tráfego e entram no acostamento. Os tipos recomendados são pequenas depressões aplicadas continuamente ao longo da borda do acostamento, junto à pista de rolamento. Este tipo de tratamento pode ser particularmente eficiente em trechos longos e monótonos de rodovias, onde os motoristas podem ficar sonolentos. Diversos estudos mostram que sua aplicação reduz os acidentes causados por veículos saindo da rodovia. Vários tipos de projetos podem ser usados. Se ciclistas devem ser atendidos, pode-se acomoda-los alargando o acostamento, para comportar uma faixa com os sonorizadores. Também se acostuma adotar sonorizadores para evitar que se use o acostamento como faixa de tráfego.

Dessa forma as normas brasileiras apenas definem o que são os sonorizadores em acostamentos e seus benefícios, porém não há normativa de quais condições devem ser colocados e quais os detalhes do projeto, dessa forma uma recomendação seria analisar as normativas estrangeiras, como a da AASHTO (2002) especificada nessa monografia.

5. TABELA COMPARATIVA DOS ELEMENTOS DA CEDR E DAS NORMAS E MANUAIS BRASILEIROS

Com os dados obtidos no Capítulo 3 para os elementos que possibilitam o tratamento das rodovias que perdoam, a pesquisa nas normas e manuais brasileiros e recomendações, foi feita uma análise comparativa, organizada nas Tabelas 5.1 a 5.12.

Para a adequada compreensão das Tabelas 5.1 a 5.12, considere as definições dos títulos de cada coluna, conforme descrito a seguir:

- CEDR (2013): coluna que traz os elementos de tratamento das rodovias que perdoam;
- Descrição sucinta: coluna que traz uma breve descrição do que é abordado na CEDR (2013) sobre o elemento em análise;
- Documento aplicável: coluna que traz as normativas e manuais brasileiros que abordam sobre o elemento em análise;
- Descrição sucinta: coluna que traz uma breve descrição dos elementos conforme abordados nas normativas e manuais brasileiros;
- Recomendações/ Conclusões: coluna que traz a análise relativa à comparação realizada e que, em sendo necessário, traz os elementos ou medidas para acréscimos ou modificações nas normas e manuais brasileiros.

Tabela 5.1: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 1

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Zona Livre	<p>Para a largura da zona de segurança os critérios comuns para dimensionamento são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de projeto; • Gradientes de inclinação lateral; • Tipo de rodovia; • Fluxo de tráfego; • Alinhamento horizontal; • Espessura da faixa de rodagem; • Porcentagem de veículos pesados; • Avaliação de riscos pessoais e de terceiros 	<p>ABNT NBR 15486:2016</p>	<p>Para a largura da zona de segurança os critérios para dimensionamento são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de Projeto; • Gradiente de inclinação lateral; • Fluxo de tráfego 	<p>Fazer estudos sobre a relevância dos critérios não utilizados nas normas brasileiras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alinhamento horizontal; • Tipo de Rodovia; • Porcentagem de veículos pesados; • Avaliação de riscos pessoais e de terceiros (incompleto);
Área de Recuperação e Zona de Gravidade Limitada	<p>Área de recuperação permite manobras limitadas do veículo para que ele possa voltar a pista e a zona de gravidade limitada tem o objetivo de minimizar a gravidade dos acidentes</p>	<p>N/A</p>	<p>Não há menções sobre as definições nas normativas</p>	<p>Não há recomendações, porém devido a serem conceitos importantes, deveriam ser ressaltados para diferenciar o propósito de cada zona</p>

Fonte: Autor.

Tabela 5.2: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 2

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Canteiro Central	O canteiro central separa faixas de rolamento em sentidos opostos, mesmo não sendo considerado elemento das margens das rodovias pode diminuir o número e gravidade de acidentes	Manual de Projeto Geométrico de Rodovias - DNER (1999)	Estabelece larguras mínimas para diferentes classes de rodovias e recomendações para implementação de defensas e drenagem	Recomendasse colocar esses conceitos em uma norma, na qual ao invés de recomendações para implementação de defensas sejam feitos estudos para especificação das situações necessárias para tal
Leito de Travagem	Leito de Travagem são instalações ao longo da rodovia que podem impedir que o veículo e motoristas tenham maiores danos ao sair da rodovia	AASHTO (2002)	A norma da AASHTO (2002) tem um capítulo sobre o leito de travagem que aborda o conceito geral, necessidade e localização das rampas de escape, tipos de rampas de escape, considerações de projeto, áreas de verificação dos freios e manutenção	As normas brasileiras e documentos do DNIT e DNER não tem menção ao leito de travagem, de forma que a recomendação seria, primeiro, verificar as informações contidas na norma da AASHTO que especifica vários pontos importantes e depois fazer estudos para que seja possível a verificação desses elementos de forma mais prática para o Brasil

Fonte: Autor.

