

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE REFERÊNCIA EM FORMAÇÃO E EAD/CERFEAD
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PERÍCIA DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

**ANÁLISE DO USO DE CONTROLADORES DE VELOCIDADE PARA CORRIGIR
DEFEITOS DE PROJETO/EXECUÇÃO DA VIA**

Trabalho de Conclusão
LOURIVAL DA CUNHA BORBA

Florianópolis/SC
2017

LOURIVAL DA CUNHA BORBA

**ANÁLISE DO USO DE CONTROLADORES DE VELOCIDADE PARA CORRIGIR
DEFEITOS DE PROJETO/EXECUÇÃO DA VIA**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Centro de Referência em Formação e Ead/CERFEAD do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) como requisito parcial para Certificação do Curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Perícia de Acidentes de Trânsito.

Orientador: Liomário dos Santos Filho, Esp.

Florianópolis/SC

2017

LOURIVAL DA CUNHA BORBA

**ANÁLISE DO USO DE CONTROLADORES DE VELOCIDADE PARA CORRIGIR
DEFEITOS DE PROJETO/EXECUÇÃO DA VIA**

Este Trabalho de Conclusão foi julgado e aprovado para a obtenção do título de Especialista em Perícia de Acidentes de Trânsito do Centro de Referência em Formação e Ead do Instituto Federal de Santa Catarina - CERFEAD/IFSC.

Florianópolis, 12 de julho de 2017.

.....

Nilo Otani, Dr.
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

.....

Liomário dos Santos Filho, Esp. - Orientador

.....

Adilson Briguenti Dalperio, MSc

.....

Camila Koerich Burin, MSc

RESUMO

BORBA, Lourival da Cunha Borba. **Uso de controladores de velocidade para corrigir defeitos de projetos/execução da via.** 2017. Trabalho de Conclusão (Curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Perícia de Acidentes de Trânsito) – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2017.

O presente trabalho elaborado a partir de uma pesquisa bibliográfica, principalmente em manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Trânsito (DNIT), busca apresentar uma análise do uso de controlador de velocidade como forma de redução de acidentes nos trechos em curva da rodovia, tendo como limitador a curva existente entre os marcos quilométricos 259,7 e 260,2 da rodovia BR 101, no estado de Santa Catarina, comparando a real necessidade desses equipamentos e as melhorias nos projetos de infraestrutura para construção de rodovias com maiores velocidades mantendo-se a segurança necessária para trafegabilidade dos veículos.

Palavras-chave: Trabalho de Conclusão; Controladores de Velocidade; Defeito na via; Prevenção de Acidentes;

ABSTRACT

BORBA, Lourival da Cunha Borba. **Uso de controladores de velocidade para corrigir defeitos de projetos/execução da via.** 2017. Trabalho de Conclusão (Curso de Pós-Graduação *lato sensu* em Perícia de Acidentes de Trânsito) – Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2017.

The present paper, based on a bibliographical research, mainly in manuals of the Departamento Nacional de Infraestrutura de Transito (DNIT), seeks to present an analysis of the use of speed controller as a way to reduce accidents in sections along the highway curve, limiting the existing curve between kilometers 259.7 and 260.2 of the BR 101 highway in the state of Santa Catarina, comparing the actual need for these equipments and the improvements in infrastructure projects for the construction of high-speed highways, maintaining safety necessary for vehicle trafficability.

Keywords: Conclusion of job; Speed Controllers; Defect in the road; Accidents prevention;

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Visão da rodovia, leito sentido Imbituba (crescente) e Florianópolis (decrecente)	14
Figura 02 – Elementos intervenientes no cálculo da superlargura	23
Figura 03 – Variação da seção da pista na implantação da superelevação	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Distância de visibilidade de paradas mínimas	19
Tabela 02 – Valores de G_L em relação ao L_B (em metros)	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTB - Código de Trânsito Brasileiro

DER - Departamento de Estradas de Rodagem

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MERCOSUL - Mercado Comum do Sul

HCM - Highway Capacity Manual

VDM – Volume Diário Médio

VMD – Volume Médio Diário

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Tema e problema de Pesquisa	11
1.2 Objetivos	12
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Classificação das Rodovias	14
2.2 Nível de serviço	14
2.2.1 Tipos de terrenos	16
2.2.2 Tipos de regiões	16
2.3 Velocidade Diretriz ou Velocidade de Projeto	17
2.4 Distância de Visibilidade	18
2.4.1 Distância de visibilidade de parada	18
2.5 Superlargura	19
2.5.1 Dimensionamento	20
2.6 Superelevação	23
3 RESULTADOS DE PESQUISA	26
4 CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28
APÊNDICE A - SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES AO DNIT	29
APÊNDICE B - FOTOGRAFIAS DO LOCAL	31
ANEXO A - PLANTAS DA RODOVIA BR 101	37
ANEXO B - VALORES DE SUPERLARGURA PARA PROJETOS (m)	41
ANEXO C – VDM	43
ANEXO D - NÍVEIS DE SERVIÇO	44

1 INTRODUÇÃO

Com o advento da duplicação da rodovia BR-101, em especial, o trecho sul, observou-se que o limite máximo de velocidade para a extensão do km 220 ao km 465 fora definido como 110 km/h para veículos leves, 90 km/h para ônibus e micro-ônibus e 80 para os demais veículos pesados, velocidade esta idêntica ao estipulado pela Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que instituiu o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em seu art. 61, § 1º, para os trechos onde não existir sinalização regulamentadora (BRASIL, 1997).

Decorre que após a liberação do trecho da rodovia, compreendido entre os marcos quilométricos 257 e 261, observou-se um número excessivo de acidentes, em especial no pequeno espaço compreendido entre os marcos quilométricos 259,7 e 260,2. Neste local, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que substituiu em 2001 o antigo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), órgão responsável pela infraestrutura de trânsito, reduziu o limite de velocidade para 80 km/h para todos os veículos, utilizando para tanto, placas de regulamentação (R-19) e a instalação de um medidor de velocidades, tipo radar.

A pequena lacuna de tempo, entre a liberação da via e a elevação dos índices de acidentes, fez com que a imprensa local denominasse o trecho como “A Curva da Morte”.

1.1 Tema e Problema de Pesquisa

O trânsito é formado basicamente por três elementos: pessoas, sejam condutores, passageiros ou pedestres, veículos e vias, desde simples ruas até rodovias.

Dentre esses três elementos, podemos destacar que com o avanço de diversas tecnologias, os veículos apresentam nos dias de hoje um maior desempenho no quesito de segurança; As pessoas, para obter sua carteira nacional de habilitação, estão recebendo melhores treinamentos, além de avaliações físicas, psicológicas e de conhecimento em trânsito, avaliações estas de forma sistemática para evitar falhas; Quanto às vias, busca-se neste trabalho analisar uma pequena parcela das rodovias, as curvas e com isso

verificar se há, também neste quesito, a busca por melhores condições de trafegabilidade.

