



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



HELOÍSA GUILHERMINO RODRIGUES DA COSTA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ANÁLISE DE VIABILIDADE E PROJETO FUNCIONAL DO ACESSO AO CAMPUS
GLÓRIA DA UFU

UBERLÂNDIA

2022

HELOÍSA GUILHERMINO RODRIGUES DA COSTA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ANÁLISE DE VIABILIDADE E PROJETO FUNCIONAL DO ACESSO AO CAMPUS
GLÓRIA DA UFU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lemos Ribeiro

UBERLÂNDIA

2022

RESUMO

Por conta do grande aumento da urbanização nas últimas décadas no Brasil, vem ocorrendo mudanças no comportamento da população em relação a seu deslocamento e fluxo de veículos. A mobilidade urbana deve ser estudada para promover um deslocamento fluido e seguro à população. É de amplo conhecimento que o fluxo intenso contribui para a ocorrência de acidentes. Estes, podem ser mitigados com o planejamento e estudo técnico das operações de tráfego e infraestrutura do local, sistematizando o funcionamento do tráfego de modo que o fluxo da circulação de veículos e de pessoas aconteça de maneira segura, ágil e fluida. O campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, localizado na zona sul de Uberlândia/MG, possui, atualmente, três acessos existentes, sendo um deles pela BR-365 e o restante pela BR-050. O acesso seguro e facilitado ao campus é de extrema importância. Dessa forma, esse trabalho tem por objetivo analisar o acesso ao Campus Glória - UFU pela BR-365 e propor um projeto funcional como solução para a atual condição do tráfego no local, analisando o plano diretor do campus e visando o acesso à universidade pelos diversos meios de transportes.

Palavras-chave: Mobilidade urbana; tráfego; infraestrutura; rotatória; projeto funcional.

ABSTRACT

Due to the great increase in urbanization in recent decades in Brazil, there have been changes in the behavior of the population in relation to its displacement and flow of vehicles. Urban mobility should be studied to promote a fluid and safe displacement to the population. It is well known that the intense flow contributes to the occurrence of accidents. These can be mitigated with the planning and technical study of traffic operations and infrastructure of the site, systematizing the operation of traffic so that the flow of the circulation of vehicles and people happens in a safe, agile and fluid way. The Gloria campus, of the Federal University of Uberlândia, located in the south of Uberlândia/MG, currently has three existing accesses, one of them by BR-365 and the rest by BR-050. Safe and easy access to the campus is extremely important. Thus, this work aims to evaluate access to campus Gloria - UFU by BR-365 and propose a functional project as a solution for the current condition of traffic on site, analyzing the campus master plan and aiming at access to the university by various means of transport.

Keywords: Urban mobility; traffic; infrastructure; roundabout; functional design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do campus Glória - UFU	14
Figura 2 - Vista aérea do local de estudo.....	14
Figura 3 - Ausência de sinalização vertical no trecho	15
Figura 4 - Estrutura do trabalho.....	16
Figura 5 - Faixas de mudança de velocidade.....	20
Figura 6 - Tipos de faixa de desaceleração.....	21
Figura 7 - Tipos de faixa de aceleração	21
Figura 8 - Tipos de conflito nas interseções	25
Figura 9 - Tipos de manobras	25
Figura 10 - Tipos de conflitos em interseções - comparação com rotatórias	26
Figura 11 - Trincheira Av. Ceará em Porto Alegre	27
Figura 12 - Trincheira na Rua General Mario Tourinho, em Curitiba	28
Figura 13 - Rotatória normal	31
Figura 14 - Mini-rotatória típica.....	31
Figura 15 - Rotatória compacta urbana típica	32
Figura 16 - Rotatória com deflexão do tráfego garantida pela ilha central	34
Figura 17 - Alinhamento radial das entradas.....	34
Figura 18 - Elementos geométricos básicos de uma rotatória	36
Figura 19 - Ilha separadora pintada	38
Figura 20 - Ilha separadora com delimitação física.....	38
Figura 21 - Capacidade de entrada de uma rotatória de pista simples.	39
Figura 22 - Veículo de projeto VP	41
Figura 23 - Veículo de projeto CO	42
Figura 24 - Veículo de projeto O.....	42
Figura 25 - Veículo de projeto SR.....	43
Figura 26 - Veículo de projeto RE	43
Figura 27 - Linha simples seccionada (LMS-2)	48
Figura 28 - Linha de bordo (LBO)	49
Figura 29 - Linha de continuidade (LCO).....	50
Figura 30 - Linha simples contínua (LFO-1).....	50
Figura 31 - Linha simples seccionada (LFO-2).....	51

Figura 32 - Faixa de travessia de pedestres	53
Figura 33 - Seta indicativa PEM	54
Figura 34 - Seta PEM	55
Figura 35 - Seta PEM para indicação de conversão	56
Figura 36 - Seta indicativa IMC em rotatória.....	56
Figura 37 - Seta IMC	57
Figura 38 - Legenda "PARE" e sua posição na via	58
Figura 39 - Exemplo de sinalização horizontal para saída de ramo de uma faixa	60
Figura 40 - Exemplo de sinalização horizontal para entrada de ramo de uma faixa.....	60
Figura 41 - Comprimento da faixa zebraada	61
Figura 42 - Faixa zebraada em acostamentos.....	61
Figura 43 - Faixa zebraada em pista divergente.....	63
Figura 44 - Faixa zebraada em pista convergente	63
Figura 45 - Sinalizações verticais de regulamentação.....	66
Figura 46 - Sinalizações verticais de advertência.....	68
Figura 47 - Sinalização de pré-indicação	70
Figura 48 - Placa de confirmação	71
Figura 49 - Indicação de locais de interesse público	71
Figura 50 - Sinalização vertical com ordenamento das mensagens de localidade e locais	71
Figura 51 - Metodologia do trabalho	72
Figura 52 - Parte do trajeto pela Avenida João Naves de Ávila.....	73
Figura 53 - Parte do trajeto pela rodovia BR 365.....	73
Figura 54 - Acesso ao campus Glória pela BR 365.....	74
Figura 55 - Vista 1 da convergência para acessar o campus	74
Figura 56 - Vista 2 da convergência para acessar o campus	75
Figura 57 - Campus Glória atualmente	75
Figura 58 - Projeto de implantação de acordo com Plano Diretor	77
Figura 59 - Acesso ao campus pela BR-365 de acordo com Plano Diretor	77
Figura 60 - Sistema viário de acordo com Plano Diretor	78
Figura 61 - Comprimento da faixa de acesso atual	82
Figura 62 - Comprimento atual da faixa de desaceleração com taper.....	82
Figura 63 - Cenário 2.....	84
Figura 64 - Cenário 3.....	85

Figura 65 - Cenário 4.....	87
Figura 66 - Acesso ao campus pela conversão à direita	88
Figura 67 - Localização do novo acesso.....	89
Figura 68 - Croqui do projeto	90
Figura 69 - Indicação da curva acentuada	90
Figura 70 - Veículo de projeto na conversão acentuada.....	91
Figura 71 - Croqui do projeto funcional com as duas rotatórias	93
Figura 72 - Rotatória 1 com veículo de projeto CO	94
Figura 73 - Rotatória 2 com veículo de projeto SR.....	94
Figura 74 - Dimensões da seta PEM no projeto	96
Figura 75 - Dimensões da seta IMC no projeto.....	97
Figura 76 - Sinalização horizontal da rotatória 1	97
Figura 77 - Sinalização horizontal da rotatória 2	98
Figura 78 - Dimensões consideradas para a FTP	98
Figura 79 - Dimensões da canalização de fluxo	99
Figura 80 - Legenda "PARE" e sua colocação na via	99
Figura 81 - Legenda "PARE" com suas dimensões	100
Figura 82 - Legenda de velocidade regulamentada e suas dimensões	100
Figura 83 - Dimensões para as faixas zebreadas da via de entrada na rotatória 1	101
Figura 84 - Sinalização vertical de indicação do campus.....	105
Figura 85 - Marcador de alinhamento	105
Figura 86 - Rotatória 2 no projeto funcional	107
Figura 87 - Rua sem saída	107
Figura 88 - Curvas sucessivas na aproximação da rótula.....	108
Figura 89 - Marginal de acesso à rotatória 1	108
Figura 90 - Novas dimensões para a rotatória 1	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comprimentos do taper nas faixas de mudança de velocidade	22
Tabela 2 - Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper.....	22
Tabela 3 - Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper	23
Tabela 4 - Gabarito vertical	29
Tabela 5 - Velocidades máximas de projeto de entrada	33
Tabela 6 - Diâmetros recomendados para os círculos inscritos.....	35
Tabela 7 - Principais dimensões básicas dos veículos de projeto	44
Tabela 8 - Dimensões da LMS-2 de acordo com a velocidade da via.....	48
Tabela 9 - Largura da LBO de acordo com velocidade da via	49
Tabela 10 - Dimensões da LCO de acordo com velocidade da via	50
Tabela 11 - Largura da LFO-1 de acordo com velocidade da via	51
Tabela 12 - Dimensões da LFO-2 de acordo com velocidade da via	52
Tabela 13 - Espaçamentos e dimensões das setas em vias rurais	54
Tabela 14 - Espaçamentos e dimensão da seta PEM em vias urbanas	55
Tabela 15 - Dimensões da seta PEM.....	55
Tabela 16 - Dimensões para seta PEM de indicação de conversão.....	56
Tabela 17 - Espaçamentos e comprimento da seta IMC em vias urbanas.....	57
Tabela 18 - Dimensões para seta IMC.....	57
Tabela 19 - Altura da legenda de acordo com velocidade da via	58
Tabela 20 - t_a x velocidade na rodovia.....	62
Tabela 21 - Velocidade regulamentada x espaçamento.....	62
Tabela 22 - Velocidade de operação x distância mínima de visibilidade.....	65
Tabela 23 - Tabela de distâncias máximas entre placas R-19	65
Tabela 24 - Velocidade de operação x distância mínima de visibilidade para advertência	69
Tabela 25 - Dimensões adotadas para as linhas do projeto	96
Tabela 26 - Altura da letra em função do tipo e velocidade da via	99
Tabela 27 - Dimensões recomendadas para os sinais de regulamentação de forma circular .	101
Tabela 28 - Dimensões recomendadas para o sinal de regulamentação de forma octogonal.	102
Tabela 29 - Sinalizações verticais de regulamentação utilizadas no projeto.....	102
Tabela 30 - Distância mínima de desaceleração e/ou manobra.....	103
Tabela 31 - Dimensões mínimas para sinais de advertência de forma quadrada	103

Tabela 32 - Sinalizações verticais de advertência utilizadas no projeto.....	104
Tabela 33 - Altura mínima das letras em função da velocidade regulamentada	104

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AS - Área total das salas
- CONTRAN - Conselho Nacional do Trânsito
- CTB - Código de Trânsito Brasileiro
- DER - Departamento de Estradas de Rodagem
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- FTP - Faixa de Travessia de Pedestres
- IMC - Setas indicativas de movimento em curva
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- LBO - Linha de bordo
- LCO - Linha de continuidade
- LFO - Linhas de divisão de fluxo de sentidos opostos
- LFO-1 - Linha simples contínua
- LFO-2 - Linha simples seccionada
- LMS - Linhas de divisão de fluxo de mesmo sentido
- LMS-2 - Linha simples seccionada
- NA - Número total de alunos
- NS - Número de salas de aula
- OAE - Obra de Arte Especial
- PEM - Setas indicativas de posicionamento na pista para execução de movimentos
- PGV - Polos Geradores de Viagens
- PGT - Polos Geradores de Tráfego
- REV - Redutor de Velocidade
- SH - Sinalização Horizontal
- SV - Sinalização Vertical
- SH - Sinalização Horizontal
- UFU - Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivo	13
1.2	Justificativa	13
1.3	Estrutura do trabalho.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	Polos Geradores de Tráfego - PGT.....	17
2.2	Faixas de mudança de velocidade.....	19
2.3	Tipos de conflito de tráfego	23
2.4	Trincheira.....	27
2.5	Alça elevada.....	28
2.6	Rotatórias.....	29
2.6.1	Rotatória normal	30
2.6.2	Mini-rotatória.....	31
2.6.3	Rotatória compacta urbana	32
2.6.4	Dimensionamento	33
2.6.5	Capacidade da via na entrada da rotatória	38
2.7	Veículo de projeto.....	40
2.8	Sinalização horizontal.....	45
2.8.1	Marcas longitudinais.....	47
2.8.2	Faixa de travessia de pedestres	52
2.8.3	Inscrições no pavimento	53
2.8.4	Marcas de canalização	59
2.9	Sinalização vertical	64
2.9.1	Sinalização de regulamentação	64
2.9.2	Sinalização de advertência.....	67
2.9.3	Sinalização de indicação.....	69
3	METODOLOGIA.....	72
3.1	Local de estudo	72
4	ESTUDO DE CASO	76
4.1	Plano Diretor.....	76
4.1.1	Polo gerador de tráfego.....	79

4.2	Veículo de projeto.....	80
4.3	Cenário 1.....	81
4.4	Cenário 2.....	84
4.5	Cenário 3.....	85
4.6	Cenário 4.....	86
5	PROJETO FUNCIONAL.....	88
5.1	Projeto de rotatória.....	88
5.1.1	Dimensionamento das rotatórias.....	91
5.2	Projeto de sinalização.....	95
5.2.1	Sinalização horizontal.....	95
5.2.2	Sinalização vertical.....	101
5.3	Resultados.....	106
6	CONCLUSÃO.....	110
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
	APÊNDICE A – PROJETO FUNCIONAL.....	116

1 INTRODUÇÃO

O padrão de mobilidade da população brasileira tem passado por fortes modificações desde meados do último século. Isso se dá, principalmente, devido ao intenso e acelerado processo de urbanização e crescimento desordenado das cidades, além do uso cada vez maior do transporte motorizado individual pela população (IPEA, 2010a).

De acordo com o Ministério das Cidades (2006), a mobilidade pode ser definida como um atributo relacionado aos deslocamentos realizados por indivíduos nas suas atividades de estudo, trabalho e lazer. Nesse contexto, as cidades desempenham um papel importante nas diversas relações de troca de bens e serviços, cultura e conhecimento entre seus habitantes, mas isso só é possível se houver condições adequadas de mobilidade para a população.

A mobilidade é altamente influenciada pelos Polos Geradores de Viagens (PGVs) que, de acordo com Portugal e Goldner (2003), são locais ou instalações de distintas naturezas que têm em comum o desenvolvimento de atividades em um porte e escala capazes de exercer grande atratividade sobre a população, produzir um contingente significativo de viagens, necessitar de grandes espaços para estacionamento, carga e descarga e embarque e desembarque, promovendo, conseqüentemente, potenciais impactos.

Para garantir o controle do tráfego e segurança da via, um dos principais pontos é a vigência da sinalização adequada no local, para que os motoristas sejam devidamente informados das condições de trânsito. Conforme o DER (2006), as sinalizações vertical e horizontal auxiliam no posicionamento e ordenamento adequado dos fluxos dos veículos.

Ainda, de acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego (1993), dentro das diretrizes que condicionam a configuração viária estão as faixas de aceleração e desaceleração e as distâncias de convergência e divergência. Portanto, foram estudados tais parâmetros para a análise do acesso à UFU Campus Glória pela BR 365.

Geralmente, para o dimensionamento de faixas de aceleração e desaceleração, não são considerados nos cálculos as distâncias de convergência e divergência necessárias nas entradas e saídas de vias expressas urbanas. É importante que estas distâncias sejam dimensionadas adequadamente, para garantir a segurança e a eficiência das operações de tráfego (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 1993).

Como opção de implementação para solução de segurança para interseções se destacam as rotatórias que, segundo Júnior (2001), são configurações físicas de interseções que permitem

o gerenciamento do tráfego, com alto desempenho, sem a utilização de controle semafórico. As rotatórias garantem maior segurança pois, de acordo com U.S. Department of Transportation (2000), uma rotatória elimina conflitos de travessia entre veículos nas interseções.

A Universidade Federal de Uberlândia é um Polo Gerador de Tráfego (PGV) e, portanto, seus campi influenciam no tráfego de veículos e pessoas. Dessa forma, esse trabalho visa contribuir com o melhor ordenamento de tráfego para acesso ao campus Glória pela BR 365/MG, entroncamento com BR 050/MG, no Município de Uberlândia.

1.1 Objetivo

O presente trabalho tem como principal objetivo analisar a viabilidade do acesso ao campus Glória - UFU pela BR 365/MG (prolongamento da Avenida João Naves de Ávila) em Uberlândia e propor um projeto funcional cujo propósito é proporcionar segurança e fluidez do tráfego aos usuários da rodovia.

1.2 Justificativa

O acesso ao campus Glória pela BR 365/MG se dá por uma pequena faixa de tráfego da rodovia para a marginal direita da rodovia e é antecedido por uma faixa de aceleração, o que pode causar conflito entre os veículos que buscam entrar na rodovia e os que procuram acessar o campus, podendo haver o entrelaçamento entre os veículos. Na Figura 1 é apresentada a localização do campus Glória, de acordo com Google Earth (2022), enquanto na Figura 2 é apresentado o possível entrelaçamento, indicado pelo círculo na cor preta.

Figura 1 - Localização do campus Glória - UFU



Fonte: Google Earth (2022)

Figura 2 - Vista aérea do local de estudo



LEGENDA	
	Veículos acessando o campus
	Veículos entrando na BR-365
	Possível entrelaçamento

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2022.

É importante mencionar a ausência de sinalização vertical referente ao acesso ao campus no trecho da rodovia BR-365/MG próximo ao campus. Somente é existente a sinalização vertical indicando retorno na próxima saída. Ademais, o trecho após a faixa de aceleração até a saída pela rodovia é insuficiente, sendo este um outro ponto de conflito entre os veículos, já que pode ocorrer entrelaçamento entre os usuários que necessitam mudar de faixa na via. Na Figura 3 é indicada a ausência de sinalização vertical para o acesso ao campus após o trecho da faixa de aceleração.

Figura 3 - Ausência de sinalização vertical no trecho



Fonte: Adaptado de Google Maps, 2022.

Dessa forma, o estudo em questão poderá contribuir para o melhor entendimento e ordenamento do tráfego, propiciando maior segurança e fluidez do trânsito para os que desejam acessar o campus.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado da seguinte maneira:

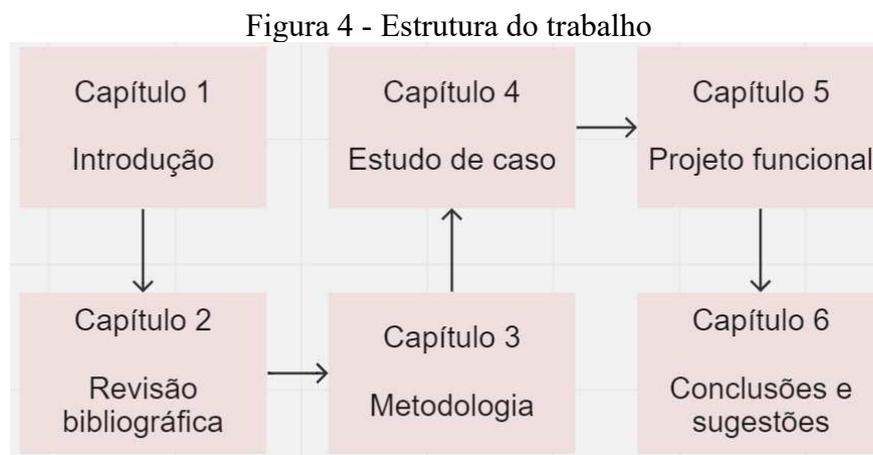
No Capítulo 1 é apresentada uma breve introdução sobre os temas de estudo, definindo também os objetivos do trabalho e sua justificativa, além da estruturação deste documento.

No Capítulo 2 consta uma revisão bibliográfica sobre medidas de engenharia que busque aumentar a segurança viária no trecho estudado, como sinalização vertical e horizontal,

implantação de rotatórias, teoria relacionada aos tipos de conflitos entre veículos e faixas de mudança de velocidade. Para isso, o Plano Diretor elaborado para o campus foi estudado.

O Capítulo 3 discorre sobre a metodologia utilizada no presente trabalho, com foco na descrição do local escolhido para trabalho, enquanto no Capítulo 4 é realizado o estudo de caso, com a análise de sinalizações verticais presentes atualmente no local, análise de mapas aéreos, análise do plano diretor e desenvolvimento de cenários de estudo para criação do projeto funcional para o local de estudo.

No Capítulo 5 é apresentado o projeto funcional proposto para o local de estudo e, finalmente, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões e sugestões para o acesso ao campus Glória. A Figura 4 indica, em um fluxograma, a estruturação do trabalho em questão.



Fonte: Autora, 2022.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção são apresentadas as principais referências bibliográficas sobre temas relacionados ao aumento da segurança e fluidez no trecho estudado e teorias necessárias, cujo objetivo foi de embasar os estudos para a análise de viabilidade e construção do projeto funcional para o local em questão.

2.1 Polos Geradores de Tráfego - PGT

Os Polos Geradores de Tráfego (PGT) ou Polos Geradores de Viagens (PGV), são empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos na circulação viária em seu entorno imediato (DENATRAN, 2001). Segundo Pineli e Sorratini (2009), estabelecimentos de ensino de nível superior são polos geradores de viagens, que atraem e produzem viagens veiculares e de pedestres e podem causar impactos no trânsito de sua área de influência.

