

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG**

**ENGENHARIA CIVIL**

**LUCI FONSECA LIMA**

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DA TERCEIRA FAIXA DE TRÁFEGO NA  
RODOVIA MG-167 QUE INTERLIGA AS CIDADES DE TRÊS  
PONTAS/VARGINHA**

**VARGINHA**

**2019**

**LUCI FONSECA LIMA**

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DA TERCEIRA FAIXA DE TRÁFEGO NA  
RODOVIA MG-167 QUE INTERLIGA AS CIDADES DE TRÊS  
PONTAS/VARGINHA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção de grau bacharel sob orientação da Profa. Luane Carolina Mendes

**VARGINHA - MG**

**2019**

**LUCI FONSECA LIMA**

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA TERCEIRA FAIXA DE TRÁFEGO NA  
RODOVIA MG-167 QUE INTERLIGA AS CIDADES DE TRÊS  
PONTAS/VARGINHA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas- UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção de grau bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Profa. Luane Carolina Mendes

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais e meus irmãos por todo incentivo durante os anos de faculdade que não mediram esforços para me apoiar e ajudar a chegar até esta etapa. E também a toda minha família por todo o apoio durante todo o curso, e aos amigos que permitiram que essa caminhada fosse mais alegre.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora, Luane Carolina Mendes, pela ajuda fornecida para que este trabalho fosse concluído com o êxito esperado. Agradeço a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desta pesquisa, especialmente, aos meus pais, colegas e familiares.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

## RESUMO

Localizada no sul de Minas Gerais, a MG 167 é uma importante rodovia para a região. Diante disso, percebe-se que um dos problemas enfrentados pelos motoristas atualmente está relacionado ao trânsito, onde em alguns trechos, nota-se uma situação caótica no que diz respeito a congestionamentos e acidentes. O presente trabalho de conclusão de curso apresenta um estudo de implantação de terceira faixa na MG 167 entre os municípios de Três Pontas e Varginha, no sul de Minas Gerais. A princípio, fez-se uma abordagem dos conceitos, normas e elementos que envolvem estudos e projetos de implantação de terceira faixa, além da abordagem a respeito das diretrizes necessárias para efetivação do mesmo. Também foram feitas análises de dados de estudo de tráfego, que por meio da contagem volumétrica de veículos, associada a estudos estatísticos, como por exemplo, Fator Horário de Pico (FHP) e porcentagem de composição de tráfego, foi possível determinar a capacidade da via. Da mesma forma, foram propostos três pontos onde há viabilidade de implantação da faixa adicional e, posteriormente apresentado o projeto geométrico de implantação de terceira faixa de cada segmento, além do traçado real da rodovia junto com as suas respectivas curvas de nível. Por meio do resultado deste estudo de implantação de faixa adicional, espera-se diminuir conflitos de congestionamentos, com intuito de reduzir o tempo de viagem e possíveis acidentes e, contudo proporcionar benefícios e segurança aos usuários que trafegam na rodovia.

**Palavras-chave:** Estudo de implantação. Terceira faixa. Estudo de tráfego.

## **ABSTRACT**

*Located in the south of Minas Gerais, MG 167 is an important highway for the region. Given this, it is clear that one of the problems faced by drivers today is related to traffic, where in some parts there is a chaotic situation regarding traffic jams and accidents. This course conclusion paper presents a third lane implementation study in MG 167 between the municipalities of Três Pontas and Varginha, in southern Minas Gerais. At first, it was made an approach of the concepts, norms and elements that involve studies and projects of implantation of third band, besides the approach about the necessary guidelines for its accomplishment. It was also made data analysis of traffic study, that through the volumetric counting of vehicles, associated to statistical studies, as for example, Peak Hour Factor (FHP) and percentage of traffic composition, it was possible to determine the capacity of the road. . Likewise, three points were proposed where it is feasible to implement the additional lane, and then presented the geometric design of the third lane deployment of each segment, in addition to the actual road layout along with their respective contours. As a result of this additional lane implementation study, it is expected to reduce congestion conflicts in order to reduce travel time and possible accidents, yet provide benefits and safety to road users.*

**Keywords:** *Implementation study. Third track. Traffic study.*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Extensão do trecho Três Pontas à Varginha .....	18
Figura 2 - Perfil de elevação.....	19
Figura 3 - Largura das faixas de rolamento.....	19
Figura 4 - Acostamento .....	20
Figura 5 - Congestionamento .....	20
Figura 6 - Delimitação da rodovia com a área e interesse.....	21
Figura 7 - Primeiro ponto de análise .....	21
Figura 8 - Segundo ponto de análise .....	22
Figura 9 - Terceiro ponto de análise.....	22
Figura 10 - Classificação funcional do sistema rodoviário do Brasil.....	28
Figura 11 - Seção transversal de uma estrada.....	32
Figura 12 - Seção em corte.....	33
Figura 13 - Seção em aterro.....	33
Figura 14 - Seção mista .....	34
Figura 15 - Dimensões do veículo de projeto CO (cm).....	40
Figura 16 - Distância de visibilidade de parada .....	41
Figura 17- Esquema de ultrapassagem .....	43
Figura 18 - Comprimento de transição .....	45
Figura 19 - Trajetória de um veículo em curva .....	48
Figura 20 - Distribuição da superlargura numa curva de transição.....	50
Figura 21 - Distribuição da superlargura numa curva simples.....	50
Figura 22 - Curva horizontal .....	51
Figura 23 - Terceira faixa .....	55
Figura 24 - Disposição típica de uma faixa adicional de subida .....	56
Figura 25 - Exemplo hipotético de comprimento de rampa .....	58
Figura 26 - Sinalização de advertência.....	63
Figura 27 - Sinalização de indicação.....	63
Figura 28 - Sinalização de regulamentação .....	64
Figura 29 - Sinalização horizontal.....	65
Figura 30 - Desenho isométrico da rodovia.....	67
Figura 31 - Fluxograma do local em UCP (Sexta-feira) .....	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das rodovias .....	29
Quadro 2 - Velocidade de projeto por região .....	37
Quadro 3 - Cores usuais da sinalização horizontal.....	65
Quadro 4 - Superlargura .....	73
Quadro 5 - Superlargura .....	74
Quadro 6 - Superlargura .....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contagem de tráfego do dia 06/05/2019 (Segunda-feira) .....	23
Tabela 2 - Contagem de tráfego do dia 07/05/2019 (Terça-feira).....	24
Tabela 3 - Contagem de tráfego do dia 08/05/2019 (Quarta-feira) .....	24
Tabela 4 - Contagem de tráfego do dia 09/05/2019 (Quinta-feira) .....	24
Tabela 5 - Contagem de tráfego do dia 10/05/2019 (Sexta-feira) .....	24
Tabela 6 - Larguras das faixas de rolamento em função do relevo (m) .....	34
Tabela 7 - Largura dos acostamentos externos (m).....	35
Tabela 8 - Dimensões básicas dos veículos de projeto.....	39
Tabela 9 - Fator de equivalência em carros de passeio (UCP).....	39
Tabela 10 - Velocidades médias em pistas molhadas.....	40
Tabela 11 - Coeficiente de atrito longitudinal .....	42
Tabela 12 - Coeficiente de atrito longitudinal .....	42
Tabela 13 - Distância de visibilidade de ultrapassagem.....	43
Tabela 14 - Valores admissíveis de coeficiente de atrito transversal .....	44
Tabela 15 - Valores de R acima dos quais a superelevação é dispensável.....	46
Tabela 16 - Valores de Gl.....	49
Tabela 17 - Valores dos raios acima dos quais é dispensável a superlargura .....	49
Tabela 18 - Valores dos raios acima dos quais é dispensável a superlargura .....	49
Tabela 19 - Soma dos intervalos de todos os dias .....	69
Tabela 20 - Resultado de UCP para MG 167 Três Pontas/Varginha .....	69
Tabela 21 - Somatório de veículos da contagem de tráfego do dia 10/05/2019.....	70

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Representação da composição do tráfego no horário de pico .....	70
Gráfico 2 - Indicação de volume por intervalo (Sexta-feira).....	71

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO	Caminhão de 2 eixos
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
FHP	Fator Horário de Pico
O	Caminhão maiores que 2 eixos
PC	Ponto Inicial da Curva
PI	Ponto Inicial
PIV	Ponto de Interseção Vertical
PT	Ponto Tangente
SR	Veículos Articulados
VHP	Volume Horário de Pico
VL	Veículo Lento
VMD	Volume Médio Diário
VMDA	Volume Médio Anual
VMDd	Volume Médio Diário Dia da Semana
VMDS	Volume Médio Diário Semanal
VP	Veículo de Passeio
VPD	Volume por Dia
VPH	Volume por Hora
VR	Veículo Rápido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>17</b>
<b>3 DIAGNÓSTICOS E RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1. Histórico da rodovia .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Características da rodovia .....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Congestionamento .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Pontos de análise para implantação da terceira faixa.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 Acidentes no trecho .....</b>	<b>23</b>
<b>3.6 Análise quantitativa do fluxo na via .....</b>	<b>23</b>
<b>4 MEMORIAL DESCRITIVO.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Identificação .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Planejamento e Demanda de Transporte .....</b>	<b>26</b>
4.2.1 Níveis de planejamento .....	26
4.2.2 Características da demanda de transporte.....	27
<b>4.3 Classificação das Rodovias .....</b>	<b>27</b>
4.3.1 Classificação funcional.....	27
4.3.2 Classificação técnica.....	28
<b>4.4 Acidentes em rodovias.....</b>	<b>30</b>
<b>4.5 Projeto Geométrico.....</b>	<b>31</b>
4.5.1 Características topográficas .....	31
4.5.2 Seções transversais.....	32
4.5.3 Características do Tráfego .....	35
4.5.3.1 Volumes de tráfego.....	35
4.5.3.2 Fator horário de pico.....	36
4.5.4 Volumes de tráfego.....	36
4.5.4.1 Velocidade de projeto.....	37
4.5.4.2 Velocidade de operação.....	38
4.5.5 Veículos de projeto.....	38
4.5.6 Distância de visibilidade .....	40
4.5.6.1 Distância de visibilidade de parada .....	40
4.5.6.2 Distância de visibilidade de ultrapassagem .....	42
4.5.7 Raio mínimo .....	43
4.5.8 Superelevação.....	44
4.5.8.1 Variação de seção da pista na implantação da superelevação .....	45
4.5.8.2 Necessidade de superelevação.....	46
4.5.8.3 Valores de superelevação para raios acima dos mínimos.....	46
4.5.8.4 Valores de superelevação nas restaurações de rodovias.....	46
4.5.9 Superlargura.....	47
4.5.9.1 Dimensionamento.....	47
4.5.9.2 Distribuição da superlargura.....	50
4.5.10 Curva horizontal .....	51

<b>4.6 Implantação de faixa adicionais .....</b>	<b>54</b>
4.6.1 Comprimento crítico de rampa .....	56
4.6.2 Determinação dos pontos de início e fim de rampas .....	57
4.6.2.1 Ponto de início da rampa .....	57
4.6.2.2 Ponto final da rampa.....	57
4.6.3 Características geométricas das terceiras faixas .....	58
4.6.3.1 Determinação do ponto de início da faixa adicional .....	58
4.6.3.2 Determinação do ponto final da faixa adicional.....	59
4.6.4 Largura da faixa.....	59
<b>4.7 Contagem de tráfego .....</b>	<b>60</b>
4.7.1 Contagens volumétricas.....	60
4.7.1.1 Classificação das contagens volumétricas .....	60
4.7.2 Planejamento de contagem .....	61
4.7.3 Métodos de contagem.....	61
<b>4.8 Sinalização.....</b>	<b>62</b>
4.8.1 Sinalização Vertical .....	62
4.8.2 Sinalização Horizontal .....	64
<b>5 MEMORIAL DE CÁLCULO .....</b>	<b>66</b>
<b>5.1 Averiguação das características da rodovia .....</b>	<b>66</b>
5.1.1 Características do tráfego .....	67
5.1.2 Características da terceira faixa.....	67
<b>5.2 Condições de tráfego .....</b>	<b>68</b>
5.2.1 Contagem de tráfego.....	69
5.2.2 Fator horário de pico.....	70
<b>5.3 Dimensionamento geométrico .....</b>	<b>72</b>
5.3.1 Superelevação.....	72
5.3.2 Superlargura.....	73
5.3.3 Curva Horizontal .....	74
<b>5.4 Diagnóstico dos resultados obtidos .....</b>	<b>75</b>
<b>5.5 Desenhos .....</b>	<b>76</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE A - Pontos notáveis quilômetro 29 à 30.....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE B – Pontos notáveis quilômetro 32 à 36 .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE C – Pontos notáveis quilômetro 38,5 a 40 .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE D – Projeto de implantação de terceira faixa .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO A – Tabela de contagem volumétrica .....</b>	<b>97</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de transportes possui papel fundamental no desenvolvimento econômico e na integração nacional. Em um país como o Brasil, no qual mais de 60% da movimentação de cargas e de 90% da movimentação de passageiros ocorrem pelas rodovias, é imprescindível a preocupação com a qualidade da infraestrutura oferecida nas mais diferentes regiões (CNT, 2013).

Localizada no sul de Minas Gerais, a MG 167 é considerada uma rodovia de grande fluxo na região. Com 96,6 quilômetros de extensão, surge no cruzamento com a BR 265, na cidade de Santana da Vargem e, tem seu fim na BR 267 em Cambuquira, além de cruzar os municípios de Três Pontas, Varginha e Três Corações.

Vale ressaltar que com o passar do tempo à concentração do comércio na região foi crescendo exponencialmente, tornando o trecho incapacitado para suportar tal crescimento. A saturação da via está diretamente ligada a fatores como o crescimento populacional, aumento da frota de veículos, saturação da malha viária e problemas de mobilidade.

O trecho em estudo está localizado entre os municípios de Três Pontas e Varginha. Dentro dessa perspectiva, este trabalho de conclusão de curso é uma oportunidade para realizar-se uma pesquisa sobre o assunto e apresentar uma solução viável para resolver o problema de tráfego da área de estudo em questão. Por isso, este estudo tem como objetivo apresentar o estudo de implantação de terceira faixa, assim como uma solução satisfatória para o problema de tráfego e prevenção de acidentes na MG 167 sentido Três Pontas e Varginha.

Nos capítulos iniciais são abordados os objetivos e o diagnóstico e resultados encontrados durante levantamentos feitos em campo. Adiante, no capítulo quatro, encontra-se a memorial descritivo, onde se explica, de maneira sucinta, os procedimentos, fórmulas e tabelas que a literatura disponibiliza e que foram utilizados para realizar o memorial de cálculo. Por fim com os dados coletados e analisados, finaliza-se com a elaboração técnica do projeto geométrico com suas demais considerações, além da conclusão de todo estudo elaborado.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral é analisar a viabilidade técnica de implantação da terceira faixa na MG 167, no trecho Três Pontas/ Varginha, no estado de Minas Gerais.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Analisar as condições de segurança do local em análise.
- Identificar o modelo de elevação da rodovia.
- Abordar conceitos gerais de Engenharia de Transportes.
- Realizar estudo de tráfego no sentido do estudo.
- Analisar trechos em que é viável a implantação da terceira faixa.
- Elaborar esquema de implantação da terceira faixa.

### 3 DIAGNÓSTICOS E RESULTADOS

#### 3.1. Histórico da rodovia

Localizada no sul de Minas Gerais, a MG 167 é uma das rodovias mais importantes para a região, e conta com 96,6 quilômetros de extensão. A MG 167 começa no entroncamento com a BR 265, em Santana da Vargem, e termina no entroncamento com a BR 267 em Cambuquira, passando também pelos municípios de Três Pontas, Varginha e Três Corações.

O trecho em estudo conta com cerca de 25 quilômetros de extensão, ligando as cidades de Três Pontas, um dos maiores produtores de café, e Varginha um importante centro de comércio e exportação de produtos, na qual gera um alto número de emprego, além de apresentar grande fluxo pessoas de diferentes cidades todos os dias.

O local enfrenta problemas diários relacionado com trânsito, devido a sua geometria e topografia elevada, o que acarreta congestionamento e desconforto para os motoristas que trafegam na via, na maioria das vezes todos os dias. Também nota-se um número elevado de acidentes no trecho, ocasionados pela falta de oportunidade de ultrapassagem e imprudências dos motoristas.

#### 3.2 Características da rodovia

Localizada em Minas Gerais, o local em estudo da rodovia na MG 167 tem cerca de 25 quilômetros de extensão, dispostos de trevo a trevo da cidade de Três Pontas à Varginha, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 - Extensão do trecho Três Pontas à Varginha

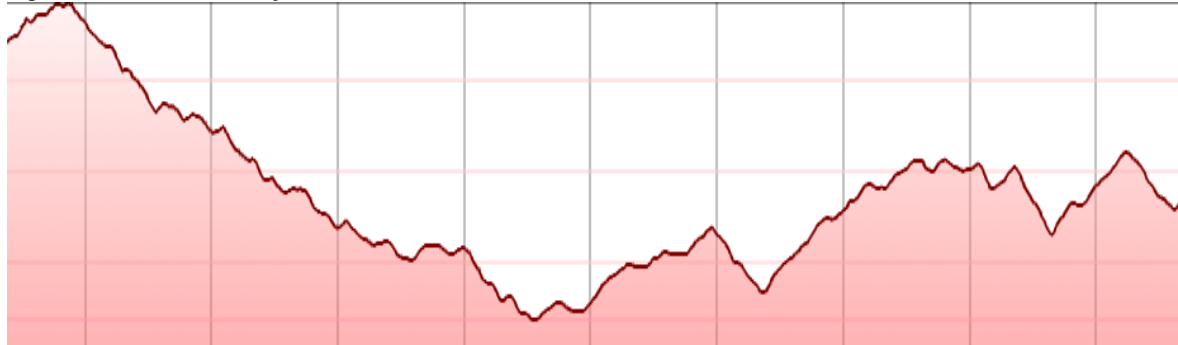


Fonte: Autor, 2019.

Caracterizado por ser um trecho de muitas curvas e com relevo acentuado, de acordo com o perfil de elevação estabelecido pelo Google Earth e retratado pela figura 2, encontra-se

com ganhos e perdas de elevação que variam de 455 metros a menos 554 metros, gerando inclinação máxima que vão de 8,7% a -10,9%, e inclinação média de 3,7% a - 4,2% ao longo de todo trecho.

Figura 2 - Perfil de elevação



Fonte: Google Earth, 2019.