1.2 Objetivos

Durante a pesquisa objetiva-se estudar, em especial, com base na literatura técnica existente do próprio DNIT/DNER e dos Departamentos de Estradas de Rodagem (DER's), apontando possíveis erros de projetos, falhas na execução e/ou na fiscalização durante a duplicação da BR 101.

Para fins de delimitação, será analisado o trecho compreendido entre os marcos quilométricos 259,7 e 260,2 no sentido crescente da via.

Ao final, pretende-se apresentar solução que não transfira a responsabilidade dos acidentes exclusivamente para os condutores.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o projeto da curva existente entre os marcos quilométricos 259,7 e 260,2 da rodovia BR 101 no estado de Santa Catarina, em busca de possíveis erros para determinar se a implantação do uso de controladores de velocidade (radar) fora a melhor escolha para diminuir os índices de acidentes.

1.2.2 Objetivos Específicos

Quantificar o número de acidentes, vítimas leves, graves e óbitos.

Quantificar o número de autos de infrações e valores arrecadados.

Calcular o custo médio total dos acidentes com base nos cálculos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A rodovia BR 101, no estado de Santa Catarina, teve sua construção iniciada em 1964, sendo liberada ao tráfego em 1971, integrando o estado ao Brasil e permitindo que a capital do estado estivesse a poucas horas dos demais centros econômicos do país, além de colocar o litoral catarinense no cenário turístico brasileiro e demais países, hoje membros do Mercado Comum do Sul (MERCOSUL). Permitindo, também, o escoamento da produção estadual, em especial, têxtil, eletromecânica e ceramista, interligando, ainda, os portos de São Francisco do Sul, Itajaí e Imbituba (BRASIL, 2001).

Estando no centro da região Sul, a proximidade da região Sudeste, bem como dos demais países do MERCOSUL, permitiram ao estado um crescimento na ordem de 660% nas exportações para este Bloco Econômico em apenas 5 anos, passando de 50 milhões de dólares em 1991 para 380 milhões em 1996, demonstrando a grande necessidade de rodovias preparadas para o transporte de cargas e de passageiros.

Segundo Pimenta e Oliveira (2004) na escolha do local da rodovia deve-se levar em consideração todos os fatores que possam influenciar no custo ou nas características, permitindo que a rodovia tenha “boas características técnicas e baixo custo”. Conforme a explanação do autor busca-se que a rodovia tenha um custo baixo, sem que deixe de ter boa qualidade.

Entre os marcos quilométricos 258,5 e 261,5 a rodovia BR-101 possuía traçado de pista simples com fluxo em ambos os sentidos, sobre uma pequena elevação de 64 metros de altitude, segundo o levantamento da declividade do trecho utilizando-se a ferramenta do Google Earth (2016). Conforme se depreende da figura 01, com o advento da duplicação o antigo leito foi utilizado como percurso da rodovia no sentido decrescente, sendo destinado uma nova área construída para o sentido crescente, o qual apesar de contornar a elevação, a ferramenta do Google Earth (2016) registra, ainda, 58 metros de altitude no ponto mais alto do novo trecho. Mesmo assim, suavizados pela maior rampa.

Lee (2000) descreve que a rodovia deve ser projetada visando possibilitar o seu uso, de forma segura e eficiente, por qualquer tipo de veículo automotor que obedeça às disposições legais vigentes.

Figura 01 – Visão da rodovia, leito sentido Imbituba (crescente) e Florianópolis (decrecente).



Fonte: Google Earth (2016)

2.1 Classificação das Rodovias

Dada a necessidade, as rodovias são classificadas por diferentes critérios (BRASIL, 1999):

- Para fins de projeto, há conveniência de uma classificação diretamente relacionada à qualidade dos serviços que a rodovia se propõe prestar, devendo prover os meios físicos para que o tráfego previsto transite de forma econômica, com conforto e segurança. Sendo uma classificação de ordem técnica, faz relação com as características geométricas: raios de curvatura, rampas, larguras de pista e acostamentos, entre outras;
- Para fins administrativos, as rodovias são identificadas por siglas alfanuméricas, definindo sua localização e a entidade responsável;
- Outra forma de classificação tende a ser a funcional, que faz a relação da classificação técnica e administrativa.

2.2 Nível de serviço

O Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais do DNER (BRASIL, 1999) conceitua o nível de serviço, com base no definido para

rodovias rurais de uma pista com dois sentidos de tráfego no *Highway Capacity Manual (HCM), Special Report 209 – 1994 – Transportation Research Board – National Research Council – U.S.A.*

Refere-se a uma avaliação qualitativa das condições de operação de uma corrente de tráfego, tal como é percebida por motoristas e passageiros. Indica o conjunto de condições operacionais que ocorrem em uma via, faixa ou interseção, considerando-se os fatores velocidade, tempo de percurso, restrições ou interrupções de trânsito, liberdade de manobra, segurança, conforto, economia e outros.

Os Níveis de Serviço se baseiam nos tipos de terrenos e tipos de regiões, visto seu impacto no custo das obras. Estão descritos a seguir:

- **Nível de Serviço A** – Condição de fluxo livre em rodovia de boas características técnicas. Com velocidades médias de 90 a 93 km/h. Restrições de manobras inexistentes ou muito pequenas devido a outros veículos. Fluxo de 420 veículos/hora. Formação de pelotões de 2 ou 3 veículos, por no máximo 30% da viagem;
- **Nível de Serviço B** – Fluxo estável, com pequenas restrições de manobras. Velocidade média de 87 a 89 km/h. Fluxo de 750 veículos/hora. Formação de pelotões por no máximo 45% da viagem;
- **Nível de Serviço C** – Fluxo, ainda estável, porém as manobras e a manutenção da velocidade encontram-se limitadas devido ao fluxo. Velocidade média de 79 a 84 km/h. Fluxo de 1.200 veículos/hora. Formação de pelotões aproxima-se dos 60% da viagem;
- **Nível de Serviço D** – Fluxo instável, dificuldade de manter a velocidade e com pequena liberdade de manobra. Velocidade média de 72 a 80 km/h. Fluxo de 1.800 veículos/hora. Formação de pelotões aproxima-se dos 75% da viagem;
- **Nível de Serviço E** – Representa a capacidade da rodovia. Fluxo bastante instável, elevado nível de dificuldade para ultrapassagens. Velocidade média de 56 a 72 km/h. Fluxo de 2.800 veículos/hora. Formação de pelotões superior aos 75% da viagem;
- **Nível de Serviço F** – Fluxo em colapso, pequenas restrições podem acarretar em formação de filas com baixa velocidade, vindo a reduzir o fluxo a valores menores a sua capacidade, em casos mais graves,

formação de filas completamente paradas. Velocidade média inferior ao nível de serviço. Formação de pelotões pode chegar aos 100% da viagem.

O Anexo D – Níveis de Serviço - apresenta a tabela referente aos níveis utilizados nos projetos de rodovias federais brasileiras.