De acordo com CET (1983), existem alguns modelos de análise de regressão utilizados para estimar o número médio de viagens atraídas por edificações educacionais em horário de pico. Tais modelos relacionam o número médio de viagens de veículos e pessoas atraídas por um centro acadêmico na hora-pico, em função do número de alunos, área de salas de aula e número total de salas. As equações a seguir apresentam os modelos de análise descritos.

- Para um número de alunos inferior a 13000 alunos:

$$V = 0,432 \times NA - 106,303 \quad (\text{Equação 1})$$

- Para AS inferior a 13000 m²:

$$V = 0,343 \times AS + 434,251 \quad (\text{Equação 2})$$

- Para a relação $\frac{NS}{NA} \geq 0,005$:

$$V = 22,066 \times NS + 102,186 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

NA = número total de alunos;

AS = área total das salas;

NS = número de salas de aula.

Além da metodologia desenvolvida pela Companhia de Engenharia de Tráfego (1983), existe também a metodologia desenvolvida pelo Institute of Transportation Engineers – ITE em 1985 (citado por Stover e Koepke, 1988), onde são estabelecidos índices de geração de viagens de acordo com o tipo de ocupação do solo urbano – residencial, institucional, comercial, industrial, recreacional e outros.

O programa computacional Trip Generation, Version 5, também desenvolvido pelo ITE (ITE, 2006), fornece o número de viagens geradas (produzidas e atraídas) por automóvel por dia e nas horas de pico da manhã e da tarde em função do número de alunos e do número de empregados das universidades. Na Equação 4 é apresentada a taxa de geração de viagens de automóvel por aluno para as 24 h do dia da semana (ALVES; SORRATINI; BARBOSA, 2011).

$$V = 2,38 NA \quad (\text{Equação 4})$$

Para garantir condições adequadas de segurança e controlar o fluxo de tráfego dos acessos aos PGTs é necessário avaliar as formas de acesso aos mesmos. De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito – DENATRAN (2001), um dos pontos recomendados como medida mitigadora de impacto é adaptar o sistema viário de acesso à demanda gerada pelo polo gerador de tráfego, reduzindo ao máximo os impactos negativos ocasionados pelo empreendimento na operação do tráfego de sua área de influência, por meio de intervenções nos sistemas viário e de circulação.

Para isso, pode ser considerada a implantação de novas vias e adequação das vias existentes para acesso (DENATRAN, 2001). Portanto, a seguir são apresentadas as referências bibliográficas referentes às faixas de mudança de velocidade, já que estas são utilizadas como acessos pela rodovia.

2.2 Faixas de mudança de velocidade

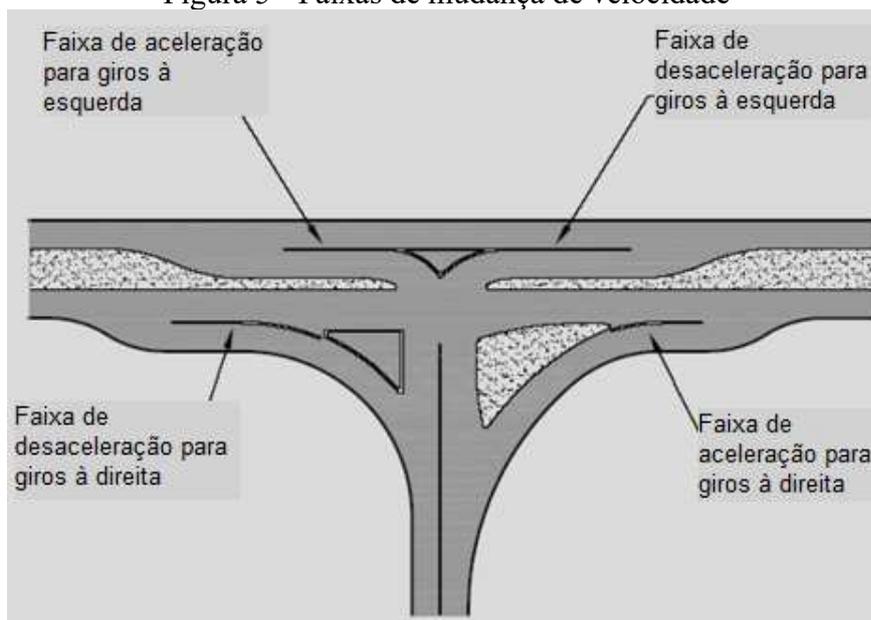
As faixas de mudança de velocidade são faixas auxiliares que têm por objetivo proporcionar espaço adequado para que os condutores dos veículos possam realizar manobras de aceleração ou desaceleração, sem provocar conflitos ou interferências com o fluxo do tráfego direto. Estas faixas devem ter largura e comprimento suficientes para a execução das variações de velocidade e são especialmente importantes nas interseções de vias de alta velocidade e elevados volumes de trânsito (DNIT, 2005).

Segundo o DNIT (2005), a faixa de aceleração é uma faixa adicional destinada à mudança de velocidade, cujos objetivos são:

- permitir que um veículo, ao entrar em uma via principal, aumente sua velocidade até um valor tal que possa penetrar na corrente principal de tráfego direto com razoável segurança e um mínimo de interferência com os demais veículos;
- proporcionar aos veículos em tráfego na via principal tempo e distância suficientes para proceder aos reajustes operacionais necessários para permitir a entrada dos novos veículos.

Já a faixa de desaceleração, segundo o DNIT (2005), é a faixa adicional destinada à mudança de velocidade, cujo objetivo é permitir a um veículo que sai da via principal a diminuição de sua velocidade para uma velocidade segura compatível com as características do ramo ou da via de conexão que se segue, sem interferir com o veículo imediatamente atrás. Na Figura 5 são exemplificados os diferentes tipos de faixas de mudança de velocidade.

Figura 5 - Faixas de mudança de velocidade



Fonte: adaptado de DNIT, 2005.

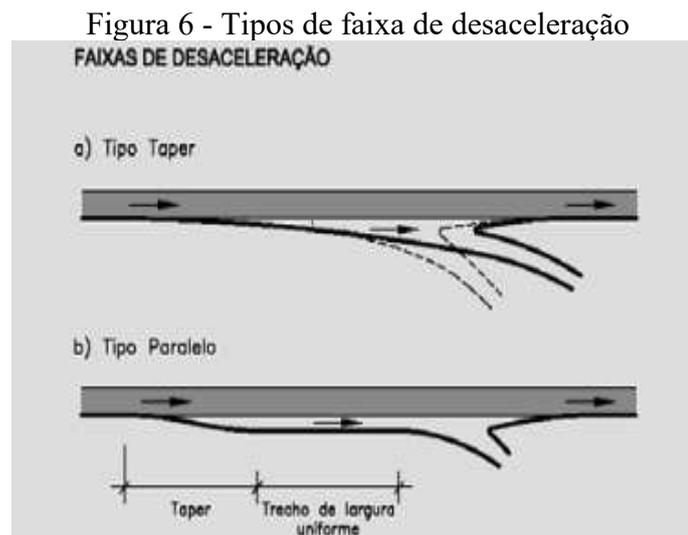
A necessidade ou não da inclusão destas faixas em uma interseção depende de muitos fatores, tais como: velocidades, volumes de tráfego, percentagem de veículos pesados, capacidade, tipo de rodovia, etc. Observações e estudos permitiram chegar às seguintes conclusões, de acordo com DNIT (2005):

- Faixas de mudança de velocidade são necessárias nas interseções de rodovias com velocidades e volumes de tráfego elevados.
- Os motoristas não usam as faixas de mudança de velocidade da mesma maneira. Alguns utilizam apenas pequenos trechos. Sua adoção, entretanto, é suficiente para melhorar a operação da rodovia.
- O uso das faixas de mudança de velocidade cresce com o volume de tráfego. Para volumes elevados a maioria dos motoristas as utilizam.
- A adoção de uma longa faixa de largura variável (taper) como faixa de mudança de velocidade é uma boa solução para a maioria dos motoristas e evita o aparecimento de uma trajetória reversa.

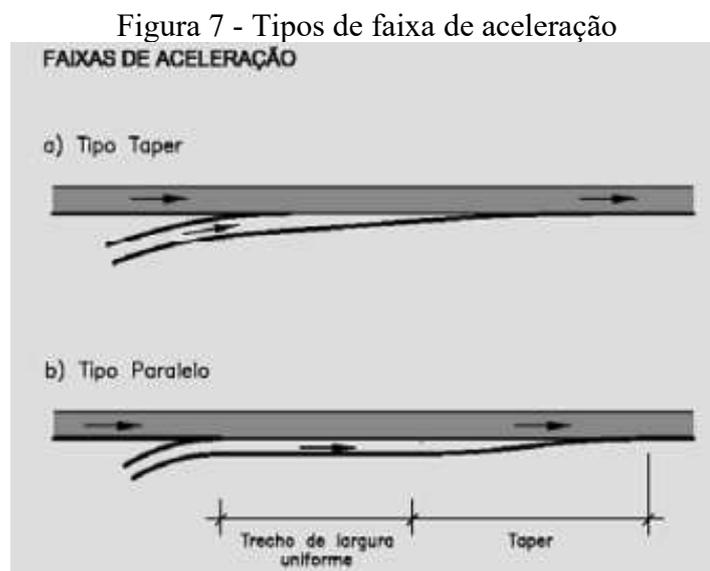
As faixas de desaceleração são sempre vantajosas, principalmente em rodovias com permissão de tráfego com elevada velocidade. Os veículos que deixam a rodovia têm que reduzir as suas velocidades e, se não dispuserem de faixa de desaceleração, ficam sujeitos a colisões traseiras devido a falhas de freios ou falta de atenção por parte de alguns motoristas. As faixas de aceleração são vantajosas no caso de não haver parada obrigatória, ou nas vias de

volumes de tráfego elevados, quando os intervalos entre veículos nos períodos de pico são curtos e de baixa frequência (DNIT, 2005).

Ainda de acordo com DNIT (2005), as faixas de mudança de velocidade podem ser de dois tipos: taper e paralelo, como indicado na Figura 6 e na Figura 7, respectivamente. O tipo taper pressupõe passagem direta do veículo de uma para outra faixa segundo um ângulo muito pequeno, enquanto que o tipo paralelo pressupõe a existência de um trecho de faixa auxiliar de largura constante. Ambos os tipos são satisfatórios, quando adequadamente projetados.



Fonte: DNIT, 2005.



Fonte: DNIT, 2005.

Os comprimentos dos tapers são baseados nas velocidades médias de operação e das faixas de desaceleração e aceleração. Na Tabela 1 é apresentado o comprimento mínimo que o taper deve possuir de acordo com a velocidade diretriz da rodovia, assim como qual é a velocidade média do veículo que utiliza o taper.

Tabela 1 - Comprimentos do taper nas faixas de mudança de velocidade

Velocidade diretriz da rodovia (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidade média (km/h)	38	46	54	62	71	79	86	92	98
Comprimento mínimo (m)	39	45	53	60	69	77	84	89	95
Comprimento arredondado (m)	40	45	55	60	70	80	85	90	100

Fonte: DNIT, 2005.

Na Tabela 2 e Tabela 3 são apresentados os comprimentos mínimos para a faixa de desaceleração e aceleração, respectivamente, já considerando o comprimento do taper. Nessas tabelas são obtidos os comprimentos da faixa e do taper a partir da velocidade diretriz da via e da velocidade de segurança da curva de saída.

Tabela 2 - Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de desaceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de saída (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	75	70	60	45	-	-	-	-
60	55	95	90	80	65	55	-	-	-
70	60	110	105	95	85	70	60	-	-
80	70	130	125	115	100	90	80	70	-
90	80	145	140	135	120	110	100	90	80
100	85	170	165	155	145	135	120	100	85
110	90	180	180	170	160	150	140	120	105
120	100	200	195	185	175	170	155	140	120

Obs: O comprimento mínimo da faixa de desaceleração será sempre o do taper

Fonte: DNIT, 2005.

Tabela 3 - Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper

Velocidade diretriz (km/h)	Taper (m)	Comprimento da faixa de aceleração, inclusive taper (m)							
		Velocidade de segurança da curva de entrada (km/h)							
		0	20	30	40	50	60	70	80
40	40	60	50	40	-	-	-	-	-
50	45	90	70	60	45	-	-	-	-
60	55	130	110	100	70	55	-	-	-
70	60	180	150	140	120	90	60	-	-
80	70	230	210	200	180	140	100	70	-
90	80	280	250	240	220	190	140	100	80
100	85	340	310	290	280	240	200	170	110
110	90	390	360	350	320	290	250	200	160
120	100	430	400	390	360	330	290	240	200

Obs: O comprimento mínimo da faixa de aceleração será sempre o do taper

Fonte: DNIT, 2005.

As faixas de aceleração, em seu término, podem ser consideradas interseções já que, de acordo com Filho (1998), interseção é a área em que duas ou mais vias se cruzam ou se unificam. Portanto, na seção a seguir são apresentados os tipos de conflito em interseções e também a rotatória como forma de garantir o aumento da segurança e fluidez no tráfego.

2.3 Tipos de conflito de tráfego

As interseções representam a área em que as correntes de tráfego de duas ou mais vias convergem, divergem ou se cruzam, sendo classificadas como “em nível” e “em níveis diferentes” ou “interconexões” dependendo dos planos em que se realizam os movimentos de cruzamento. É possível encontrar uma quantidade significativa de pontos de conflito para algumas modalidades de interseção e, por consequência, um risco potencial de acidentes no local. Ademais, é de extrema complexidade a definição precisa do tipo de interseção a ser adotada em um determinado local. Essa dificuldade se deve à interação entre diversos fatores como aspectos topográficos, volume de tráfego, velocidades, tipos de veículos que trafegam pela via, custo para a implantação da solução e o grau de aleatoriedade na distribuição do tráfego (DNIT, 2005).

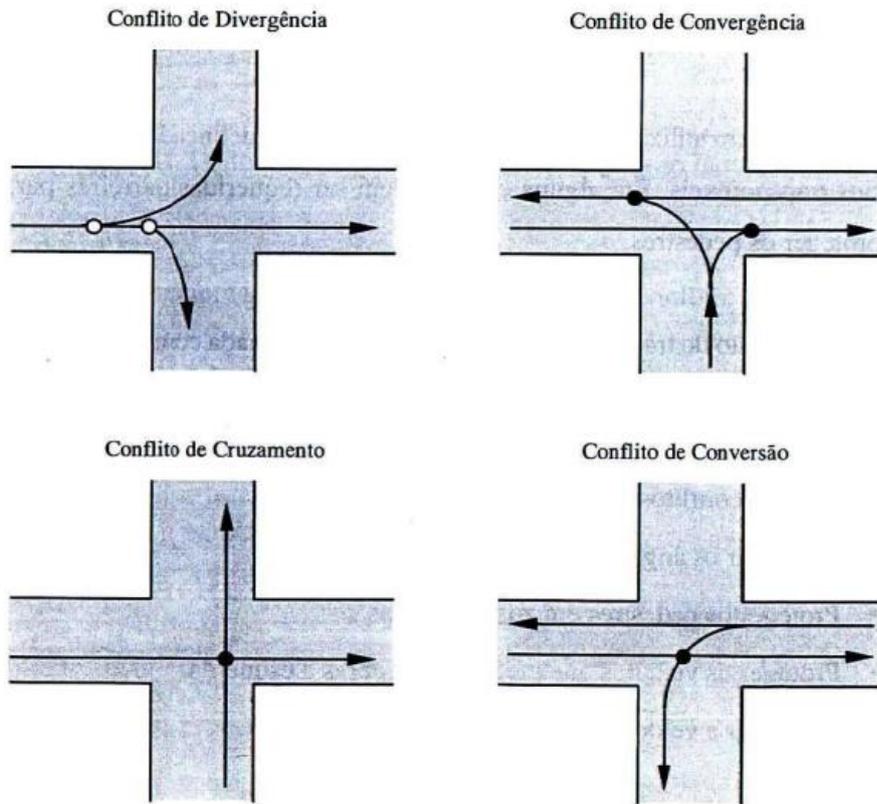
Quando a infraestrutura destas interseções não acompanha o crescimento do volume de tráfego ou é mal dimensionada, podem ocorrer problemas como congestionamentos, acidentes, irritações por parte dos motoristas, insegurança aos pedestres e ciclistas e até mesmo problemas de saúde decorrentes do excesso de poluição gerada pelo tempo perdido dos usuários no local (SOLEK; MARCUSSO, 2018).

Segundo o DNIT (2005), “pontos de conflito” são os locais em que ocorrem os movimentos de convergência, divergência e cruzamento entre correntes de tráfego diferentes. A presença destes pontos influencia diretamente na velocidade dos veículos, na segurança e na capacidade da interseção. Em uma visão mais abrangente, de acordo com Ferraz et al. (2012), os conflitos de tráfego representam uma interação anormal entre dois veículos, dois veículos e um pedestre ou entre um veículo e um elemento da guia. Tais conflitos são tecnicamente considerados como “quase acidentes” ou, de uma forma simplificada, acidentes que não ocorreram devido à ação evasiva por parte de um ou mais indivíduos envolvidos nos mesmos.

De uma forma mais específica, os movimentos de convergência ocorrem quando os fluxos de duas ou mais correntes se unem para formar uma única corrente de fluxo. Movimentos de divergência se dão quando uma parte dos veículos se separa de sua corrente de tráfego original e inicia outra independente. Por sua vez, os movimentos de cruzamento ocorrem quando a trajetória de uma das correntes de tráfego interrompe a trajetória da outra corrente. Há ainda os entrelaçamentos, que são formados inicialmente por movimentos de convergência seguidos pelos de divergência (DNIT, 2005).

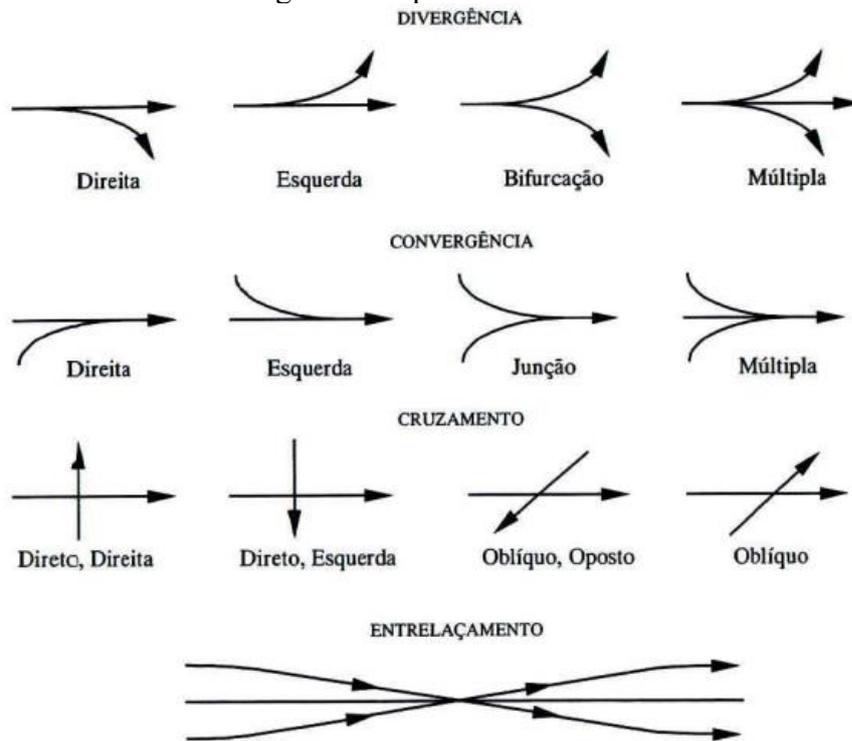
Na Figura 8 são apresentados os diferentes tipos de conflito nas interseções, enquanto na Figura 9 são exemplificados os tipos de manobras realizadas para transitar nas interseções apresentadas.

Figura 8 - Tipos de conflito nas interseções



Fonte: Pontes Filho, 1998.

Figura 9 - Tipos de manobras

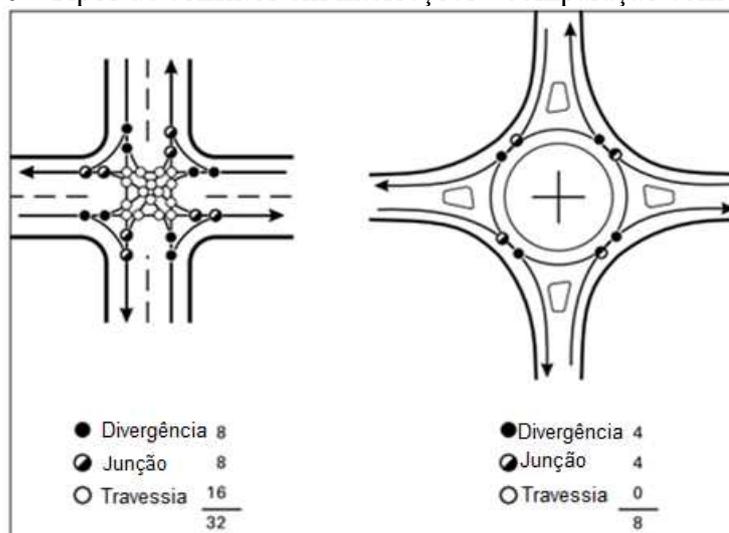


Fonte: Pontes Filho, 1998.