A partir de levantamentos feitos em campo, foi possível estabelecer a largura das faixas de rolamento, que são de 3,5 metros ao longo de toda sua extensão conforme figura 3, exceto em pontos onde há duplicação de faixa, do lado oposto ao trecho de estudo.

Figura 3 - Largura das faixas de rolamento



Fonte: Autor, 2019.

Também observou-se um acostamento de 1,5 metros apenas em alguns pontos da rodovia de acordo com a figura 4, servindo apenas como função de auxiliar motoristas em situações de emergência, o que gera transtorno durante o tráfego na via.

A largura do acostamento é menor do que o recomendado por norma, que de acordo com as características da rodovia o ideal seria de 2,5 metros.

Figura 4 - Acostamento



Fonte: Autor, 2019.

### 3.3 Congestionamento

Um dos problemas que mais geram discussão entre os motorista são os congestionamentos que ocorrem nos pontos em aclave da rodovia, devido ao número elevado de caminhões que transitam na via. Isso ocorre pela falta de oportunidades de ultrapassagens e falta de visibilidade em determinados trechos da via.

Ainda durante o lavamento em campo, deparou-se com um congestionamento gerado por caminhões em um dos pontos onde o relevo é bastante acentuado, em um horário onde há muito movimento na via. Além do transtorno gerado no tráfego, observou-se aumento significativo no tempo de viagem, exposto na figura 5 a seguir.

Figura 5 - Congestionamento



Fonte: Autor, 2019.

Por meio do software Google Earth foi feita a delimitação da MG 167 trecho Três Pontas/Varginha e efetuada uma área de interesse para informações mais aprofundadas do trecho, conforme figura 6.

Figura 6 - Delimitação da rodovia com a área e interesse



Fonte: Google Earth, 2019.

Posteriormente esta imagem foi importada para o software Global Mapper para a obtenção das curvas de níveis de toda a extensão do trecho em estudo que, logo após também foi importada para o AutoCAD.

### 3.4 Pontos de análise para implantação da terceira faixa

Ao longo de toda extensão do trecho foram analisados pontos onde seria viável a implantação da terceira faixa de tráfego. Para tal decisão levou-se em consideração pontos onde relevo mostra-se de forma acentuada e onde não há oportunidades de ultrapassagem, além de pontos onde com falta de visibilidade. Também foram considerados pontos onde, em conversa com alguns motoristas mostrou-se de grande relevância.

O primeiro ponto encontra-se no quilômetro 29 da MG 167, no sentido de Três Pontas para Varginha, até o quilômetro 31 aproximadamente, onde o relevo começa a reduzir e, logo após se depara com uma faixa seccionada, a qual fornece oportunidades de efetuar ultrapassagens de forma segura. A figura 7 mostra o início do trecho do primeiro ponto de análise.

Figura 7 - Primeiro ponto de análise



Fonte: Autor, 2019.

O segundo ponto começa no quilômetro 32 com capacidade de chegar até o quilômetro 36 aproximadamente, onde está fixada a divisa entre Três Pontas e Varginha. Considerado o trecho onde seria mais viável a implantação da faixa por ser um ponto de grande extensão onde o relevo se apresenta bastante acentuado. Além de ser o ponto onde apresenta o maior número de congestionamentos e sem possibilidades de efetuar ultrapassagem. A figura 8 mostra o início do segundo ponto de análise.

Figura 8 - Segundo ponto de análise



Fonte: Autor, 2019.

O terceiro e último ponto de análise está no quilômetro 38,5 com a possibilidade de chegar até o quilômetro 40, este ponto fica próximo à entrada da cidade de Varginha. Nele também há um número elevado de congestionamento, mas ao longo do mesmo há uma faixa seccionada com possibilidades de realizar ultrapassagem. O terceiro ponto é representado pela figura 9 a seguir.

Figura 9 - Terceiro ponto de análise



Fonte: Autor, 2019.

### 3.5 Acidentes no trecho

Os acidentes no trecho também é motivo de preocupação para os motoristas. De acordo com a Polícia Rodoviária de Minas Gerais, são registrados por ano, 150 acidentes, uma média de um a cada dois dias. Ainda de acordo com a Polícia Rodoviária, o ano de 2017 foi considerado o ano que mais houve acidentes com vítimas fatais no trecho em estudo da MG 167.

Ainda de acordo com os policiais, a implantação de uma terceira faixa na rodovia iria reduzir de forma significativa os acidentes no local, com respaldo a redução de congestionamentos. Além disso, a Polícia Rodoviária ressaltou um ponto importante, para haver redução no número de acidentes com a terceira faixa, os motoristas precisam se comportar de forma correta, sem abusar do conforto que a terceira irá para o tráfego na rodovia.

### 3.6 Análise quantitativa do fluxo na via

Foi feito um estudo de tráfego no sentido Três Pontas a Varginha, sendo este considerado como o local de estudo. As contagens foram realizadas de acordo com a tabela de contagem volumétrica em ANEXO A, do dia 06/05/2019 ao dia 10/05/2019, no período das 17:00 às 19:00 horas.

Este horário foi estabelecido de acordo com o fluxo gerado devido ao número de caminhões que transitam nesse intervalo, ao grande número de pessoas que retornam e vão para o trabalho nas cidades vizinhas e, ao número de estudantes que estão a caminho da faculdade.

As tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 a seguir apresentam a contagem total de veículos no trecho em estudado.

Tabela 1 - Contagem de tráfego do dia 06/05/2019 (Segunda-feira)

Período	Carros	Caminhonetes	Ônibus	Caminhões	Motos	Vans	Total
17:00 - 17:15	42	10	1	16	7	0	76
17:15 - 17:30	36	11	2	5	4	2	60
17:30 - 17:45	45	15	2	5	3	0	70
17:45 - 18:00	31	12	0	5	5	0	53
18:00 - 18:15	37	17	7	7	1	12	81
18:15 - 18:30	43	6	5	11	2	26	93
18:30 - 18:45	34	9	1	5	4	6	59
18:45 - 19:00	26	8	0	3	3	2	42

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 2 - Contagem de tráfego do dia 07/05/2019 (Terça-feira)

<b>Período</b>	<b>Carros</b>	<b>Caminhonetes</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhões</b>	<b>Motos</b>	<b>Vans</b>	<b>Total</b>
17:00 - 17:15	41	9	1	11	1	0	63
17:15 - 17:30	37	9	0	15	3	3	67
17:30 - 17:45	29	10	5	4	3	1	52
17:45 - 18:00	35	18	1	7	2	1	64
18:00 - 18:15	44	8	8	11	6	9	86
18:15 - 18:30	37	7	6	5	1	28	84
18:30 - 18:45	35	13	3	10	5	0	66
18:45 - 19:00	29	7	1	6	1	2	46

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 3 - Contagem de tráfego do dia 08/05/2019 (Quarta-feira)

<b>Período</b>	<b>Carros</b>	<b>Caminhonetes</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhões</b>	<b>Motos</b>	<b>Vans</b>	<b>Total</b>
17:00 - 17:15	25	13	0	10	3	0	51
17:15 - 17:30	34	18	2	11	7	1	73
17:30 - 17:45	39	14	3	6	6	2	70
17:45 - 18:00	28	8	0	5	3	2	46
18:00 - 18:15	34	8	3	5	3	6	59
18:15 - 18:30	31	8	11	13	3	18	84
18:30 - 18:45	49	9	1	9	0	13	81
18:45 - 19:00	30	4	1	10	2	2	49

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 4 - Contagem de tráfego do dia 09/05/2019 (Quinta-feira)

<b>Período</b>	<b>Carros</b>	<b>Caminhonetes</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhões</b>	<b>Motos</b>	<b>Vans</b>	<b>Total</b>
17:00 - 17:15	27	9	1	10	3	1	51
17:15 - 17:30	31	14	3	7	2	5	62
17:30 - 17:45	32	11	3	12	0	1	59
17:45 - 18:00	40	5	0	4	4	2	55
18:00 - 18:15	37	5	7	5	1	10	65
18:15 - 18:30	38	5	5	10	2	28	88
18:30 - 18:45	45	9	2	8	4	4	72
18:45 - 19:00	31	7	0	6	2	2	48

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 5 - Contagem de tráfego do dia 10/05/2019 (Sexta-feira)

<b>Período</b>	<b>Carros</b>	<b>Caminhonetes</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Caminhões</b>	<b>Motos</b>	<b>Vans</b>	<b>Total</b>
17:00 - 17:15	43	10	1	18	4	1	77
17:15 - 17:30	40	9	1	7	3	0	60
17:30 - 17:45	48	11	4	5	4	2	74
17:45 - 18:00	44	9	2	14	2	1	72
18:00 - 18:15	49	21	6	9	2	11	98
18:15 - 18:30	43	9	4	3	7	21	87
18:30 - 18:45	36	10	0	4	3	3	56
18:45 - 19:00	34	6	1	6	3	1	51

Fonte: Autor, 2019.



Os parâmetros e métodos de cálculo usados para estabelecer o fator horário de pico e suas conversões, serão demonstrados mais detalhadamente em memorial de cálculo.

## **4 MEMORIAL DESCRITIVO**

### **4.1 Identificação**

Constituído de um estudo de caso, na modelagem de pesquisa bibliográfica e levantamentos de dados, o presente trabalho tem por objetivo apresentar as principais diretrizes para a proposta de implantação de um projeto geométrico de terceira faixa na MG 167 no trecho Três Pontas/Varginha. Com intuito de detectar os devidos problemas e propor parâmetros de reparo para os mesmos, a fim de obter melhoria de tráfego e conforto para os motoristas.

### **4.2 Planejamento e Demanda de Transporte**

O planejamento de transporte tem como finalidade estabelecer medidas para adaptar a oferta de transporte com a demanda já existente e a futura, podendo variar desde uma simples intervenção num único sistema de transporte, a uma implantação de novos meios de transporte (CAMPOS, 2013).

Ainda de acordo com Campos (2013), para uma planejamento adequado é importante fazer uma estimativa de demanda de transporte, utilizando-se métodos de projeção ou modelos de planejamento de transporte. A partir dele, é possível definir as alternativas que melhor se adapta a realidade de cada região.

#### **4.2.1 Níveis de planejamento**

Segundo Pereira (2005), os níveis de planejamento podem ser apresentados de três formas, o nível estratégico, tático e operacional.

No nível estratégico está inserido o planejamento de transporte de uma região, com objetivo desenvolver programas em conformidade com sistema integrado de transporte com operação e gerenciamento otimizado, uma vez que no nível tático são realizadas análises de médio e longo prazo. Já no nível operacional o foco está nas decisões de curto prazo, como a configuração do uso das faixas de tráfego, aplicação de dispositivos, entre outros. (PEREIRA, 2005).

#### 4.2.2 Características da demanda de transporte

De acordo com Campos (2013), demanda de transporte é considerada como uma demanda “derivada” devido à necessidade de deslocamentos para realizar atividades, podendo variar com a hora do dia, dia da semana, intuito da viagem e tipo de transporte e pode ser determinada como modelo agregado e desagregado.

No modelo agregado, a avaliação se dá de acordo com dados feitos em observações agregadas como população, emprego, renda nacional, entre outros; já no modelo desagregado observa-se que a avaliação é feita com base em observações feitas a um indivíduo ou grupos com características parecidas (CAMPOS, 2013).

Além disso, a demanda de transporte também depende de características físicas e socioeconômicas da região de estudo, uma vez que qualquer modificação no uso e ocupação do solo tem consequência em relação à movimentação das pessoas (CAMPOS, 2013).

### 4.3 Classificação das Rodovias

A classificação de rodovias, em diversos aspectos, tem se mostrado importante para atender a enfoques e objetivos específicos de natureza técnica, administrativa e de interesse dos usuários das vias em geral (DNER, 1999).

Ainda conforme prescrito no DNER (1999), para fins de projetos há duas formas de classificação das rodovias que se fazem necessárias: classificação funcional e classificação técnica.

#### 4.3.1 Classificação funcional

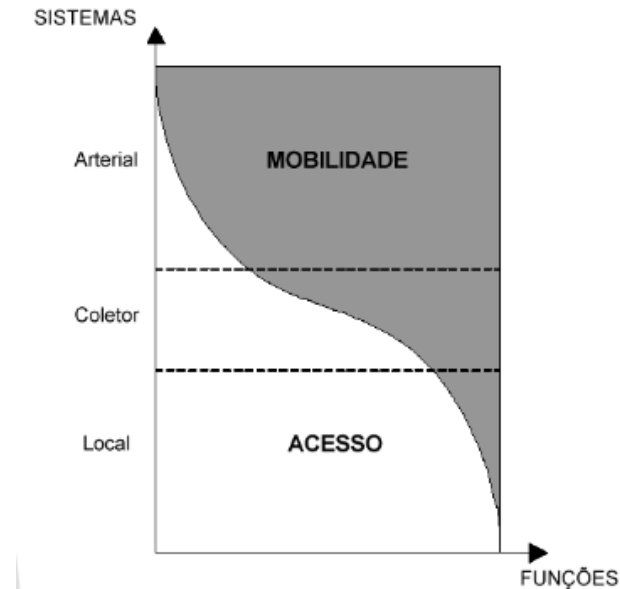
A classificação funcional integra as rodovias de acordo com as características do nível de serviço que devem prestar. Também reconhece que as rodovias não atendem independentemente as viagens realizadas, uma vez que a maioria dos deslocamentos utiliza variadas redes de rodovias que podem ser classificadas de uma maneira lógica e eficiente (DNER, 1999).

De acordo com DNIT (2010), ainda são classificadas de acordo com seus níveis de mobilidade e acessibilidade, apresentando-se como sistemas arteriais, coletoras e locais.

Os sistemas arteriais possuem a função de proporcionar a mobilidade, enquanto os sistemas coletores englobam rodovias que apresentam um misto de funções de mobilidade e

acesso. Já os sistemas locais abrangem principalmente rodovias de modo a oferecer condições de acesso de acordo com a figura 10, uma vez que quanto maior acesso menor a mobilidade e vice-versa (DNIT, 2010).

Figura 10 - Classificação funcional do sistema rodoviário do Brasil



Fonte: DNER, 1974.

Segundo Santos (2013) a classificação funcional ainda contribui com a classificação técnica na delimitação dos aspectos de cada rodovia.

#### 4.3.2 Classificação técnica

Com as considerações feitas a respeito da classificação funcional pode-se perceber que cada trecho de rodovia necessita de características técnicas definidas a fim de atender o volume e composição de tráfego, velocidade, relevo do terreno, jurisdição, e outros (DNER, 1999).

Divide-se em classes, que variam de 0 a IV de acordo com os critérios estabelecidos pelo DNIT (2010), em ordem de padrões de condição técnica e de acordo com os parâmetros de classificação, como a posição hierárquica dentro da classificação funcional, o volume médio diário de tráfego, níveis de serviço entre outros condicionantes.

Em relação à posição hierárquica da classificação funcional, entende-se que as vias de maior nível normalmente se encaixam nas classes técnicas mais elevadas, tendo em vista seu volume tráfego. Por ventura ocorrem exceções, possibilitando que uma rodovia de classe funcional tenha classificação contrária ao conceito utilizado (DNER, 1999).

Conforme estabelecido pelo DNIT (2010), o quadro 1 a seguir, retrata as classes de projeto, como também as características gerais, critérios de classificação e respectivas velocidades de projeto apropriado.

Quadro 1 - Classificação das rodovias

CLASSE DE PROJETOS	CARACTERÍSTICAS	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA	VELOCIDADE DE PROJETO POR REGIÃO (Km/h)		
			Plana	Ondulada	Montanhosa
0	Via Expressa - controle total de acesso	Decisão administrativa	120	100	80
I	A Pista dupla - Controle parcial de acesso	O volume de tráfego previsto reduzirá o nível de serviço em uma rodovia pista simples abaixo do nível "C"	100	80	60
	B Pista simples	Volume horário de projeto VHP > 200 Volume médio diário VMD > 1400			
II	Pista simples	Volume médio diário VMD 700 - 1400	100	70	50
III	Pista simples	Volume médio diário VMD 300 - 700	80	60	40
IV	Pista simples	Volume médio diário VMD < 300	80 - 60	60 - 40	40 - 30

Fonte: DNIT, 2010.

Os principais critérios para a definição a classe de uma rodovia são: a posição hierárquica dentro da classificação funcional, o volume médio diário de tráfego (VDM), o nível de serviço e outros fatores condicionantes, como o relevo da região atravessada, o nível de ocupação da área e os custos de implantação (DNER, 1999).

A Classe 0 contempla as vias expressas de padrão técnico mais elevado, com pista dupla ou múltiplas pistas, controle total de acessos, interseções em desnível, bloqueio total de pedestres e atendimento a elevados volumes de tráfego (PELLEGRINI, 2006).

A Classe I subdivide-se em I-A e I-B. As rodovias de Classe I-A apresentam pista dupla e controle parcial de acessos cujas características são de rodovia arterial. Já as rodovias de Classe I-B são as de pista simples que apresentam o melhor padrão de projeto, com parâmetros semelhantes aos apresentados pelas rodovias de Classe I-A (PELLEGRINI, 2006).

Ainda de acordo com Pellegrini (2006), as rodovias de Classes II e III também contam com pista simples e apresentam características técnicas inferiores às de Classe I-A, pois são projetadas para atender menores volumes de tráfego.

Já, as rodovias de Classe IV são projetadas para atender ao tráfego, apresentado apenas características técnicas suficientes para a operação e o menor custo de implantação possível. Geralmente, não são pavimentadas e integram sistema viário local, compreendendo estradas locais e vias pioneiras, com as funções de canalizar o fluxo de tráfego para sistemas viários de características superiores e assegurar acesso às localidades mais isoladas e às áreas ainda inexploradas ou passíveis de ocupação no futuro (PELLGRINI, 2006).

O nível de serviço inferior ao nível C se aplica no caso de terreno plano ou levemente ondulado, o que ocorre quando o VMD está acima de 5.500 veículos, em casos de região plana com excelentes condições de visibilidade ou, acima de 1.900 veículos por dia, se tratar de região levemente ondulada com má condição de visibilidade (DNER, 1999).

#### **4.4 Acidentes em rodovias**

Segundo Madalozo, Dyminski e Ribeiro (2014), usualmente nota-se que acidentes de trânsito são ocorrências complexas que em geral envolvem a influência de muitos elementos que contribuem para tal fato, como as características e geometria da via, o meio ambiente, as condições de tempo e iluminação, o tráfego, fatores humanos e condições do veículo.