2.2.1 Tipos de Terrenos

Os tipos de terreno são definidos em três categorias, sendo eles: plano, ondulado e montanhoso (BRASIL, 1999).

Terreno plano define-se por qualquer combinação de alinhamentos horizontais e verticais, desde que permita aos veículos pesados trafegar em velocidade próxima aos veículos de passeio. Incluindo, também, rampas curtas de até 2% de greide.

Os terrenos ondulados têm características similares ao terreno plano, todavia, produz redução considerável na velocidade dos veículos pesados. Excluindo-se as velocidades de arrasto por tempo significativo.

A definição de terreno montanhoso caracteriza-se pela obrigatoriedade dos veículos pesados a trafegar com velocidade de arrasto por tempo significativo e com intervalos frequentes.

2.2.2 Tipos de Regiões

Da mesma forma que os tipos de terreno, os tipos de regiões são definidos em plana, ondulada e montanhosa (BRASIL, 1999).

Região plana, sem a implicação de custos elevados e sem dificuldades de construção, permite rodovias com grandes distâncias de visibilidade.

A região ondulada possui variações naturais do terreno, necessitando de cortes e/ou aterros de forma não acentuadas, não raras apresentam restrições ao alinhamento horizontal e vertical.

Por sua vez, a região montanhosa, apresenta variações longitudinais e transversais da elevação do terreno em relação à rodovia. Os cortes, inclusive laterais, e ou aterros são frequentes, para permitir alinhamentos aceitáveis ao tráfego.

2.3 Velocidade Diretriz ou Velocidade de Projeto

Segundo Pimenta e Oliveira (2004) o tempo de viagem é um fator muito importante na escolha do meio de transporte. Desta forma, a rodovia deve apresentar condições de segurança para que o usuário possa desenvolver a velocidade compatível com as expectativas.

Pimenta e Oliveira (2004) citam também que a velocidade desempenhada por um veículo depende de três itens: do próprio veículo, do motorista e da estrada.

O veículo apresenta diferentes índices de peso, potência do motor, qualidade e tipo do combustível, dentre outras que influenciam diretamente na velocidade desempenhada.

Quanto ao motorista, a velocidade está dependente do estado físico e psicológico, da sua habilidade, da necessidade ou desejo deste.

Para a estrada, depende das características geométricas destas, tais como, raio da curva, superelevação, superlargura, visibilidade, além do estado de conservação do pavimento.

Segundo Brasil (1999), a velocidade diretriz é definida como a maior velocidade aceitável para que um veículo percorra o trecho de forma segura e confortável, mesmo com pavimento molhado. Tal velocidade condicionará as principais características técnicas da rodovia, tais como: curvatura, superelevação e distância de visibilidade.

O Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas, publicado pelo DNIT (BRASIL, 2010) define a velocidade diretriz da seguinte forma:

Velocidade diretriz ou velocidade de projeto – é a maior velocidade com que um trecho viário pode ser percorrido com segurança, quando o veículo estiver submetido apenas às limitações impostas pelas características geométricas. É a velocidade selecionada para fins de projeto, da qual se derivam os valores mínimos de determinadas características físicas diretamente vinculadas à operação e ao movimento dos veículos e às características dos motoristas.

“Deve-se, sempre que possível, adotar uma velocidade de projeto única para toda a estrada. Só é justificável o uso de velocidades diferentes para trechos da estrada que apresente diferenças sensíveis nas condições da região atravessada” (PIMENTA E OLIVERIA, 2004)

2.4 Distância de Visibilidade

Um dos fatores mais importantes para segurança e eficiência operacional aos usuários da via, a distância de visibilidade é limitada pelas mudanças de direção e declividade, principalmente nas curvas, verticais e horizontais, devendo o motorista ter distância suficiente para frear seu veículo de forma segura dado um obstáculo na via. (PEREIRA et al., 2009)

Pimenta e Oliveira (2004) trazem uma definição bastante sucinta, quando diz que a distância de visibilidade é a extensão da estrada que pode ser vista à frente pelo motorista.

Segundo Brasil (1999), as distâncias de visibilidade básicas consideradas para o projeto rodoviário são as distâncias de visibilidade de parada, as de tomada de decisão e as de ultrapassagem, todavia, a distância de visibilidade de parada tem caráter obrigatório, sendo as demais apenas recomendadas.

2.4.1 Distância de Visibilidade de Parada

Com base na velocidade exercida, a distância de visibilidade de parada é definida como a distância mínima que um motorista necessita, mesmo em condições chuvosas, para parar seu veículo com segurança após visualizar um obstáculo. Para isso, considera-se que o veículo esteja em condições razoáveis de manutenção e que a pista esteja adequadamente conservada. (BRASIL, 1999).

Ainda, segundo Brasil (1999), nos dias chuvosos os motoristas transitam com velocidades inferiores a velocidade diretriz, que estão apresentadas no Quadro 01, como velocidade média.

Os valores das distâncias de visibilidade de parada são calculados pela fórmula geral a seguir:

$$d = \frac{0,7 V + V^2}{255(f + i)}$$

Onde:

d = distância de visibilidade, em metros;

V = velocidade diretriz ou velocidade média, em km/h;

f = coeficiente de atrito;

i = greide (rampa), em m/m (positivo no sentido ascendente e negativo no sentido descendente).

Tabela 01: Distância de visibilidade de parada mínima (em metros)

Velocidade diretriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidade média (km/h)	30	38	46	54	62	70	78	86	92	98
Coef. de atrito f	0,40	0,39	0,36	0,34	0,33	0,31	0,30	0,30	0,30	0,29
6%	30	40	55	65	85	100	120	140	160	180
5%	30	40	55	70	85	105	125	140	160	180
4%	30	40	55	70	85	105	125	145	165	185
3%	30	40	55	70	85	105	130	145	165	190
2%	30	40	55	70	90	110	130	150	170	195
1%	30	40	55	70	90	110	130	155	175	200
0%	30	45	60	75	90	110	130	155	180	205
-1%	30	45	60	75	95	115	140	160	180	205
-2%	30	45	60	75	95	115	140	165	185	215
-3%	30	45	60	75	95	120	145	165	190	220
-4%	30	45	60	75	100	120	150	170	195	225
-5%	30	45	60	80	100	125	150	175	200	230
-6%	30	45	60	80	105	125	155	180	210	240

Fonte: BRASIL, 1999

2.5 Superlargura

A largura da pista de uma rodovia é determinada pelos veículos que transitaram sobre ela somando-se a largura máxima dos veículos, a distância a níveis seguros entre os veículos e a distância entre o veículo e o bordo do pavimento (BRASIL, 1999).