De acordo com U.S. Department of Transportation (2000), uma rotatória elimina conflitos de travessia entre veículos, convertendo todos os movimentos em curvas à direita. Faixas de curva separadas e controle de tráfego (sinais de parada ou sinalização) muitas vezes podem reduzir, mas não eliminar o número de cruzamentos conflitantes em uma intersecção tradicional, separando conflitos no espaço e/ou no tempo.

Na Figura 10 é possível comparar os tipos de conflitos em intersecções com as rotatórias, que foram estudadas na Seção 2.6 deste trabalho. A partir dessa comparação é verificado que com as rotatórias o número de conflitos diminui, já que em intersecções podem ocorrer até 32 conflitos, enquanto em uma rotatória é eliminado grande parte desses conflitos, com o número caindo para 8.

Figura 10 - Tipos de conflitos em intersecções - comparação com rotatórias



Fonte: Adaptado de U.S. Department of Transportation, 2000.

A capacidade das rotatórias de reduzir conflitos através de características físicas e geométricas tem sido demonstrada como mais eficaz do que a dependência do motorista em obedecer aos dispositivos de controle de tráfego. Em cruzamentos com mais de quatro vias uma rotatória ou par de rotatórias podem, por vezes, ser a alternativa mais prática para minimizar o número de conflitos (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

Assim como as rotatórias podem auxiliar para o aumento da fluidez e segurança no tráfego de acesso ao campus, a trincheira também influencia nesse aspecto, como forma de manter o fluxo de veículos contínuo em uma via, sem conflito com outros veículos. Dessa forma, na Seção 2.4 são apresentadas referências bibliográficas relacionadas a trincheiras e sua influência no tráfego.

2.4 Trincheira

Uma ponte, de acordo com Pfeil (1980), é definida como a obra destinada a transposição de obstáculos à continuidade do leito normal de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos, etc. Quando a ponte tem por objetivo a transposição de vales, outras vias ou obstáculos em geral não constituídos por água é, comumente, denominada viaduto.

Quando o obstáculo terrestre que tal viaduto deve vencer é uma via rebaixada, este é parte de um sistema comumente conhecido por trincheira, que engloba, além do viaduto, as estruturas de contenção do solo remanescente após a escavação da vala por onde passará a via inferior (SCHERER, 2013).

As trincheiras são muito utilizadas para melhorar o fluxo de veículos na via, diminuindo congestionamentos e, conseqüentemente, aumentando a fluidez do tráfego. Na Figura 11 é apresentada a trincheira da Avenida Ceará, localizada em Porto Alegre, que foi inaugurada em março de 2020 e colaborou para o aumento de fluidez do tráfego no local.

Figura 11 - Trincheira Av. Ceará em Porto Alegre



Fonte: Severo, 2020.

Outro exemplo de trincheira que melhorou o fluxo do tráfego no local é a trincheira da Rua General Mario Tourinho, em Curitiba/PR. Segundo a Prefeitura Municipal de Curitiba (2021), a trincheira eliminou interferências de tráfego do trecho por onde chegam a circular 62 mil veículos por dia e que serve de itinerário para dez linhas de ônibus. Por essas linhas, 168

mil passageiros realizam o seu ir e vir diário. Na Figura 12 é apresentada a trincheira em Curitiba.

Figura 12 - Trincheira na Rua General Mario Tourinho, em Curitiba



Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2021.

Assim como a trincheira, o acesso elevado pode ser uma opção para tornar o fluxo de veículos mais seguro e contínuo, sem necessidade de interrupções por interseções na via, eliminando conflitos do tipo “entrelaçamento” de veículos. Dessa forma, a seguir é abordada a alça elevada.

2.5 Alça elevada

A alça elevada refere-se ao acesso a uma via que não está situada no nível do solo, estando elevada em comparação a outras vias. Com isso, pode ser considerada um viaduto ou elevado, já que de acordo com o Manual de projeto geométrico de travessias urbanas do DNIT (2010), viaduto é uma obra de construção civil destinada a transpor uma depressão de terreno ou servir de passagem superior. Assim, deve ser levado em consideração a altura mínima de projeto para que os veículos possam transitar com segurança no viaduto e também na via inferior. As dimensões mínimas de projeto constam no gabarito.

O Ministério dos Transportes determina através do DNIT as dimensões mínimas que os componentes de tráfego (estradas, pontes, tuneis, etc.) devem atender para oferecer um tráfego seguro considerando as necessidades dos usuários. Pela norma, o gabarito vertical adotado nas rodovias e em algumas das principais vias urbanas (anéis rodoviários e vias expressas), é de 5,50 m. Vias expressas, portanto, independentemente de outras considerações, devem possuir um gabarito de 5,50 m, inclusive para os ramos. É desejável, porém, que este valor seja adotado, também, em todas as vias arteriais que atuem como extensões urbanas do sistema rodoviário nacional, ou seja, os trechos viários que penetrem, cruzem ou contornem a área urbanizada, de modo a possibilitar o transporte de cargas com dimensões excepcionais (DNIT, 2010).

O Manual de Projeto de Interseções, publicação IPR-718 emitido pelo DNIT (2005), estabelece o gabarito das obras de arte em função da classificação da via. Na Tabela 4 é apresentado o gabarito vertical determinado pelo DNIT (2005).

Tabela 4 - Gabarito vertical

Vias	Gabarito Vertical (m)
Vias rurais (Classes 0 e I)	5,50
Vias rurais (Classes II a IV)	4,50 (*)
Vias arteriais urbanas que atuam como extensão do sistema rodoviário	5,50
Outras vias arteriais e demais vias	4,50

(*) Gabarito desejável: 5,50 m

Fonte: DNIT, 2005.

2.6 Rotatórias

De acordo com Júnior (2001) e Ribeiro et al. (2017), rotatórias são configurações físicas de interseções que permitem o gerenciamento do tráfego, com alto desempenho, sem a utilização de controle semafórico. A segurança e o funcionamento eficaz das rotatórias está diretamente condicionado à eliminação da possibilidade de o tráfego atravessar diretamente a rotatória, correta deflexão do tráfego na entrada da rotatória, boa visibilidade dos elementos físicos da rotatória, dos pedestres e dos veículos. Além disso, é importante que a regra de prioridade definida pelo CTB para a rotatória seja reforçada mediante o uso de sinalização vertical e horizontal adequadas.

Inicialmente, as rotatórias foram construídas ao longo dos anos como parte dos esforços para acalmar o tráfego e melhorar a habitabilidade das áreas residenciais. Porém, as rotatórias também podem ser uma alternativa viável para as principais interseções arteriais, dependendo do volume de tráfego, da geometria da via e do direito de passagem disponível (STANEK; MILAM, 2004).

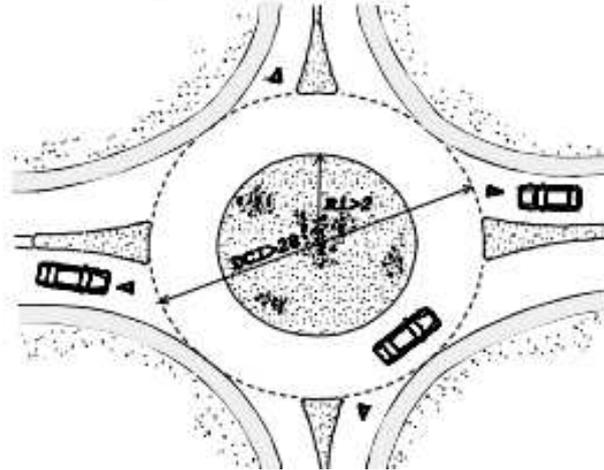
Segundo Stanek e Milam (2004), as rotatórias têm se tornado mais populares nos últimos anos como uma inovação operacional e solução de segurança tanto para interseções de baixo volume quanto para interseções de alto volume de tráfego. Dessa forma, nesse trabalho foram abordadas as rotatórias normais, mini-rotatórias e as rotatórias compactas urbanas, para melhor definição das mesmas.

2.6.1 Rotatória normal

A rotatória normal é caracterizada pela existência de uma ilha central com diâmetro igual ou superior a 4m e de diâmetros do círculo inscrito superiores a 28m. Podem dispor de uma ou mais vias de circulação no anel, no qual é estabelecido um sentido único de circulação. A ilha central apresenta geralmente uma forma circular e a sua concepção geométrica deve reger-se por princípios de dimensionamento que permitam a circulação de todo o tipo de veículo sem galgamento ou transposição da ilha central (SILVA; SECO, 2004).

De acordo com Silva e Seco, (2004), esse tipo de rotatória adapta-se particularmente bem na resolução dos pontos de conflito entre três ou mais ramos confluentes. Constituem soluções facilmente percebidas pelo condutor mesmo que perante mais de 4 ramos, sendo mesmo nestas circunstâncias uma excelente alternativa às interseções prioritárias ou semaforizadas. Na Figura 13 é apresentado esse tipo de rotatória.

Figura 13 - Rotatória normal

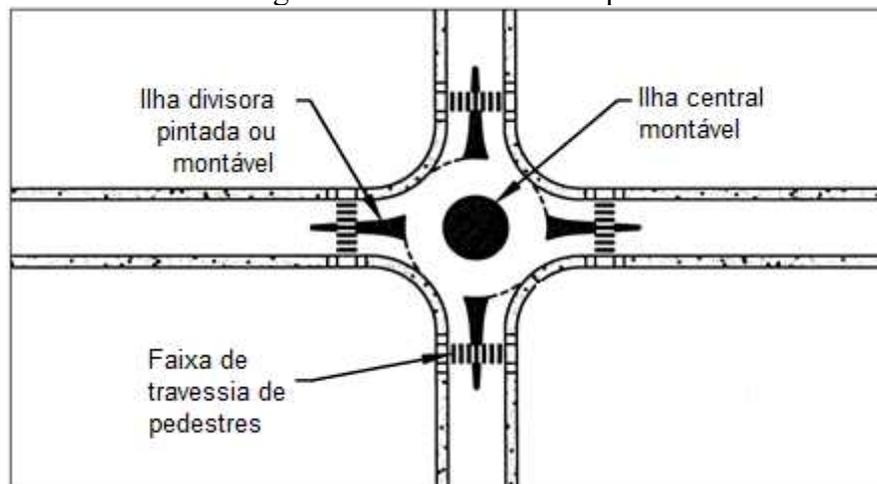


Fonte: Silva e Seco, 2004.

2.6.2 Mini-rotatória

De acordo com a U.S. Department of Transportation (2000), as mini-rotatórias são pequenas rotatórias utilizadas em ambientes urbanos de baixa velocidade, com velocidades médias de operação de 60 km/h ou inferior. Na Figura 14 é fornecido um exemplo de uma mini-rotatória típica.

Figura 14 - Mini-rotatória típica



Fonte: Adaptado de U.S. Department of Transportation, 2000.

Pelas suas dimensões e modo de funcionamento, a sua implantação deve ser limitada a locais com reduzidos fluxos de tráfego. Pelo reduzido espaço que ocupam, as mini-rotatórias

adaptam-se particularmente bem no reordenamento de cruzamentos existentes com grandes restrições de espaço (SILVA; SECO, 2004).

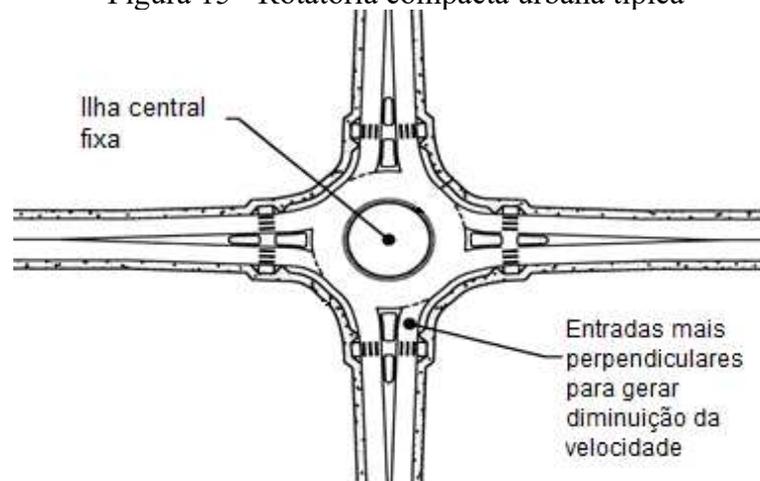
Segundo Silva e Seco (2004), pelas dificuldades de contorno impostas aos veículos de maiores dimensões, a sua implantação deve limitar-se a locais onde a presença de veículos pesados seja excepcionalmente reduzida. Assim, a sua aplicação deve ser recomendada para zonas residenciais, onde a mini-rotatória possa funcionar como um instrumento de moderação da velocidade.

2.6.3 Rotatória compacta urbana

Segundo U.S. Department of Transportation (2000), como as mini-rotatórias, as rotatórias compactas urbanas, ou rotatórias modernas, exemplificadas na Figura 15, destinam-se a ser de fácil uso para pedestres e ciclistas, porque suas faixas de aproximação perpendiculares exigem velocidades muito baixas para os veículos realizarem uma curva à direita, dentro e fora da faixa circular.

No entanto, o tratamento compacto urbano atende a todos os requisitos de projeto de rotatórias eficazes. O objetivo principal deste projeto é permitir que os pedestres tenham um uso seguro e eficaz do cruzamento. A capacidade não deve ser uma questão crítica para que esse tipo de rotatória seja considerada. O projeto geométrico inclui ilhas divisórias elevadas que incorporam áreas de armazenamento de pedestres de nível médio, e uma ilha central desmontável (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

Figura 15 - Rotatória compacta urbana típica



Fonte: Adaptado de U.S. Department of Transportation, 2000.

2.6.4 Dimensionamento

Nessa seção foram descritos os principais elementos para dimensionamento geométrico de uma rotatória, com diretrizes para o projeto de cada elemento geométrico. As velocidades máximas de projeto de entrada recomendadas para rotatórias em várias categorias de locais de cruzamento são fornecidas na Tabela 5.

Tabela 5 - Velocidades máximas de projeto de entrada

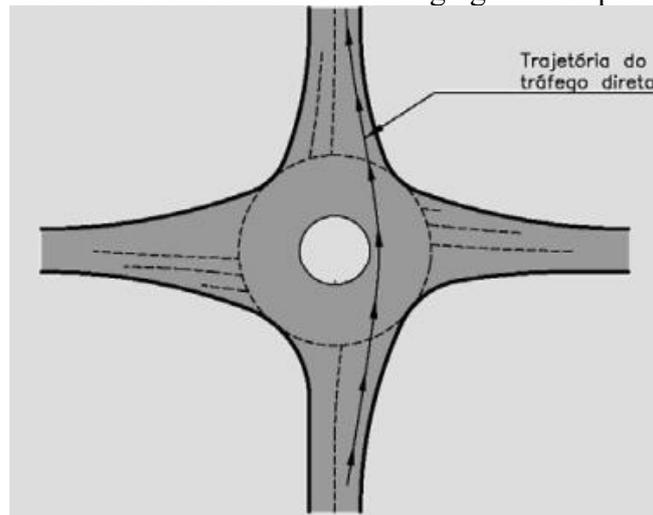
Tipo de rotatória	Velocidade máxima de entrada recomendada para o projeto
Mini-rotatória	25 km/h
Compacta em meio urbano	25 km/h
Normal urbana com uma via de circulação	35 km/h
Normal urbana com múltiplas vias	40 km/h
Normal inter-urbana com uma via de circulação	40 km/h
Normal inter-urbana com múltiplas vias	50 km/h

Fonte: Adaptado de U.S. Department of Transportation, 2000.

A velocidade de projeto da rotatória é determinada a partir do menor raio ao longo do caminho mais rápido permitido. O menor raio geralmente ocorre na faixa circular quando o veículo curva para a esquerda em torno da ilha central. No entanto, ao projetar a geometria da rotatória é importante que o raio da entrada não seja significativamente maior do que o raio da faixa circular (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

De acordo com DNIT (2005), a ilha central deve ser dimensionada de modo a causar a deflexão do tráfego, impedindo que os veículos cruzem direto a interseção. Este elemento geométrico é responsável pela redução da velocidade dos veículos cruzando a interseção. Na Figura 16 é apresentado um exemplo de caminho mais rápido permitido para a rotatória, que é o caminho do tráfego direto. Nessa figura é possível observar a deflexão do tráfego gerada pela ilha central.

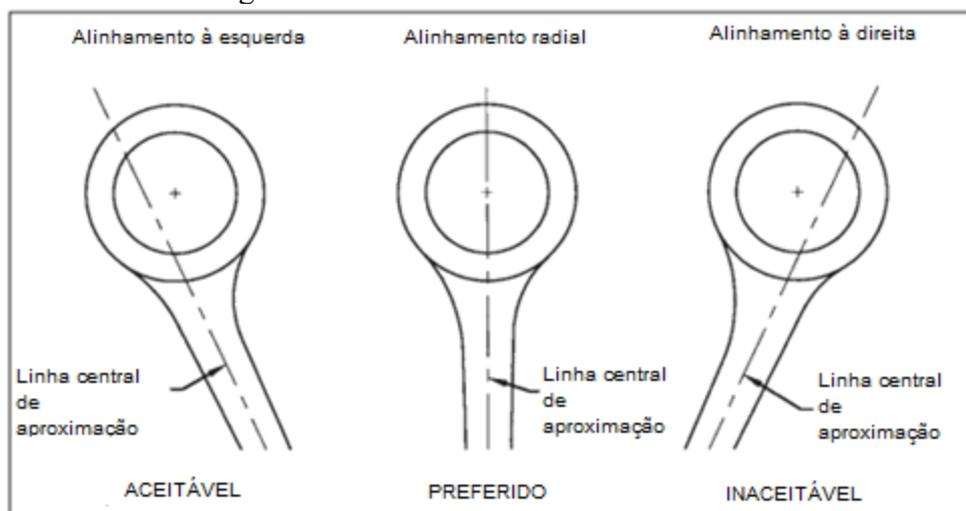
Figura 16 - Rotatória com deflexão do tráfego garantida pela ilha central



Fonte: DNIT, 2005.

Segundo U.S. Department of Transportation (2000), para que a rotatória seja localizada de forma ideal, os eixos de todas as faixas de rolamento devem passar pelo centro do círculo inscrito. Este alinhamento permite que a geometria seja adequadamente projetada para que os veículos mantenham velocidades lentas através das entradas e das saídas. O alinhamento radial também torna a ilha central mais visível para os motoristas que estão se aproximando da rotatória. Porém, caso não seja possível alinhar os eixos das alças da rodovia com o círculo inscrito, pode ser realizado um ligeiro deslocamento para a esquerda (ou seja, a linha central passa para a esquerda do ponto central da rotatória). Na Figura 17 são apresentadas as possíveis formas de alinhamento para a rotatória e suas entradas.

Figura 17 - Alinhamento radial das entradas



Fonte: Adaptado de U.S. Department of Transportation, 2000.

Em rotatórias de pista única o tamanho do círculo inscrito é, em grande parte, dependente dos requisitos de giro do veículo de projeto. O diâmetro deve ser grande o suficiente para acomodar o veículo de projeto, mantendo a deflexão adequada da curvatura para garantir velocidades seguras para veículos menores (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

De acordo com Silva e Seco (2004), o número de vias de entrada da rotatória deve ser preferencialmente limitado a 3, pois um elevado número de vias de entrada associa-se a dificuldades de legibilidade e a indecisões sobre o comportamento a adotar, podendo resultar em quebras de capacidade ou mesmo em acidentes de pequena gravidade.

Em relação aos parâmetros dos elementos de projeto de uma rotatória moderna, segundo o Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005), uma das primeiras considerações a serem feitas se refere à capacidade de acomodação de grandes veículos de carga e de transporte coletivo. O diâmetro externo deve ser pelo menos da ordem de 30 m a 40 m. O diâmetro interno deve procurar um equilíbrio entre a necessidade de atender ao gabarito dos maiores veículos e a conveniência de evitar amplos espaços que possam encorajar velocidades elevadas. Na Tabela 6 são apresentadas as faixas recomendadas de diâmetros de círculo inscritos para diferentes tipos de rotatórias.