De acordo com Santos (1998) no que se trata de características de rodovia, os principais fatores que contribuem de forma expressiva na ocorrência de acidentes são: a largura da pista de rolamento; o raio e grau das curvas horizontais; a extensão e declividade das rampas; distância de visibilidade; volume de tráfego; velocidade de projeto; taludes laterais; pontes, essas em relação a sua largura; características de canteiro central e por último as zonas de escape.

Os elementos geométricos de uma rodovia que se associa com o elevado número de acidentes geralmente se referem ao traçado em planta, perfil ou seção transversal, visto que curva é considerada um ponto chave no traçado da rodovia, uma vez que a ocorrência de acidentes na mesma é superior aos trechos retos, numa variação de 1,5 a 4 vezes (MADALOZO, DYMINSKI e RIBEIRO, 2014).

Ainda conforme Madalozo, Dyminski e Ribeiro (2014), a velocidade é um item de extrema importância na determinação das características de projeto, junto com o raio mínimo, a superelevação, superlargura e distância de visibilidade.

#### **4.5 Projeto Geométrico**

Segundo Millack (2014) à medida que há expansão na rede viária, surgem regiões de conflito nas vias, tornando-se necessário a realização de um tratamento técnico para melhor atendimento de um número cada vez maior de usuários nesses locais; correlacionando características de operação e segurança.

Os critérios para o projeto geométrico das estradas baseiam-se em princípios de geometria, de física e nas características de operações dos veículos. Incluem não somente cálculos teóricos, mas também resultados empíricos deduzidos de numerosas observações e análises do comportamento dos motoristas, reações humanas, capacidade das estradas, entre outras. A construção de uma estrada deve ser tecnicamente possível, economicamente viável e socialmente abrangente (FILHO 1998, p.1).

Uma estrada projetada de forma adequada, não deverá apresentar condicionantes inadequados como curvas fechadas e frequentes, greides com declividades fortes ou deficiência de visibilidade, deve-se sempre na medida do possível evitar características indesejáveis (FILHO, 1998).

Para Antas *et al.* (2010, p.18) devem ser levadas em consideração algumas regras básicas fundamentais, como as curvas, que devem ter o maior raio possível; a rampa máxima deve ser utilizada somente em casos extremos e com menor extensão possível; a visibilidade deve ser garantida em todo traçado; as distâncias de transportes devem ser os menores possíveis, entre outros fatores.

##### **4.5.1 Características topográficas**

Um das grandes preocupações na elaboração do projeto geométrico é o traçado respeitando o terreno e as condições técnicas, pode-se resultar em maior ou menor escavação,

são usuais três padrões característicos de topografia: terreno plano, ondulado e montanhoso. (ANTAS *et al.*,2010, p.14).

Para Antas *et al.*(2010, p.14) foram desenvolvidas diversas maneiras diferentes para definir essas características, mas observa-se que as regiões não se apresentam de forma homogênea, dificultando essa definição; desta forma foi estabelecido o a seguinte equação:

$$\tan \alpha = \frac{e \sum l}{\pi r^2} \times 100$$

(Equação 1)

Onde:

Terreno planos =  $\tan \alpha < 11\%$ ;

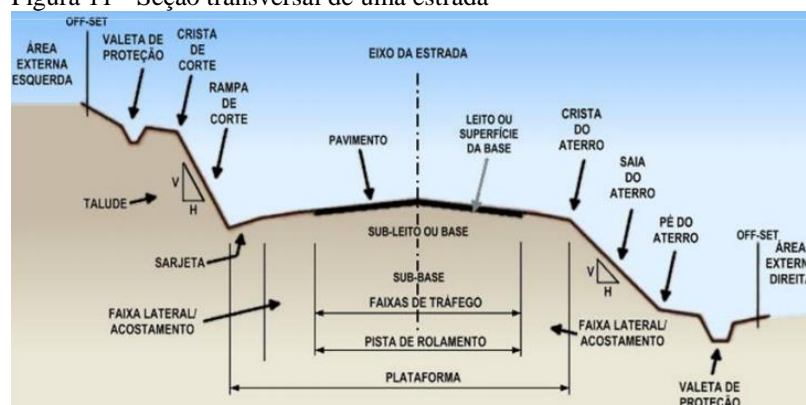
Terreno ondulado =  $\tan \alpha$  de 11 a 33%;

Terreno montanhoso =  $\tan \alpha > 33\%$ .

#### 4.5.2 Seções transversais

De acordo com Filho (1998), as seções transversais são projeções da estrada sobre planos verticais perpendiculares ao eixo, devem ser estabelecidas em pontos que permitam a definição de todas as características do projeto, e devem conter as dimensões e inclinações transversais dos acostamentos, faixas de tráfego e outros elementos que estabelecem a plataforma da estrada; taludes de corte ou aterro; inclinação e localização de obras de arte, dispositivos de drenagem, obras de proteção; áreas de corte ou aterro; posição dos *offsets* de terraplanagem e faixa de domínio e outras informações pertinentes que compõem a estrada, conforme exposto na figura 11.

Figura 11 - Seção transversal de uma estrada

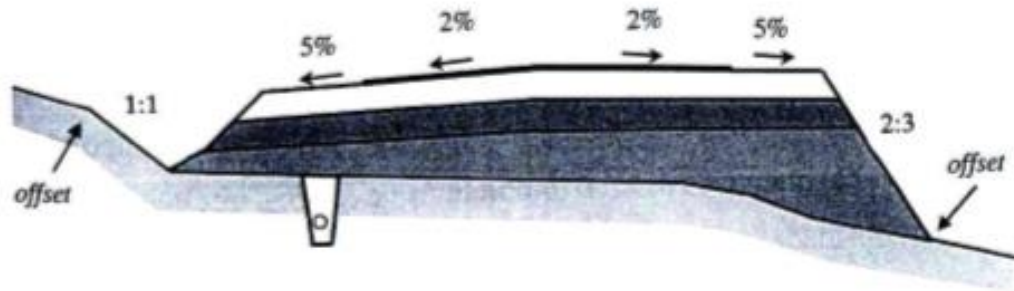


Fonte: Manzoli, 2014.





Figura 14 - Seção mista



Fonte: Filho, 1998.

Nas estradas a inclinação mínima de um pavimento asfáltico é de 2% e 1,5% nas seções transversais e em casos de pavimentos bem executados, pode-se chegar a até 5% em casos de estradas com solo estabilizado; normalmente é usada inclinação constante para cada faixa de rolamento em relação ao eixo da estrada ou em casos de pistas duplas uma única inclinação transversal para todas as faixas (FILHO, 1998).

Ainda de acordo com Filho (1998) a largura das faixas de tráfego é conseguida através da largura do veículo de projeto, largura da faixa de segurança, velocidade diretriz e o nível de conforto de viagem que deseja alcançar, obtida através do relevo conforme apresentado na tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Larguras das faixas de rolamento em função do relevo (m)

CLASSE DE PROJETO	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
0	3,6	3,6	3,6
I	3,6	3,6	3,5
II	3,6	3,5	3,3
III	3,5	3,3	3,3
IV - A	3	3	3
IV - B	2,5	2,5	2,5

Fonte: DNER, 1999.

Todas as vias deverão ser dispostas de acostamentos, sendo elas pavimentadas ou não, as pavimentadas tem função de contribuir para conter e suportar a estrutura do pavimento da pista, importante ressaltar que os acostamentos devem possuir textura, rugosidade, e outras características constantes com a pista; a tabela 7 resume os valores a serem adotados (FILHO, 1998).

Tabela 7 - Largura dos acostamentos externos (m)

CLASSE DE PROJETO	RELEVO		
	PLANO	ONDULADO	MONTANHOSO
0	3	3	3
I	3	2,5	2,5
II	2,5	2,5	2
III	2,5	2	1,5
IV - A	1,3	1,3	0,8
IV - B	1	1	0,5

Fonte: DNER, 1999.

#### 4.5.3 Características do Tráfego

Segundo o Manual de Estudos de Tráfego (2006, p. 63) “O volume, a velocidade e a densidade são três características fundamentais dos aspectos dinâmicos do tráfego. A análise destes três elementos permite a avaliação global da fluidez do movimento geral de veículos”.

##### 4.5.3.1 Volumes de tráfego

O volume de tráfego é estabelecido de acordo como o número de veículos que passam pela seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante um período tempo, também inclui os veículos que circulam pela via em um só sentido ou em ambos, de acordo com a análise a ser realizada, normalmente representado em veículos/dia (VPD) ou veículos/hora (VPH) (SANTOS, 2013).

Conforme DNIT (2006) os volumes de tráfego podem ser divididos em:

- a) Volume Médio Diário: definido pela média dos volumes de veículos que circulam durante 24 horas em um trecho de via. A determinação deste volume é utilizada para identificar as necessidades de melhorias nas vias existentes, implantação de novas vias, cálculo de taxas de acidentes, entre outros.

São utilizadas para expressar o volume médio diário as algumas definições, conforme estabelecido pelo DNIT (2006):

- Volume Médio Diário Anual (VMDA): número total de veículos que circulam em um ano dividido por 365.
- Volume Médio Diário Mensal (VMDM): número total de veículos que circulam em um mês dividido pelo número de dias do mês. Deve acompanhar o nome do mês que se refere.

- Volume Médio Diário Semanal (VMDS): número total de veículos que circulam em uma semana dividida por sete. Deve acompanhar o nome do mês que se refere.
- Volume Médio Diário em um Dia da Semana (VMDd): número total de veículos que circulam em um dia da semana. Deve indicar o dia da semana e o mês correspondente.

Para todos os casos acima se utiliza a unidade veículos/dia; sendo o de maior relevância o VMDA (DNIT, 2006).

- b) Volume Horário: definido como o número total de veículos que circulam em uma determinada hora. Este volume é adotado para o dimensionamento dos detalhes geométricos das vias e interseções, determinação dos níveis de serviço, planejamento de operação da via, sinalização, regulamentação do trânsito, e passa a ser definido como Volume Horário de Projeto (VHP).

#### 4.5.3.2 Fator horário de pico

Segundo DNIT (2006), o fator horário de pico é definido pelo volume de hora de pico do período de tempo considerado, dividido pelo quádruplo do volume do período de quinze minutos do horário de maior fluxo de tráfego, representada pela seguinte fórmula:

$$FHP = \frac{VHP}{4 \cdot V15, \text{máx}}$$

(Equação 2)

Onde:

FHP = fator horário de pico;

VHP = volume horário de pico;

V15, máx. = volume do período de 15 minutos com maior fluxo de tráfego dentro da hora de pico.

Ainda de acordo com o Manual de Estudos de Tráfego (2006) o FHP mostra a variação no volume de veículos que passa por determinado trecho da via e o grau de uniformidade do fluxo.

#### 4.5.4 Volumes de tráfego

O volume de tráfego é estabelecido de acordo como o número de veículos que passam pela seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante um período tempo, também

inclui os veículos que circulam pela via em um só sentido ou em ambos, de acordo com a análise a ser realizada (SANTOS, 2013).

#### 4.5.4.1 Velocidade de projeto

A AASHTO (2001) define velocidade de projeto, como a máxima velocidade que o veículo deve se manter em determinado trecho, em condições de segurança. É a velocidade estabelecida para fins de projeto de acordo com as características da via, como curvatura, superelevação e distância de visibilidade, além disso, a velocidade deve ser adequada com a topografia da região e a classe da rodovia (FILHO, 1998).

Em uma determinada estrada deve-se estabelecer uma única velocidade, usando-se velocidades diferentes somente em condições específicas, como em casos onde a topografia sofre variação acentuada; uma vez que velocidades diretrizes elevadas demandam características geométricas mais amplas, que geralmente aumentem o custo da construção (FILHO, 1998).

Ainda de acordo com Filho (1998), depois de definida a velocidade de projeto a maior parte das características geométrica serão calculadas em função da mesma, também se faz necessário à homogeneização de um padrão por toda extensão do trecho, conforme o quadro 2, que expressa os valores das velocidades a serem adotadas para as diferentes classes de projeto.

Quadro 2 - Velocidade de projeto por região

CLASSES DE PROJETO		VELOCIDADE DE PROJETO (Km/h)		
		PLANA	ONDULADA	MONTANHOSA
0		100	100	80
I	A	100	80	60
	B	100	80	60
II		80	70	50
III		70	60	40
IV	A	60	40	30
	B	60	40	30

Fonte: DNER, 1999.

#### 4.5.4.2 Velocidade de operação

Definida como a maior velocidade que o veículo pode realizar durante o percurso em uma via, nas condições favoráveis de tempo e tráfego, sem ultrapassar a velocidade de projeto; obtida pela soma da distância dividida pelo tempo de percurso (FILHO, 1998).

Ainda segundo o autor Filho (1998), os veículos não conseguem trafegar com a mesma velocidade em toda estrada na velocidade de projeto, além disso, também existem características geométricas que são determinadas em função da velocidade de operação oposto a velocidade de projeto.

#### 4.5.5 Veículos de projeto

Segundo estabelecido pelo DNER (1999), é considerado veículos de projeto aqueles cujas características físicas e operacionais se enquadram em parâmetros que se adequam nos diferentes aspectos do dimensionamento geométrico, como:

- A largura do veículo de projeto influencia na largura da pista de rolamento, acostamento e interseções;
- A distância entre eixos influi no cálculo da superlargura e na definição dos raios mínimos internos e externos das pistas dos ramos;
- O comprimento total do veículo influencia a largura dos canteiros, extensão das faixas de espera, entre outros;
- A relação peso bruto/potência influencia no valor da rampa máxima e participa na determinação da necessidade de faixa adicional de aclave (terceira faixa);
- A altura admissível para os veículos influi no gabarito vertical.

A decisão durante a escolha do veículo de projeto deve ter em vista a composição do tráfego que utiliza a rodovia, obtida através de contagem volumétrica de tráfego ou projetos que possuem projeções futuras (FILHO, 1998).

De acordo com Filho (1998), constituem-se quatro grupos básicos de veículos, que são escolhidos de acordo com as características do tráfego, de acordo com as definições:

- VP: veículos de passeio leves, com características físicas e operacionais semelhantes ao automóvel, como utilitários, furgões, entre outros;
- CO: veículos comerciais rígidos, de unidade tratora simples, abrangem os caminhões e ônibus convencionais, geralmente de 2 eixos e 6 rodas;

- SR: veículo comercial articulado, de unidade tratora simples e semirreboque;
- O: veículos comerciais com dimensões maiores que o veículo CO, como ônibus de longo percurso e caminhões longos.

Ainda de acordo com Filho (1998), devem ser levadas em consideração as dimensões básicas dos veículos de projeto recomendadas para o uso de projeto geométrico de rodovias no Brasil, de acordo com a tabela 8.

Tabela 8 - Dimensões básicas dos veículos de projeto (m)

CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO	VEÍCULO DE PROJETO			
	VP	CO	O	SR
Largura total	2,1	2,6	2,6	2,6
Comprimento total	5,8	9,1	12,2	16,8
Raio mínimo da roda externa dianteira	7,3	12,8	12,8	13,7
Raio mínimo da roda interna traseira	4,7	8,7	7,1	6

Fonte: DNER, 1999.

Para estudos de capacidade utiliza-se a Unidade de Carro de Passeio (UCP), a tabela 9 apresenta fatores de equivalência de veículos motorizados, bicicletas e veículos não classificados em carros de passeio, de forma a possibilitar transformar determinado tipo de veículo em número de carro de passeio (BRASIL, 2006 apud *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen - HBS, 2000*)

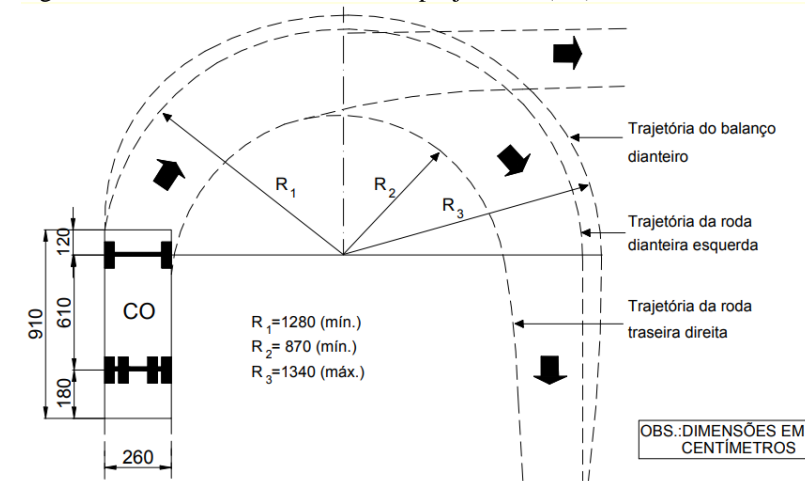
Tabela 9 - Fator de equivalência em carros de passeio (UCP)

Tipo de veículo	VP	CO	SR	M	B	SI
Fator de equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

Fonte: Brasil, (2006) apud *Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen - HBS, (2000)*.

No Brasil o grupo usado na maioria dos casos é o veículo CO, e conforme Filho (1998), as dimensões básicas estão representadas na figura 15 a seguir.

Figura 15 - Dimensões do veículo de projeto CO (cm)



Fonte: Filho, (1998).

#### 4.5.6 Distância de visibilidade

Segundo DNER (1999), as distâncias de visibilidade representam os padrões de visibilidade a serem concedidos ao motorista, de modo que o mesmo não sofra limitações visuais ligadas às características geométricas da rodovia e possa tomar decisões necessárias à sua segurando a tempo.

O projeto de uma rodovia deve ser definido de modo que o motorista tenha melhor visibilidade de toda a estrada, uma vez que a visibilidade é limitada pelas mudanças de direção durante sua extensão, condições climáticas, comportamento de motoristas e características de veículos, divididas em distância de visibilidade de parada e ultrapassagem.

##### 4.5.6.1 Distância de visibilidade de parada

Conforme descrito no DNER (1999), distância de visibilidade é definida como a distância mínima necessária para que um veículo possa parar com segurança antes de atingir um obstáculo.

Segundo Filho (1998) a velocidade diretriz em dias chuvosos é reduzida para uma velocidade média inferior à velocidade diretriz, conforme expressa na tabela 10.