Tal fórmula tem funcionamento perfeito em um trecho reto da via, ocorre que os veículos possuem uma estrutura rígida que lhes impedem de acompanhar as curvaturas da via, acarretando em uma ocupação de área maior ao contorna-las. Assim, há a necessidade de aumentar a largura total da via, tanto pelo uso de maior área pelo veículo, bem como pela dificuldade do

condutor em avaliar distâncias transversais. A esse acréscimo de largura necessário em uma curva de uma rodovia, dá-se o nome de superlargura (BRASIL, 1999)

Pimenta e Oliveira (2004) apresentam uma definição mais técnica, quando diz:

O alargamento da pista em certas curvas é necessário porque:

- a) Quando o veículo percorre uma curva circular, o ângulo que suas rodas dianteiras formam com o eixo longitudinal do veículo é constante a trajetória de cada ponto do veículo é circular. O anel circular formado pela trajetória de seus pontos externos é mais largo que o gabarito transversal do veículo em linha reta.
- b) O motorista tem maior dificuldade em manter o veículo sobre o eixo da faixa de tráfego.

A necessidade fica mais evidente quando verificada a elevada participação de veículos do tipo caminhões que trafegam nas rodovias, aumentando a probabilidade desses veículos cruzarem-se em uma curva. (PEREIRA et al., 2009).

Em contraponto, Brasil (1999) afirma que só se justifica a adoção da superlargura, para raios relativamente pequenos, frequentes em regiões urbanas ou em rodovias em regiões muito adversas. A existência de acostamento pavimentado contribui para reduzir tal necessidade.

2.5.1 Dimensionamento

Brasil (1999) descreve que tanto em projeto, bem como na construção, a superlargura agrega custo a obra, que só se justifica pela eficácia desta largura adicional. Desta forma, valores muito pequenos não apresentam influência prática, devendo-se adotar um valor mínimo de 0,40 m.

Para cálculo de superlargura em pistas com duas faixas utilizam-se as seguintes fórmulas (BRASIL, 1999):

$$S = L_T - L_B$$

$$L_T = \{2(G_C + G_L) + G_{BD}\} + FD$$

Onde:

S= Superlargura total da pista;

L_T = Largura total em curva da pista de 2 faixas de rolamento;

L_B = Largura básica para a pista em tangente;

G_C = Gabarito estático do Veículo de Projeto;

G_L = Gabarito (folga) lateral de Veículo de Projeto em movimento;

G_{BD} = Gabarito requerido pelo percurso do balanço dianteiro do Veículo de Projeto em curva;

FD = Folga dinâmica. Folga transversal adicional para considerar a maior dificuldade em manter a trajetória de veículo em curva, determinada de forma experimental e empírica.

A largura básica para a pista em tangente (L_B) é estabelecida a partir de conceitos globais de segurança e conforto, não resultando necessariamente de uma dedução precisa. (BRASIL, 1999)

O Gabarito estático do Veículo de Projeto (G_C) pode ser assim definido:

$$G_C = L_V + (R - \sqrt{R^2 - E^2})$$

A expressão entre parênteses fornece valores muito semelhantes aos da expressão $\frac{E^2}{2R}$, resultando em:

$$G_C = L_V + \frac{E^2}{2R}$$

Onde:

L_V = Largura física do veículo de projeto, em metros (adota-se $L_V = 2,60$);

E = Distância entre eixos do veículo de projeto;

R = Raio da curva, em metros.

Brasil (1999) faz a seguinte observação quanto ao E^2

No caso de veículos articulados, o termo E^2 assume a forma $E_1^2 + E_2^2$, onde E_1 = distância entre o eixo dianteiro do veículo trator (cavalo mecânico) e o pivô de apoio do semirreboque. O valor da parcela E fictícia equivalente (E_{eq}) situa-se em geral entre 9,50 e 10,50m.

Para fins de cálculo, os valores de G_L seguirão os parâmetros da largura

da pista de rolamento em tangente (L_B), conforme a tabela 02 a seguir:

Tabela 02: Valores de G_L em relação ao L_B (em metros)

L_B (m)	6,00/6,40	6,60/6,80	7,00/7,20
G_L (m)	0,60	0,75	0,90

Fonte: BRASIL, 1999

Para os valores de G_{BD} utilizamos a seguinte fórmula:

$$G_{BD} = \sqrt{R^2 + BD(2E + BD)} - R$$

Onde:

BD = Balanço dianteiro do veículo de projeto, em metros;

E = Distância entre eixos do veículo de projeto;

R = Raio da curva, em metros.

Para os valores de FD utilizamos a seguinte fórmula:

$$FD = \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Onde:

V = Velocidade diretriz, em km/h.

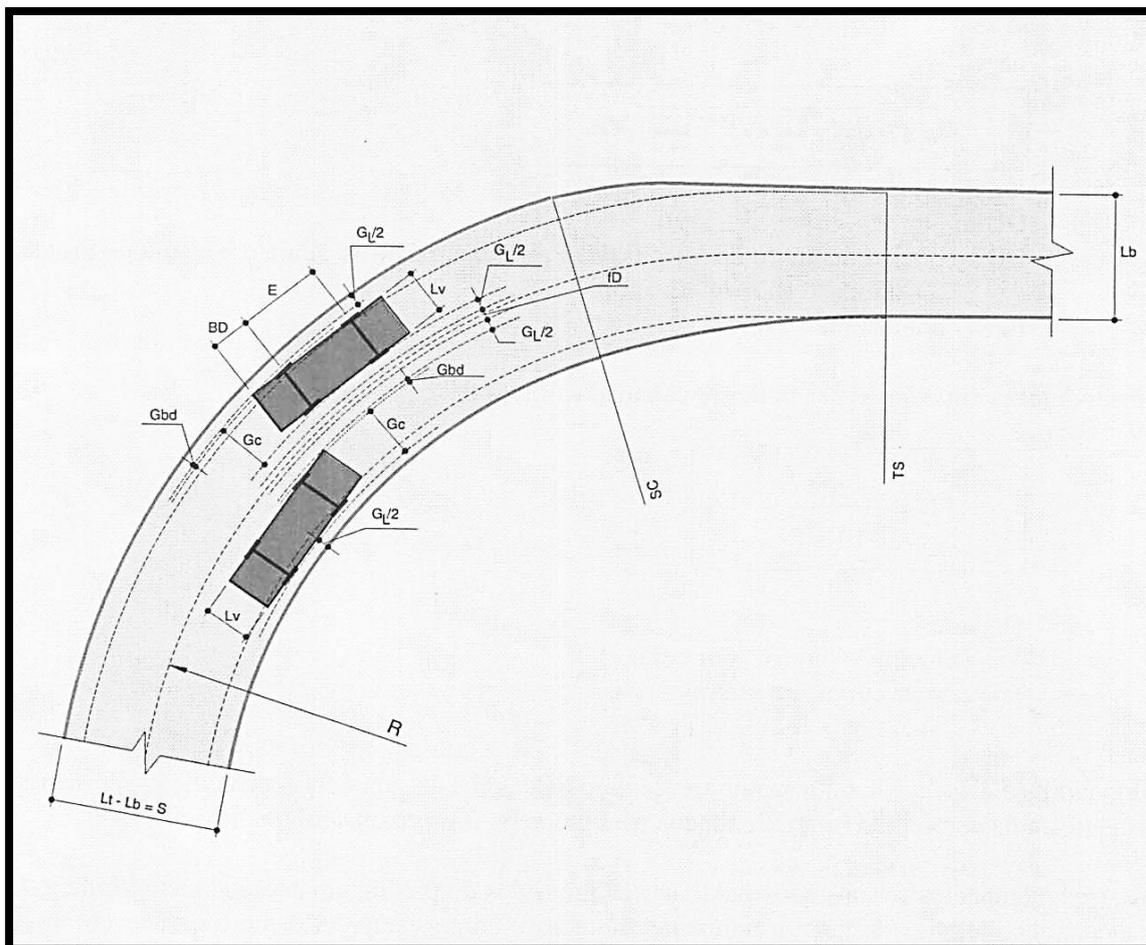
R = Raio da curva, em metros.