Tabela 5.3: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 3

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Controle de Vegetação	As plantas ou árvores perigosas devem ser removidas da área da estrada especificada. Mesmo que plantas perigosas tenham sido removidas da beira da estrada, o crescimento de plantas e árvores maduras pode levar a novos obstáculos na estrada. O controle da vegetação, portanto, ajuda a reduzir os acidentes e lesões	DNIT-PRO 070/2006, DNIT-ES 072/2006, DNIT-ES 073/2003, DNIT-ES 074/2006, DNIT-ES 075/2006, DNIT-ES 076/2006, DNIT-ES 077/2006, DNIT-PRO 078/2006 e DNIT-ES 102/2009, o Estudo Ambiental (EIA ou outro), os Programas Ambientais pertinentes do PBA e as exigências dos órgãos ambientais	As áreas submetidas às intervenções das atividades de construção e manutenção rodoviária perdem parte de seus atributos ambientais, exigindo a legislação ambiental suas respectivas recuperações ou reabilitações ambientais. Dessa forma nessas áreas são implantadas as revegetações.	No Brasil existem diversas normas que especificamente tratam de diferentes casos em relação ao controle de vegetação rodoviária de forma que nelas está especificado este controle para diminuir o número de obstáculos e também ter um impacto ambiental menos significativo nas obras. Então as normas no Brasil já atendem ao esperado pelo CEDR (2013).

Fonte: Autor.

Tabela 5.4: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 4

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Elementos quebradiços	<p>Tem vários postes que não são frágeis, de forma que recomendasse postes frágeis na maioria das situações, o que pode ser conseguido utilizando as seguintes estratégias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mudar o material para um que aumenta a resistência a absorção de energia • Posição correta dos pontos de ruptura; • Verificar a possibilidade de deslizamento da base; • Base frágil para que quebre pela base; • Conectores frágeis 	ABNT NBR 15486:2016	<p>Onde for possível, os suportes devem ser implantados atrás de contenções existentes ou em áreas inacessíveis ao fluxo veicular. Onde isto não for possível, dispositivos colapsíveis ensaiados por impacto, conforme EN 12676, NCHRP 350 ou MASH, podem ser utilizados</p>	<p>Não há nada especificado em relação a esses elementos colapsíveis nas normas brasileiras em termos de melhorar sua performance, há apenas referências a normas europeias para a análise do desempenho da estrutura colapsiva, porém não é evidenciado nenhuma forma de modificação caso ela esteja fora das normativas. Dessa forma seguir as recomendações da CEDR (2013) são úteis para atingir os limites da norma.</p>

Fonte: Autor.

Tabela 5.5: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 5

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Tratamento de elementos de encostas e valas	Mudar a inclinação dos declives das valas para que fiquem as mais planas possíveis. Os taludes recuperáveis têm uma relação de inclinação de 4: 1 ou mais plana. Para maiores volumes de tráfego, os taludes laterais devem ser projetados com uma proporção de 6: 1	ABNT NBR 15486:2016	Taludes recuperáveis tem inclinação de 4H:1V ou mais planos, não recuperáveis tem inclinação entre 3H:1V e 4H:1V e taludes críticos tem declividade maior que 3H:1V.	Os elementos da norma ABNT NBR 15486:2016 estão de acordo com o conceito de taludes recuperáveis, porém o conceito de taludes não recuperáveis abre uma margem para deixar alguns taludes mais inclinados que 4H:1V que não tenham contenção lateral, dessa forma o mais recomendável para ser de acordo com a CEDR (2013) seria que os taludes não recuperáveis tornassem taludes críticos para que a margem de segurança fique maior.