Tabela 10 - Velocidades médias em pistas molhadas

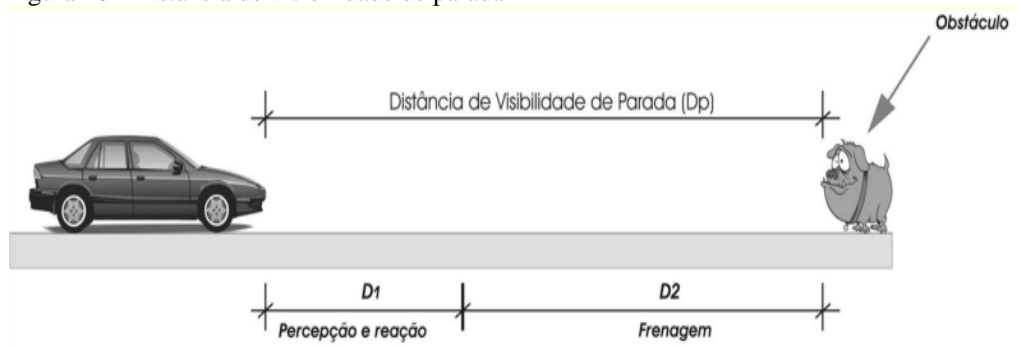
Velocidade diretriz (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidade média (km/h)	30	38	46	54	62	71	79	86	92	98

Fonte: DNER, 1999.



A distância de visibilidade de parada é a soma de duas parcelas, a primeira distância ( $D_1$ ) diz respeito à distância percorrida pelo veículo, entre o momento em que o motorista vê o obstáculo e o momento em que inicia a frenagem, já a segunda distância ( $D_2$ ) é relativa à distância percorrida durante a frenagem, conforme exemplifica a figura 16 (FILHO, 1998).

Figura 16 - Distância de visibilidade de parada



Fonte: Filho, 1998.

Conforme prescrito pelo DNER (1999), os valores de distância de visibilidade de parada são dados pela soma de  $D_1$  e  $D_2$ , o que resultou na equação geral a seguir:

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

(Equação 3)

Onde:

$Dp$  = distância de visibilidade de parada (m);

$i$  = greide (m/m) – positivo no sentido ascendente e negativo no sentido descendente;

$V$  = velocidade diretriz ou velocidade média (Km/h);

$f$  = coeficiente de atrito longitudinal pneu/pavimento.

O primeiro termo da fórmula corresponde ao tempo necessário para a percepção gasto pelo motorista de 1,5 segundos, somados 1,0 segundo para o tempo necessário à reação da frenagem, o que resulta no total 2,5 segundos de percepção e reação; já o segundo diz respeito à distância percorrida desde o início da frenagem até a imobilização (DNER, 1999).

Os valores dos coeficientes variam de acordo com o tipo, pressão, condições dos pneus, tipo e estado do pavimento, e principalmente se o pavimento está seco ou molhado. Com isso os valores recomendados para os coeficientes de atrito de acordo com DNER (1999) são apresentados nas tabelas 11 e 12 a seguir.

Tabela 11 - Coeficiente de atrito longitudinal

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores de f para Vdir (velocidade diretriz)</b>									
<b>Vdir ( Km/h)</b>	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>f</b>	0,4	0,37	0,35	0,33	0,31	0,3	0,29	0,28	0,28	0,27

Fonte: DNER, 1999.

Tabela 12 - Coeficiente de atrito longitudinal

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores de f para Vmed (velocidade média)</b>									
<b>Vdir (km/h)</b>	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>Vmed (Km/h)</b>	30	38	46	54	62	71	79	86	92	98
<b>f</b>	0,4	0,38	0,36	0,34	0,32	0,31	0,3	0,3	0,3	0,3

Fonte: DNER, 1999.

#### 4.5.6.2 Distância de visibilidade de ultrapassagem

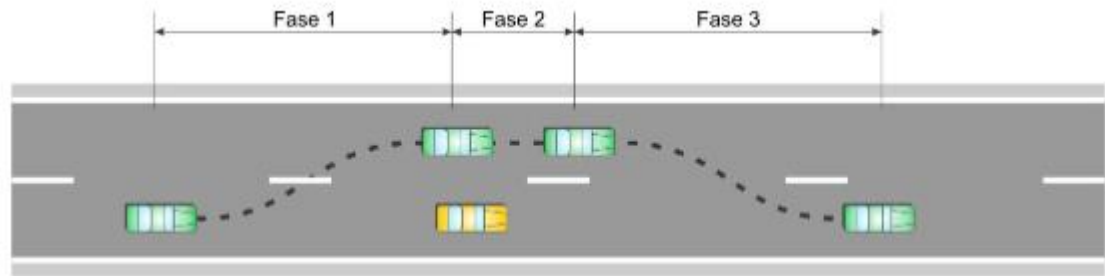
A distância de visibilidade de ultrapassagem tem o intuito de proporcionar ao veículo realizar uma manobra de ultrapassagem em condições de segurança e conforto em pista simples e de mão de dupla em relação aos veículos mais lentos (FILHO, 1998).

Em casos de rodovias com volumes de tráfego baixo, a necessidade de ultrapassagem é pequena e há mais oportunidades para efetuar tal manobra, uma vez que o número de veículos que se aproxima no sentido contrário é relativamente menor, já para os volumes crescentes como o fluxo de veículos que deseja ultrapassar é alto em todos os sentidos de fluxo, torna-se adequado aumentar o número de oportunidades de maneira segura (DNER, 1999).

É aconselhável estabelecer faixas com visibilidade de ultrapassagem a cada 1,5 quilômetros e 3,0 quilômetros de acordo com cada estrada o mais longo possível (FILHO, 1998). Também deve-se ressaltar que a existência da distância de visibilidade suficiente não é garantia para sua execução, uma vez que depende do volume de tráfego do sentido contrário que reduzem o número de possibilidades; em casos extremos a solução para tal fato seria duplicação ou a criação de terceira faixa em rampa ascendente (DNER, 1999).

A figura 17 a seguir apresenta elementos de primeira fase, onde o veículo prepara para efetuar a manobra de ultrapassagem, de segunda fase, onde o veículo começa a manobra, e de terceira fase, onde o veículo prepara para voltar de forma segura para a faixa de tráfego, que estão presentes na determinação da distância de visibilidade de ultrapassagem (FILHO, 1998).

Figura 17- Esquema de ultrapassagem



Fonte: Pellegrini, 2006.

De acordo DNER (1999), no cálculo das distâncias de ultrapassagem mínimas existe algumas que devem ser levadas em considerações para uma porcentagem alta de motoristas dadas a seguir (DNER, 1999):

- O veículo mais lento (VL) a ser ultrapassado, trafega com velocidade uniforme;
- O veículo mais rápido (VR) que ultrapassará, está atrás do VL e com a mesma velocidade no momento que atinge o ponto inicial (PI) do intervalo de ultrapassagem.

Os valores de distância de visibilidade de ultrapassagem são dados pelo DNER (1999) de acordo com a tabela 13.

Tabela 13 - Distância de visibilidade de ultrapassagem

V velocidade diretriz(Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100
Distância de visibilidade de ultrapassagem (m)	180	270	350	420	490	560	620	680

Fonte: DNER, 1999.

#### 4.5.7 Raio mínimo

Entende-se por raio mínimo o menor raio que pode ser percorrido na velocidade de projeto e a uma superelevação máxima admissível, com segurança e conforto (DNER,1999).

Os coeficientes de atrito transversal foram fixados atendendo as condições de segurança de acordo com a velocidade e devem ser empregados na definição dos raios mínimos admissíveis, conforme mostra a tabela 14 (DNER, 1999).

Tabela 14 - Valores admissíveis de coeficiente de atrito transversal

Velocidade diretriz (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Coeficiente de atrito transversal fmáx	0,2	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11

Fonte: DNER, 1999.

Ainda de acordo com DNER (1999), as condições de equilíbrio de um veículo para uma determinada curva é expressa de acordo com a seguinte equação:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{máx} + f_{atmáx})} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

R = raio da curva (m);

V = velocidade diretriz (Km/h);

e<sub>máx</sub> = máxima taxa de superelevação adotada (m/m);

f<sub>máx</sub> = máximo coeficiente e atrito transversal admissível entre o pneu e pavimento.

- Para  $V_p \leq 80$  Km/h:

$$f_{at\ máx} = 0,188 - \frac{V_p}{1667} \quad (\text{Equação 5})$$

- Para e<sub>máx</sub>:

10% - rodovias de classe 0 e 1, em regiões planas e onduladas;

8% - rodovias de classe 1 em regiões montanhosas e rodovias com demais classes de projeto;

6% - áreas urbanizadas e em trechos sujeitos a redução de velocidade;

4% - situações com intensa ocupação do solo adjacente.

#### 4.5.8 Superelevação

Superelevação se dá pela inclinação transversal necessária nas curvas com intuito de combater a força centrífuga criada nos veículos e dificultar a derrapagem; entende-se pela função do

raio de curvatura e velocidade do veículo, geralmente expressa em porcentagem, representa pela equação a seguir conforme Filho (1998).

$$e = tg\alpha$$

(Equação 6)

Onde:

e = superelevação (e)

Valores de “e” descritos no Raio mínimo.

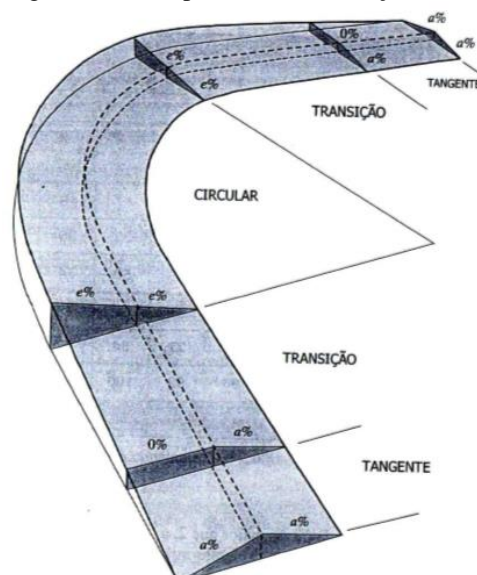
Segundo DNER (1999) existem alguns critérios que abrangem a superelevação, esses estão dispostos nos tópicos apresentados nos itens 4.5.8.1, 4.5.8.2, 4.5.8.3, 4.5.8.4.

#### 4.5.8.1 Variação de seção da pista na implantação da superelevação

Nos trechos em tangente a seção transversal da pista simples se apresenta de forma alombada, no qual as duas faixas de trânsito são inclinadas em torno do eixo, sendo essas inclinações de 2% (DNER, 1999).

A seção transversal da pista nas distâncias em curvas usualmente apresentam declividades constantes, inclinada na parte interna da curva no mesmo valor da superelevação. A partir disso são estabelecidos dois comprimentos de transição, o comprimento de transição em tangente T e transição em curva L, conforme mostrado na figura 18 (DNER, 1999).

Figura 18 - Comprimento de transição



Fonte: Filho, 1998.

Denomina-se transição em tangente T a extensão que antecipa o comprimento de transição da superelevação e ao longo onde começa a rotação da pista ou parte dela, até sua seção horizontal (DNER, 1999). Ainda segundo o DNER (1999) o comprimento de transição da superelevação em L se dá onde toda ou apenas uma parte da pista tem sua seção no plano horizontal e termina onde atingida a superelevação final constante no trecho circular.

#### 4.5.8.2 Necessidade de superelevação

Para cada velocidade diretriz é considerado um valor de raio de acordo com a aceleração centrífuga que por ser pequena pode ser desconsiderada, o que faz o trecho ser tratado como tangente, ora por questão de aparência, ou por condições de mudança de declividade transversal da pista, tal valores considerados conforme a tabela 15 seguinte (DNER, 1999).

Tabela 15 - Valores de R acima dos quais a superelevação é dispensável

V (Km/h)	30	40	50	60	70	80	90	≥100
R (m)	450	800	1250	1800	2450	3200	4050	500

Fonte: DNER, (1999).

#### 4.5.8.3 Valores de superelevação para raios acima dos mínimos

Para raios maiores que os mínimos, não há necessidade de manter a superelevação máxima, uma vez que a aceleração centrífuga diminui. Também mostrou-se conveniente à adoção de valores variáveis, descrentes em relação ao raio, de forma a proporcionar ao motoristas condições de conforto para os diversos valores de raios estabelecidos, calculados de acordo com a equação seguinte (DNER, 1999).

#### 4.5.8.4 Valores de superelevação nas restaurações de rodovias

Nos casos de superelevação nas restaurações de rodovias tem-se que verificar a situação real de cada caso, uma vez que se pode tornar inviável, usualmente verifica-se a obediência à superelevação mínima exigida em função da segurança, dada na equação geral a seguir (DNER, 1999).

$$e \geq \frac{V^2}{127 \cdot R} - f_{\text{máx}}$$

(Equação 7)

Onde:

$e$  = superelevação indispensável (m/m);

$V$  = velocidade de operação predominante no trecho (Km/h);

$R$  = raio da curva (m);

$f_{\text{máx}}$  = coeficiente de atrito transversal.

#### 4.5.9 Superlargura

Superlargura é definida pelo aumento de largura necessário o nas curvas ideal para a inscrição dos veículos, além disso, devem-se manter as condições de conforto e segurança dos trechos em tangente (FILHO, 1998).

##### 4.5.9.1 Dimensionamento

Segundo o DNER (1999), o cálculo da superlargura é obtido pelo cálculo da largura total da pista para o veículo de projeto adotado (usualmente veículo CO), e a largura básica estabelecida para a pista em tangente, dada pela fórmula geral a seguir:

$$S = Lt - Lb$$

(Equação 8)

$$Lc = (2 \cdot (Gc + Gl) + Gbd) + Fd$$

(Equação 9)

Onde:

$S$  = superlargura total da pista;

$Lc$  = largura total em curva da pista de 2 faixas de tráfego;

$Lb$  = largura básica da pista em tangente;

$Gc$  = gabarito estático do veículo em curva;

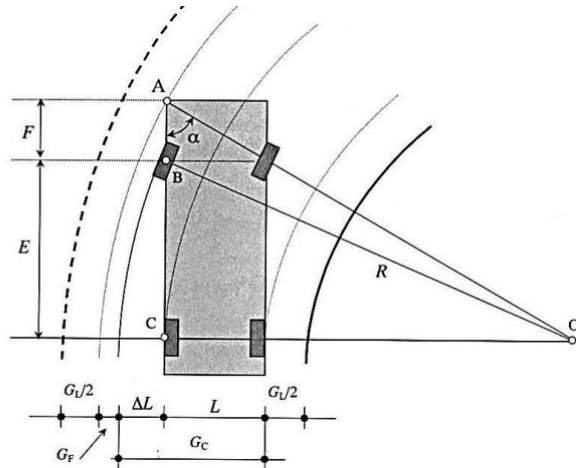
$Gl$  = folga lateral do veículo em movimento;

$\Delta F$  = acréscimo devido ao balanço dianteiro do veículo em curva;

$Z$  = folga dinâmica, determinada de forma experimental e empírica.

De acordo com Filho (1998), a trajetória de um veículo em curva é disposta conforme a figura 19 seguir.

Figura 19 - Trajetória de um veículo em curva



Fonte: Filho, (1998).

Ainda de acordo com DNER (1999), têm-se as seguintes expressões:

$$Gc = Lv + \frac{E^2}{2.R}$$

(Equação 10)

Onde:

$Lv$  = largura do veículo de projeto, em metros (usualmente  $Lv = 2,6m$ );

$E$  = distância entre eixos do veículo de projeto, em metros (usualmente  $E = 6,10m$ );

$R$  = raio da curva, em metros.

$$\Delta F = \sqrt{R^2 + BD \cdot (2.E + BD)} - R$$

(Equação 11)

Onde:

$BD$  = balanço dianteiro do veículo de projeto, em metros (usualmente  $BD = 1,2m$ );

$E$ ,  $R$ , se mantêm como acima.

$$Z = \frac{V}{10 \cdot \sqrt{R}}$$

(Equação 12)



Onde:

V = Velocidade diretriz (Km/h);

R = raio de curva (m).

E ainda os de GI são adotados em função em função da largura da pista de rolamento em tangente Lb conforme estabelecido na tabela 16:

<b>Lb(m)</b>	6,00/6,40	6,60/6,80	7,00/7,20
<b>GI (m)</b>	0,6	0,75	0,9

Fonte: DNER, 1999.

Deve-se observar que a necessidade de superlargura aumenta conforme o porte do veículo de projeto e com a redução da largura da pista em tangente, esses valores são estabelecidos de acordo com as tabelas 17 e 18 (FILHO, 1998).

<b>V (km/h)</b>	30	40	50	60	70	80	90	100	Tipo de Veículo
<b>R (m)</b>	130	160	190	220	260	310	360	420	CO
<b>R (m)</b>	270	300	340	380	430	480	540	600	SR

LARGURA BÁSICA DA PISTA EM TANGENTE = 7,20 m

Fonte: DNER, 1999.

<b>V(km/h)</b>	30	40	50	60	70	80	Tipo de Veículo
<b>R (m)</b>	340	430	550	680	840	1000	CO

LARGURA BÁSICA DA PISTA EM TANGENTE = 6,60m.

Fonte: DNER, 1999.

Para pistas com mais de duas faixas, o critério adotado pelo DNER (1999), compreende em multiplicar os valores da superlargura por 1,25 para pistas com três faixas de trânsito e por 1,50 para pistas com quatro faixas de trânsito.

#### 4.5.9.2 Distribuição da superlargura

Para pistas de duas faixas a superlargura pode ser disposta metade para cada lado da pista ou de um só lado pista, dispostos em alargamento simétrico e assimétrico (FILHO, 1998).

Alargamento simétrico: nas curvas circulares de transição, a superlargura será distribuída ao longo da transição, que deve ser mantida o valor ao longo do trecho circular, neste caso a superlargura será aplicada metade para cada lado da pista conforme mostrado na figura 20 (DNER, 1999).

Figura 20 - Distribuição da superlargura numa curva de transição

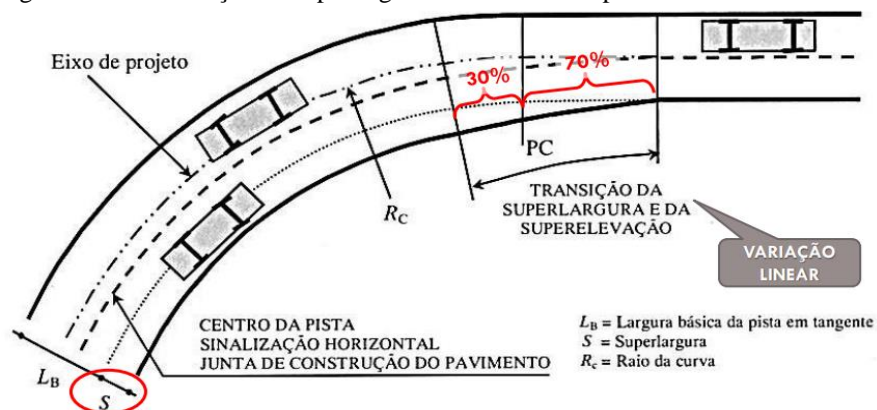


Fonte: Manzato, 2008.