A figura 02 demonstra visualmente as variáveis das fórmulas apresentadas.

O anexo B – Valores de superlargura para projetos - apresenta tabelas com os valores de superlargura calculados conforme as fórmulas apresentadas. Brasil (1999) destaca que foram feitos arredondamentos para valores múltiplos de 0,20 m, em coerência com a ordem de grandeza das larguras de pista e com as imprecisões e o caráter empírico dos fatores intervenientes nos cálculos.

As tabelas apresentam cálculos para largura de pista de 7,00/7,20 m, para veículos de projeto com distância entre eixo fictícia de 10,0 m e um balanço dianteiro de 1,20 m. Os valores foram calculados para velocidades diretrizes entre 30 km/h e 100 km/h e para raios múltiplos de 5 m considerados os raios mínimos e limite prático para a adoção de superlargura (BRASIL, 1999).

Figura 02 – Elementos intervenientes no cálculo da superlargura.



Fonte: Manual de projeto geométrico (BRASIL, 1999)

2.6 Superelevação

“Os veículos em movimento curvilíneo são submetidos à ação de forças transversais que correspondem à forças centrífuga” (PEREIRA et al., 2009).

Como forma de equilibrar esta solicitação, há a força de atrito entre o pneu e a pista auxiliada pela inclinação transversal da pista, com caimento para o lado interno da curva, exercendo assim, uma força na mesma direção, mas em sentido contrário à referida força centrífuga. Para esta inclinação transversal da pista, dá-se o nome de superelevação (PEREIRA et al., 2009).

Nas rodovias de pista simples, em trechos em tangente, a seção transversal da pista, apresenta uma forma “abaulada”, fazendo com que as duas faixas sejam inclinadas, normalmente com 2%, em torno do eixo em

direção aos bordos, servindo para o escoamento das águas para fora da rodovia (BRASIL, 1999).

Segundo Brasil (1999), dada a necessidade de transição de giro da pista entre um trecho em tangente para a curva, são estabelecidos dois comprimentos de transição, os quais podem ser observados na figura 03, sendo eles:

Transição em tangente T – trecho que antecede o comprimento de transição da superelevação, até tornar sua seção horizontal.

Transição em curva L – inicia-se no ponto onde a pista apresenta sua seção horizontal até o ponto máximo de superelevação.

Utiliza-se a fórmula a seguir para a manutenção da mesma taxa de variação da superelevação nos trechos de transição apresentados.

$$T = \frac{Ldt}{e}$$

Onde:

T = Comprimento de transição da tangente/abaulamento (m).

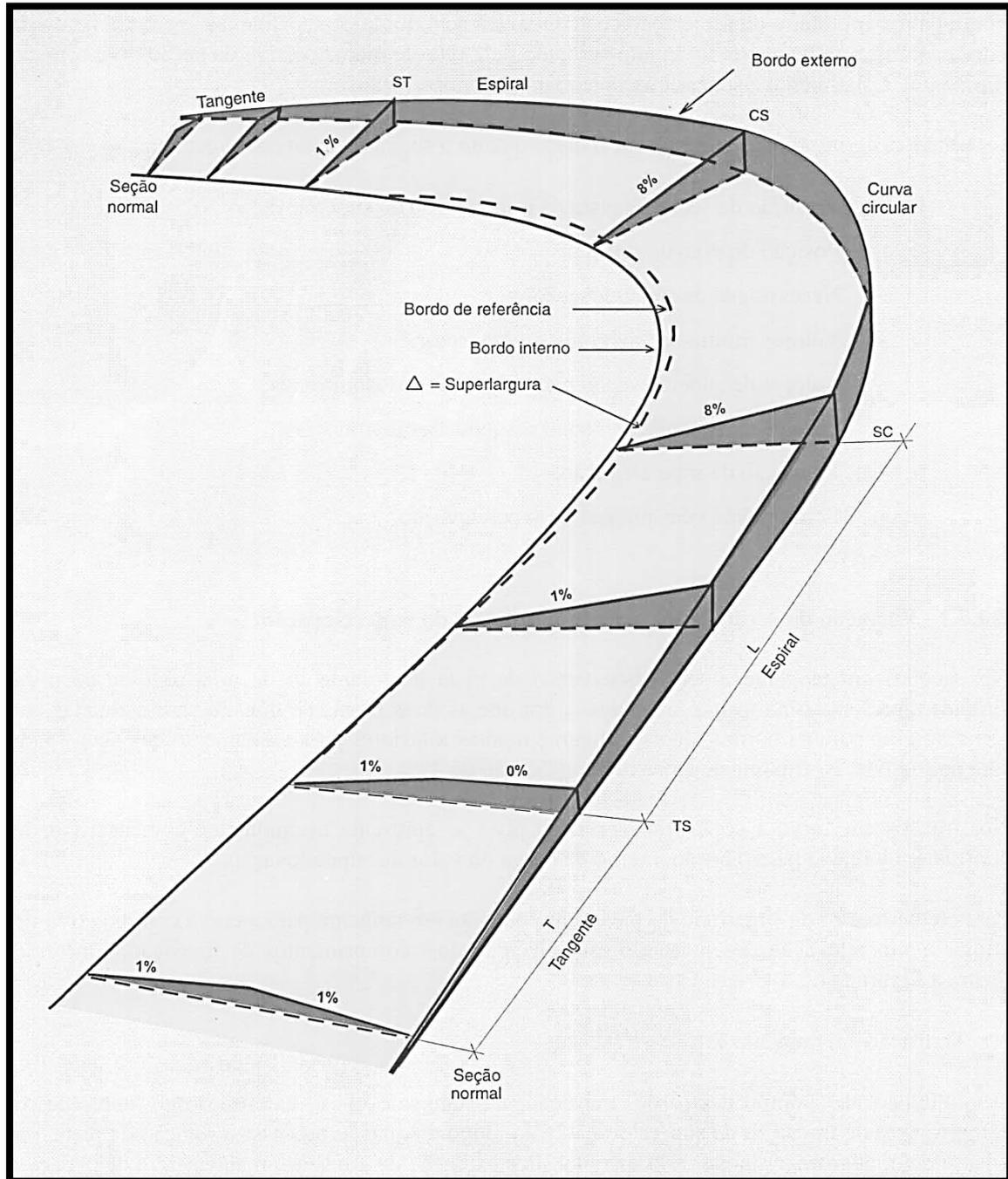
L = Comprimento de transição da superelevação.

dt = Declividade transversal da pista em tangente (%).

e = Superelevação mantida no trecho circular (%)

Vários fatores condicionam o valor máximo admissível para a superelevação.