Tabela 6 - Diâmetros recomendados para os círculos inscritos

Tipo de rotatória	Veículo de projeto	Diâmetro do círculo inscrito*
Míni rotatória	Caminhão simples	13-25m
Compacta urbana	Caminhão simples/ônibus	25-30m
Urbana de pista simples	Semirreboque	30-40m
Urbana de pista dupla	Semirreboque	45-55m
Rural de pista simples	Caminhão convencional	35-40m
Rural de pista dupla	Caminhão convencional	55-60m

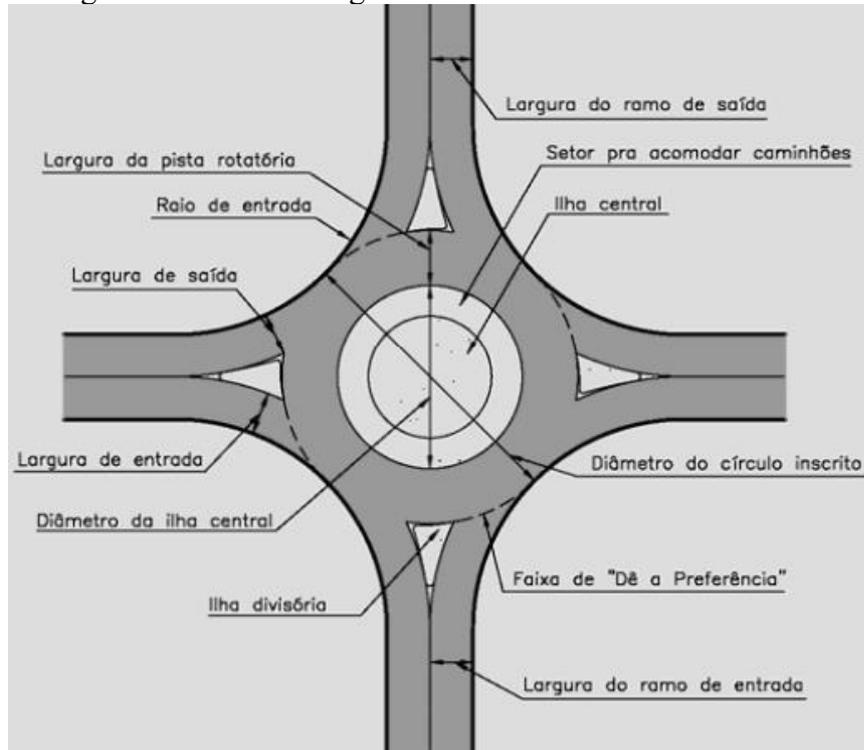
* Assume ângulos de 90 graus entre as entradas e não são utilizadas mais de 4 pistas

Fonte: Adaptado de U.S. Department of Transportation, 2000.

Segundo DNIT (2005), a caracterização da prioridade do tráfego circulando na rotatória resulta na eliminação ou redução drástica do entrecruzamento de fluxos na pista de circulação em torno da ilha central. Portanto, sua largura deve garantir que este entrecruzamento seja o mínimo possível: o tráfego entrando na rotatória e saindo na aproximação seguinte não deve se entrelaçar com o tráfego circulando. Os raios das entradas e saídas ajudam a garantir este

princípio operacional. Na Figura 18 são apresentados os elementos geométricos básicos de uma rotatória.

Figura 18 - Elementos geométricos básicos de uma rotatória



Fonte: DNIT, 2005.

As entradas e saídas são elementos fundamentais na determinação da capacidade e nas condições operacionais das rotatórias modernas. A largura da aproximação de entrada e/ou o número de faixas de tráfego são os principais fatores na determinação da capacidade da rótula, mas é necessário que a pista de circulação tenha também essa largura, ou número de faixas. A largura/número de faixas da pista de circulação deve ser pelo menos igual à da maior aproximação de entrada (DNIT, 2005).

Determinar a largura de entrada e a largura da faixa circular envolve uma troca entre capacidade e segurança. O projeto deve fornecer a largura mínima necessária para a capacidade e acomodação do veículo de projeto, a fim de manter o mais alto nível de segurança. As larguras de entrada típicas para entradas de pista única variam de 4,3 a 4,9 m. No entanto, valores maiores ou inferiores a essa faixa podem ser necessários para os requisitos de projeto específico do local e requisitos de velocidade para caminhos críticos do veículo (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

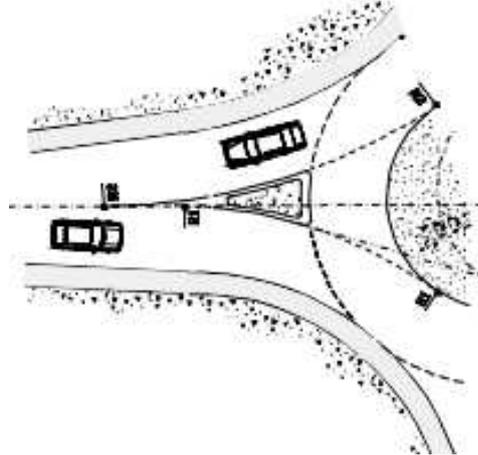
Quando a capacidade necessária para a rótula exige o aumento da largura de uma entrada, adiciona-se uma nova faixa paralela à existente ou alarga-se gradualmente essa faixa até a aproximação de entrada. O número de faixas criadas pelo alargamento é função do aumento de largura obtido e da largura mínima de faixa recomendada para o tipo de veículo trafegando naquela aproximação (DNIT, 2005).

Os raios de entrada em rotatórias urbanas de pista única normalmente variam de 10 a 30 m. Raios maiores podem ser usados, mas é importante que os raios não sejam muito grandes para que não resultem em velocidades de entrada excessivas. Nas rotatórias da rua local, os raios de entrada podem ser abaixo de 10 m se o veículo de projeto for pequeno (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

Em rotatórias de pista única em ambientes urbanos, as saídas devem ser projetadas para impor um caminho de saída curvado com uma velocidade de projeto abaixo de 40 km/h, a fim de maximizar a segurança para os pedestres que atravessam o fluxo de tráfego que sai. Geralmente, raios de saída devem ser de no mínimo 15 m. No entanto, em locais com atividade de pedestres e sem tráfego de caminhões, os raios de saída podem ser de 10 a 12 m. Isso produz uma velocidade de projeto lenta para maximizar a segurança e o conforto para os pedestres (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

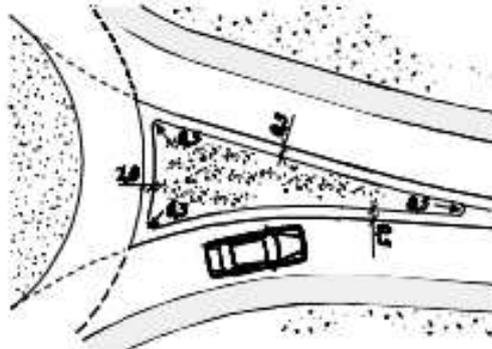
Segundo Silva e Seco (2004), a concepção geométrica da entrada e da saída deve ser sempre acompanhada de um esforço complementar no sentido de disponibilização de espaço para implantação de uma ilha separadora materializada ou simplesmente pintada. Entre outras funções, cabe a esta ilha separar as correntes de tráfego, canalizar os movimentos direcionais, servir de proteção aos pedestres e abrigar a sinalização e mobiliário urbano. Por assegurarem uma separação física entre os fluxos de entrada e de saída, pode ser atribuído, ainda, alguma influência ao nível da capacidade da entrada. Na Figura 19 e Figura 20 são apresentados exemplos de ilha separadora pintada e materializada, respectivamente.

Figura 19 - Ilha separadora pintada



Fonte: Silva e Seco, 2004.

Figura 20 - Ilha separadora com delimitação física



Fonte: Silva e Seco, 2004.

2.6.5 Capacidade da via na entrada da rotatória

A capacidade de cada entrada em uma rotatória é a taxa máxima esperada em que os veículos podem entrar na aproximação da rotatória durante um dado período de tempo sob condições normais de tráfego na via. A análise operacional considera um conjunto preciso de condições geométricas e taxas de fluxo de tráfego definidas para um período de análise de 15 minutos para cada entrada de rotatória (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

O fluxo máximo que pode ser acomodado em uma entrada de rotatória depende de dois fatores: o fluxo circulante na rotatória que entra em conflito com o fluxo de entrada, e os elementos geométricos da rotatória. Quando o fluxo circulante é baixo, os motoristas podem entrar na rotatória sem demora significativa. As lacunas maiores no fluxo circulante são mais úteis para os motoristas de entrada e mais de um veículo pode entrar em cada lacuna. O

elemento geométrico mais importante é a largura das vias de entrada e da faixa circular, ou o número de faixas na entrada e na rotatória (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

Como em outras formas de intersecção não sinalizadas, quando o tráfego excede a sua capacidade, atrasos e comprimentos de fila variam significativamente sobre seus valores usuais. Por essa razão, os procedimentos de análise em alguns países (Austrália, Alemanha e Reino Unido) recomendam que as rotatórias sejam projetadas para operar no máximo com 85% de sua capacidade estimada (U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2000).

Na Figura 21 é apresentada a capacidade esperada para uma rotatória de pista única para ambos os projetos urbanos compactos e urbanos/rurais de pista única. Ainda, a Figura 21 mostra a variação de fluxo máximo de entrada em função do fluxo circulante na rotatória. A previsão de capacidade mostrada no gráfico é válida para rotatórias de pista única com diâmetros de círculo inscritos de 25 m a 55 m.

Espera-se que o projeto compacto urbano tenha uma capacidade reduzida, mas garanta benefícios significativos de diminuição de velocidade de veículos através da rotatória. Isso aumenta a segurança para pedestres e ciclistas em comparação com as maiores rotatórias de pista única. Capacidades de mini-rotatórias podem ser aproximadas usando os volumes máximos diários de serviço, mas em qualquer caso não deve exceder a capacidade da rotatória urbana compacta.

Figura 21 - Capacidade de entrada de uma rotatória de pista simples.



Fonte: Adaptado de U.S. Department of Transportation, 2000.

Portanto, de acordo com a Figura 21, a capacidade de uma rotatória de pista única é de 1800 veículos por hora. Dessa forma, com a recomendação de não ultrapassar 85% da capacidade de tráfego, o fluxo de veículos nesse tipo de rotatória não deve exceder 1530 veículos por hora.

Para todo projeto viário, de interseções ou rodovias é importante conhecer as características físicas dos veículos que irão trafegar a via. Essas características irão constituir parâmetros que serão usados no dimensionamento geométrico e estrutural da rodovia. Portanto, na seção a seguir são apresentados os veículos de projeto.

2.7 Veículo de projeto

Veículo de projeto, segundo o Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005), é o veículo teórico de uma certa categoria, cujas características físicas e operacionais representam uma envoltória das características da maioria dos veículos existentes nessa categoria. A predominância de uma certa categoria de veículos define o veículo de projeto a ser escolhido para condicionar as características da via.

Ainda de acordo com DNIT (2005), considerando a pequena divergência entre os veículos-tipo nacionais e os americanos e em vista da ausência de estudos mais completos que permitam fixar com suficiente precisão as dimensões e características dos veículos de projeto para nossas condições, serão recomendados aqueles usados pela AASHTO, com designações mais apropriadas ao nosso idioma. São cinco tipos básicos de veículos de projeto, a serem adotados em cada caso conforme as características predominantes do tráfego. As definições dos tipos básicos de veículos de projeto são apresentadas a seguir.

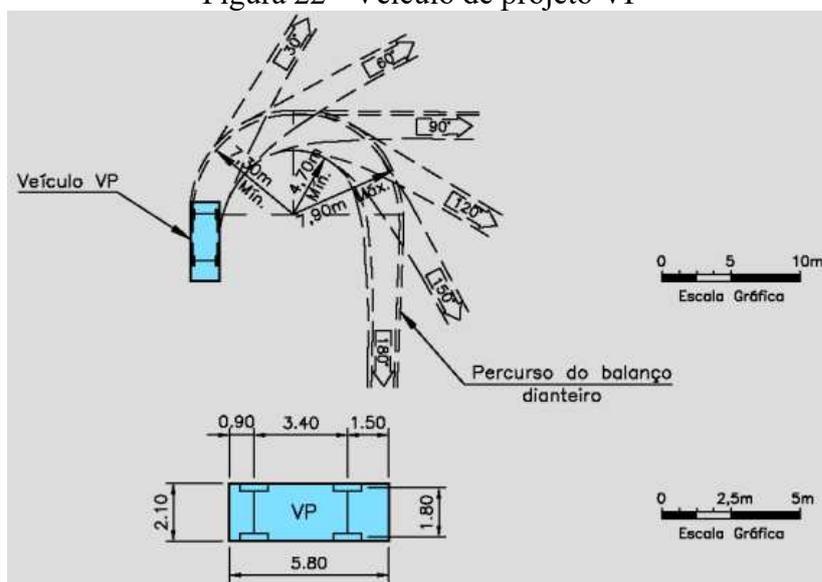
- VP - Representa os veículos leves, física e operacionalmente assimiláveis ao automóvel, incluindo minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares;
- CO - Representa os veículos comerciais rígidos, não articulados. Abrangem os caminhões e ônibus convencionais, normalmente de dois eixos e quatro a seis rodas;
- O - Representa os veículos comerciais rígidos de maiores dimensões. Entre estes incluem-se os ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e de turismo, bem como caminhões longos, frequentemente com três eixos (tracção), de maiores dimensões que

o veículo CO básico. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal admissível para veículos rígidos;

- SR - Representa os veículos comerciais articulados, compostos de uma unidade tratora simples (cavalo mecânico) e um semi-reboque. Seu comprimento aproxima-se do limite máximo legal para veículos dessa categoria;
- RE - Representa os veículos comerciais com reboque. É composto de um caminhão trator trucado, um semi-reboque e um reboque, e que mais se aproxima do veículo conhecido como bitrem. Seu comprimento é o máximo permitido pela legislação.

Os raios de giro e dimensões típicas dos diversos tipos de veículos de projeto são apresentados a partir da Figura 22 até a Figura 26. Na Figura 22 é possível analisar o trajeto realizado pelo veículo de projeto VP ao realizar uma conversão à direita. Dessa forma, é verificado o seu raio de giro pelo percurso do balanço dianteiro.

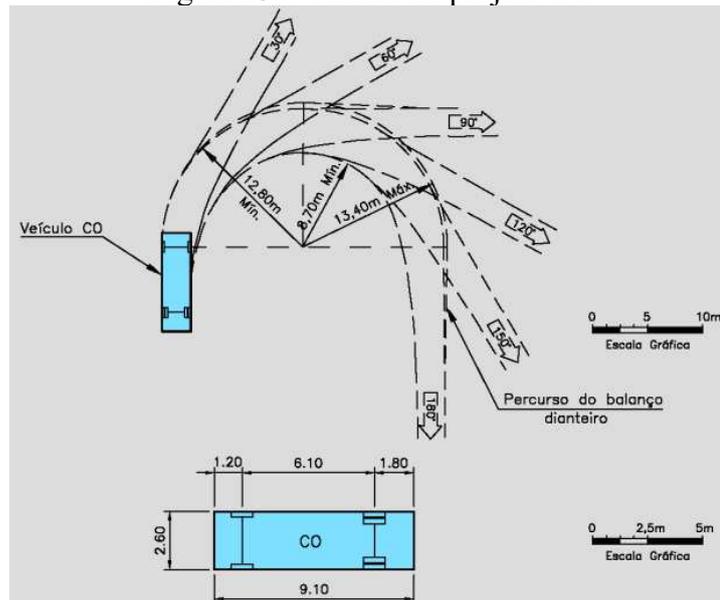
Figura 22 - Veículo de projeto VP



Fonte: DNIT, 2005.

Na Figura 23, além de verificar as dimensões padrão do veículo de projeto CO, que já são maiores que do veículo de projeto VP, é possível analisar seu raio de giro pelo percurso do balanço dianteiro.

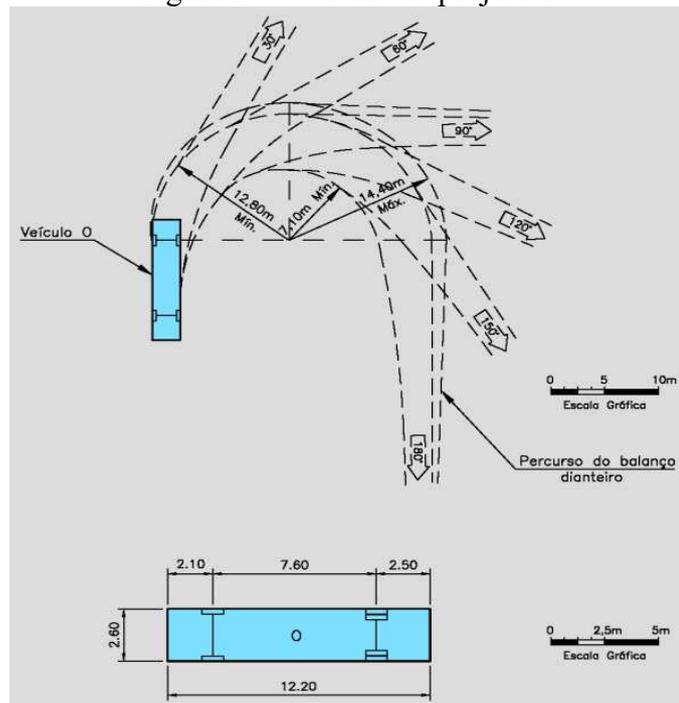
Figura 23 - Veículo de projeto CO



Fonte: DNIT, 2005.

Na Figura 24 é apresentado o veículo de projeto O, com suas dimensões e seu raio de giro obtido pelo percurso do balanço dianteiro.

Figura 24 - Veículo de projeto O

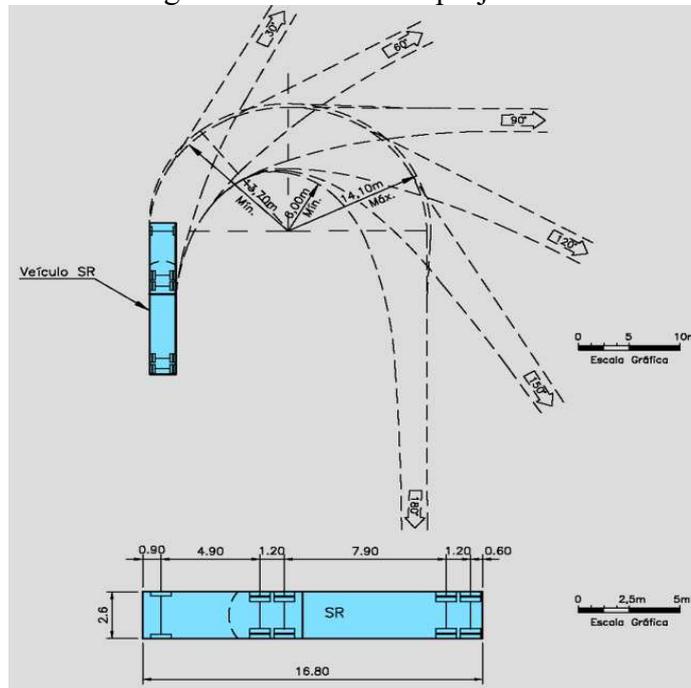


Fonte: DNIT, 2005.

Analogamente, para a Figura 25 e Figura 26 são apresentados os veículos de projeto SR e RE, respectivamente. Verifica-se que as dimensões descritas já são maiores, pois os veículos

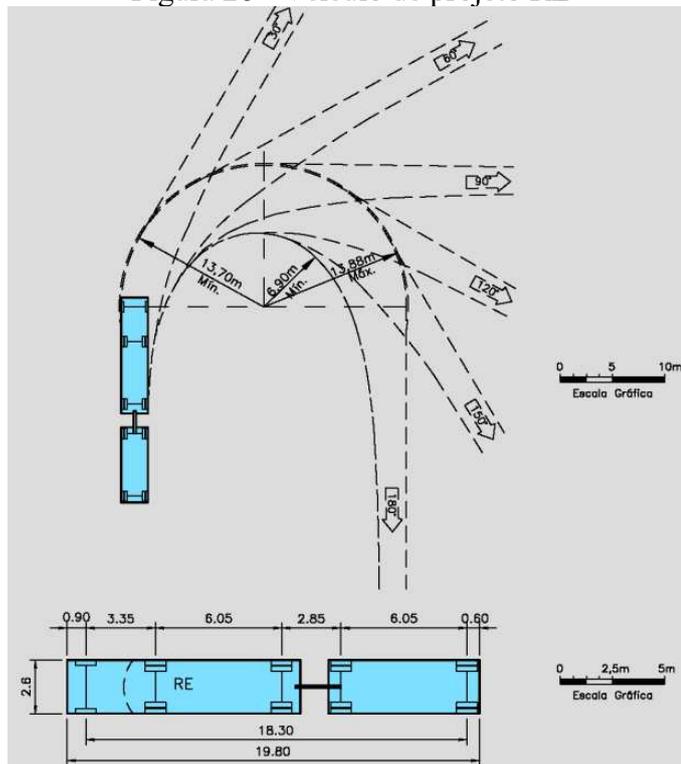
são semi-reboques e reboques. Além disso, é possível verificar o raio de giro dos veículos, obtido pela simulação do percurso ao realizar a conversão à direita.

Figura 25 - Veículo de projeto SR



Fonte: DNIT, 2005.

Figura 26 - Veículo de projeto RE



Fonte: DNIT, 2005.

A Tabela 7 resume as principais dimensões básicas dos veículos de projeto recomendados para utilização nos projetos de rodovias, interseções e instalações correlatas.

Tabela 7 - Principais dimensões básicas dos veículos de projeto

Características	Designação do veículo				
	Veículos leves (VP)	Caminhões e ônibus convencionais (CO)	Caminhões e ônibus longos (O)	Semi-reboques (SR)	Reboques (RE)
Largura total (m)	2,1	2,6	2,6	2,6	2,6
Comprimento total (m)	5,8	9,1	12,2	16,8	19,8
Raio mín. da roda externa dianteira (m)	7,3	12,8	12,8	13,7	13,7
Raio mín da roda interna traseira (m)	4,7	8,7	7,1	6,0	6,9

Fonte: DNIT, 2005.