Se o eixo de projeto se localiza no centro da pista em tangente, permanecerá no centro da pista no trecho de transição e no trecho circular (DNER, 1999).

Alargamento assimétrico: neste caso, a superlargura será disposta do lado interno da curva, também deve ser feita parte na tangente e parte na curva, no mesmo trecho de variação da superlargura, mostrado de acordo com a figura 21 (DNER, 1999).

Figura 21 - Distribuição da superlargura numa curva simples



Fonte: Manzato, 2008.

Normalmente o alargamento da pista de rolamento para superlargura é feito de forma linear, de modo a não prejudicar o tráfego na via (FILHO, 1998).

Ainda conforme DNER (1999), onde se verifica combinações geométricas desfavoráveis, pode-se estabelecer um critério que permite a obtenção de alargamentos maiores logo no início do trecho de transição.

Nas pistas com mais de duas faixas com larguras maiores que a usual de acordo com DNER (1999), é abrangida dois casos:

- Pistas de mão dupla, com quatro ou mais faixas de rolamento;
- Pista de mão única, normalmente com uma das pistas com duas ou mais pistas.

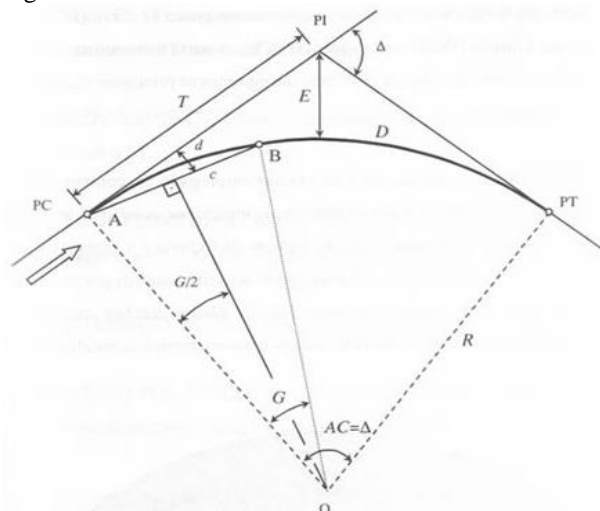
Em ambos os casos a superlargura total será dissipada pelas faixas de rolamento com as mesmas proporções.

#### 4.5.10 Curva horizontal

A geometria de uma estrada é estabelecida pelo traçado do eixo em planta e pelos perfis longitudinais e transversais, constituído de trechos retos combinados por curvas horizontais. De modo geral, uma estrada deve ter o traçado mais reduzido possível, no entanto algumas deflexões, quando necessárias, podem adequar o traçado da estrada com a topografia da região (MACEDO, 2008).

Ainda de acordo com Macedo (2008), é de fundamental importância explorar a curva horizontal, pois uma vez empregada à curva de transição a curva circular ainda continua a ser aplicada na parte central da concordância, conforme a figura 22 a seguir.

Figura 22 - Curva horizontal



Fonte: Macedo, 2008.

Segundo Macedo (2008), estão dispostos alguns elementos na figura como:

- PC = ponto de curva ou ponto de curvatura;
- PT = ponto de tangente ou ponto de tangência;
- PI = ponto de interseção das tangentes;
- D = desenvolvimento da curva;
- $\Delta$  = ângulo de deflexão;
- AC = ângulo central da curva;
- R = raio da curva circular;
- T = tangente externa;
- O = Centro da curva;
- E = afastamento;
- G = grau da curva;
- c = corda;
- d = deflexão sobre a tangente.

Após a caracterização dos elementos, Macedo (2008) viu a necessidade de descrever alguns componentes da curva circular de forma detalhada, assim:

- Raio da curva (R): é o raio do arco do círculo empregado na concordância, normalmente expresso em metros. É um elemento escolhido de acordo com as características técnicas da rodovia e a topografia da região.

- Ângulo central (AC): é o ângulo formado pelos raios que passam pelo PC e PT e que se interceptam no ponto O. Estes raios são perpendiculares nos pontos de tangência PC e PT. Pode-se dizer igual à deflexão ( $\Delta$ ) entre os dois alinhamentos, demonstrado da seguinte forma:

$$AC = \Delta$$

(Equação 13)

- Tangentes (T): são os segmentos de retas que vão do PC ao PI ou do PI ao PT. Logo:

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{AC}{2} \right)$$

(Equação 14)

- Desenvolvimento da curva (D): é o comprimento do arco do círculo que vai do PC ao PT. A extensão do seguimento da curva circular é dada pela seguinte expressão:

$$D = \frac{\pi \cdot R \cdot AC}{180^\circ}$$

(Equação 15)

- Grau da curva (G): chama-se "grau da curva circular" ao ângulo central, que compreende uma corda de um dado comprimento (c), o mesmo sendo é independente do ângulo central. Desta forma:

$$G = 2 \cdot \arcsen\left(\frac{c}{2 \cdot R}\right)$$

(Equação 16)

Ainda destaca-se que os valores mais usados do grau são o G20, que compreende uma corda de 20 metros, o G10 que compreende a semi estaca ou 10 metros e o G5 que compreende a corda de 5 metros. Assim:

- Para c= 5m:

$$G5 = 2 \arcsen \frac{2,5}{R}$$

(Equação 17)

- Para c= 10m:

$$G10 = 2 \arcsen \frac{5}{R}$$

(Equação 18)

- Para c= 20m:

$$G20 = 2 \arcsen \frac{10}{R}$$

(Equação 19)

- Grau da curva (G): pode-se definir uma curva circular pelo seu grau (G), que será mostrada como segue:

$$G = \frac{180^\circ \cdot c}{\pi \cdot R}$$

(Equação 20)

Utilizando-se as cordas:

- Para  $c=5\text{m}$ :

$$G5 = \frac{286,5}{R}$$

(Equação 21)

- Para  $c=10\text{m}$ :

$$G10 \cong \frac{573}{R}$$

(Equação 22)

- Para  $c=20\text{m}$ :

$$G \cong \frac{1145,92}{R}$$

(Equação 23)

- Deflexão por metro (dm): é de fundamental importância que se conheça o ângulo de deflexão entre uma tangente e uma corda qualquer que parta do ponto de curvatura (PC). Desta forma, estabelece que:

$$dm = \frac{Gc}{2 \cdot c}$$

(Equação 24)

- Afastamento (E): denomina-se pela distância entre o PI e a curva. Assim:

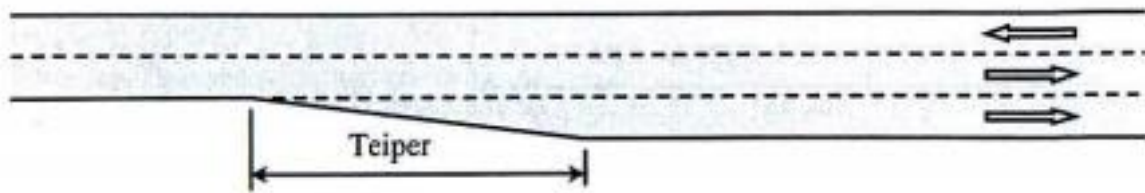
$$E = T \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{AC}{4} \right)$$

(Equação 25)

#### 4.6 Implantação de faixa adicionais

De acordo com DNER (1999) a faixa adicional é uma faixa especial implantada ao lado direito da faixa de rolamento, no sentido ascendente, destinada ao tráfego de veículos lentos/ caminhões pesados, pode ser executado em rodovias de pista simples ou duplas, de forma a proporcionar segurança nas rodovias, mostrado na figura 23.

Figura 23 - Terceira faixa



Fonte: Filho, 1998.

Conforme Andrade e Setti (2010) em aclives nota-se uma diferença relevante entre o desempenho de veículos pesados e dos veículos rápidos, com a redução de oportunidades de ultrapassagem e a formação de pelotões, resultante de aumento no tempo de viagem e prejuízo para a qualidade do serviço oferecida pela rodovia.

Segundo prescrito na AASHTO (2001, p.248), evidências sugerem que a segurança viária é afetada quando a velocidade dos veículos que compõem a corrente de tráfego diverge e, segundo a mesma a implantação de uma faixa adicional justifica-se quando são seguidos alguns critérios, como:

- Existe uma taxa de fluxo de tráfego no aclive maior que 200 veic/h;
- O fluxo de caminhões é maior que 20 caminhões por hora no aclive;
- Uma das seguintes condições é satisfeita:
  - ocorre uma redução na velocidade de um caminhão típico de 15 km/h ou mais ao longo do aclive;
  - o nível de serviço calculado para a rampa é igual ao nível E ou F;
  - ocorre uma redução de dois ou mais níveis de serviço em relação ao trecho em aclive.

Outros pontos que devem ser considerados para definição da faixa adicional, estão associados com a perda de velocidade de veículos pesados no aclive e as consequências decorrentes da existência de veículos rápidos e lentos nos aclives; o desempenho desses veículos em aclives depende da relação massa/potência, uma vez que quanto maior essa relação, pior o desempenho do caminhão (Melo e Setti, 2007).

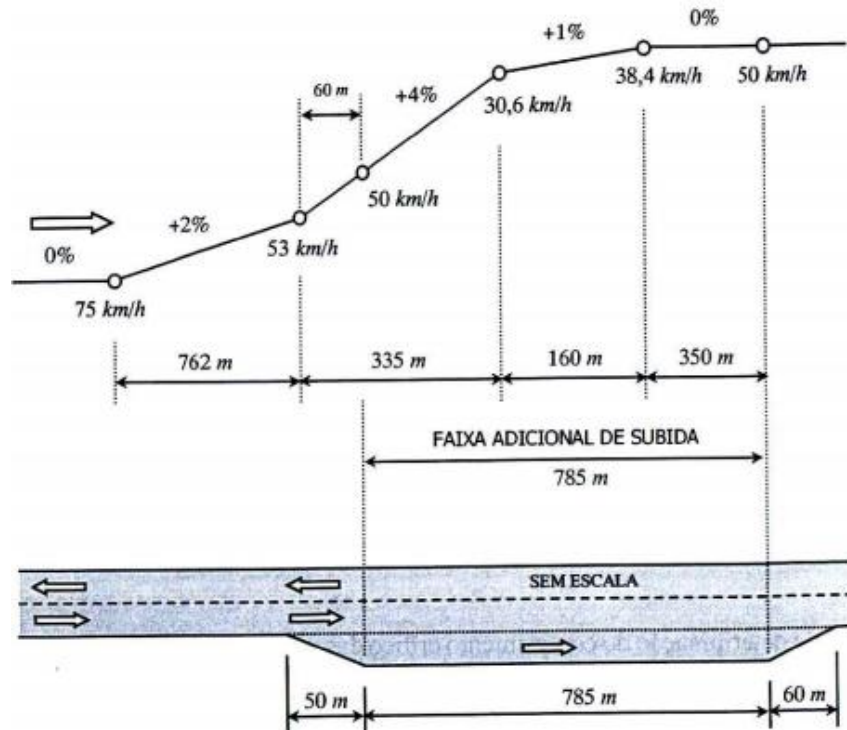
Faixas adicionais podem reduzir o número de acidentes em aclives, na medida em que os veículos lentos são afastados da corrente de tráfego, e ainda segundo a AASHTO (2001), se existir a necessidade de aumentar a segurança no tráfego, o critério de redução de acidentes pode ser decisivo para explicar a implantação de faixas adicionais nas subidas.

#### 4.6.1 Comprimento crítico de rampa

Define-se comprimento crítico de rampa o comprimento máximo no qual um caminhão carregado pode operar sem perdas significativas de velocidades, também inclui a implantação de faixa adicional para veículos carregados nas rampas ascendentes na qual a extensão seja superior ao comprimento crítico à rampa (FILHO, 1998).

De acordo com Filho (1998) é desejável que o início da terceira faixa seja conduzido por um teiper com comprimento mínimo de 50 metros, a faixa também deve ser estendida além da crista da rampa até um ponto ao qual um veículo tipo atinge uma velocidade mínima admissível para retornar ao fluxo normal, também seguida de um teiper, mas este de 60m; exposto na figura 24.

Figura 24 - Disposição típica de uma faixa adicional de subida



Fonte: Filho, 1998.

Para Filho (1998) o comprimento crítico de rampa e o comprimento da terceira faixa devem dispor de alguns dados como: dimensões e potência de um veículo que seja representativo dos caminhões que percorrerão a estrada; dados relativos às perdas de velocidade desse caminhão tipo nas rampas; velocidade de entrada na rampa crítica, que



depende da rampa que antecede a rampa considerada; menor velocidade com a qual o caminhão tipo possa chegar ao fim da rampa sem prejuízos acentuados do fluxo de tráfego.

Já para a determinação do comprimento crítico das rampas devem ser seguidos alguns critérios:

- 1) Escolha do caminhão tipo;
- 2) Escolha da perda de velocidade que não cause prejuízo ao tráfego;
- 3) Entra-se no gráfico com a inclinação da rampa e a perda de velocidade para determinar a o comprimento crítico.

#### 4.6.2 Determinação dos pontos de início e fim de rampas

##### 4.6.2.1 Ponto de início da rampa

A distância do ponto de início da rampa ascendente ao ponto de início da terceira faixa constitui o comprimento crítico da rampa. E de acordo com Filho (1998) o ponto de início a ser considerado deve-se situar antes do término no mesmo sentido do tráfego ascendente da curva vertical, de acordo com alguns critérios:

- a) Em casos onde a rampa ascendente é antecidida de rampa descendente, o ponto de início da rampa coincide com a estaca do PIV.
- b) Em casos onde a rampa ascendente é antecidida de outra rampa ascendente ou de um trecho em nível, a estaca de início da rampa coincide com a PIV.

A estaca a adotar para o início da terceira faixa deve coincidir com estacas inteiras, sempre antecididas por um teiper (FILHO, 1998).

##### 4.6.2.2 Ponto final da rampa

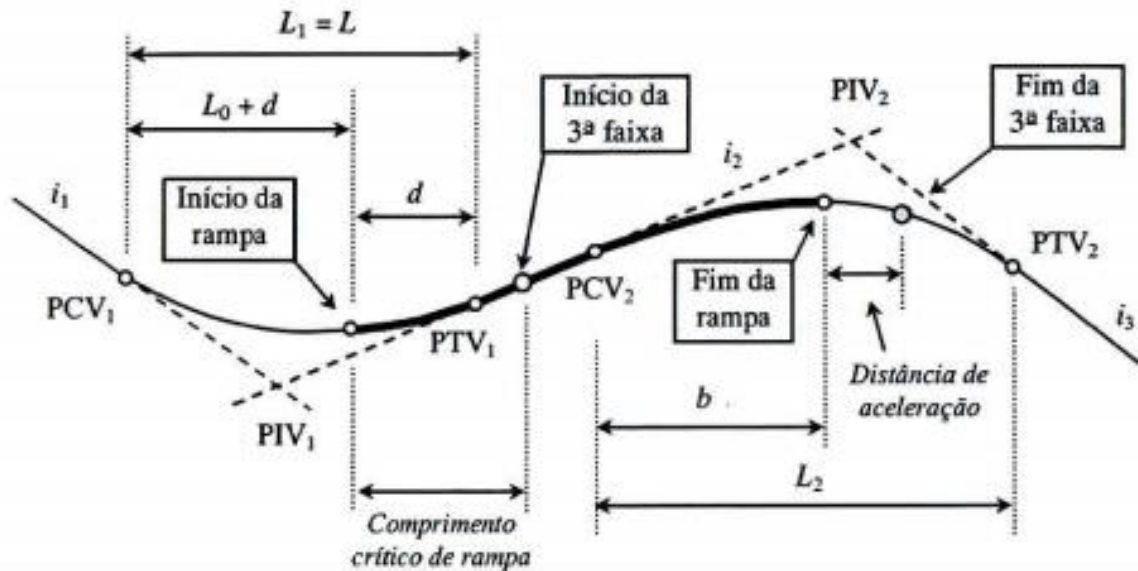
Conforme Filho (1998) a existência de curvas verticais de concordância influenciam sobre o desempenho dos caminhões, as distâncias de aceleração dos veículos pesados são iniciadas a partir de ponto situado antes do fim do ponto final da rampa, também seguido de alguns critérios:

- a) Em casos em que a rampa ascendente é seguida de uma rampa descendente, as distâncias de aceleração são obtidas através do vértice da curva vertical.

- b) Quando a rampa ascendente em estudo é seguida de outra rampa ascendente, as distâncias de aceleração são medidas a partir do PIV da curva em foco.

De acordo com Filho (1998) as rampas se apresentam conforme a figura 25 a seguir.

Figura 25 - Exemplo hipotético de comprimento de rampa



Fonte: Filho, 1998.

#### 4.6.3 Características geométricas das terceiras faixas

##### 4.6.3.1 Determinação do ponto de início da faixa adicional

Conforme Filho (1998), os critérios para a determinação do ponto inicial devem ter um critério da redução admissível da velocidade dos caminhões carregados em relação à velocidade média destes nos trechos em nível ou com rampas suaves, como também um. Critério da menor velocidade admissível para os caminhões carregados em meio ao fluxo misto.

Outro critério a se considerar é um pequeno prolongamento da interferência dos caminhões carregados, uma vez que se leva em conta que a partir dela irá iniciar a terceira faixa (FILHO, 1998).

De acordo com DNER (1999), é recomendado para os critérios acima o valor de 25 Km/h como o valor de redução admissível de velocidade.

Ainda conforme Filho (1998), uma faixa adicional deve iniciar no ponto em que a velocidade de percurso do veículo pesado cai abaixo de 70 Km/h ou abaixo da velocidade de

dimensionamento, além disso, ela deve se situar fora da área de abrangência de uma interseção.

#### 4.6.3.2 Determinação do ponto final da faixa adicional

De acordo com Filho (1998), são dois os critérios básicos para determinação do ponto final de terceira faixa: o critério de velocidade de reentrada, no qual se baseia na menor velocidade admissível dos caminhões para volta ao fluxo normal, em condições de segurança sem causar grande interferência no tráfego e, critério de visibilidade, baseia-se na distância de.