Figura 03 – Variação da seção da pista na implantação da superelevação.



Fonte: Manual de projeto geométrico (BRASIL, 1999)

3 RESULTADOS DE PESQUISA

Buscou-se com a presente pesquisa a análise da curva existente entre os marcos quilométricos 259,7 e 260,2 da rodovia BR 101 no estado de Santa Catarina, com o intuito de verificar se houve erro de projeto ou de construção. Diante disso, avaliar o uso do registrador de velocidade instalado no local, utilizado para a redução de velocidade e consequentemente a redução de acidentes.

Durante a pesquisa foi identificado que o raio projetado para a curva em questão foi de 278,1090°, em análise as tabelas do anexo B – valores de superlargura, verifica-se que para o raio em questão a velocidade máxima admitida seria de 90 km/h e para uma velocidade de 100 km/h haveria a necessidade de um raio no mínimo de 315°, logo, entende-se que a velocidade escolhida (80 km/h) seria a mais acertada para o local. Todavia, Pimenta e Oliveira (2004) citam a recomendação de utilizar-se velocidade única para toda uma rodovia, devendo-se ser justificável a não aplicação dessa recomendação. Verifica-se que o DNIT não seguiu tal recomendação, pois projetou a curva de forma a não permitir que a velocidade permanecesse constante. E, considerando que o local fora construído durante a duplicação da rodovia, sendo deslocado do leito antigo, fica o questionamento: por que não projetar uma curva com maior raio?

Infelizmente, a grande maioria dos questionamentos realizados ao órgão de trânsito não foram respondidas, questionamentos esses que se encontram no apêndice A. Desta forma, não é possível saber, se no início da liberação da via, existia ou não sinalização adequada; data da instalação do medidor de velocidade; quando e porque houve correções do acostamento, as quais estão visíveis nas figuras do apêndice B.

4 CONCLUSÕES

O trabalho apresentou-se bastante inconclusivo dado a falta de informações conforme explanado no resultado da pesquisa. Não sendo possível apontar responsáveis pelos acidentes noticiados na imprensa local.

Devido a essa falta de informações por parte do DNIT, em especial a data de liberação da via e de instalação do controlador de velocidade, nenhum dos objetivos específicos puderam ser respondidos, desta forma, o capítulo destinado a análise desses dados não fora desenvolvido.

Considerando que o ângulo projetado para a curva não recomenda velocidade superior a atualmente sinalizada no local, a implantação do controlador de velocidade permitiu a sensação de redução do número de acidentes e principalmente no número de vítimas. Logo, não se pode negar a sua eficiência, mas não é possível afirmar sua eficácia.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Diário Oficial da República do Brasil. Brasília, DF, 24 set. 1997. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm>. Acesso em: 01 jan. 2017.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **Manual de Projeto Geométrico de Rodovias Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. Programa de Ampliação da Capacidade Rodoviária do Corredor São Paulo – Curitiba – Florianópolis – Osório. **Projeto Executivo de Engenharia**. Volume 2.1 Projeto de Execução – Dupl.: Rest. Setembro, 2001.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER. Programa de Ampliação da Capacidade Rodoviária do Corredor São Paulo – Curitiba – Florianópolis – Osório. **Projeto Executivo de Engenharia**. Volume 3.1 Memória Justificativa de Execução – Dupl. Rest. Setembro, 2001.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3.ed. - Rio de Janeiro, 2006. Disponível em https://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf. Acesso 15/01/2017

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto geométrico de travessias Urbanas**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/740_manual_projetos_geometricos_travessias_urbanas.pdf> Acesso em 03/02/2017

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.7.2606. 2016. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 03/01/2017

LEE, Shu Han, **Projeto Geométrico de Estradas**, Florianópolis, 2000. Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5115%20-%20Apostila%20de%20Estradas.pdf>>. Acesso em 03/01/2017

PEREIRA, Djalma Martins, et al. **Projeto Geométrico de Rodovias**, Paraná: UFPR, março, 2009. Disponível em: <[http://www.dtt.ufpr.br/Fundamentos %20de%20Transporte/arquivos/APOSTILA_ProjetoGeometrico_2009.pdf](http://www.dtt.ufpr.br/Fundamentos%20de%20Transporte/arquivos/APOSTILA_ProjetoGeometrico_2009.pdf)> Acesso em 13/03/2017

PIMENTA, Carlos R. T.; OLIVEIRA, Marcio P. **Projeto Geométrico de Rodovias**. 2.ed. São Carlos: RiMa, 2004

APÊNDICE A – SOLICITAÇÃO DE INFORMAÇÕES AO DNIT

Palhoça, 12 de janeiro de 2017

Ilmo. Sr.
Vissilar Pretto
Superintendente do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
no Estado de Santa Catarina

Eu, LOURIVAL DA CUNHA BORBA, portador do CPF nº 694.344.689-49, endereço eletrônico lourival@borba.net.br, residente e domiciliado em Palhoça/SC e com endereço à Rua Açucena, nº 280, Jardim das Palmeiras, Palhoça/SC, CEP 88133-700, com fundamento na **Lei 12.527/2011 (Lei de Acesso a Informações Públicas)** vem requerer o acesso (e eventualmente cópia), em até 20 dias corridos (artigo 11, parágrafo 1º da Lei 12.527/11), aos dados referentes aos trechos:

- A) Entre os Km 257,8 (Saída do túnel Morro Agudo) e Km 260,0 (Ponte sobre o Rio Cova Triste 3) sentido crescente da BR-101, nos municípios de Paulo Lopes e Garopaba.
- B) Entre os Km 254,0 e Km 258,0 sentido decrescente da BR-101, no município de Paulo Lopes.