Projetar uma rodovia ou uma interseção para um determinado veículo de projeto significa, em termos gerais, que todos os veículos com características ou dimensões iguais ou mais favoráveis que as do veículo de projeto terão condições operacionais iguais ou mais favoráveis que o veículo de projeto (DNIT, 2005).

De acordo com o Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT (2010), o veículo de projeto a ser escolhido deve abranger e cobrir os veículos representativos da frota, de modo que a participação dos veículos remanescentes com características mais desfavoráveis seja reduzida ao mínimo e os efeitos adversos consequentes possam ser desprezados. Essa escolha deve levar em consideração a composição do tráfego que utiliza ou utilizará a rodovia, obtida de contagens de tráfego e de projeções que considerem o futuro desenvolvimento da área.

Como orientação geral, segundo DNIT (2010), para a seleção de um veículo de projeto devem ser considerados diversos pontos, como se o local é considerado área urbana, rodovia de caráter turístico, rodovia com grande combinação de veículos de maiores dimensões como Bitrens e Carretas ou até rotas utilizadas por transportadoras de veículos. Para rodovias brasileiras comuns há, normalmente, uma considerável participação de veículos de carga rígidos de menores dimensões (caminhões convencionais), de modo que os mesmos tendem a condicionar as características de projeto da via. Considerando ainda que muitos dos ônibus em

operação se enquadram no mesmo tipo, em princípio, o veículo de projeto a adotar deve ser o veículo CO;

Para garantir o melhor ordenamento do tráfego entre os veículos que transitam pela via principal e adjacência, necessita-se que o local seja sinalizado corretamente. Assim, nos itens a seguir são explanados assuntos referentes à sinalização horizontal e vertical.

2.8 Sinalização horizontal

De acordo com o Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN (2007), a sinalização horizontal tem a finalidade de transmitir e orientar os usuários sobre as condições de utilização adequada da via, compreendendo as proibições, restrições e informações que lhes permitam adotar comportamento adequado, de forma a aumentar a segurança e ordenar os fluxos de tráfego. Assim, a sinalização horizontal é classificada segundo sua função:

- Ordenar e canalizar o fluxo de veículos;
- Orientar o fluxo de pedestres;
- Orientar os deslocamentos de veículos em função das condições físicas da via, tais como, geometria, topografia e obstáculos;
- Complementar os sinais verticais de regulamentação, advertência ou indicação, visando enfatizar a mensagem que o sinal transmite;
- Regulamentar os casos previstos no Código de Trânsito Brasileiro (CTB).

Já segundo o Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT (2010), define-se a sinalização rodoviária horizontal como o conjunto de marcas, símbolos e legendas aplicados sobre o revestimento de uma rodovia, de acordo com um projeto desenvolvido, para propiciar condições adequadas de segurança e conforto aos usuários.

O Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN (2007) afirma que a sinalização horizontal é constituída por combinações de traçado e cores que definem os diversos tipos de marcas viárias. Dessa forma, no manual são apresentadas as diversas características que a sinalização horizontal pode apresentar, que são divididas em formas e cores.

As formas podem ser:

- Contínua: corresponde às linhas sem interrupção, aplicadas em trecho específico de pista;
- Tracejada ou Seccionada: corresponde às linhas interrompidas, aplicadas em cadência, utilizando espaçamentos com extensão igual ou maior que o traço;
- Setas, Símbolos e Legendas: correspondem às informações representadas em forma de desenho ou inscritas, aplicadas no pavimento, indicando uma situação ou complementando a sinalização vertical existente.

O padrão de cores é:

- Amarela, utilizada para:
 - Separar movimentos veiculares de fluxos opostos;
 - Regulamentar ultrapassagem e deslocamento lateral;
 - Delimitar espaços proibidos para estacionamento e/ou parada;
 - Demarcar obstáculos transversais à pista (lombada).
- Branca, utilizada para:
 - Separar movimentos veiculares de mesmo sentido;
 - Delimitar áreas de circulação;
 - Delimitar trechos de pistas, destinados ao estacionamento regulamentado de veículos em condições especiais;
 - Regulamentar faixas de travessias de pedestres;
 - Regulamentar linha de transposição e ultrapassagem;
 - Demarcar linha de retenção e linha de “Dê a preferência”;
 - Inscrever setas, símbolos e legendas.
- Vermelha, utilizada para:
 - Demarcar ciclovias ou ciclofaixas;
 - Inscrever símbolo (cruz).
- Azul, utilizada como base para:
 - Inscrever símbolo em áreas especiais de estacionamento ou de parada para embarque e desembarque para pessoas portadoras de deficiência física.
- Preta, utilizada para:

- Proporcionar contraste entre a marca viária/inscrição e o pavimento, (utilizada principalmente em pavimento de concreto) não constituindo propriamente uma cor de sinalização.

Dessa forma, a seguir são abordados os principais tipos de sinalização horizontal, de acordo com a literatura vigente.

2.8.1 Marcas longitudinais

Segundo o Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN (2007), as marcas longitudinais separam e ordenam as correntes de tráfego, definindo a parte da pista destinada à circulação de veículos, a sua divisão em faixas de mesmo sentido, a divisão de fluxos opostos, as faixas de uso exclusivo ou preferencial de espécie de veículo, as faixas reversíveis, além de estabelecer as regras de ultrapassagem e transposição.

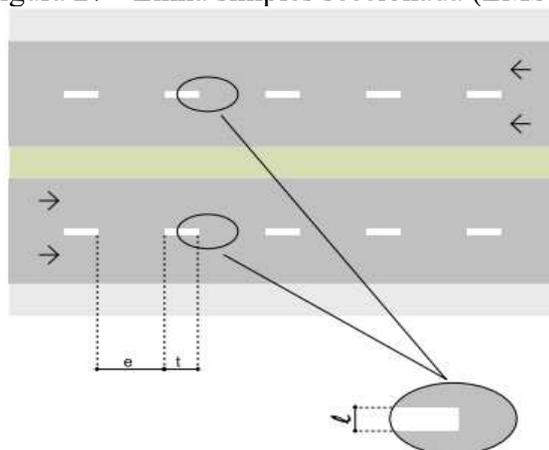
- As marcas longitudinais amarelas, contínuas simples ou duplas, têm poder de regulamentação, separam os movimentos veiculares de fluxos opostos e regulamentam a proibição de ultrapassagem e os deslocamentos laterais, exceto para acesso a imóvel lindeiro;
- As marcas longitudinais amarelas, simples ou duplas seccionadas ou tracejadas, não têm poder de regulamentação, apenas ordenam os movimentos veiculares de sentidos opostos;
- As marcas longitudinais brancas contínuas são utilizadas para delimitar a pista (linha de bordo) e para separar faixas de trânsito de fluxos de mesmo sentido. Neste caso, têm poder de regulamentação de proibição de ultrapassagem e transposição;
- As marcas longitudinais brancas, seccionadas ou tracejadas, não têm poder de regulamentação, apenas ordenam os movimentos veiculares de mesmo sentido.

Dentre as marcas longitudinais descritas acima, foram abordadas mais detalhadamente as que estão melhor enquadradas no projeto funcional em questão. Assim, as definições de

alguns dos tipos de linhas de divisão de mesmo fluxo, linha de bordo, linha de continuidade e linhas de divisão de fluxos opostos são apresentadas a seguir.

A linha simples seccionada (LMS-2) é um dos tipos de linha de divisão de mesmo fluxo e, de acordo com o CONTRAN (2007), ordena fluxos de mesmo sentido de circulação, delimitando o espaço disponível para cada faixa de trânsito e indicando os trechos em que a ultrapassagem e a transposição são permitidas. Na Figura 27 é apresentada a LMS-2. Essa linha deve ter medidas de traço e espaçamento definidas em função da velocidade regulamentada na via, conforme Tabela 8.

Figura 27 - Linha simples seccionada (LMS-2)



Fonte: CONTRAN, 2007.

Tabela 8 - Dimensões da LMS-2 de acordo com a velocidade da via

Velocidade – v (km/h)	Largura da linha – l (m)	Cadência - t:e	Traço – t (m)	Espaçamento – e (m)
v < 60	0,10*	1:2*	1*	2*
	0,10	1:2	2	4
		1:3	2	6
60 ≤ v < 80	0,10**	1:2	3	6
		1:2	4	8
		1:3	2	6
		1:3	3	9
v ≥ 80	0,15	1:3	3	9
		1:3	4	12

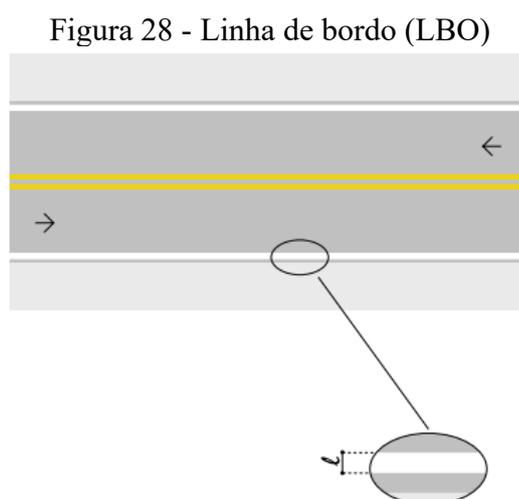
(*) situações restritas às ciclovias.

(**) Pode ser utilizada largura maior em casos que estudos de engenharia indiquem a necessidade, por questões de segurança.

Fonte: CONTRAN, 2007.

Em relação à sua função, a LMS-2 pode ser utilizada em toda extensão ou em trechos de via de sentido único de circulação ou de via de sentido duplo com mais de uma faixa por sentido, onde a transposição e a ultrapassagem entre faixas de mesmo sentido são permitidas (CONTRAN, 2007).

A linha de bordo (LBO) delimita, através de linha contínua, a parte da pista destinada ao deslocamento dos veículos, estabelecendo seus limites laterais. Possui cor branca, de acordo com Figura 28 e sua largura varia conforme a velocidade regulamentada na via, segundo a Tabela 9.



Fonte: CONTRAN, 2007.

Tabela 9 - Largura da LBO de acordo com velocidade da via

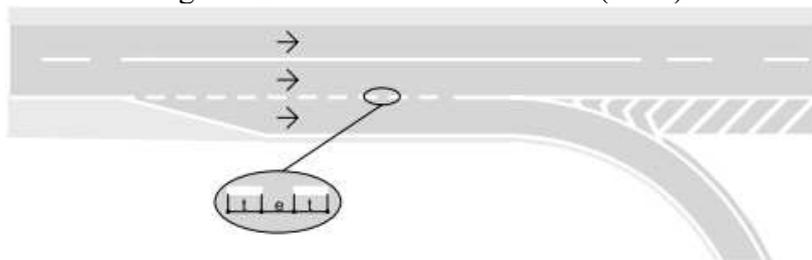
Velocidade – v (km/h)	Largura da linha – l (m)
$v < 80$	0,10
$v \geq 80$	0,15

Obs.: Pode ser utilizada a largura maior, em casos que estudos de engenharia indiquem sua necessidade, por questões de segurança.

Fonte: CONTRAN, 2007.

A linha de continuidade (LCO), segundo o Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN (2007), dá continuidade visual às marcações longitudinais principalmente quando há quebra no alinhamento em trechos longos ou em curvas. Sua cor pode ser branca ou amarela e deve manter a largura da linha que a antecede, como pode ser observado na Figura 29. As medidas de traço e espaçamento (intervalo entre traços), devem variar em função da velocidade regulamentada na via, conforme Tabela 10.

Figura 29 - Linha de continuidade (LCO)



Fonte: CONTRAN, 2007.

Tabela 10 - Dimensões da LCO de acordo com velocidade da via

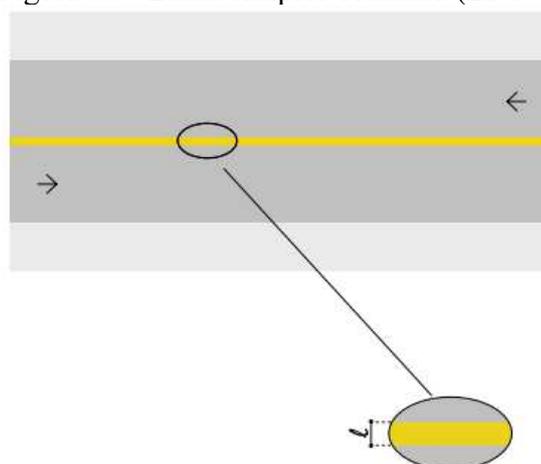
Velocidade - v (km/h)	Cadência - t:e	Traço - t (m)	Espaçamento - e (m)
$v \leq 60$	1:1	1,00	1,00
$v > 60$	1:1	2,00	2,00

Fonte: CONTRAN, 2007.

A LCO é utilizada quando estudos de engenharia indiquem sua necessidade por questões de segurança e também para dar continuidade à linha de divisão de fluxos no mesmo sentido, quando há supressão ou acréscimo de faixas de rolamento (CONTRAN, 2007).

Já em relação a divisão de fluxos opostos, de acordo com o CONTRAN (2007), a linha simples contínua (LFO-1) divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e regulamentando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são proibidos para os dois sentidos, exceto para acesso a imóvel lindeiro. Ela possui cor amarela, como indicado na Figura 30, e deve ter largura definida em função da velocidade regulamentada na via, conforme Tabela 11.

Figura 30 - Linha simples contínua (LFO-1)



Fonte: CONTRAN, 2007.

Tabela 11 - Largura da LFO-1 de acordo com velocidade da via

Velocidade – v (km/h)	Largura da linha – l (m)
$v < 80$	0,10*
$v \geq 80$	0,15

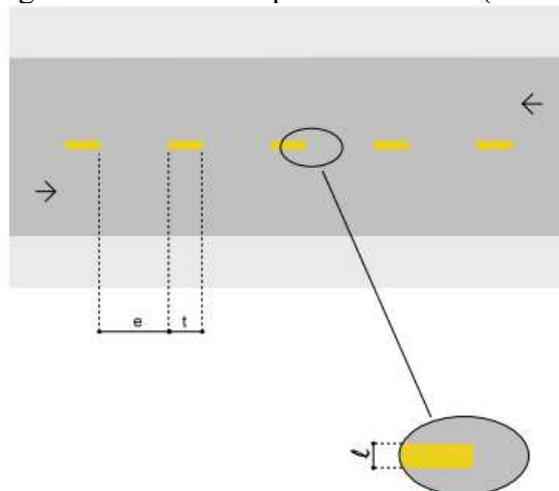
* Pode ser utilizada a largura de até 0,15m em casos que estudos de engenharia indiquem a necessidade, por questões de segurança.

Fonte: CONTRAN, 2007.

Em relação a sua função, a LFO-1 pode ser utilizada em toda a extensão ou em trechos de via com sentido duplo de circulação e largura inferior a 7,00 m e/ou baixo volume veicular, principalmente onde haja problema de visibilidade para efetuar a ultrapassagem em pelo menos um dos sentidos de circulação (CONTRAN, 2007).

Segundo o Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN (2007), a linha simples seccionada (LFO-2) divide fluxos opostos de circulação, delimitando o espaço disponível para cada sentido e indicando os trechos em que a ultrapassagem e os deslocamentos laterais são permitidos. Ela possui cor amarela, como indicado na Figura 31 e deve ter medidas de traço e espaçamento (intervalo entre traços), definidas em função da velocidade regulamentada na via, conforme Tabela 12.

Figura 31 - Linha simples seccionada (LFO-2)



Fonte: CONTRAN, 2007.

Tabela 12 - Dimensões da LFO-2 de acordo com velocidade da via

Velocidade – v (km/h)	Largura da linha – l (m)	Cadência - t:e	Traço – t (m)	Espaçamento – e (m)
v < 60	0,10*	1:2*	1*	2*
	0,10	1:2	2	4
60 ≤ v < 80		0,10**	1:3	2
	1:2		3	6
	1:2		4	8
	1:3		2	6
v ≥ 80	0,15	1:3	3	9
		1:3	4	12

(*) situações restritas às ciclovias.

(**) Pode ser utilizada largura maior em casos que estudos de engenharia indiquem a necessidade, por questões de segurança.

Fonte: CONTRAN, 2007.

Em relação a sua função, a LFO-2 pode ser utilizada em toda a extensão ou em trechos de vias de sentido duplo de circulação. Utiliza-se esta linha em situações, tais como:

- Vias urbanas com velocidade regulamentada superior a 40 km/h;
- Vias urbanas, em que a fluidez e a segurança do trânsito estejam comprometidas em função do volume de veículos;
- Rodovias, independentemente da largura, do número de faixas, da velocidade ou do volume de veículos.

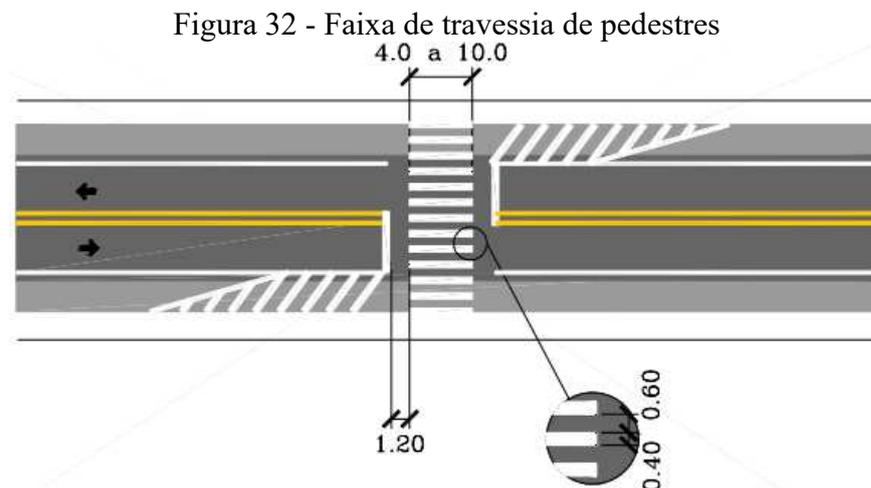
2.8.2 Faixa de travessia de pedestres

A faixa de travessia de pedestres (FTP), segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN (2007), delimita a área destinada à travessia de pedestres e regulamenta a prioridade de passagem dos mesmos em relação aos veículos, nos casos previstos pelo CTB e deve ser utilizada em locais onde haja necessidade de ordenar e regulamentar a travessia de pedestres.

Já de acordo com DER (2006), a faixa de travessia de pedestres indica o local mais seguro para que o pedestre faça a travessia. É utilizada principalmente nas proximidades de

escolas, junto a grandes empreendimentos ou quando a rodovia atravessa áreas urbanas. Tem poder de regulamentação.

A locação da faixa deve respeitar, sempre que possível, o caminhar natural do pedestre. A faixa tem cor branca e é formada por barras longitudinais à pista com largura de 0,40 m, afastadas de 0,60 m umas das outras, conforme Figura 32. Além disso, a faixa deve ocupar toda a largura da pista, inclusive o acostamento, quando pavimentado (DER, 2006).



Fonte: DER, 2006.

Outro tipo de sinalização horizontal a ser implementado em vias visando maior segurança e atenção do usuário para a fluidez do tráfego são as inscrições no pavimento. Suas funções e usos são abordados abaixo.

2.8.3 Inscrições no pavimento

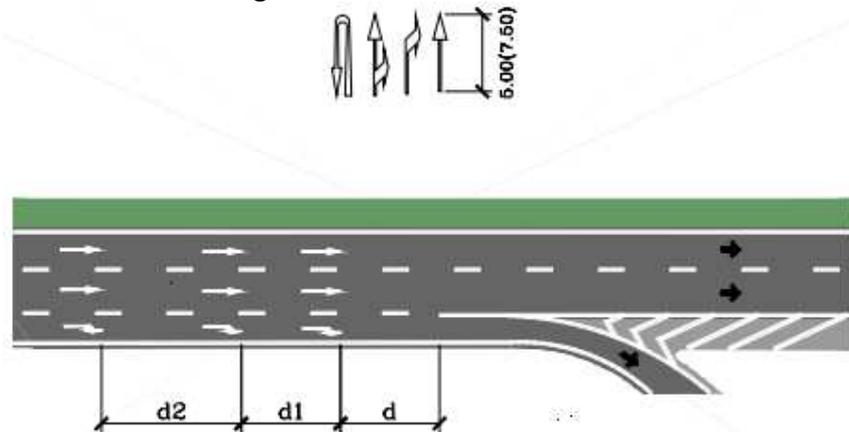
Segundo o CONTRAN (2007), as inscrições no pavimento melhoram a percepção do condutor quanto às condições de operação da via, permitindo-lhe tomar a decisão adequada, no tempo apropriado, para as situações que se lhes apresentarem. Possuem função complementar ao restante da sinalização, orientando e, em alguns casos, advertindo certos tipos de operação ao longo da via. As inscrições no pavimento podem ser de três tipos:

- Setas direcionais;
- Símbolos;
- Legendas.