Fonte: Autor.

Tabela 5.6: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 6

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Tratamento de elementos de encostas e valas	Modificar o fundo da vala, de forma que ele seja arredondado com uma inclinação do talude frontal de 4:1 e posterior de 2:1. As valas têm que ser projetadas para serem largas o suficiente para promover uma drenagem suficiente, de modo que seja no mínimo 1 m. Com o mínimo de 1,2 m de preferência. Valas muito rasas ou largas necessitam de drenagem enterrada.	ABNT NBR 15486:2016	As normas indicam seção preferenciais para valas com o fundo triangular e trapezoidal, as quais são representadas em regiões de gráficos que indicam a inclinação do talude frontal e posterior para que seja bem claro quando é mais recomendável usar essas valas	Seria recomendável que as normas brasileiras indicassem que o fundo deveria ser arredondado ao invés do fundo triangular e trapezoidal usados

Fonte: Autor.

Tabela 5.7: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 7

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Tratamento de elementos de encostas e valas	<ul style="list-style-type: none"> • Modificar estruturas como canais, meio-fio e barragens de controle para que suas estruturas sejam preparadas para impacto • Estruturas de concreto, como parapeitos, sarjetas ou meio-fio, podem ser encontradas frequentemente em estradas, especialmente em valas ou pontes. Elas geralmente têm absorção mínima de energia e são, portanto, obstáculos muito perigosos para veículos errantes. Se eles não puderem ser removidos da zona livre, essas estruturas precisam ser modificadas de maneira apropriada. 	ABNT NBR 15486:2016	<p>Todas as estruturas de drenagem atendem as seguintes características:</p> <p>a) Projetar ou modificar estruturas de drenagem de modo que sejam trespassáveis ou que apresentem a mínima obstrução aos veículos errantes;</p> <p>b) Se uma estrutura de drenagem de porte não puder ser efetivamente redesenhada ou realocada deve ser escudada por um dispositivo de contenção, caso seja dentro da zona livre.</p>	<p>Esses tratamentos da norma brasileira são genéricos, porém podem ser aplicáveis ao ponto da CEDR (2013) de “Modificar estruturas como canais, meio-fio e barragens de controle para que suas estruturas sejam preparadas para impacto”. Dessa forma recomendasse que além de um tratamento genérico na norma fosse possível dar um tratamento específico a essas estruturas.</p>

Fonte: Autor.

Tabela 5.8: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 8

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Modificações de acostamento	Os tratamentos de acostamento que promovem uma recuperação segura incluem a ampliação do acostamento, a pavimentação do acostamento e padronização de bordas.	Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos e Manual de Reabilitação de Pavimentos	Apresentar e discutir os elementos técnicos necessários à identificação, quantificação e análise das deteriorações existentes nos pavimentos asfálticos e ainda descrever as principais técnicas de restauração disponíveis. São discutidas as técnicas para avaliação da capacidade estrutural dos pavimentos asfálticos, os métodos para o dimensionamento de reforço de pavimentos e as medidas de controle da qualidade na execução dos serviços de restauração.	Os manuais de restauração de pavimentos asfálticos e manual de reabilitação de pavimentos deveriam ter poder normativo para que sejam feitas a ampliação do acostamento, pavimentação e padronização das bordas conforme o material já existente

Fonte: Autor.

Tabela 5.9: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 9

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Modificações nas paredes e nos cortes em rochas	<p>Uma parede é aceitável na zona de segurança se satisfizer as seguintes condições:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Longitudinal à estrada ou quase longitudinal; • Não é provável que nenhuma protuberância ou borda bloqueie um veículo; • Alturas superiores a 70 cm; • Robusto o suficiente para suportar um impacto. 	N/A	Não há menções sobre as definições nas normativas	Recomendasse fazer estudos sobre a possível caracterização de paredes com características específicas como obstáculos para evitar acidentes, além de especificações de tratamentos dessas paredes e rochas para que possam perdoar os erros dos motoristas.
Terminais de barreiras de segurança	<p>Para locais onde a extremidade das barreiras não pode ser adequadamente alargada ou protegida, é necessário usar um tratamento da extremidade, como um terminal de barreira ou um atenuador de impacto. Melhorias para tratamentos finais não receberam muita atenção, portanto tratamentos convencionais são necessários no ambiente urbano. Esses tratamentos não devem permitir que um veículo penetre, salte ou role com o impacto. Eles devem ter a força e as qualidades de redirecionamento de uma barreira padrão.</p>	ABNT NBR 15486:2016 e DNIT 144/2018	A ABNT NBR 15486:2016 especifica o que é um terminal de barreiras, os tipos de terminais, como cada provêm segurança e a norma DNIT 144/2018 apresenta projetos dos terminais para diversas situações, de forma que para cada situação seja possível fazer um projeto adequado especificado em norma	A norma ABNT NBR 15486:2016 já abrange os elementos abordados pela CEDR (2013), dessa forma não é necessário nenhum acréscimo