De acordo com Filho (1998), são dois os critérios básicos para determinação do ponto final de terceira faixa: o critério de velocidade de reentrada, no qual se baseia na menor velocidade admissível dos caminhões para volta ao fluxo normal, em condições de segurança sem causar grande interferência no tráfego e, critério de visibilidade, baseia-se na distância de visibilidade adequada para permitir que um caminhão que esteja retornando para faixa de rolamento normal amida seja ultrapassado pelo restante do tráfego.

De acordo com DNER (1999), é recomendada a velocidade de 40 Km/h como a mínima necessária para o retorno de caminhões carregados na faixa de rolamento.

Uma faixa adicional deve terminar no ponto no qual a velocidade real de percurso do veículo pesado atinge novamente 70 Km/h ou a velocidade de dimensionamento, deve sempre estar fora da área de abrangência de interseções, isto é, não deve terminar pela subtração de faixa de trânsito dentro da interseção (FILHO, 1998).

#### 4.6.4 Largura da faixa

Segundo DNER (1999) a faixa de subida deve preferencialmente ter a mesma largura de uma faixa de trânsito da rodovia, uma vez que a terceira faixa é um auxílio nas condições de operação menos desenvolvidas como velocidades baixas, no qual justifica a utilização de valores menores para a largura. Sendo assim, admitem-se valores de redução da folga lateral dinâmica de 0,5 m para 0,4 m disposto ao lado do veículo pela faixa ao lado.

O DNER (1999) então estabelece a largura mínima de 3,00 m, relativo à largura máxima de um veículo pesado somados a folga lateral de 0,40 m e com comprimento mínimo de 500 metros.

## 4.7 Contagem de tráfego

O planejamento de vias destinadas ao transporte de cargas e passageiros é executado através de estudos de tráfego, visando eficiência, segurança, economia e, de acordo com o Manual de Estudos de Tráfego (2006), esse estudo exige a utilização de métodos sistemáticos de coleta e dados referentes aos elementos fundamentais do tráfego sendo eles motoristas, pedestres, veículos, as vias e o meio ambiente.

Através do estudo de tráfego é possível obter informações relevantes sobre os veículos que trafegam na via em determinado período de tempo, a velocidade, locais com concentrado índice de acidentes, entre outros, uma vez que a partir destes dados torna-se possível descobrir a capacidade da via e meios necessários que podem ser utilizados para melhora de projeto (BRASIL,2006).

### 4.7.1 Contagens volumétricas

De acordo com DNIT (2006) as contagens volumétricas visam estabelecer a quantidade, o sentido e a composição de fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos escolhidos do sistema viário, em determinado período de tempo. Essas informações serão usadas posteriormente na análise da capacidade, na avaliação das causas de congestionamento e índices elevados de acidente, no dimensionamento do pavimento, nos projetos de canalização do tráfego entre outras melhorias.

Existem dois locais básicos para realização das contagens: nos trechos entre interseções e nas interseções. As contagens entre interseções têm o objetivo de identificar os fluxos de uma determinada via e as contagens em interseções o objetivo de levantar fluxos das vias que se interceptam e dos seus ramos de ligação (DNIT, 2006).

#### 4.7.1.1 Classificação das contagens volumétricas

As contagens volumétricas são utilizadas para o conhecimento da quantidade, sentido e composição de veículos que circulam por uma via em determinado período de tempo (BRASIL, 2006).

De acordo com o descrito no DNIT (2006) as contagens volumétricas se classificam em:

- a) Contagens globais: são aquelas em que é registrado o número de veículos que circulam por um trecho de análise da via, independentemente de seu sentido, agrupando-se de acordo com as. Empregadas principalmente na determinação de tendências de tráfego.
- b) Contagens direcionais: são aquelas em que é registrado o número de veículos por sentido do fluxo e são empregadas para cálculos de capacidade, determinação de intervalos de sinais, justificação de controles de trânsito, estudos de acidentes, previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes, etc.
- c) Contagens classificatórias: são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos. Empregadas para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, etc.

#### 4.7.2 Planejamento de contagem

O Manual de Estudos de Tráfego (2006) determina que o período das contagens deva ser de, no mínimo, três dias abrangendo o horário de pico semanal e eliminando os dias que ocorrerem problemas no tráfego. O horário de pico, por ser o horário onde ocorre maior fluxo de veículos, é mais usual para pesquisas, uma vez que a via em estudo está sob solicitação máxima devendo-se ser divididas em intervalos de 15 minutos visando demonstrar as variações no horário de pico (DNIT, 2006).

#### 4.7.3 Métodos de contagem

De acordo com o descrito no DNIT (2006) as contagens volumétricas podem ser realizadas através de:

- a) Contagem manual: são contagens feitas por pesquisadores e com auxílio de fichas conforme Anexo A e contadores manuais. São ideais para a classificação de veículos, análise de movimentos em interseções e contagens em rodovias com muitas faixas. Para contagens em vias urbanas é comum adotar um critério de agrupamento de veículos com base em características semelhantes de operação (automóveis, ônibus e caminhões) (DNIT, 2006).
- b) Contagens Automáticas: são realizadas por contadores automáticos, nos quais os veículos são identificados através de tubos pneumáticos ou dispositivos

magnéticos, sonoros, radar, entre outros. Este método possibilita o registro permanente dos volumes e podem ser programados para atender outros objetivos. Possui um custo elevado e também exposição a roubos e vandalismo, porém com o aperfeiçoamento tecnológico os custos e dimensões têm sido reduzidos, tornando o equipamento fácil de ser escondido.

- c) Videoteipe: este tipo de contagem dispõe de câmeras de vídeo que podem ser utilizadas na determinação do volume de tráfego. Possui a desvantagem de demandar mais tempo na instalação, entretanto se mostra vantajoso, pois é possível observar movimentos do tráfego, comprovar dados através das gravações, é um meio mais confortável de realizar a contagem e permite a obtenção de outros dados havendo interesse.
- d) Método do observador móvel: este método obtém o número de veículos em um determinado trecho da via. Além disso, também determina tempos e velocidades médias de percurso e é mais utilizado em vias urbanas.

## **4.8 Sinalização**

Sinalização é definida como um conjunto de sinais de trânsito e dispositivos de segurança colocados na via, com o objetivo de garantir sua utilização adequada, como forma de garantir melhor fluidez no trânsito e maior segurança dos veículos e pedestres que nela transitam (BRASIL, 2008).

Como forma de controlar o tráfego, evitar acidentes, aumentar a segurança da via e diminuir o tempo de espera as interseções contam com a sinalização. O princípio básico para a implantação da sinalização de trânsito é que a mesma seja perceptível aos usuários da via, assegurando sua real eficácia (BRASIL, 1997).

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2015) estabelece que os sinais de trânsito sejam classificados em verticais, horizontais, dispositivos de sinalização auxiliar, luminosos, sonoros e gestos do agente de trânsito e do condutor.

### **4.8.1 Sinalização Vertical**

Tem por finalidade fornecer informações aos usuários das vias, de modo que possam tomar o comportamento mais adequado para cada situação, a fim de aumentar a segurança,

orientar e ordenar o fluxo de. De modo geral são placas fixadas na posição vertical ao lado ou suspensa a pista (CONTRAN, 2007).

De acordo com Brasil (2007, p. 21) a sinalização vertical é classificada segundo sua função, conforme:

- Regulamentar as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via;
- Advertir os condutores sobre condições com potencial riscos existentes na via ou nas suas proximidades;
- Indicar direções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços e transmitir mensagens educativas, entre outras, de maneira a ajudar o condutor durante seu deslocamento.

As figuras 26, 27 e 28 abaixo, demonstram placas de sinalização vertical de acordo com sua função.

Figura 26 - Sinalização de advertência



Fonte: CONTRAN, 2007.

Figura 27 - Sinalização de indicação



Fonte: CONTRAN, 2014.

Figura 28 - Sinalização de regulamentação



Fonte: DETRAN, 2007.

#### 4.8.2 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal compreende marcas, símbolos e legendas representados sobre o pavimento da pista. A sinalização horizontal orienta pedestres e condutores a adotarem comportamentos adequados, aumentando assim a segurança, fluidez e organização do trânsito (BRASIL, 2007).

São classificadas quanto a sua função, sendo elas: orientar o fluxo de pedestres; orientar os deslocamentos de veículos em função das condições físicas da via; complementar com intuito de enfatizar a mensagem que os sinais verticais transmitem; e por fim, regulamentar os casos previstos no Código de Trânsito Brasileiro (CONTRAN, 2007).

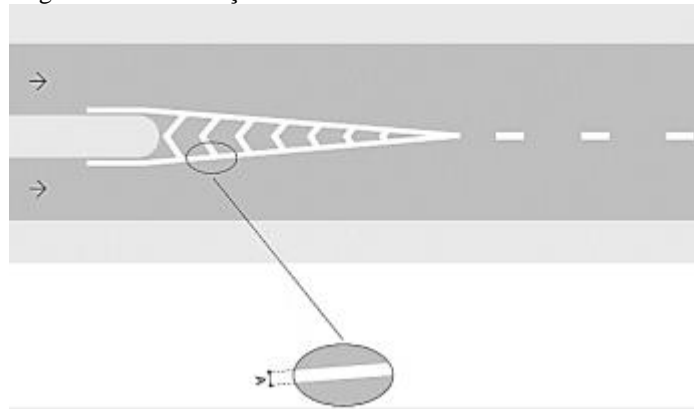
Segundo Brasil (2007), classifica-se da seguinte forma:

- Marcas longitudinais: são utilizadas para separar e ordenar as correntes de tráfego;
- Marcas transversais: são utilizados para organizar os deslocamentos frontais dos veículos e também disciplinar os deslocamentos dos pedestres;
- Marcas de canalização: conduzem o sentido do tráfego na via;
- Marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento: determinam os locais onde há proibição ou regulamentação de estacionamento e/ou parada de veículos;
- Inscrições no pavimento: utilizados para transmitir informações, melhorando assim a percepção do condutor em relação às características impostas na via.

A figura 29 abaixo mostra um exemplo de sinalização horizontal.



Figura 29 - Sinalização horizontal



Fonte: Brasil, 2007.

Por fim, as cores utilizadas e suas seguintes funções são estabelecidas de acordo com o quadro 3 abaixo.

Quadro 3 - Cores usuais da sinalização horizontal

<b>COR</b>	<b>UTILIZAÇÃO</b>
<b>AMARELA</b>	Separar movimentos veiculares de fluxos opostos.
	Regulamentar ultrapassagem e deslocamento lateral.
	Delimitar espaços proibidos para estacionar e/ou parar.
	Demarcar obstáculos transversais na pista (lombada).
<b>BRANCA</b>	Separar movimentos veiculares de mesmo sentido.
	Delimitar área de circulação.
	Delimitar trechos de pista destinados ao estacionamento regulamentado de veículos especiais.
	Regulamentar faixas de travessias de pedestres.
	Regulamentar linhas de transposição e ultrapassagem.
	Demarcar linha de retenção e de "Dê a preferência".
	Inscriver setas, símbolos e legendas.
<b>VERMELHA</b>	Demarcar ciclovias (ciclo faixas).
	Inscriver símbolo (Cruz).
<b>AZUL</b>	Inscriver símbolos das áreas de estacionamento ou parada para embarque e desembarque para pessoas portadoras de deficiência física.
<b>PRETA</b>	Proporcionar contraste entre a marca viária/inscrição e o pavimento, (utilizada principalmente em pavimento de concreto) não constituindo propriamente uma cor de sinalização.

Fonte: CONTRAN, 2007.

## 5 MEMORIAL DE CÁLCULO

Por meio dos dados coletados em um levantamento de campo e do estudo de tráfego realizado na via, foi possível de relatar os problemas que geram desconforto durante o tráfego no local.

Depois de feita toda a caracterização da rodovia e dos devidos problemas, buscou-se soluções para amenizar congestionamentos e riscos de acidentes recorrentes no mesmo.

Além dos demais estudos e com o levantamento de dados sobre toda extensão da rodovia, também foi possível estabelecer parâmetros através dos softwares Google Earth, Global Mapper e AutoCAD, para coleta de dados das curvas de níveis e identificação da rodovia.

Vale ressaltar que os cálculos foram obtidos através de normas do DNIT e baseados nos autores descritos no decorrer do trabalho.

### 5.1 Averiguação das características da rodovia

Classificada de acordo com o quadro 1, a rodovia caracteriza-se como classe de projeto I-B de pista simples e com velocidade de projeto de 60 Km/h, uma vez que o relevo apresenta-se de forma montanhosa.

A característica topográfica foi dada pela equação 1 e pelo perfil de elevação de conforme figura 2, e de acordo com os dados estabelecidos nela, definiu-se que:

$$\textit{Terreno montanhoso} = \textit{tanga} > 33$$

A partir da classificação da rodovia, definição do terreno e, através das curvas de nível obtidas, foi possível realizar o desenho isométrico de um trecho da rodovia, com intuito de visualizar de forma precisa a topografia da via. O desenho se apresenta na figura 30 a seguir.

Figura 30 - Desenho isométrico da rodovia



Fonte: Autor, 2019.

Conforme a tabela 6 fica estabelecida que a largura das faixas de rolamento para classe de projeto I com relevo montanhoso é de 3,5 metros. A largura do acostamento ficou por conta da tabela 7, onde de acordo com a classe e relevo, fica estabelecido o valor de 2,5 metros.

#### 5.1.1 Características do tráfego

Após definida a classe de projeto e suas demais considerações foram definidas a velocidade de projeto de acordo com o quadro 2, que ficou definida como 60 Km/h e para pistas molhadas, de acordo com a tabela 10, estabeleceu uma velocidade de 54 Km/h.

#### 5.1.2 Características da terceira faixa

Fica estabelecido que o teiper inicial deva conter 50 metros e o final 60 metros, como forma de segurança para entrada e saída da faixa adicional. A figura 24 mostrou como é feita essa determinação em planta.

Para determinação da largura da faixa o DNER estabelece a largura mínima de 3,0 metros já somados com a folga lateral de 0,4 metros, que representa a largura máxima de um veículo pesado. Além dessas definições, é importante ressaltar que ela deve conter no mínimo 500 metros de comprimento para se tornar viável.

A impossibilidade de medição de algumas dimensões de pista restringiu a precisão dos dados de entrada referentes a raios e greides. Conforme descrito, utilizaram-se as dimensões recomendadas pelo DNIT, de acordo com a classe e do relevo da rodovia.

## 5.2 Condições de tráfego

A tabela 8 mostrou as dimensões básicas dos veículos de projeto e, optou-se por usar o veículo CO, considerado o mais usual para o Brasil, com as seguintes dimensões:

- Largura total = 2,6 metros;
- Comprimento total = 9,1 metros;
- Raio mínimo da roda externa dianteira = 12,8 metros;
- Raio mínimo da roda interna traseira = 8,7 metros.

O cálculo da distância de visibilidade de foi feito pela equação 3, que, com o auxílio das tabelas 11 e 12 para o valor do coeficiente de atrito, chegou-se ao seguinte resultado:

$$Dp = 0,7 \cdot 60 + \frac{60^2}{255 \cdot (0,34 + 0,20)}$$

$$Dp = 68,15 \text{ m.}$$

Para o cálculo distância de visibilidade utilizou-se a tabela 13, e ficou fixado o valor de 420 metros necessários de distância de visibilidade, em relação à velocidade de projeto estabelecida.

Para obtenção do raio mínimo utilizou-se a equação 4, e posteriormente a equação 5 para cálculo do máximo coeficiente de atrito transversal:

$$Rmin = \frac{60^2}{127 \cdot (0,08 + 0,152)}$$

$$Rmin = 122,2 \text{ m.}$$

$$fat \text{ máx} = 0,188 - \frac{60}{1667}$$

$$fat \text{ máx} = 0,152$$

### 5.2.1 Contagem de tráfego

De acordo com os dados das contagens realizadas e fazendo-se a soma em intervalos de uma hora para cada dia, destacou-se o horário de maior fluxo de cada dia da semana, conforme tabela 19.

Foi constatado que a hora de maior fluxo foi das 17:15 as 18:15 horas, com o máximo de 391 veículos na sexta-feira, data que será utilizada para os cálculos para fim de segurança.

Tabela 19 - Soma dos intervalos de todos os dias

	<b>Segunda</b>	<b>Terça</b>	<b>Quarta</b>	<b>Quinta</b>	<b>Sexta</b>
<b>Intervalo</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>
17:00 - 18:00	259	246	240	227	284
17:15 - 18:15	357	<b>353</b>	332	329	<b>391</b>
17:30 - 18:30	356	352	<b>340</b>	<b>339</b>	387
17:45 - 18:45	<b>378</b>	346	319	328	364
18:00 - 19:00	275	282	273	273	292

Fonte: Autor, 2019.

A tabela 9 mostra os valores de equivalência de cada tipo de veículo para a conversão em UCP (Unidades de carro de passeio), onde foram compatibilizados para UCP todos os veículos contados para a rodovia em análise para o dia de maior fluxo, posteriormente representado na tabela 20 a seguir.

Tabela 20 - Resultado de UCP para MG 167 Três Pontas/Varginha

#### VEÍCULOS UCP - MG 167 TRÊS PONTAS/VARGINHA

<b>Tipo de veículo</b>	<b>VP</b>	<b>CO</b>	<b>SR/RE</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>SI</b>	<b>Total</b>
<b>Volume misto</b>	<b>422</b>	<b>59</b>	<b>66</b>	<b>28</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	
<b>Volume em UCP</b>	422	89	132	28	0	0	671

Fonte: Autor, 2019.

A partir dos resultados das conversões feitas acima foi desenvolvido o fluxograma do local, indicando a quantidade de veículos passantes na seção, conforme ilustrado na figura 31 a seguir.

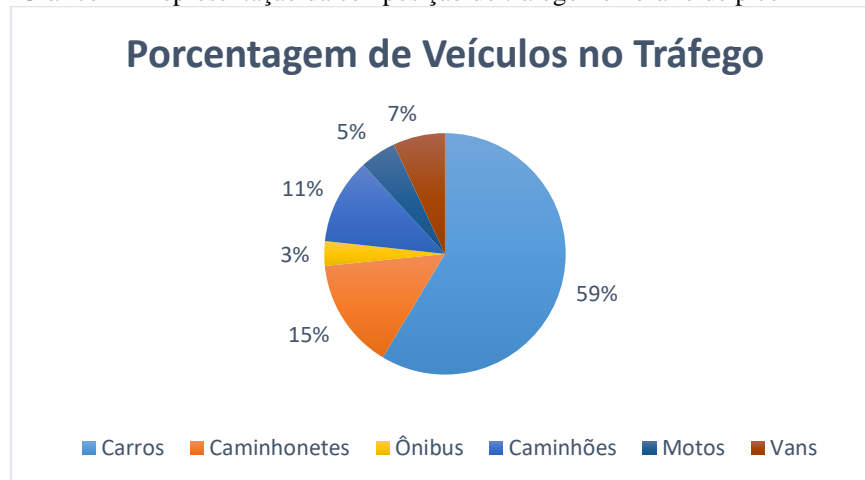
Figura 31 - Fluxograma do local em UCP (Sexta-feira)



Fonte: Autor, 2019.