As setas indicativas de posicionamento na pista para execução de movimentos (PEM), indicam em que posição, nas faixas de trânsito, os veículos devem ficar para realizar o movimento desejado. Cada seta é posicionada no centro da faixa de trânsito adequada e deve haver uma seta para cada faixa (DER, 2006).

Na Figura 33 é apresentado um exemplo de utilização da seta indicativa PEM, seguindo as instruções acima.

Figura 33 - Seta indicativa PEM



Fonte: DER, 2006.

Em relação à colocação dessas sinalizações horizontais, de acordo com o CONTRAN (2007), deve existir uma seta para cada faixa de trânsito, posicionada no centro da mesma, com a conformação adequada ao movimento nela permitido. Recomenda-se implantar pelo menos duas em sequência na mesma faixa, sendo opcional a colocação de uma terceira. Os espaçamentos entre as setas numa mesma faixa de trânsito são determinados em função da velocidade regulamentada na via e do tipo de via, conforme Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13 - Espaçamentos e dimensões das setas em vias rurais

Velocidade regulamentada (km/h)	Distância (m)		Comprimento da seta (m)
	d=d1	d2	
$v < 60$	30	45	5,00
$60 \leq v \leq 80$	40	60	7,50
$v > 80$	50	75	7,50

Fonte: CONTRAN, 2007.

Tabela 14 - Espaçamentos e dimensão da seta PEM em vias urbanas

Velocidade regulamentada (km/h)	Distância (m)			Comprimento da seta (m)
	d	d1	d2	
$v < 60$	10	30	45	5,00
$60 \leq v \leq 80$	15	40	60	5,00
$v > 80$	15	50	75	7,50

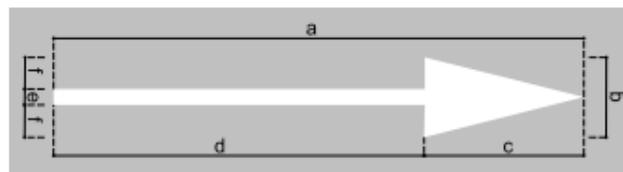
Fonte: CONTRAN, 2007.

Na Tabela 13 e na Tabela 14 são relacionados os seguintes parâmetros:

- d = distância considerada a partir do ponto de saída da faixa de trânsito, onde não pode mais haver transposição de faixa (início da linha simples contínua de aproximação);
- d1 = distância entre a primeira e a segunda fileira;
- d2 = distância entre a segunda e a terceira fileira.

Na Figura 34 é apresentada a seta indicativa PEM de indicação para permanência na faixa e, enquanto na Tabela 15 são descritas as dimensões de acordo com seu comprimento.

Figura 34 - Seta PEM



Fonte: CONTRAN, 2007.

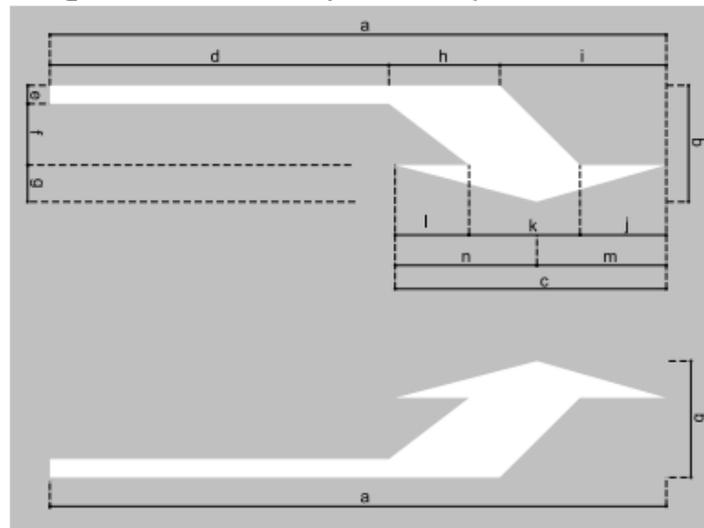
Tabela 15 - Dimensões da seta PEM

Dimensões (m)					
a	b	c	d	e	f
5,00	0,75	1,50	3,50	0,15	0,30
7,50	0,75	2,25	5,25	0,15	0,30

Fonte: CONTRAN, 2007.

Na Figura 34 é apresentada a seta indicativa PEM de indicação de conversão, enquanto na Tabela 15 são descritas as dimensões de acordo com seu comprimento.

Figura 35 - Seta PEM para indicação de conversão



Fonte: CONTRAN, 2007.

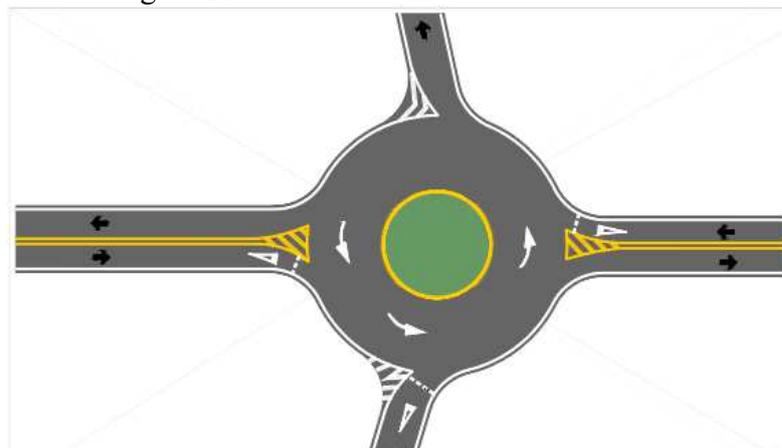
Tabela 16 - Dimensões para seta PEM de indicação de conversão

Dimensões (m)													
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
5,00	0,95	2,20	2,75	0,15	0,50	0,30	0,90	1,35	0,70	0,90	0,60	1,05	1,15
7,50	0,95	3,30	4,12	0,15	0,50	0,30	1,35	2,03	1,05	1,35	0,90	1,58	1,72

Fonte: CONTRAN, 2007.

Além das setas indicativas PEM, utilizadas principalmente em rodovias, existem as setas próprias para utilização em rotatórias, as setas indicativas de movimento em curva (IMC). Estas, podem ser utilizadas nas mini-rotatórias e nas rotatórias, para indicar aproximação de curva acentuada ou movimentos circulares, conforme Figura 36 (CONTRAN, 2007).

Figura 36 - Seta indicativa IMC em rotatória



Fonte: DER, 2006.

A IMC é aplicada no centro de cada faixa para indicar a aproximação de curva acentuada. O comprimento da seta é determinado a partir da velocidade regulamentada, assim como as distâncias a serem consideradas entre cada seta. Na Tabela 17 são informadas tais dimensões.

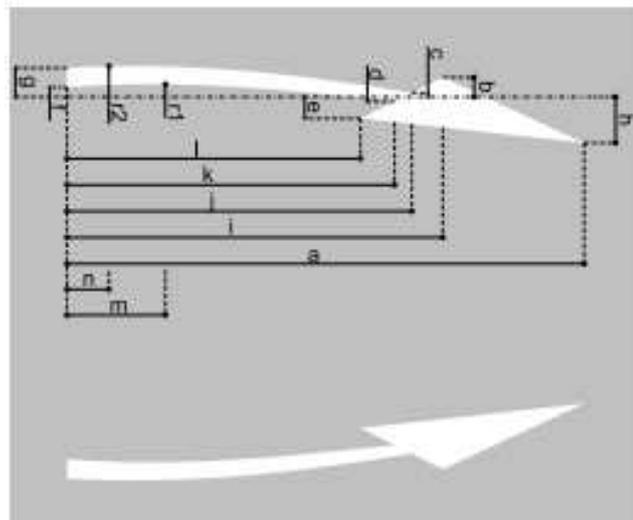
Tabela 17 - Espaçamentos e comprimento da seta IMC em vias urbanas

Velocidade regulamentada (km/h)	Distância (m)			Comprimento da seta (m)
	d	d1	d2	
$v < 60$	10	30	45	5,00
$60 \leq v \leq 80$	15	40	60	5,00
$v > 80$	15	50	75	7,50

Fonte: CONTRAN, 2007.

Ao ser determinado o comprimento da seta são definidas as dimensões da mesma. Na Figura 37 é apresentada a seta IMC com a indicação das dimensões a serem definidas, enquanto na Tabela 18 são apresentadas as dimensões a serem consideradas.

Figura 37 - Seta IMC



Fonte: CONTRAN, 2007.

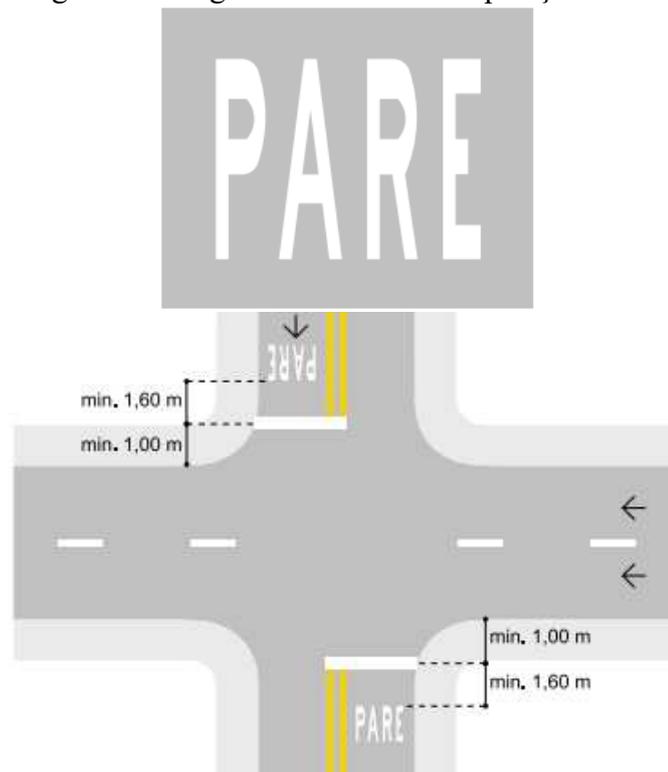
Tabela 18 - Dimensões para seta IMC

Dimensões (m)															
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	r1	r2
4,50	0,18	0,04	0,04	0,20	0,08	0,38	0,90	3,38	3,09	2,94	2,63	0,87	1,29	15,75	13,79
6,00	0,24	0,05	0,05	0,26	0,11	0,50	1,35	2,92	4,12	3,92	3,50	1,16	1,72	21,00	18,38

Fonte: CONTRAN, 2007.

As legendas, segundo o Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN (2007), são mensagens que possuem o objetivo de advertir os condutores acerca das condições particulares de operação da via. Elas são formadas a partir de combinações de letras e algarismos, aplicadas no pavimento da pista de rolamento e possuem cor branca, conforme Figura 38, em que é apresentada como exemplo a legenda de “PARE”, e como a mesma deve ser posicionada na via.

Figura 38 - Legenda "PARE" e sua posição na via



Fonte: CONTRAN, 2007.

Na Tabela 19 são apresentadas as alturas de letras ou números a serem adotadas em função do tipo de via e da velocidade regulamentada.

Tabela 19 - Altura da legenda de acordo com velocidade da via

Vias urbanas		Vias rurais	
Velocidade (km/h)	Altura (m)	Velocidade (km/h)	Altura (m)
$v \leq 80$	1,60	$v \leq 60$	2,40
$v > 80$	2,40	$v > 60$	4,00

Fonte: CONTRAN, 2007.

Além das inscrições no pavimento, outro tipo importante de sinalização horizontal para ser utilizado nas rodovias e acessos é a marca de canalização, ou faixa zebraada. Na seção a seguir é abordado esse tipo de sinalização horizontal, suas funções e usos.

2.8.4 Marcas de canalização

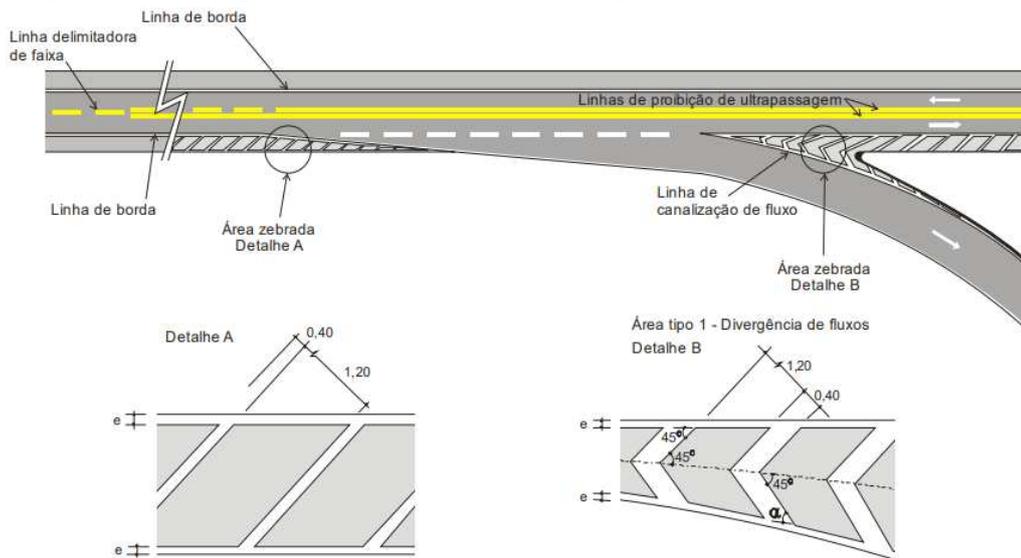
Segundo o CONTRAN (2007), as marcas de canalização são utilizadas para orientar e regulamentar os fluxos de veículos em uma via, direcionando-os de modo a propiciar maior segurança e melhor desempenho, em situações que exijam uma reorganização de seu caminamento natural. Possuem a característica de transmitir ao condutor uma mensagem de fácil entendimento quanto ao percurso a ser seguido, tais como:

- quando houver obstáculos à circulação;
- interseções de vias quando varia a largura das pistas;
- mudanças de alinhamento;
- acessos;
- pistas de transferências e entroncamentos;
- interseções em rotatórias.

As marcas de confluência e bifurcação devem ser utilizadas para direcionar parte do fluxo viário nos movimentos de entrada e saída da rodovia em interseções ou em retornos. A largura das linhas diagonais e o afastamento entre elas, apresentados na Figura 39 e na Figura 40, resultam do tipo e localização da área zebraada, uma vez que cada caso implica em fluxos com importância e velocidades diferenciadas. Tais marcações fornecem as indicações básicas para a marcação de áreas zebraadas, inclusive as cores das linhas diagonais, que podem ser brancas ou amarelas, sempre de acordo com as linhas de canalização que delimitam a área zebraada (DNIT, 2010).

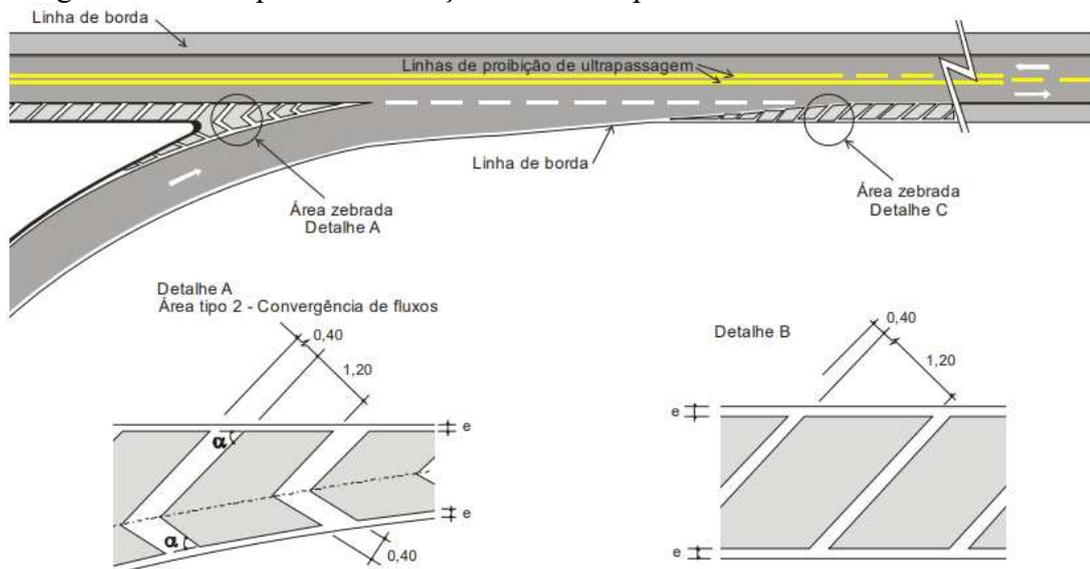
As marcas de sinalização horizontal na cor branca simbolizam a necessidade de canalização do tráfego de veículos quando todos em uma mesma direção do fluxo, e podem indicar a necessidade de estreitamento de pista. A Figura 39 e a Figura 40 exemplificam o uso desse tipo de faixa, mostrando sua utilização para entrada e saída de ramo das faixas de mudança de velocidade e, ainda, delimitando a linha de canalização de fluxo (DNIT, 2010).

Figura 39 - Exemplo de sinalização horizontal para saída de ramo de uma faixa



Fonte: DNIT, 2010.

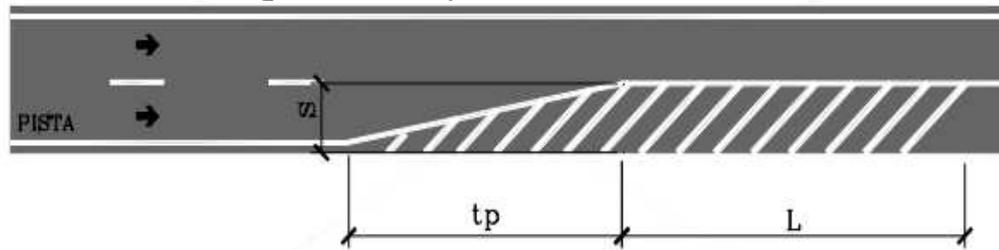
Figura 40 - Exemplo de sinalização horizontal para entrada de ramo de uma faixa



Fonte: DNIT, 2010.

Longitudinalmente à pista as canalizações são compostas por trechos de transição "t", necessários para obter o afastamento transversal requerido "s" com segurança, e por trechos tangentes à pista "L", conforme Figura 41.

Figura 41 - Comprimento da faixa zebra



Fonte: DER, 2006.

De acordo com DER (2006), na pista de rolamento, o trecho de transição, taper, varia em função da velocidade:

$$t_p = 0,5 V s \quad (\text{Equação 4})$$

onde:

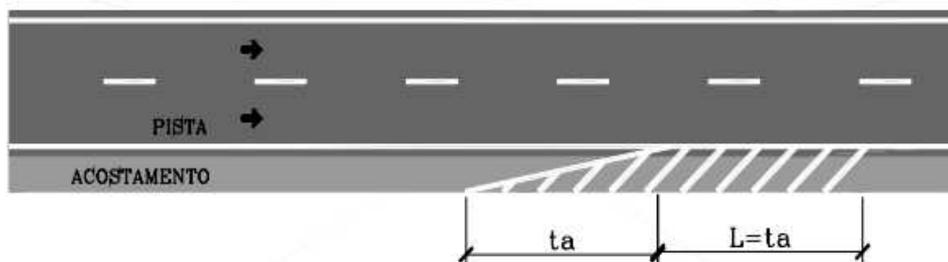
t_p = trecho de transição na pista de rolamento, em metros;

V = velocidade regulamentada na rodovia, em km/h;

s = afastamento transversal necessário, em metros.

De acordo com DER (2006), em acostamentos, embora não ocorra o trânsito de veículos, deve ser previsto um trecho de transição no acostamento (t_a) precedendo a sua supressão. A finalidade desta sinalização é a criação de área neutra precedendo a alteração das características físicas da via, ressaltando esta situação, além de impedir a parada de veículos no local, como mostra a Figura 42.

Figura 42 - Faixa zebra em acostamentos



Fonte: DER, 2006.

Deve ser previsto, ainda, um trecho em tangente $L = t_a$ junto ao início ou supressão do acostamento, visando evidenciar a área neutra correspondente. Na Tabela 20 é apresentado o valor de t_a em função da velocidade regulamentada na rodovia.

Tabela 20 - t_a x velocidade na rodovia

Velocidade regulamentada da rodovia (km/h)	Transição no acostamento t_a (m)
$V < 60$	30
$60 \leq V < 80$	40
$V \geq 80$	50

Fonte: CONTRAN, 2007.

Além das faixas zebreadas como sinalização horizontal nas pistas de rolamento e acostamento, também existem essas sinalizações para as pistas de transferência que, de acordo com o DER (2006), são entradas ou saídas da rodovia utilizadas para a interligação com outras rodovias, entre pistas de mesmo sentido de uma rodovia, conhecidas como agulhas, postos de serviços, grandes empreendimentos, etc.