Fonte: Autor.

Tabela 5.10: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 10

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Transição em barreiras de segurança	O CEDR (2013) especifica as condições básicas para a transição entre barreiras rígidas e semi-rígidas, barreiras semi-rígidas e flexíveis, barreiras flexíveis e rígidas	DNIT 144/2018	Na norma especifica o que é, como fazê-lo e exemplos de projetos para diferentes casos	Recomendasse que mantenha as configurações da norma, devido a tratar com mais profundidade esse elemento que a CEDR (2013)
Sistemas de contenção	O CEDR (2013) especifica o que são o sistema de contenção, como é dividido, como verificar a eficácia e os tipos de sistema de contenção	ABNT NBR 15486:2016	A norma ABNT NBR 15486:2016 para o sistema de contenção contém as diferentes classificações do sistema de contenção, como seleciona-los,	A norma ABNT NBR 15486:2016 já abrange os elementos abordados pela CEDR (2013), dessa forma não é necessário nenhum acréscimo

Fonte: Autor.

Tabela 5.11: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte 11

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Combinações entre meio-fio e barreiras de segurança	As seguintes propriedades precisam ser consideradas para melhoria da segurança: <ul style="list-style-type: none"> • Altura do meio-fio (Acima de 20 cm é considerado obstáculos) • Formato do meio-fio • Distância entre o meio-fio e a barreira • Tipo da barreira • Altura da barreira 	DNIT 109/2018	Essa norma é apenas descritiva proibindo a existência de meio-fio entre barreira e a borda do pavimento, porém não é especificado as características para a altura do meio-fio e formato do meio-fio, dessa forma não atende totalmente ao especificado em alguns países citados no documento da CEDR (2013)	Então recomendasse implementação de normas restritivas para a altura do meio-fio de no máximo 20 cm para evitar que essas se tornem obstáculos para os motoristas e aumentem as chances e gravidades de acidentes. A inclinação no meio-fio poderia ser normatizada para no máximo 1V:3H com recomendação de ser mais plana possível.
Atenuadores de impacto	O CEDR (2013) especifica o que são os atenuadores de impacto, seus efeitos, onde podem ser alocados e algumas condições para sua locação	ABNT NBR 15486:2016	A ABNT NBR 15486:2016 especifica o que são os atenuadores de impacto, quais elementos levar em consideração para escolha do atenuador, locais de implementação, características estruturais e de segurança e manutenção	Não há necessidade de incrementos devido a norma ABNT NBR 15486:2016 ser mais completa que a CEDR (2013)

Fonte: Autor.

Tabela 5.12: Tabela Comparativa entre CEDR (2013) e normativas brasileiras - Parte - 12

CEDR (2013)	Descrição sucinta	Documento aplicável	Descrição sucinta	Recomendações/ Conclusões
Barreiras de Segurança para Ciclistas	As barreiras de segurança de aço aumentam a probabilidade do motociclista ser gravemente ferido ou morto, devido a motocicleta não ter zona de absorção de impacto de forma que o motorista geralmente cai durante o acidente ou desliza por baixo da barreira e atinge algum objeto perigoso atrás da barreira. Os tratamentos de segurança são chamados de barreiras de segurança para ciclistas, que são posicionadas embaixo da anterior para impedir que ele deslize por baixo.	DNIT 144/2018	A única menção sobre barreira de segurança para ciclistas está nessa norma, porém aparece apenas de caráter expositivo	Há necessidade de se criar uma normativa que especifique as condições para escolha da locação dessa barreira, considerações de projeto, manutenção e todos os outros aspectos que sejam importantes para o projeto dessa barreira.
Sonorizadores em Acostamentos	O documento da CEDR (2013) abrange explica todos esses tópicos: <ul style="list-style-type: none"> • Quais os tipos • Configurações usuais • Relação com o ciclismo • Problemas sonoros • Manutenção • Critérios para seleção de local • Efetividade 	DNIT (2011)	A referência encontrada trata de apenas explanar do que se trata e seus benefícios	Recomenda-se a utilização das configurações usuais, critérios para seleção de local e manutenção da CEDR (2013) para as normas brasileiras para que fique normatizado esse tipo de dispositivo, ou façam estudos que procurem avaliar esse mecanismo e como melhor implantá-lo