E com base na sexta-feira que ocorreu o maior fluxo registrado na contagem, foi desenvolvido o gráfico 1 abaixo para retratar a composição por cada tipo de veículo dentro do fluxo global da seção em questão.

Gráfico 1 - Representação da composição do tráfego no horário de pico



Fonte: Autor, 2019.

### 5.2.2 Fator horário de pico

Observando as tabelas de contagem de tráfego, analisou-se que na sexta-feira (10/05/2019) ocorreu o maior fluxo de veículos durante toda semana estudada, na qual foram adotados os dados de contagem do dia em questão para cálculo de FHP.

A tabela 20 abaixo apresenta a soma de cada tipo de veículo durante a contagem de tráfego dos quatro períodos de quinze minutos analisados.

Tabela 21 - Somatório de veículos da contagem de tráfego do dia 10/05/2019

Período	Carros	Caminhonetes	Ônibus	Caminhões	Motos	Vans	Total
17:15 - 18:15	224	60	15	39	18	35	391

Fonte: Autor, 2019.

Na realização do fator horário de pico (FHP) foram observados quatro períodos consecutivos de 15 minutos para não superdimensionar nem subdimensionar a via, este resulta em uma hora. Com base nessa comparação foi possível medir essa variação de forma geral, assim o FHP foi calculado através equação 2.

$$FHP = \frac{391}{4.98}$$

$$FHP = 0,9974$$

- Cálculo do volume médio:

$$Volume\ médio = \frac{391}{4}$$

$$Volume\ médio = 98\ veículos/15\ minutos$$

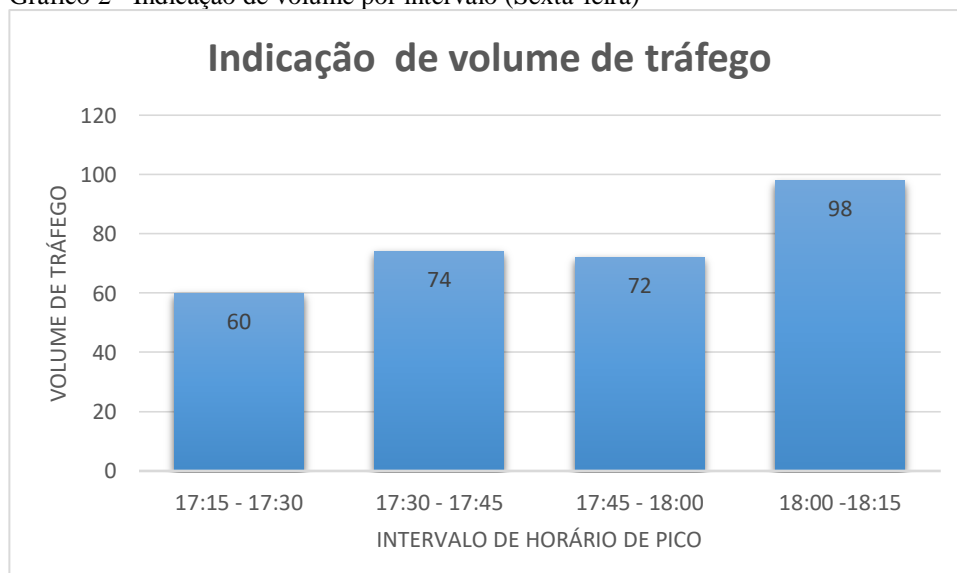
- Cálculo do Volume de projeto:

$$v = \frac{4.98}{0,9974}$$

$$v = 394\ veículos/hora$$

Com base nos intervalos de 15 minutos da hora de maior fluxo, foi construído o gráfico 2 abaixo para ilustrar a diferença entre eles.

Gráfico 2 - Indicação de volume por intervalo (Sexta-feira)



Fonte: Autor, 2019.

### 5.3 Dimensionamento geométrico

Para estabelecer o projeto geométrico da terceira faixa, analisou-se pontos onde seria viável a implantação da mesma. Foram determinados três pontos, que serão dimensionados a seguir.

#### 5.3.1 Superelevação

Obtida pela equação 7, a superlargura foi calculada através do raio da curva e velocidade de projeto de 60 km/h, de acordo com cada trecho onde se faz necessário a implantação da faixa adicional.

- Quilômetro 29 a 30

- Curva 1:

$$e \geq \frac{60^2}{127.1446,5689} - 0,152$$

$$e \geq -0,132$$

- Quilômetro 32 a 36

- Curva 1:

$$e \geq \frac{60^2}{127.698,8431} - 0,152$$

$$e \geq -0,111$$

- Curva 2:

$$e \geq \frac{60^2}{127.1302,7844} - 0,152$$

$$e \geq -0,13$$

- Curva 3:

$$e \geq \frac{60^2}{127.619,0515} - 0,152$$

$$e \geq -0,106$$



- Quilômetro 38,5 a 40

- Curva 1:

$$e \geq \frac{60^2}{127.519,4039} - 0,152$$

$$e \geq -0,097$$

- Curva 2:

$$e \geq \frac{60^2}{127.801,9873} - 0,152$$

$$e \geq -0,116$$

Os valores de restauração na superelevação encontraram-se abaixo do esperado, uma vez que o cálculo foi realizado de acordo com os dados estabelecidos por norma e pela pesquisa feita em campo. Também vale ressaltar que os valores das curvas foram estabelecidos de acordo com o Google Earth, uma vez que não foi possível realizar o levantamento topográfico por falta de recursos e materiais.

### 5.3.2 Superlargura

Para a determinação da superlargura foram adotadas as equações 8, 9, 10, 11 e 12, conforme o raio da curva e de acordo com cada trecho analisado.

Os quadros 4, 5 e 6 a seguir, apresentam os resultados obtidos para cada trecho.

Quadro 4 - Superlargura

<b>SUPERLARGURA - QUILÔMETRO 29 A 30</b>						
<b>Curva 1</b>	<b>Raio</b>	<b><math>\Delta U</math></b>	<b><math>\Delta f</math></b>	<b>z</b>	<b><math>\Delta L</math></b>	<b>Lc</b>
	1446,57 m	0,01286 m	0,005557 m	0,16 m	0,189 m	7,4 m
					<b><math>\Delta L</math> (adotado)</b>	0,2 m

Fonte: Autor, 2019.

Quadro 5 - Superlargura

<b>SUPERLARGURA - QUILÔMETRO 32 A 36</b>						
<b>Curva 1</b>	<b>Raio</b>	$\Delta U$	$\Delta f$	<b>z</b>	$\Delta L$	<b>Lc</b>
	698,8431 m	0,0266 m	0,0115 m	0,2269 m	0,29 m	7,6 m
					<b><math>\Delta L</math> (adotado)</b>	0,4 m
<b>Curva 2</b>	<b>Raio</b>	$\Delta U$	$\Delta f$	<b>z</b>	$\Delta L$	<b>Lc</b>
	1302,7844 m	0,014 m	0,00617 m	0,166 m	0,2 m	7,4 m
					<b><math>\Delta L</math> (adotado)</b>	0,2 m
<b>Curva 3</b>	<b>Raio</b>	$\Delta U$	$\Delta f$	<b>z</b>	$\Delta L$	<b>Lc</b>
	619,0515 m	0,03 m	0,0129 m	0,241 m	0,32 m	7,6 m
					<b><math>\Delta L</math> (adotado)</b>	0,4 m

Fonte: Autor, 2019.

Quadro 6 - Superlargura

<b>SUPERLARGURA - QUILÔMETRO 38,5 A 40</b>						
<b>Curva 1</b>	<b>Raio</b>	$\Delta U$	$\Delta f$	<b>z</b>	$\Delta L$	<b>Lc</b>
	519,4039 m	0,0358 m	0,015 m	0,26 m	0,35 m	7,6 m
					<b><math>\Delta L</math> (adotado)</b>	0,4 m
	<b>Raio</b>	$\Delta U$	$\Delta f$	<b>z</b>	$\Delta L$	<b>Lc</b>
<b>Curva 2</b>	801,9873 m	0,023 m	0,01 m	0,21 m	0,266 m	7,6 m
					<b><math>\Delta L</math> (adotado)</b>	0,40 m

Fonte: Autor, 2019.

### 5.3.3 Curva Horizontal

Para organizar melhor a situação de cada divisão segmentar da rodovia em análise, foram gerados quadros apresentados no Apêndice A, B e C que fazem resumo dos estaqueamentos obtidos. Além dos quadros que o acompanham com a finalidade de compilar todos os dados e parâmetros já expostos.

Todas as comparações da situação dos estaqueamentos foram com base nas equações 13 a 23, conforme o tamanho da corda necessária para cada segmento.

#### **5.4 Diagnóstico dos resultados obtidos**

A partir dos dados levantados verifica-se que a rodovia nos horários de pico não suporta, na sua maioria, a demanda. Com relação às velocidades de projeto e de tráfego verificou-se que essas estão de acordo, pois estão dentro das características de relevo e classe de projeto.

Várias são as medidas que podem ser adotadas para solução do problema, no entanto, modificações como a alteração ou alargamento da seção transversal da via, são consideradas a melhor solução. Há espaço disponível para esse tipo de remanejo, uma vez que as áreas onde apresentam viabilidade para implantação da terceira faixa não são ocupadas pela população. Para tal consideração deveria haver uma desapropriação de terra e vários processos para que o alargamento dessa seção ocorresse.

A proposta abordada para a solução do problema na MG 167 foi à alteração da seção transversal, onde primeiro foi necessário estabelecer o traçado real da rodovia, com intuito de estabelecer qual seria o melhor ponto para tal implantação. Posteriormente foi possível efetuar o desenho da sua seção transversal atual.

Com base no traçado real da rodovia, fez-se três divisões para a proposta técnica do projeto geométrico. A partir delas, com as divisões já estabelecidas, alterou-se a seção transversal de cada segmento, na qual passou a existir uma faixa adicional de 3,5 metros com teiper de entrada de 50 metros e teiper de saída de 60 metros, como medida de segurança. Esta faixa destinada para veículos pesados, que causam congestionamento e desconforto durante o tráfego.

Com a mudança da seção transversal, foi necessário estabelecer um novo estaqueamento para faixa adicional, além da determinação das curvas e tangentes para obter um resultado satisfatório. Além disso, o traçado foi realizado de acordo com as curvas de nível de cada seção, a fim de facilitar a construção das estradas e garantir a sua continuidade ou, até mesmo, para evitar trabalhos excessivos durante a sua execução.

Por fim, vale ressaltar a sinalização, para indicar e atentar os condutores com setas indicativas de direção o final da faixa adicional e mudança para faixa de tráfego em condições de segurança. Atenta-se também ao comprimento mínimo de 500 metros para construção da terceira faixa.

## 5.5 Desenhos

Na prancha 01/06 do Apêndice D, está contido o traçado da rodovia com as curvas de nível e na prancha 02/06 as seções transversais de cada segmento. Já nas pranchas 03, 04 e 05 está o esquema de implantação de terceira faixa de cada divisão, cortes A e B, além da curva de nível com o traçado da terceira faixa e suas respectivas estacas. Por fim, a prancha 06/06 representa as sinalizações necessárias.

## 6 CONCLUSÃO

No decorrer do estudo de caso deste trabalho, foram analisados pontos distintos para a possível implantação da terceira faixa na MG 167 entre os municípios de Três Pontas e Varginha. Esta pesquisa em campo buscou levantar dados relevantes sobre as condições de tráfego e segurança da rodovia.

Conforme apresentado, a MG 167 trecho Três Pontas/Varginha é uma rodovia que concentra bastante tráfego no seu cotidiano, o que, conseqüentemente, induz a condições insatisfatórias relacionadas à trafegabilidade e segurança da via. Diante disso a via em estudo se torna suscetível ao acometimento de acidente e transtorno no tráfego.

No decorrer do estudo foi explanado para alguns motoristas que trafegam na via diariamente, sobre a implantação de uma terceira faixa. Constatou-se que praticamente todos são a favor da proposta, visto que esta contribuirá de forma significativa no conforto e segurança no trecho. Além disso, a terceira faixa proporciona a redução do tempo de viagem, devido ao fato de facilitar a ultrapassagem nos trechos em aclive onde os veículos lentos travam a passagem; e também seria um fator relevante para melhoria da visibilidade, pois, neste tipo de geometria os veículos leves têm dificuldade ao realizar ultrapassagens sob os veículos pesados.

A faixa adicional é destinada ao tráfego de veículos lentos, principalmente aos veículos de carga. Além disso, as faixas adicionais promovem melhorias de baixo custo e impacto ambiental. Também consiste em uma das soluções para tornar as viagens mais econômicas, seguras, com redução no número de acidentes e confortáveis.

Com base nessas informações foi desenvolvido um esquema de implantação de terceira faixa no local em estudo, com intuito de atender as condições necessárias da via. O mesmo foi efetuado de acordo com as informações coletadas e dentro das normas estabelecidas pelos manuais de departamentos de trânsito.

Por fim, este trabalho conclui por meio do diagnóstico geral da rodovia, desde as necessidades impostas em relação ao congestionamento e acidentes, que são os principais fatores que influenciaram tal estudo, até o objetivo final, com a representação do esquema de terceira faixa nos pontos estabelecidos por meio do estudo de implantação de faixa adicional.

## REFERÊNCIAS

- AASHTO, Green book 2001. **A policy on geometric design of highways and streets. 4th ed. Washington, D.C., 2001.** Disponível em: <<https://s.jnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-asstho-snh.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2019.
- ANDRADE, Gustavo; SETTI, José. 2010. **Diretrizes para a implantação de faixas adicionais em aclives de rodovia de pista dupla.** Disponível em: <<http://www.stt.eesc.usp.br/setti/papers/annp2010/4-202-AC.pdf>>. Acesso em 19 mar. 2019.
- ANTAS, Paulo; VIEIRA, Alvaro; GONÇALO, Eluisio, LOPES, Luiz Antônio. **Estradas: Projeto geométrico e de terraplanagem/Paulo Mendes Antas [et alii].** – Rio de Janeiro: Interciência, 2010. Disponível em: <<file:///C:/Users/lucil/Desktop/Estradas%20-%20Projeto%20Geométrico%20e%20de%20Terraplanagem.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- BRASIL. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNIT).** Glossário de termos técnicos rodoviários. Rio de Janeiro, 1997. Acesso em: 11 mar. 2019.
- BRASIL. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNIT).** Manual de estudos de tráfego. Rio de Janeiro, 2006. Acesso em 11 mar. 2019.
- BRASIL. DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de projeto geométrico de rodovias rurais.** Rio de Janeiro, 1999. 195 p. Acesso em: 10 mar. 2019.
- BRASIL. DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de estudos de tráfego.** Rio de Janeiro, 2006. 384p. Acesso em 02 maio 2019.
- BRASIL. DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de implantação básica de rodovia.** Rio de Janeiro, 2010. 619p. Acesso em 17 mar. 2019.
- BRASIL. **Manual de Projeto de Interseções.** 2.ed. Rio de Janeiro: IPR, 2005. 528p. (IPR. Publ., 718 ). Acesso em: 10 mar. 2019.
- BRASIL. DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Sinalização Vertical de Regulamentação.** Brasília, 2007. 222p. Acesso em: 10 out. 2019.
- CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. **Planejamento de transportes: conceitos e modelos/Vânia Barcellos Gouvêa Campos.** 1. ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 2013. Disponível em: biblioteca do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS-MG. Acesso em: 25 mar. 2019.
- Conselho Nacional de Trânsito (Brasil) (CONTRAN). **Sinalização vertical de advertência/Contran-** Denatran. 1ª edição – Brasília: Contran, 2007. 218 p.: il. (Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito; 2). Acesso em: 09 out. 2019.

CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito) – **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume III (Sinalização Vertical de Indicação)**, Brasília, Contran, 2014, 343 páginas. Acesso: 09 out. 2019.

CTB – CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO. **Sinalização - Placas de trânsito**. Rio de Janeiro, 2015. Acesso em: 10 out. 2019.

DETRAN – DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO. **Placas de trânsito**. Minas Gerais, 2007. Disponível em: <<https://simuladodetranbrasil.com.br/placas-de-transito-placas-de-advertencia/>>. Acesso em: 09 out. 2019.

FILHO, Glauco Pontes. **Estradas de rodagem: projeto geométrico / Glauco Pontes Filho**. – São Carlos: G. Pontes Filho, 1998. Disponível em: <<file:///C:/Users/lucil/Desktop/TCC/Estradas%20de%20Rodagem%20-%20Proj%20Geom%20GL%20AUCO%20PONTES%20FILHO.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

GOOGLE EARTH MAPAS. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@0,0,-24018.82718741a,36750128.22569847d,35y,0h,0t,0r/data=KAE>>. Acesso em 10 mar. 2019.

MACEDO, Edivaldo Lins 2008. **Noções de Topografia Para Projetos Rodoviários**. Disponível em: <<http://www.topografia.com.br/Curso/capitulo%2008.php>>. Acesso em: 05 set. 2019.

MADALOZO, Hélio; DYMINSKI, Andrea; RIBEIRO, Eduardo 2014. **Análises de curvas horizontais de rodovias, para melhoramento de projeto e operação, utilizando redes neurais artificiais**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Eduardo\\_Ribeiro4/publication/266606223](https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Ribeiro4/publication/266606223)>. Acesso em: 19 mar. 2019.

MANZATO, Gustavo 2008. **Superlargura**. Disponível em: <[http://www.feb.unesp.br/Home/Departamentos343/EngenhariaCivil/gustavogarciamanza/a7\\_superlargura.pdf](http://www.feb.unesp.br/Home/Departamentos343/EngenhariaCivil/gustavogarciamanza/a7_superlargura.pdf)>. Acesso em: 01 maio 2019.