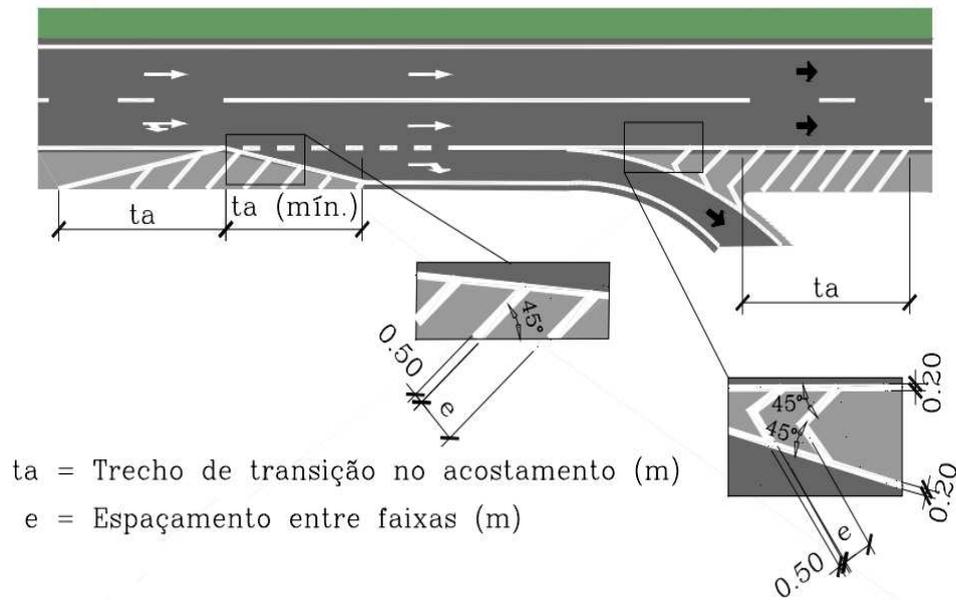
A sinalização dessas pistas deve garantir a segurança dos movimentos reduzindo a possibilidade de acidentes decorrentes da geometria da pista e do conflito entre movimentos. A área neutra é demarcada por faixas com 0,50 m de largura, espaçamento "e" entre elas de 1,50 m ou 2,50 m, conforme Tabela 21. Na Figura 43 e na Figura 44 são exemplificadas as faixas zebreadas para pistas divergentes e convergentes, respectivamente.

Tabela 21 - Velocidade regulamentada x espaçamento

Velocidade regulamentada (km/h)	Espaçamento "e" (m)
$V \leq 80$	1,5
$V > 80$	2,5

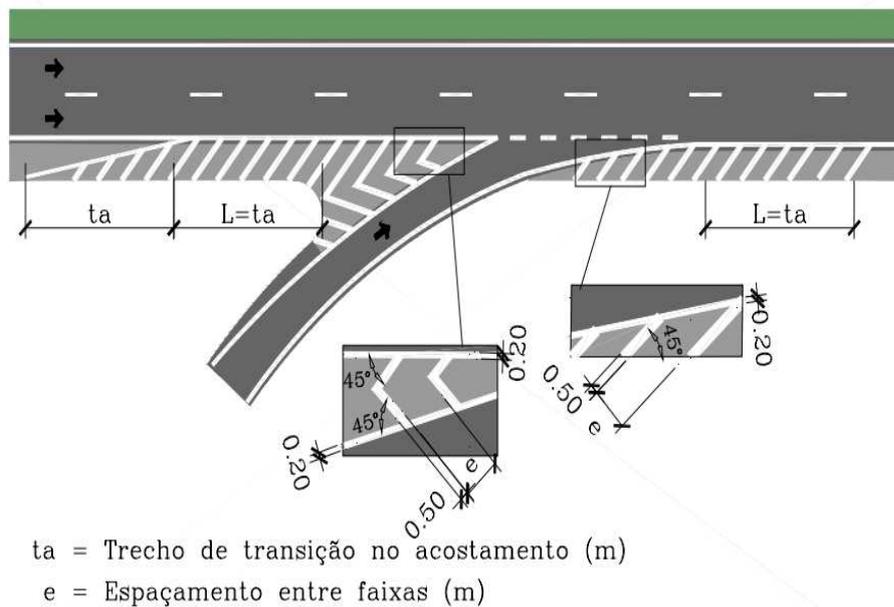
Fonte: DER, 2006.

Figura 43 - Faixa zebra em pista divergente



Fonte: DER, 2006.

Figura 44 - Faixa zebra em pista convergente



Fonte: DER, 2006.

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN (2007), a sinalização horizontal pode ser empregada como reforço da sinalização vertical. Portanto, a seguir é apresentada a sinalização vertical e suas funções.

2.9 Sinalização vertical

De acordo com o CONTRAN (2007), A sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária, que se utiliza de sinais apostos sobre placas fixadas na posição vertical, ao lado ou suspensas sobre a pista, transmitindo mensagens de caráter permanente ou, eventualmente, variável, mediante símbolos e/ou legendas preestabelecidas e legalmente instituídas.

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN (2007), a sinalização vertical é classificada segundo sua função, que pode ser de:

- regulamentar as obrigações, limitações, proibições ou restrições que governam o uso da via;
- advertir os condutores sobre condições com potencial risco existentes na via ou nas suas proximidades, tais como escolas e passagens de pedestres;
- indicar direções, localizações, pontos de interesse turístico ou de serviços e transmitir mensagens educativas, dentre outras, de maneira a ajudar o condutor em seu deslocamento.

Nas vias rurais e urbanas de trânsito rápido, a não ser que o espaço existente seja muito limitado, recomenda-se manter uma distância mínima de 50 metros entre placas, para permitir a leitura de todos os sinais, em função do tempo necessário para a percepção e reação dos condutores, especialmente quando são desenvolvidas velocidades elevadas (CONTRAN, 2007).

A sinalização vertical é classificada em três tipos, de acordo com suas funções. A seguir são apresentados cada tipo de sinalização vertical, suas funções e exemplos.

2.9.1 Sinalização de regulamentação

Segundo o CONTRAN (2007), a sinalização vertical de regulamentação tem por finalidade transmitir aos usuários as condições, proibições, obrigações ou restrições no uso das

vias urbanas e rurais. Assim, o desrespeito aos sinais de regulamentação constitui infrações, previstas no capítulo XV do Código de Trânsito Brasileiro - CTB.

De acordo com o DNIT (2005), os sinais de regulamentação têm seu posicionamento ao longo da via condicionado pela distância de visibilidade necessária para sua visualização e pelo tipo de situação que se está regulamentando. A distância de visibilidade necessária para a visualização do sinal é composta pela distância de percurso na velocidade de operação da via, correspondente ao tempo de percepção e reação, acrescida da distância que vai desde o ponto limite do campo visual do motorista até o sinal.

Na Tabela 22 pode-se encontrar a relação das distâncias de visibilidade para as velocidades de operação.

Tabela 22 - Velocidade de operação x distância mínima de visibilidade

Velocidade de Operação (km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	70
60	85
80	105
100	120
110	130

Fonte: CONTRAN, 2007.

Além da distância mínima de visibilidade, algumas sinalizações verticais de regulamentação possuem um intervalo estabelecido que define a distância que deve ser respeitada entre as placas, como é o caso da placa R-19. De acordo com o CONTRAN (2007), A velocidade indicada nessa sinalização vertical vale a partir do local onde estiver colocada a placa, até onde houver outra que a modifique, ou enquanto a distância percorrida não for superior ao intervalo estabelecido na Tabela 23, passando a valer as velocidades definidas de acordo com o artigo 61, § 10 do CTB.

Tabela 23 - Tabela de distâncias máximas entre placas R-19

Velocidade Regulamentada	Distâncias Máximas	
	Vias Urbanas (km)	Vias Rurais (km)
Velocidade inferior ou igual a 80 km/h	1,0	10,0
Velocidade superior a 80 km/h	2,0	15,0

Fonte: CONTRAN, 2007.

Os sinais de regulamentação são, ainda, agrupados em subclasses de acordo com quatro características funcionais: Obrigação; Restrição; Proibição e Permissão. Na Figura 45 são apresentadas as sinalizações verticais de regulamentação e suas definições.

Figura 45 - Sinalizações verticais de regulamentação



Fonte: DM Refletivos, 2022.

2.9.2 Sinalização de advertência

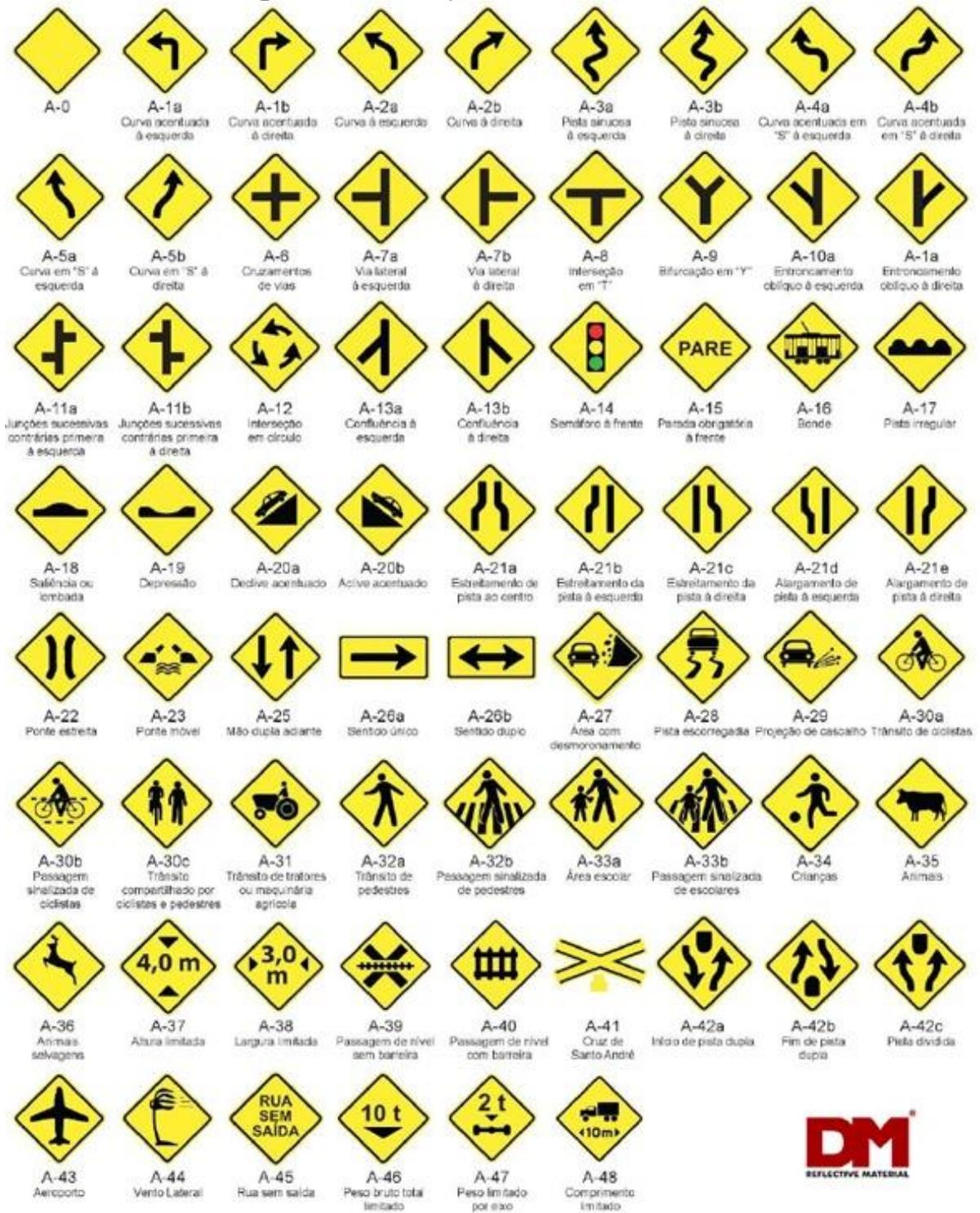
De acordo com o CONTRAN (2007), a sinalização vertical de advertência tem por finalidade alertar aos usuários as condições potencialmente perigosas, obstáculos ou restrições existentes na via ou adjacentes a ela, indicando a natureza dessas situações à frente, quer sejam permanentes ou eventuais. Além disso, essas sinalizações devem ser utilizadas sempre que o perigo não se evidencie por si só. Dentre as situações de perigo a serem advertidas, incluem-se as definidas a seguir.

- Curvas;
- Interseções;
- Estreitamentos de pista;
- Condições de superfície da pista;
- Ocorrência de dispositivos de controle de tráfego que provoquem redução acentuada da velocidade ou parada do tráfego;
- Declives acentuados;
- Cruzamentos em nível;
- Passagens de nível.

De acordo com DNIT (2005), os sinais de advertência têm seu posicionamento ao longo da via condicionado pela distância de visibilidade necessária para sua visualização e pelo tipo de situação para o qual se está chamando a atenção.

Na Figura 46 são apresentadas as sinalizações verticais de advertência e suas definições. Além disso, a Tabela 24 relaciona distâncias mínimas de visibilidade para as velocidades de operação comumente consideradas, para um tempo de percepção e reação de 2,5 segundos.

Figura 46 - Sinalizações verticais de advertência



DM
REFLECTIVE MATERIAL

Fonte: DM Refletivos, 2022.

Tabela 24 - Velocidade de operação x distância mínima de visibilidade para advertência

Velocidade de Operação (km/h)	Distância Mínima de Visibilidade (m)
40	60
50	70
60	80
70	85
80	95
90	105
100	115
110	125
120	135

Fonte: CONTRAN, 2007.

2.9.3 Sinalização de indicação

A sinalização vertical de indicação é a comunicação efetuada por meio de um conjunto de placas, com a finalidade de identificar as vias e os locais de interesse, bem como orientar condutores de veículos e pedestres quanto aos percursos, destinos, acessos, distâncias, serviços auxiliares e atrativos turísticos, podendo também ter como função a educação do usuário (CONTRAN, 2014).

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Tráfego do CONTRAN (2014), a sinalização de indicação está dividida nos grupos definidos a seguir.

- Placas de identificação
- Placas de orientação de destino
- Placas educativas
- Placas de serviços auxiliares
- Placas de atrativos turísticos
- Placas de postos de fiscalização

Neste trabalho, para o projeto funcional do acesso ao Campus Glória, foram estudadas para utilização as sinalizações verticais de indicação para localidades e locais. De acordo com

DNIT (2005), a informação a ser transmitida ao usuário deve ser feita em duas etapas, como discriminado a seguir.

- Sinais de pré-indicação ou de pré-sinalização;
- Sinais de confirmação de indicação.

Os sinais de pré-indicação antecedem os sinais de confirmação de indicação e têm como objetivo preparar o usuário para seguir a direção por ele desejada adiante e que deverá ser confirmada pelas informações contidas nos sinais de confirmação de indicação. Estes, indicam ao usuário o local exato da tomada de decisão com vistas à escolha do percurso a seguir, ou seja, têm como propósito confirmar e complementar as indicações dos sinais de pré-indicação (DNIT, 2005).

Assim, os sinais de pré-indicação devem estar localizados a uma distância adequada, de tal modo que o motorista tenha tempo para se posicionar corretamente e ingressar no acesso correspondente. Esta preparação consiste na mudança para a faixa de rolamento certa, a qual está muitas vezes ocupada, devendo então o motorista esperar para realizar a manobra.

Na Figura 47 é apresentado um exemplo de sinalização de pré-indicação, enquanto na Figura 48 é apresentado um exemplo de sinalização de confirmação. Já na Figura 49 consta a sinalização vertical de indicação de locais de interesse público e na Figura 50 é apresentado um exemplo de sinalização vertical com ordenamento das mensagens de localidade e locais.

Figura 47 - Sinalização de pré-indicação



Fonte: DNIT, 2005.

Figura 48 - Placa de confirmação



Fonte: DNIT, 2005.

Figura 49 - Indicação de locais de interesse público



Fonte: DNIT, 2005.

Figura 50 - Sinalização vertical com ordenamento das mensagens de localidade e locais

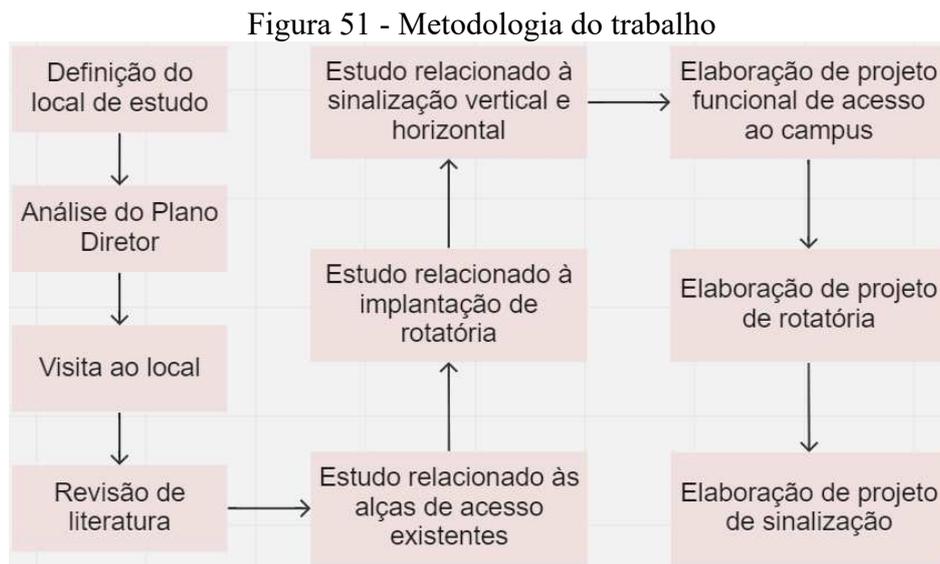


Fonte: DNIT, 2005.

Dessa forma, a partir das revisões bibliográficas realizadas, foi iniciado o estudo referente à análise do acesso ao campus Glória da UFU. Portanto, a seguir é apresentada a metodologia utilizada para a execução deste trabalho.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho em questão é o estudo de caso e as etapas de execução desse trabalho estão representadas no fluxograma contido na Figura 51. Os procedimentos metodológicos que foram adotados em cada etapa de desenvolvimento do trabalho são apresentados em sequência.



Fonte: Autora, 2022.

3.1 Local de estudo

Inicialmente, foi realizada uma visita ao local de estudo para analisar o trajeto de entrada ao campus Glória pela rodovia BR 365. Para acessar a rodovia deve-se trafegar pela Avenida João Naves de Ávila, até chegar ao trevo, onde, em seguida, se torna a rodovia BR 365, como mostrado na Figura 52 e na Figura 53.

Figura 52 - Parte do trajeto pela Avenida João Naves de Ávila



Fonte: Adaptado de Google Maps, 2022.

Assim que o motorista entra da Av. João Naves de Ávila para a rodovia BR-365, após o trevo existe uma faixa de aceleração de acesso para a rodovia e, em seguida, a saída para o campus Glória, como mostrado na Figura 53. É possível verificar na Figura 53 que a distância entre a entrada da BR-050 para a BR-365 e a saída da BR-365 para o campus é pequena, podendo influenciar na segurança do trajeto.

Figura 53 - Parte do trajeto pela rodovia BR 365



Fonte: Adaptado de Google Maps, 2022.

Ao se aproximar da entrada para o campus Glória observa-se a inexistência de sinalização vertical indicando o acesso ao campus, bem como a velocidade para acessar a via, como é indicado na Figura 54.

Figura 54 - Acesso ao campus Glória pela BR 365



Fonte: Adaptado de Google Maps, 2022.

Além disso, nota-se que ao acessar a via deve-se realizar uma curva acentuada para acessar a avenida principal do campus, também sem sinalização. Na Figura 55 é apresentada a convergência em questão.

Figura 55 - Vista 1 da convergência para acessar o campus



Fonte: Google Maps, 2022.

Na Figura 56 é apresentado, por outro ângulo, a curva acentuada para a entrada de acesso ao campus. Verificou-se a presença de sinalização vertical indicando “Campus Glória”. Dessa forma, conclui-se que nesse trajeto essa é a única sinalização existente indicando acesso ao campus. Porém, essa sinalização vertical não está localizada na via principal, mas sim na via marginal.

Figura 56 - Vista 2 da convergência para acessar o campus



Fonte: Google Maps, 2022.

Além da análise local do acesso ao campus pela BR-365, foi realizado também um estudo do trajeto que o usuário da via deve percorrer até chegar aos blocos da universidade por esse acesso. Assim, foi utilizado o Google Earth (2022) para analisar o campus de forma mais abrangente. Na Figura 57 é apresentada parte do campus Glória atualmente.

Figura 57 - Campus Glória atualmente



Fonte: Google Earth, 2022.

Após o estudo do local foi realizada a análise do Plano Diretor que estabelece as diretrizes gerais do campus Glória, para verificar quais os projetos propostos e planejados para o local.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi iniciado pela análise do plano diretor do campus Glória da UFU. Em seguida, deu-se início aos estudos referentes ao campus como polo gerador de viagens, onde foi realizado o cálculo das viagens geradas pelo campus em um período de 30 anos. Além disso, foram realizados estudos referentes às faixas de aceleração e desaceleração da BR-365.

4.1 Plano Diretor

O Plano Diretor Físico-Territorial é o documento que orienta todas as ações da universidade com relação à ocupação de espaços físicos do Campus Glória, contendo um detalhamento das sucessivas etapas de implantação até a futura consolidação como o campus que, a longo prazo, abrigará a maior parte das atividades da UFU (UFU, 2011).