Fonte: Autor.

6. CONCLUSÕES

Nesse material foram comparadas os seguintes tópicos entre as normativas brasileiras e o documento da CEDR (2013):

- Zona Livre
- Área de Recuperação
- Zona de Gravidade Limitada
- Canteiro Central
- Leito de Travagem
- Controle de Vegetação
- Elementos Quebradiços
- Tratamento de encostas e valas: Mudança de inclinação de taludes
- Tratamento de encostas e valas: Modificação de fundo de valas
- Tratamento de encostas e valas: Estruturas drenagem rígidas
- Modificações de Acostamento
- Modificações de Paredes e Rochas
- Terminais de Barreiras de Segurança
- Transições em Barreiras de Segurança
- Sistema de Contenção
- Combinações entre meio-fio e barreiras de segurança
- Atenuadores de impacto
- Barreiras de Segurança de Ciclistas
- Sonorizadores em Acostamentos

Os tópicos de “Controle de Vegetação”, “Terminais de Barreiras de Segurança”, “Transição de Barreiras de Segurança”, “Sistema de Contenção” e “Atenuadores de impacto” tem elementos suficientes nas normas brasileiras que abrangem o conteúdo abordado para esses tópicos no CEDR (2013). Dessa forma tem-se 5 de 18 tópicos (28% do total) abordados de forma suficiente nas normativas brasileiras.

Porém, para os demais tópicos são recomendáveis alguma mudança ou acréscimo conforme a análise comparativa feita para cada um, dessa forma fica evidente que 13 dos 18 tópicos (72%

do total) não estão completamente de acordo com as recomendações da CEDR (2013). Esse aspecto demonstra que, embora as normativas brasileiras contemplem elementos previstos para o conceito de rodovias que perdoam, há ainda muitos tópicos que poderiam melhorar em diversos aspectos de maneira a contemplar mais elementos de segurança para as rodovias brasileiras.

As recomendações para melhora dos tópicos são as seguintes:

- Zona Livre: Fazer estudos sobre a relevância dos critérios que não são usados nas normas brasileiras para o cálculo da zona livre;
- Área de Recuperação e Zona de Gravidade Limitada: Não há recomendações de acréscimos, porém deveriam ser conceitos ressaltados para que possa saber sua diferenciação de forma mais simples e rápida;
- Canteiro Central: Recomendasse especificar essas recomendações para implementação de defensas como elementos normativos, que sejam aplicados conforme diversas situações especificadas em normas;
- Leito de Travagem: Não há normativas em documentos governamentais, dessa forma a primeira recomendação seria verificar informações contidas em normas estrangeiras como a AASHTO que especificam vários pontos importantes sobre esse elemento e depois fazer estudos para que seja possível a análise desses elementos de forma mais prática no Brasil;
- Controle de Vegetação: Não há necessidades de mudanças ou acréscimos;
- Elementos Quebradiços: Implementar as referências europeias citadas nas normas de forma a dar base para que sigam essa norma de forma completa e não fique confusa, e estabeleça práticas similares a CEDR (2013) para que seja evidenciado modificações que ajudem a chegar aos padrões da norma;
- Tratamento de encostas e valas (Mudança de inclinação de taludes): Os elementos da norma ABNT NBR 15486:2016 estão de acordo com o conceito de taludes recuperáveis, porém o conceito de taludes não recuperáveis abre uma margem para deixar alguns taludes mais inclinados que 4H:1V que não tenham contenção lateral, dessa forma o mais recomendável para ser de acordo com a CEDR (2013) seria que os taludes não recuperáveis tornassem taludes críticos para que a margem de segurança fique maior;