Documentos:

1. Cópia do projeto inicial completo (estrutural);
 - 1.1. Memorial descritivo;
 - 1.2. Memorial de cálculo;
2. Cópia do projeto inicial de definição da velocidade;
3. Cópia do projeto inicial de sinalização;
4. Cópia do projeto executivo (estrutural e sinalização);
5. Cópia do relatório de fiscalização (estrutural e sinalização);
6. Data de conclusão das obras no trecho;
7. Data de liberação do trecho;
8. Cópia dos projetos de modificações da via;
9. Cópia dos projetos de alterações da sinalização;
10. Datas das alterações da sinalização;
11. Métodos e parâmetros adotados para estipular a velocidade máxima das rodovias federais em SC;
12. Projeto de instalação do controlador de velocidade (Radar) existente no trecho;
13. Data de instalação do radar;
14. Data de efetivo funcionamento do radar;

15. Quantidade de notificações (mês-a-mês) desde a implantação até dezembro/2016;
16. Volume Médio Diário (VMD);
 - 16.1. Local de medição;
 - 16.2. Data da última medição (se existir);
17. Relatório atualizado da quantidade de veículos divididos por TIPO, DIA e HORA;
 - 17.1. Período da contagem;

Tais informações serão de suma importância para o encerramento do Trabalho de Conclusão de Curso, em nível de pós-graduação, visando à diminuição dos números de acidentes e vítimas nas rodovias federais do Brasil.

Solicito que as informações sejam fornecidas em formato digital, quando disponíveis, conforme estabelece o artigo 11, parágrafo 5º da lei 12.527/2011.

Na eventualidade de as informações solicitadas não serem fornecidas, requiro que seja apontada a razão da negativa bem como, se for o caso, eventual grau de classificação de sigilo (ultrassecreto, secreto ou reservado), tudo nos termos do artigo 24, parágrafo 1º da Lei 12.527/2011.

Desde logo agradeço pela atenção e peço deferimento.

Lourival da Cunha Borba

APÊNDICE B – FOTOGRAFIAS DO LOCAL



Radar – Visão inversa ao sentido do fluxo viário
Fonte: Autor (2017)



Radar – Visão no sentido do fluxo viário
Fonte: Autor (2017)



Início da curva posterior ao radar
Fonte: Autor (2017)



Curva posterior ao radar
Fonte: Autor (2017)



Curva posterior ao radar – Início do recapeamento do acostamento
Fonte: Autor (2017)



Curva posterior ao radar –Recapeamento do acostamento
Fonte: Autor (2017)



Curva posterior ao radar – Recapeamento do acostamento
Fonte: Autor (2017)



Curva posterior ao radar – Recapeamento do acostamento
Fonte: Autor (2017)



Curva posterior ao radar – Destaque do recapeamento do acostamento
Fonte: Autor (2017)



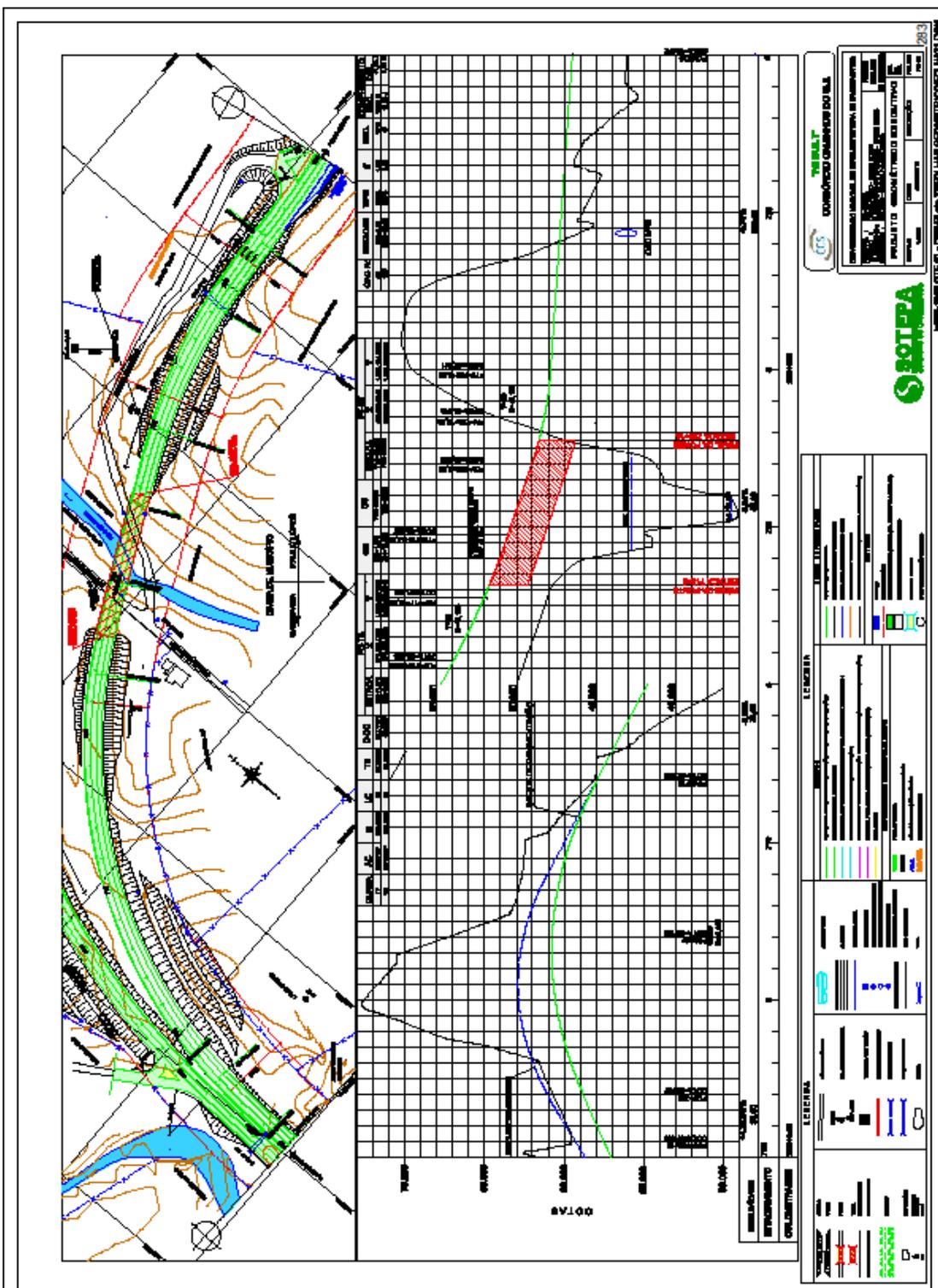
Curva posterior ao radar – Destaque do recapeamento do acostamento
Fonte: Autor (2017)