MANZOLI, Anderson 2014. **Projeto de estradas**. Disponível em: <<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/09/aula5.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

MELO e SETTI, 2007. **Implantacao de faixas adicionais em aclives de rodovias otimizacao do criterio de fluxos minimos de veículos**. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/268404018>>. Acesso em 15 mar. 2019.

MILLACK, Thaís Schutz 2014. **Projeto geométrico de uma interseção em desnível**. Acesso em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/121992/TC%20THAIS%20-%20FINAL%20A5%20BU.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

PECKER, Caroline; RIBEIRO, José; CYBIS, Helena 2003. **A visão dos usuários de rodovias de pista simples**. Disponível em: <[file:///C:/Users/lucil/Desktop/TCC/art\\_cybis4.pdf](file:///C:/Users/lucil/Desktop/TCC/art_cybis4.pdf)>. Acesso em: 02 maio 2019.

PELLEGRINI, Paulo Tomaz 2006. **Contribuição para o estudo das distâncias de visibilidade de ultrapassagem para rodovias bidirecionais com duas faixas de tráfego**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/67713291-Contribuicao-para-o-estudo-das>>

distancias-de-visibilidade-de-ultrapasagem-para-rodovias-bidirecionais-com-duas-faixas-de-trafego.html>. Acesso em: 18 mar. 2019.

PEREIRA, Lucélia Fehlberg 2005. **Um procedimento de apoio à decisão para escolha de sistemas de controle de tráfego considerando a coleta automatizada de dados**. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp009888.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

Polícia Militar- PM, 2019.

SANTOS, Cristhiano Zulianello 2013. **Estudo de tráfego da BR – 101 no trecho sul do estado do Rio de Janeiro por meio do método de Highway Capacity Manual 2010**. Disponível em: <<http://repositorio.rio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/115447/TCC%20Cristhiano.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 mar. 2019.



### APÊNDICE A - Pontos notáveis quilômetro 29 a 30

Quadro A.1 – Pontos notáveis

PONTOS NOTÁVEIS KM 29 A 30	COMP.	RAIO	θ CURVA	TG CURVA	PC	PI	PT
TANGENTE 1	371,84	-	-	-	-	-	-
CURVA 1	1003,73	1457,07	39,47	522,70	18 + 11,84 m	44 + 14,54 m	68 + 15,56 m
TANGENTE 2	912,83	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor, 2019.

Quadro A.2 – Curva 1

(continua)

CURVA	1	RAIO	1457,07	G	0,786453	d	0,0197	CORDA (m)	20
ESTACA	CORDA	CORDA ACM.	dp (°)	dp (° ' ")		d acumulado			
18 + 11,84m	-	-	-	-		-			
19	8,16	8,16	0,160436	0 ° 9 ' 38 "	0 ° 9 ' 38 "				
20	20	28,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	0 ° 33 ' 14 "				
21	20	48,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	0 ° 56 ' 49 "				
22	20	68,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	1 ° 20 ' 25 "				
23	20	88,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	1 ° 44 ' 1 "				
24	20	108,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	2 ° 7 ' 36 "				
25	20	128,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	2 ° 31 ' 12 "				
26	20	148,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	2 ° 54 ' 47 "				
27	20	168,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	3 ° 18 ' 23 "				
28	20	188,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	3 ° 41 ' 59 "				
29	20	208,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	4 ° 5 ' 34 "				
30	20	228,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	4 ° 29 ' 10 "				

(continuação)

31	20	248,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	4 ° 52 ' 45 "
32	20	268,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	5 ° 16 ' 21 "
33	20	288,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	5 ° 39 ' 57 "
34	20	308,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	6 ° 3 ' 32 "
35	20	328,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	6 ° 27 ' 8 "
36	20	348,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	6 ° 50 ' 44 "
37	20	368,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	7 ° 14 ' 19 "
38	20	388,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	7 ° 37 ' 55 "
39	20	408,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	8 ° 1 ' 30 "
40	20	428,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	8 ° 25 ' 6 "
41	20	448,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	8 ° 48 ' 42 "
42	20	468,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	9 ° 12 ' 17 "
43	20	488,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	9 ° 35 ' 53 "
44	20	508,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	9 ° 59 ' 28 "
45	20	528,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	10 ° 23 ' 4 "
46	20	548,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	10 ° 46 ' 40 "
47	20	568,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	11 ° 10 ' 15 "
48	20	588,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	11 ° 33 ' 51 "
49	20	608,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	11 ° 57 ' 27 "
50	20	628,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	12 ° 21 ' 2 "
51	20	648,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	12 ° 44 ' 38 "
52	20	668,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	13 ° 8 ' 13 "
53	20	688,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	13 ° 31 ' 49 "
54	20	708,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	13 ° 55 ' 25 "
55	20	728,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	14 ° 18 ' 60 "
56	20	748,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	14 ° 42 ' 36 "
57	20	768,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	15 ° 6 ' 11 "

(continuação)

58	20	788,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	15 ° 29 ' 47 "
59	20	808,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	15 ° 53 ' 23 "
60	20	828,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	16 ° 16 ' 58 "
61	20	848,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	16 ° 40 ' 34 "
62	20	868,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	17 ° 4 ' 10 "
63	20	888,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	17 ° 27 ' 45 "
64	20	908,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	17 ° 51 ' 21 "
65	20	928,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	18 ° 14 ' 56 "
66	20	948,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	18 ° 38 ' 32 "
67	20	968,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	19 ° 2 ' 8 "
68	20	988,16	0,393226	0 ° 23 ' 36 "	19 ° 25 ' 43 "
68 + 15,56	15,56	1003,72	0,30593	0 ° 18 ' 22 "	19 ° 44 ' 5 "

Fonte: Autor, 2019.

## APÊNDICE B – Pontos notáveis quilômetro 32 a 36

Quadro B.1 – Pontos notáveis

PONTOS NOTÁVEIS KM 32 a 36	COMP.	RAIO	θ CURVA	TG CURVA	PC	PI	PT
TANGENTE 1	146,56	-	-	-	-	-	-
CURVA 1	300,81	709,34	24,30	152,70	7 + 6,559 m	14 + 19,26 m	22 + 7,37 m
TANGENTE 2	308,10	-	-	-	-	-	-
CURVA 2	697,96	1292,28	30,95	357,72	37 + 15,46 m	55 + 13,18 m	72 + 13,42 m
TANGENTE 3	430,93	-	-	-	-	-	-
CURVA 3	418,54	629,55	38,09	217,34	94 + 4,352 m	105 + 1,69 m	115 + 2,90 m
TANGENTE 4	542,10	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor, 2019.

Quadro B.2 – Curva 1

(continua)

CURVA	1	RAIO	709,34	G	1,615460	d	0,0404	CORDA (m)	20
ESTACA	CORDA	CORDA ACM.	dp (°)	dp (° ' ")		d acumulado			
7 + 6,559 m	-	-	-	-		-			
8	13,441	13,441	0,542835	0 °	32 ' 35 "	0 °	32 ' 35 "		
9	20	33,441	0,80773	0 °	48 ' 28 "	1 °	21 ' 3 "		
10	20	53,441	0,80773	0 °	48 ' 28 "	2 °	9 ' 30 "		
11	20	73,441	0,80773	0 °	48 ' 28 "	2 °	57 ' 58 "		
12	20	93,441	0,80773	0 °	48 ' 28 "	3 °	46 ' 26 "		
13	20	113,441	0,80773	0 °	48 ' 28 "	4 °	34 ' 54 "		
14	20	133,441	0,80773	0 °	48 ' 28 "	5 °	23 ' 22 "		
15	20	153,441	0,80773	0 °	48 ' 28 "	6 °	11 ' 50 "		

(continuação)

16	20	173,441	0,80773	0 ° 48 ' 28 "	7 ° 0 ' 17 "
17	20	193,441	0,80773	0 ° 48 ' 28 "	7 ° 48 ' 45 "
18	20	213,441	0,80773	0 ° 48 ' 28 "	8 ° 37 ' 13 "
19	20	233,441	0,80773	0 ° 48 ' 28 "	9 ° 25 ' 41 "
20	20	253,441	0,80773	0 ° 48 ' 28 "	10 ° 14 ' 9 "
21	20	273,441	0,80773	0 ° 48 ' 28 "	11 ° 2 ' 36 "
22	20	293,441	0,80773	0 ° 48 ' 28 "	11 ° 51 ' 4 "
22+7,37m	7,37	300,811	0,297649	0 ° 17 ' 52 "	12 ° 8 ' 56 "

Fonte: Autor, 2019.

Quadro B.3 – Curva 2

(continua)

<b>CURVA</b>	2	<b>RAIO</b>	1292,28	<b>G</b>	0,886736	<b>d</b>	0,0222 <th><b>CORDA (m)</b></th> <td>20</td>	<b>CORDA (m)</b>	20
<b>ESTACA</b>	<b>CORDA</b>	<b>CORDA ACM.</b>	<b>dp (°)</b>	<b>dp (° ' ")</b>		<b>d acumulado</b>			
37 + 15,46m	-	-	-	-		-			
38	4,54	4,54	0,100645	0 ° 6 ' 3 "	0 ° 6 ' 3 "				
39	20	24,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	0 ° 32 ' 39 "				
40	20	44,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	0 ° 59 ' 15 "				
41	20	64,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	1 ° 25 ' 51 "				
42	20	84,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	1 ° 52 ' 27 "				
43	20	104,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	2 ° 19 ' 3 "				
44	20	124,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	2 ° 45 ' 40 "				
45	20	144,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	3 ° 12 ' 16 "				
46	20	164,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	3 ° 38 ' 52 "				
47	20	184,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	4 ° 5 ' 28 "				
48	20	204,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	4 ° 32 ' 4 "				
49	20	224,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	4 ° 58 ' 40 "				

(continuação)

50	20	244,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	5 ° 25 ' 16 "
51	20	264,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	5 ° 51 ' 52 "
52	20	284,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	6 ° 18 ' 29 "
53	20	304,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	6 ° 45 ' 5 "
54	20	324,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	7 ° 11 ' 41 "
55	20	344,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	7 ° 38 ' 17 "
56	20	364,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	8 ° 4 ' 53 "
57	20	384,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	8 ° 31 ' 29 "
58	20	404,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	8 ° 58 ' 5 "
59	20	424,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	9 ° 24 ' 41 "
60	20	444,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	9 ° 51 ' 18 "
61	20	464,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	10 ° 17 ' 54 "
62	20	484,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	10 ° 44 ' 30 "
63	20	504,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	11 ° 11 ' 6 "
64	20	524,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	11 ° 37 ' 42 "
65	20	544,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	12 ° 4 ' 18 "
66	20	564,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	12 ° 30 ' 54 "
67	20	584,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	12 ° 57 ' 30 "
68	20	604,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	13 ° 24 ' 7 "
69	20	624,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	13 ° 50 ' 43 "
70	20	644,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	14 ° 17 ' 19 "
71	20	664,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	14 ° 43 ' 55 "
72	20	684,54	0,443368	0 ° 26 ' 37 "	15 ° 10 ' 31 "
72+13,42m	13,42	697,96	0,2975	0 ° 17 ' 52 "	15 ° 28 ' 22 "

Fonte: Autor, 2019.

Quadro B.4 – Curva 3

<b>CURVA</b>	3	<b>RAIO</b>	629,55	<b>G</b>	1,820209	<b>d</b>	0,0455	<b>CORDA (m)</b>	20
<b>ESTACA</b>	<b>CORDA</b>	<b>CORDA ACM.</b>	<b>dp (°)</b>	<b>dp (° ' ")</b>		<b>d acumulado</b>			
94 + 4,352m	-	-	-	-		-			
95	15,648	15,648	0,712066	0 °	42 ' 44 "	0 °	42 ' 44 "		
96	20	35,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	1 °	37 ' 20 "		
97	20	55,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	2 °	31 ' 57 "		
98	20	75,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	3 °	26 ' 33 "		
99	20	95,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	4 °	21 ' 9 "		
100	20	115,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	5 °	15 ' 46 "		
101	20	135,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	6 °	10 ' 22 "		
102	20	155,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	7 °	4 ' 59 "		
103	20	175,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	7 °	59 ' 35 "		
104	20	195,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	8 °	54 ' 11 "		
105	20	215,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	9 °	48 ' 48 "		
106	20	235,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	10 °	43 ' 24 "		
107	20	255,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	11 °	37 ' 60 "		
108	20	275,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	12 °	32 ' 37 "		
109	20	295,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	13 °	27 ' 13 "		
110	20	315,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	14 °	21 ' 50 "		
111	20	335,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	15 °	16 ' 26 "		
112	20	355,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	16 °	11 ' 2 "		
113	20	375,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	17 °	5 ' 39 "		
114	20	395,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	18 °	0 ' 15 "		
115	20	415,648	0,910105	0 °	54 ' 37 "	18 °	54 ' 51 "		
115+2,90m	2,9	418,548	0,131965	0 °	7 ' 56 "	19 °	2 ' 47 "		

Fonte: Autor, 2019.

### APÊNDICE C – Pontos notáveis quilômetro 38,5 a 40

Quadro C.1 – Pontos notáveis

PONTOS NOTÁVEIS KM 38,5 A 40	COMP.	RAIO	Ø CURVA	TG CURVA	PC	PI	PT
TANGENTE 1	62,68	-	-	-	-	-	-
CURVA 1	425,48	529,90	46,00	224,96	3 + 2,68 m	14 + 7,64 m	24 + 8,16 m
TANGENTE 2	541,03	-	-	-	-	-	-
CURVA 2	272,66	801,99	19,48	137,66	51 + 9,19 m	58 + 6,85 m	65 + 1,85 m
TANGENTE 3	648,94	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autor, 2019.

Quadro C.2 – Curva 1

(continua)

CURVA	1	RAIO	529,90	G	1,081248	d	0,0541	CORDA (m)	10
ESTACA	CORDA	CORDA ACM.	dp (°)	dp (° ' ")			d acumulado		
3 + 2,68 m	-	-	-	-			-		
3+10	7,32	7,32	0,395737	0 °	23 ' 45 "	0 °	23 ' 45 "		
4	10	17,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	0 °	56 ' 11 "		
4+10	10	27,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	1 °	28 ' 38 "		
5	10	37,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	2 °	1 ' 4 "		
5+10	10	47,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	2 °	33 ' 30 "		
6	10	57,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	3 °	5 ' 56 "		
6+10	10	67,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	3 °	38 ' 23 "		
7	10	77,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	4 °	10 ' 49 "		
7+10	10	87,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	4 °	43 ' 15 "		
8	10	97,32	0,540624	0 °	32 ' 27 "	5 °	15 ' 41 "		



(continuação)

8+10	10	107,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	5 ° 48 ' 8 "
9	10	117,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	6 ° 20 ' 34 "
9+10	10	127,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	6 ° 52 ' 60 "
10	10	137,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	7 ° 25 ' 26 "
10+10	10	147,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	7 ° 57 ' 53 "
11	10	157,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	8 ° 30 ' 19 "
11+10	10	167,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	9 ° 2 ' 45 "
12	10	177,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	9 ° 35 ' 11 "
12+10	10	187,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	10 ° 7 ' 38 "
13	10	197,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	10 ° 40 ' 4 "
13+10	10	207,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	11 ° 12 ' 30 "
14	10	217,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	11 ° 44 ' 56 "
14+10	10	227,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	12 ° 17 ' 23 "
15	10	237,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	12 ° 49 ' 49 "
15+10	10	247,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	13 ° 22 ' 15 "
16	10	257,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	13 ° 54 ' 41 "
16+10	10	267,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	14 ° 27 ' 8 "
17	10	277,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	14 ° 59 ' 34 "
17+10	10	287,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	15 ° 31 ' 60 "
18	10	297,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	16 ° 4 ' 26 "
18+10	10	307,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	16 ° 36 ' 53 "
19	10	317,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	17 ° 9 ' 19 "
19+10	10	327,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	17 ° 41 ' 45 "
20	10	337,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	18 ° 14 ' 11 "
20+10	10	347,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	18 ° 46 ' 38 "
21	10	357,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	19 ° 19 ' 4 "
21+20	10	367,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	19 ° 51 ' 30 "

(continuação)

22	10	377,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	20 ° 23 ' 56 "
22+10	10	387,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	20 ° 56 ' 23 "
23	10	397,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	21 ° 28 ' 49 "
23+10	10	407,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	22 ° 1 ' 15 "
24	10	417,32	0,540624	0 ° 32 ' 27 "	22 ° 33 ' 41 "
24+8,16m	8,16	425,48	0,441149	0 ° 26 ' 29 "	23 ° 0 ' 9 "

Fonte: Autor, 2019.

Quadro C.3 – Curva 2

<b>CURVA</b>	2	<b>RAIO</b>	801,99	<b>G</b>	1,428845	<b>d</b>	0,0357	<b>CORDA (m)</b>	20
<b>ESTACA</b>	<b>CORDA</b>	<b>CORDA ACM.</b>	<b>dp (°)</b>	<b>dp (° ' ")</b>		<b>d acumulado</b>			
51 + 9,19m	-	-	-	-		-			
52	10,81	10,81	0,386145	0 ° 23 ' 11 "	0 ° 23 ' 11 "	0 ° 23 ' 11 "			
53	20	30,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	1 ° 6 ' 3 "	1 ° 6 ' 3 "			
54	20	50,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	1 ° 48 ' 54 "	1 ° 48 ' 54 "			
55	20	70,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	2 ° 31 ' 46 "	2 ° 31 ' 46 "			
56	20	90,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	3 ° 14 ' 38 "	3 ° 14 ' 38 "			
57	20	110,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	3 ° 57 ' 30 "	3 ° 57 ' 30 "			
58	20	130,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	4 ° 40 ' 22 "	4 ° 40 ' 22 "			
59	20	150,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	5 ° 23 ' 14 "	5 ° 23 ' 14 "			
60	20	170,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	6 ° 6 ' 6 "	6 ° 6 ' 6 "			
61	20	190,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	6 ° 48 ' 58 "	6 ° 48 ' 58 "			
62	20	210,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	7 ° 31 ' 50 "	7 ° 31 ' 50 "			
63	20	230,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	8 ° 14 ' 42 "	8 ° 14 ' 42 "			
64	20	250,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	8 ° 57 ' 34 "	8 ° 57 ' 34 "			
65	20	270,81	0,714423	0 ° 42 ' 52 "	9 ° 40 ' 26 "	9 ° 40 ' 26 "			
65+1,85m	1,85	272,66	0,066084	0 ° 3 ' 58 "	9 ° 44 ' 24 "	9 ° 44 ' 24 "			

Fonte: Autor, 2019.