- Tratamento de encostas e valas (Modificação de fundo de valas): Seria recomendável que as normas brasileiras indicassem que o fundo das valas deveria ser arredondado ao invés dos utilizados (triangular e trapezoidal);
- Tratamento de encostas e valas (Estruturas drenagem rígidas): Os tratamentos da norma brasileira são genéricos para estruturas rígidas, porém podem ser aplicáveis a esses quesitos da CEDR (2013). Dessa forma recomendasse que além de um tratamento genérico na norma fosse possível dar um tratamento específico a essas estruturas.
- Modificações de Acostamento: Os manuais de restauração de pavimentos asfálticos e manual de reabilitação de pavimentos deveriam ter poder normativo para que sejam feitas a ampliação do acostamento, pavimentação e padronização das bordas conforme o material já existente
- Modificações de Paredes e Rochas: Recomendasse fazer estudos sobre a possível caracterização de paredes com características específicas como obstáculos para evitar acidentes, além de especificações de tratamentos dessas paredes e rochas para que possam perdoar os erros dos motoristas.
- Terminais de Barreiras de Segurança: Não há necessidades de mudanças ou acréscimos;
- Transições em Barreiras de Segurança: Não há necessidades de mudanças ou acréscimos;
- Sistema de Contenção: Não há necessidades de mudanças ou acréscimos;
- Combinações entre meio-fio e barreiras de segurança: Recomendasse implementação de normas restritivas para a altura do meio-fio de no máximo 20 cm para evitar que essas se tornem obstáculos para os motoristas e aumentem as chances e gravidades de acidentes. Acrescido a normas para a inclinação no meio-fio no máximo 1V:3H com recomendação de ser mais plana possível.
- Atenuadores de impacto: Não há necessidades de mudanças ou acréscimos;
- Barreiras de Segurança de Ciclistas: Há necessidade de se criar uma normativa que especifique as condições para escolha da locação dessa barreira, considerações de projeto, manutenção e todos os outros aspectos que sejam importantes para o projeto dessa barreira.
- Sonorizadores em Acostamentos: Recomendasse que utilize as configurações usuais, critérios para seleção de local e manutenção da CEDR (2013) para as normas brasileiras

para que fique normatizado esse tipo de dispositivo, ou façam estudos que procurem avaliar esse mecanismo e como melhor implanta-lo

Um quesito importante a se avaliar é o fato de muitas das normas e manuais considerados não são da Associação Brasileira de Normas Técnicas, a qual é a única que tem amparo legal nos conceitos que ela aborda, porém as normas do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes e os manuais desse departamento e do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem são apenas recomendações utilizadas por esses departamentos para projetos feitos ou fiscalizados por esses departamentos. Dessa forma é necessário incluir essas normativas no contexto brasileiro para que não haja erros e margens para projetistas poderem fazer elementos que não perdoam os motoristas e sejam considerados legais no amparo da lei.

Para estudos futuros é recomendado pesquisas in loco para averiguação da eficácia e aplicabilidade desses elementos no contexto brasileiro, análise quantitativa de custos e benefícios dos elementos de segurança pontuados e verificação da eficácia dos critérios internacionais para o contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIT - ALBERTA INFRASTRUCTURE AND TRANSPORTATION. **Road Design Process**. 2007.

AASHTO - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Roadside Design Guide**. 3rd edition, March 2002

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15486: Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes de projeto e ensaios de impacto**. Rio de Janeiro, 2016. 44 p.

BEKIARIS, E., GAITANIDOU, E. **Towards forgiving and self-explanatory roads. Infrastructure and Safety in a Collaborative World**. 2011. P.15-22.

BELIN, M., VEDUNG, E., TILLGREN, P., 2012. **Vision Zero – a road safety policy innovation**. Int. J. Injury Control Saf. Promotion 19 (2), 171–179.