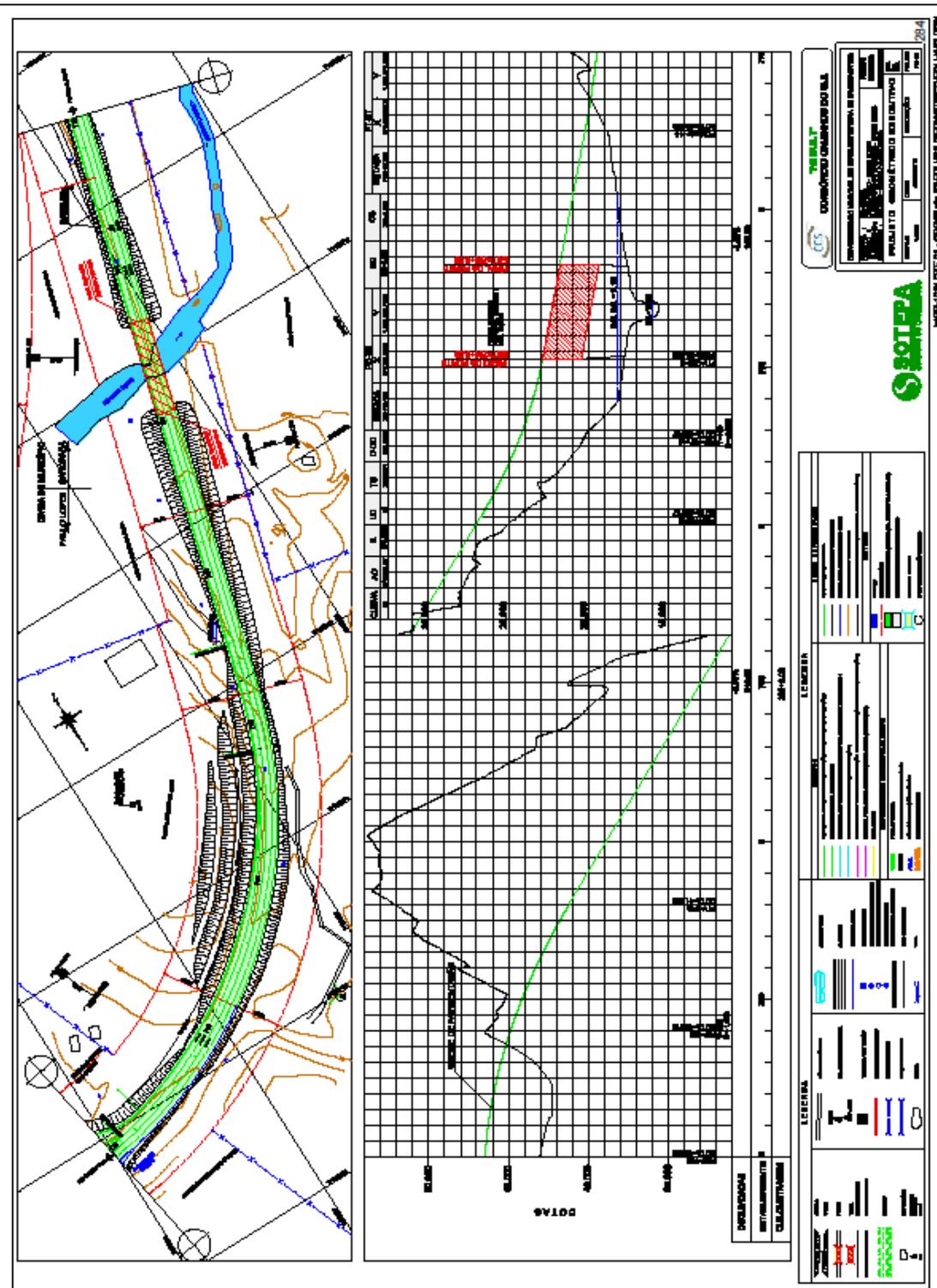
Final curva posterior ao radar e do recapeamento do acostamento
Fonte: Autor (2017)



Final curva posterior ao radar e do recapeamento do acostamento
Fonte: Autor (2017)



Plantas de projeto – Início da curva analisada
 Fonte: Brasil (2001)



Plantas de projeto – Curva analisada
 Fonte: Brasil (2001)

R \ V	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
40	0,40	0,40	0,40	0,40	*	*	*	*	*	*	*	*	*
50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	*
60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
90	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
100							0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60

R \ V	350	355 a 380	385 a 430	435 a 480	485 a 540	545 a 600
60	0,40	0,40	*	*	*	*
70	0,60	0,40	0,40	*	*	*
80	0,60	0,60	0,40	0,40	*	*
90	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	*
100	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40

* Superlargura dispensável

Fonte: BRASIL (1999)

ANEXO C – VDM

VMD (horário x classificação) BR 101/SC, km 266,4 – Outubro/2014

Faixa Horária	Motos	Carros e veículos pequenos	Caminhões leves e ônibus	Caminhões pesados	Veículos especiais
00-01	35	155	104	49	36
01-02	29	109	105	37	26
02-03	18	70	89	25	12
03-04	15	70	92	21	10
04-05	29	133	150	32	15
05-06	58	288	236	64	32
06-07	98	381	231	94	54
07-08	125	496	206	93	70
08-09	124	563	222	94	73
09-10	136	632	241	104	70
10-11	139	695	250	110	71
11-12	136	653	236	91	59
12-13	130	572	201	87	53
13-14	145	667	228	95	69
14-15	145	721	223	92	61
15-16	146	737	240	101	70
16-17	141	716	234	102	69
17-18	147	739	256	97	75
18-19	123	664	216	91	62
19-20	102	613	223	94	56
20-21	98	533	201	86	62
21-22	92	453	201	95	60
22-23	105	390	187	81	52
23-24	79	280	140	59	32

Fonte: Adaptação DNIT (Resposta a solicitação de informação) (2014)

ANEXO D – NÍVEIS DE SERVIÇO
RODOVIAS DE DUAS FAIXAS COM DOIS SENTIDOS DE TRÁFEGO
(Volume Médio Diário de Tráfego Misto – Condições Brasileiras)

Nível de Serviço	% de Demora	Veloc. Média (km/h)	Terreno Plano			Veloc. Média (km/h)	Terreno Ondulado						Veloc. Média (km/)	Terreno Montanhoso		
			% Sem Visibilidade de Ultrapassagem				Medianamente Ondulado			Fortemente Ondulado				% Sem Visibilidade de Ultrapassagem		
			0	50	100		% Sem Visibilidade de Ultrapassagem							0	50	100
			Volume Médio Diário				Volume Médio Diário							Volume Médio Diário		
A	<=30	>=93,3	1.980	1.050	520	>=91,7	1.190	470	230	870	340	120	>=90,1	680	260	50
B	<=45	>=88,5	3.370	2.480	1.980	>=86,9	1.70	1.190	860	1.200	760	530	>=86,9	900	520	360
C	<=60	>=83,7	5.450	4.400	4.010	>=82,1	2.850	2.250	1.870	1.920	1.390	1.030	>=78,9	1.420	920	580
D	<=75	>=80,5	8.940	8.270	7.900	>=78,9	4.350	3.460	2.960	2.610	1.990	1.620	>=72,4	1.820	1.320	1.020
E	<=75	>=72,4	14.500	14.500	14.500	>=64,4	7.130	6.670	6.550	4.230	3.900	3.740	>=56,3	2.930	2.660	2.490
F	100	< 72,4	-	-	-	<64,4	-	-	-	-	-	-	<=56,6	-	-	-

Fonte: HCM, 1994 apud Brasil, 1999