CEDR - CONFERENCE OF EUROPEAN DIRECTORS OF BOARDS. **Forgiving roadside guide design**. Paris. 2016.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 1998.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Publicação IPR-720. Rio de Janeiro, 2006. 313p.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Implantação Básica**. Publicação IPR-742. Rio de Janeiro, 2010. 619p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Projetos e Práticas Operacionais para Segurança nas Rodovias**. Rio de Janeiro, 2010.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Vegetação Rodoviária**. Volume 1: Implantação e recuperação de revestimentos vegetais rodoviários. Rio de Janeiro, 2009. 128 p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 020/2006 - ES. Drenagem – Meio-fios e guias – Especificação de Serviço**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 6 p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 070/2006 - PRO. Condicionantes Ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 20 p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 071/2006 - ES. Tratamento ambiental de áreas de uso de obras e de passivo ambiental de áreas consideradas planas ou de pouca declividade por vegetação herbácea – Especificação de Serviço.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 11 p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 072/2006 - ES. Tratamento ambiental de áreas de uso de obras e do passivo ambiental de áreas íngremes ou de difícil acesso pelo processo de revegetação herbácea - Especificação de serviço.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 11 p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 074/2006 - ES. Tratamento ambiental de taludes e encostas por intermédio de dispositivos de controle de processos erosivos – Especificação de serviço.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 24 p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 075/2006 - ES. Tratamento ambiental de taludes com solos inconsistentes – Especificação de serviço.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 8p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 076/2006 - ES. Tratamento ambiental acústico das áreas lindeiras da faixa de domínio – Especificação de serviço.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 9p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 077/2006 - ES. Cerca viva ou de tela para proteção da fauna – Especificação de serviço.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 6p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 078/2006 - PRO. Condicionantes ambientais pertinentes à segurança na fase de obras – Procedimento.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2006. 10p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 102/2009 - ES. Proteção do corpo estradal – Proteção Vegetal – Especificação de serviço.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2009. 9p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 109/2018 - PRO. Obras Complementares – Segurança no tráfego rodoviário – Projetos de barreiras de concreto – Procedimento.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2018. 24p.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Norma DNIT 144/2018 - ES. Defensas Metálicas – Especificação de serviço.** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR. Rio de Janeiro, 2018. 35p.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Impactos Sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras.** 2006.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras – caracterização, tendências e custos para a sociedade.** Brasília, 2015.

ITF - INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM. **Zero roads deaths and serious injuries – Leading a paradigm shift to a safe system.** OECD Publishing. Paris. 2016

JOHNSTON I. **Beyond “best practice” road safety thinking and systems management – A case for culture change research.** Saf Sci 2010; 48:1175–81.

L. HERRSTEDT. **'Self-explaining and Forgiving Roads – Speed management in rural areas'**. Paper presented at the ARRB Conference, October 2006;

MILLER, J., BAILEY, M. **Safer Roads, Safer Queensland: Queensland's Road Safety Strategy 2015–21.** Department of Transport and Main Roads. 2015.

MOOREN L, GRZEBIETA R, JOB S. **Safe System - Comparisons of this approach in Australia.** Australasian College of Road Safety Conference, 'A Safe System: Making it Happen': Melbourne, Australia, 2011.

NCHRP - NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM. **Safe and Aesthetic Design of Urban Roadside Treatments.** NCHRP Report 612. Transportation research board. Washington, 2008.

NRA - NATIONAL ROADS AUTHORITY. **A Guidance Document for the Implementation of the CEDR Forgiving Roadsides report.** Irlanda. 2013.

NEVES, R., R., FRANSPLASS., H., LANGSETH., M., DRIEMEIER, L. **Performance of some basic types of road barriers subjected to the collision of a light vehicle.** Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2018

PARLAMENTO SUÉCO. **Parliament Transport and Communication Committee Report 1997/98:TU4.** 1997a

RISER - ROADSIDE INFRASTRUCTURE FOR SAFER EUROPEAN ROADS. **D06: European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads.** 2005.

USDPT – UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Roadside improvements for local roads and streets. Federal highway administration,** USA, October 1986.

WANG, M., C. **Aggregate Testing for Construction of Arrester Beds.** Transportation Research Board. National Research Council. Washington, 1989.

WIETHOFF, M., BROOKHUIS, K., WAARD, D., MARCHAU, V., WALTA, L., WENZEL, G., BRUCKER, K., MACHARIS, C. **A methodology for improving road safety by novel infrastructural and invehicle technology combinations.** European Transport Research Review. Fevereiro, 2012.