De acordo com o zoneamento urbano de Uberlândia, a área do Glória é localizada entre os setores Sul e Leste de Uberlândia, abrangendo uma porção de quase 66 hectares inserida dentro do perímetro urbano no Setor Sul, contígua ao bairro São Jorge, e a maior parte em área rural somando aproximadamente 292 hectares, no entroncamento das BRs 050 e 365 (UFU, 2011).

O Grupo de Trabalho Técnico do Plano Diretor do Campus Glória (GTPD-Glória) estimou o número de usuários para o prazo de 30 anos (iniciando no ano de 2011), com base no ritmo de crescimento do número de usuários de todos os campi da universidade até o momento do estudo. Com isso, segundo UFU (2011), foi considerada a seguinte expectativa:

População estimada para 30 anos:

- 30 mil estudantes;
- 10 mil usuários, servidores e prestadores de serviço;
- Totalizando 40 mil pessoas.

Para esse número estimado de usuários do campus Glória em um período de 30 anos foram criados diversos mapas do local, com projetos de infraestrutura, paisagismo, restrições

urbanísticas e zoneamentos. O projeto de implantação para o campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia apresentado no Plano Diretor se encontra na Figura 58.

Figura 58 - Projeto de implantação de acordo com Plano Diretor



Fonte: Adaptado de UFU, 2011.

O acesso estudado nesse trabalho está indicado na Figura 58 e, para ser melhor analisado, é apresentado na Figura 59 um detalhe do mapa de acesso ao campus Glória pela BR-365, contido no Plano Diretor.

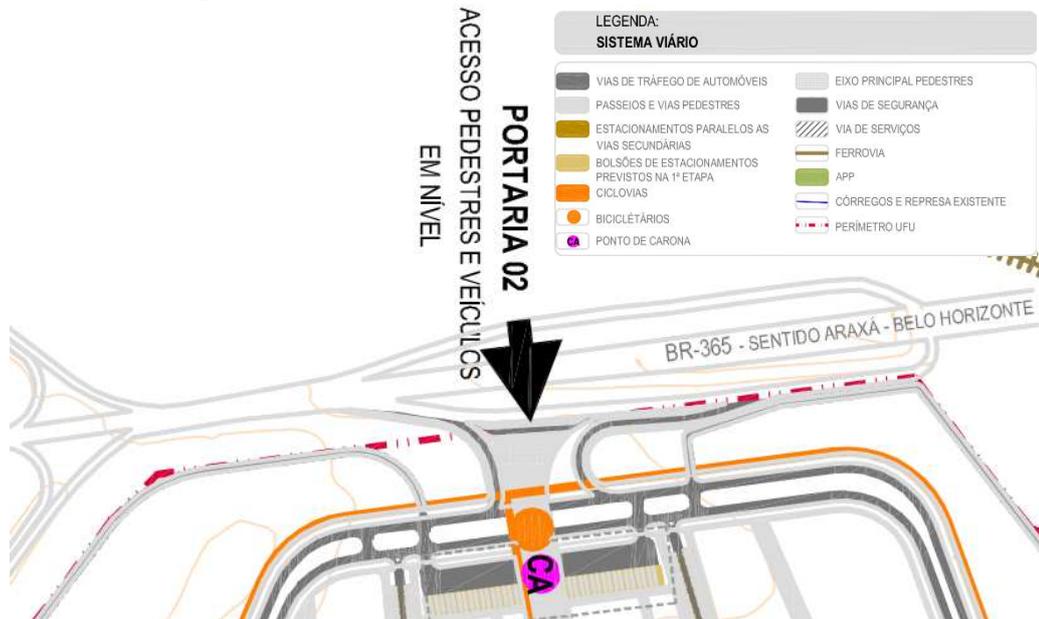
Figura 59 - Acesso ao campus pela BR-365 de acordo com Plano Diretor



Fonte: UFU, 2011.

Em relação aos mapas disponíveis no Plano Diretor do campus, o que melhor contribui para a análise do acesso em questão é o mapa de sistema viário, pois nele é possível visualizar como foi projetado esse acesso para ser utilizado nos próximos anos. Assim, na Figura 60 é apresentado o mapa de sistema viário de acordo com o Plano Diretor, com foco no acesso ao campus pela BR-365.

Figura 60 - Sistema viário de acordo com Plano Diretor



Fonte: Adaptado de UFU, 2011.

De acordo com UFU (2011), além do cálculo estimado do número de usuários do campus Glória, foi também estimada a demanda acadêmica total para o prazo de 30 anos, conforme descrito a seguir.

- 77 salas de aulas, a maioria com capacidade para 40 estudantes e um número menor que comporte até 60 ou 80 estudantes;
- mais de 200 Laboratórios de ensino, pesquisa e pós-graduação e extensão, considerado o quantitativo atual ocupado por unidades acadêmicas mantenedoras dos cursos que serão transferidos para o Campus Glória e a demanda prevista de acordo com o programa REUNI;
- cerca de 170 salas de professores (2 gabinetes por sala), considerado o quantitativo de professores para 2014, de acordo com o programa REUNI;
- além de laboratórios de informática e Auditórios, conforme quantitativos de cursos e estudantes, em quantidade baseada em indicador a ser definido.

Após a análise do plano diretor foram calculados os dados base para obter-se o volume de tráfego para 30 anos no campus, sendo utilizado para o estudo de caso do acesso em questão. Utilizando o valor referente ao número de usuários do campus no período de 30 anos é possível calcular o número de viagens ocasionadas pelo polo gerador de tráfego, que é o campus da universidade.

4.1.1 Polo gerador de tráfego

A abordagem sobre os polos geradores de tráfego é necessária nesse trabalho, pois a Universidade Federal de Uberlândia, como uma instituição de ensino superior, é considerada um PGT e, assim, é necessário analisar os prováveis impactos nas vias adjacentes. Portanto, visto que o campus Glória da UFU poderá gerar impactos nas vias de acesso, é necessário avaliar o aumento do tráfego para evitar impactos indesejáveis na fluidez e na segurança do trânsito do local estudado.

Para o conhecimento mais aprofundado dos impactos de um PGT, é necessário calcular o número de viagens geradas pelo empreendimento. Nessas viagens foi enquadrado o tráfego de veículos automotores, ciclistas e até mesmo pedestres. Dessa forma, a seguir foi calculado o número de viagens geradas pelo PGT, de acordo com a Seção 2.1 deste trabalho.

- Para um número de alunos inferior a 13000 alunos:

$$V = 0,432 \times NA - 106,303 \quad (\text{Equação 1})$$

Para um número de alunos inferior a 13000 alunos o cálculo não pode ser realizado pois, de acordo com o Plano Diretor, o número de alunos para o período de 30 anos do projeto será de 30000. Portanto, a Equação 1 não será utilizada.

- Para AS inferior a 13000 m²:

Considerando que cada sala de aula terá uma média de 40 alunos, a previsão do número de salas é de 77 unidades e cada sala possui aproximadamente 54,8 m², a área total prevista será de 4219,6 m². Portanto:

$$V = 0,343 \times AS + 434,251 \quad (\text{Equação 2})$$

$$V = 0,343 \times 4219,6 + 434,251$$

$$V = 1881,5738$$

$$V = 1882 \text{ viagens/h}$$

- Para a relação $\frac{NS}{NA} \geq 0,005$:

$$V = 22,066 \times NS + 102,186 \quad (\text{Equação 3})$$

$$\frac{NS}{NA} \geq 0,005 : NS = 77; NA = 30000 ; \frac{NS}{NA} = 0,0025$$

Portanto, não deve ser utilizada a Equação 3, já que $\frac{NS}{NA}$ é inferior a 0,005.

Utilizando a equação fornecida pelo ITE (2006), temos:

$$V = 2,38 NA \quad (\text{Equação 4})$$

$$V = 2,38 \times 30000 = 71400 \text{ viagens por dia}$$

$$V = 71400/24h = 2975 \text{ viagens/h}$$

Verifica-se, portanto, a grande diferença entre o resultado obtido pela Equação 3 e pela Equação 4. O resultado a ser considerado para o projeto funcional desse trabalho será definido na Seção 5.1.1. Para dar continuidade ao estudo deve ser definido o veículo de projeto para o local a ser analisado, para que seja possível realizar os cálculos necessários e projetar a via de acordo com as dimensões do veículo e seu raio de giro. Assim, a seguir é definido o veículo de projeto.

4.2 Veículo de projeto

Para a escolha do veículo de projeto, conforme o Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005), o mesmo deverá abranger e cobrir os veículos representativos da frota, de modo que a participação dos veículos remanescentes com características mais desfavoráveis seja

reduzida ao mínimo e os efeitos adversos consequentes possam ser desprezados. Além disso, essa escolha deve levar em consideração a composição do tráfego que utiliza ou utilizará a interseção.

Dessa forma, deve ser considerado o veículo de características mais desfavoráveis para o trajeto, fazendo com que os demais veículos estejam englobados no projeto. Assim, considerando que no acesso ao campus ocorra o tráfego de ônibus, caminhões de lixo, veículos que abastecem os restaurantes universitários e veículos de passeio como carros e motocicletas, pode-se considerar que o veículo de projeto será de tipo CO, conforme Tabela 7, já que esse tipo de veículo possui o raio de giro mais desfavorável.

Após a definição do veículo de projeto são realizados os estudos relacionados aos cenários para definição de projeto funcional para o acesso ao campus. Portanto, a seguir tem-se a análise do primeiro cenário.

4.3 Cenário 1

Para esse cenário são analisadas as alças de acesso existentes. É obtido o comprimento da faixa de desaceleração atual e, em seguida, é verificado se o mesmo está de acordo com a literatura vigente.

Atualmente, o acesso ao campus pela BR-365 é realizado por uma faixa de desaceleração da rodovia para a marginal. De acordo com o mapa atual, essa faixa de acesso ao campus possui o comprimento de aproximadamente 88 metros, enquanto a faixa de desaceleração com taper possui aproximadamente 145 metros de comprimento.

Para início da análise são obtidos os valores mínimos para a faixa de desaceleração, de acordo com a Tabela 2, que é apresentada na Seção 2.2 deste trabalho. Na Figura 62 é apresentada a faixa de desaceleração com taper atual e seu comprimento, de acordo com o Google Maps (2022).

Figura 61 - Comprimento da faixa de acesso atual



Fonte: Google Maps, 2022.

Figura 62 - Comprimento atual da faixa de desaceleração com taper



Fonte: Google Maps, 2022.

A rodovia BR-365 neste local não possui sinalização de limite de velocidade em um raio de aproximadamente 500 m. A 700 m antes da saída para o campus há uma sinalização vertical de limite de velocidade de 60km/h e a aproximadamente 500 m após a saída para o campus há uma sinalização vertical de limite de velocidade de 100 km/h para veículos leves e 80 km/h para veículos pesados. Portanto existe, no trajeto da saída da Av. João Naves até a entrada na rodovia BR-365, um intervalo de mais de 1km sem sinalização vertical de limite de velocidade, o que pode gerar a interpretação errônea por parte do usuário da rodovia de que pode transitar no percurso com velocidade acima de 60km/h. Já para a saída para o campus existe a sinalização vertical de limite de velocidade de 40 km/h.

A partir da Tabela 2 foi possível obter o comprimento ideal para a faixa de desaceleração, inclusive taper, para a via de 60 km/h e a saída de 40 km/h. Esse comprimento

deve ser de 65 m, com comprimento mínimo de 55 m, que seria o comprimento do taper. Considerando o comprimento obtido na Figura 62 o valor do comprimento total está condizente com a literatura.

Porém, considerando a distância entre sinalizações verticais de limite de velocidade nesse trecho, pode ocorrer de o motorista considerar a velocidade de 100km/h como limite, erroneamente. Assim, de acordo com a Tabela 2, o comprimento ideal para a faixa de desaceleração, inclusive taper, para a via de 100 km/h e a saída de 40 km/h deve ser de 145 metros, com comprimento mínimo de 85 metros, que seria o comprimento do taper. Considerando o comprimento obtido na Figura 62 o valor do comprimento total estaria condizente com a literatura. Porém, anterior ao taper existe um acesso em curva (saída da BR-050 para entrar na BR-365), que necessita de uma faixa de aceleração.

Assim, considerando a faixa de aceleração da BR-050 para a BR-365 e a faixa de desaceleração da BR-365 ao acesso ao campus, ambos utilizarão o mesmo espaço, podendo haver o entrelaçamento entre os veículos.

Portanto, como no trecho entre o acesso à pista da BR-365 e a saída para o campus Glória não possui sinalização horizontal delimitando o término da faixa de aceleração e início da faixa de desaceleração, foi considerado metade do comprimento para cada faixa. Dessa forma, a faixa de desaceleração possui, então, 72,25 metros, o que não está de acordo com a literatura, que prevê mínimo de 85 metros caso o motorista esteja trafegando a uma velocidade limite de 100 km/h.

Com as duas faixas de mudança de velocidade utilizando o mesmo espaço na via pode ocorrer o entrelaçamento dos veículos e, de acordo com o Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005), o movimento de entrecruzamento inicia com um conflito de convergência e termina com um de divergência. A situação de conflito causada pelo entrelaçamento afeta a operação do tráfego, causando reduções nas velocidades dos veículos e interferindo na capacidade e segurança da interseção e de sua área de influência.

Dessa forma, mesmo que o usuário da via trafegue dentro da velocidade limite de 60 km/h no trecho estudado, ainda pode ocorrer o conflito gerado pelo entrelaçamento dos veículos. Com isso, foi realizado um novo estudo do acesso ao local, visando maior segurança no trajeto de acesso ao campus. Para essa análise foi estudada a possibilidade do aumento do comprimento da faixa de desaceleração da BR-365 para o acesso ao campus e, além disso, foi elaborada uma opção para eliminação do possível entrelaçamento de veículos do trecho. Esse estudo foi realizado no Cenário 2, que se encontra em seguida.

4.4 Cenário 2

Nesse cenário foi analisada uma opção de projeto funcional referente ao acesso ao campus, que viabiliza a utilização de uma nova faixa de desaceleração para o acesso. Esta, é projetada para garantir maior segurança e fluidez do tráfego. Considerando os comprimentos obtidos no cenário 1, sabe-se que é necessário o comprimento mínimo de faixa de desaceleração de 85 metros para garantir maior segurança para a velocidade considerada no trecho.

Para garantir o comprimento mínimo não deve existir conflito entre a entrada da rodovia BR-050 para a BR-365 e o acesso ao campus. Com isso, uma opção seria a utilização de uma alça de acesso elevada, levando os veículos a transitarem em níveis diferentes até o término do trecho de acesso à universidade. Dessa forma, não seriam gerados conflitos entre os veículos adentrando a via e os usuários do campus e, ainda, a faixa de desaceleração para acesso à universidade teria o comprimento dentro do limite estabelecido pela norma.

Na Figura 63 é exemplificada essa alternativa de acesso com o objetivo de otimizar o trajeto dos usuários que visam acessar a BR-365 pela BR-050, assim como dos usuários da universidade.

Figura 63 - Cenário 2



LEGENDA	
	Pista em nível
	Saída para campus
	Alça elevada

Fonte: Autora - Adaptado de Google Earth, 2022.

Com a utilização da alça elevada como acesso à BR-365 é possível concluir que seria atingido o comprimento mínimo para a faixa de desaceleração da BR-365 ao acesso ao campus Glória, já que não haveria conflito do tipo “entrelaçamento” entre os dois. Portanto, essa é uma opção para análise de viabilidade do acesso. Para que essa opção seja viável a alça elevada deve respeitar o gabarito mínimo de 5,5m estipulado pelo Código de Trânsito Brasileiro.

4.5 Cenário 3

Para esse cenário é considerada a alternativa de implantação de uma trincheira para a via da BR-365, no sentido da saída para o campus. Essa trincheira visa aumentar a faixa de desaceleração para a utilização do acesso e, além disso, aumentar a segurança do trajeto, diminuindo conflitos no local. Na Figura 64 é apresentado o modelo do cenário 3.

Figura 64 - Cenário 3



LEGENDA	
	Pista em nível
	Trincheira com saída para campus

Fonte: Autora – Adaptado de Google Earth, 2022.

Por meio da trincheira, que deve respeitar o gabarito mínimo de 5,5m estipulado pelo CTB, é possível dividir o fluxo de veículos em três vias contínuas, que não ocasionam conflito. As três vias são:

- Os veículos da BR-365 que se manterão na via e seguirão pela trincheira;
- Os usuários do acesso ao campus que sairão da via pela trincheira;
- Os veículos que adentrarão à BR-365, pela pista que passará em nível superior ao da trincheira.

Em comparação com o cenário 2, em que é apresentada a via elevada como opção para eliminar o entrelaçamento de veículos no acesso ao campus, a trincheira se apresenta como opção mais viável no aspecto econômico, pois não seria uma mudança tão drástica em relação a opção anterior, que necessitaria de uma Obra de Arte Especial de grande comprimento, podendo ser uma obra de projeto e execução onerosos.

4.6 Cenário 4

O cenário 4 leva em consideração a junção dos cenários 2 e 3, caso o desnível dessas alternativas não seja viável para o projeto, não atendendo o gabarito mínimo de 5,5m e, assim, necessitando um aumento na altura útil para a via. Assim, nessa opção de projeto o acesso da BR-050 para a BR-365 se dá pela alça de acesso elevada, enquanto a saída para o campus é realizada por meio da trincheira. Com isso, eliminam-se todos os conflitos que poderiam existir na saída de acesso à universidade. Na Figura 65 é exemplificado o cenário 4.

Figura 65 - Cenário 4



LEGENDA	
	Trincheira com saída para campus
	Alça elevada

Fonte: Autora – Adaptado de Google Earth, 2022.

Porém, com a junção da trincheira e da alça elevada, esse cenário se torna o mais oneroso, já que se torna necessário a criação de uma OAE de grande porte.

5 PROJETO FUNCIONAL

O projeto funcional, neste trabalho, representa a junção de propostas de sinalização vertical e horizontal com uma proposta de implementação de rotatórias, com a finalidade de garantir maior segurança no trajeto de acesso ao campus Glória. Observa-se que nesse projeto não foi estudada a questão da mobilidade e acessibilidade, assim como faixas para ciclovias ou paradas de ônibus. Portanto, para inclusão destes itens em um futuro projeto os mesmos devem ser analisados em trabalhos futuros.

5.1 Projeto de rotatória

Atualmente, para acessar o campus Glória pela BR-365, deve ser utilizado o acesso e, logo em seguida, realizar uma curva acentuada à direita. Nessa conversão há ausência de sinalização vertical regulamentando a conversão à direita (existe somente a sinalização de indicação do local) e, ainda, não há espaço suficiente para a realizar a conversão, conforme apresentado na Figura 66.

Figura 66 - Acesso ao campus pela conversão à direita

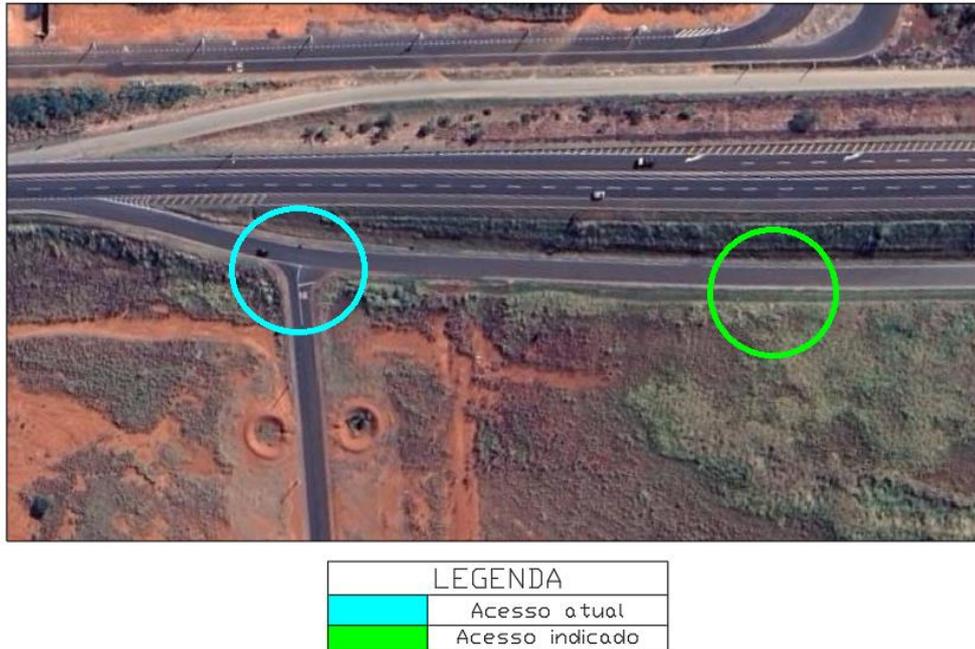


Fonte: Google Earth, 2022.

Dessa forma, nessa seção é proposto um novo projeto para a entrada no campus, prolongando a via de entrada e implementando uma rotatória em seu término, que leva a uma

via ligada aos blocos existentes do campus. Na Figura 67 é apresentado o local em questão, onde é indicada a localização do novo acesso do projeto funcional.

Figura 67 - Localização do novo acesso



Fonte: Autora – Adaptado de Google Earth, 2022.

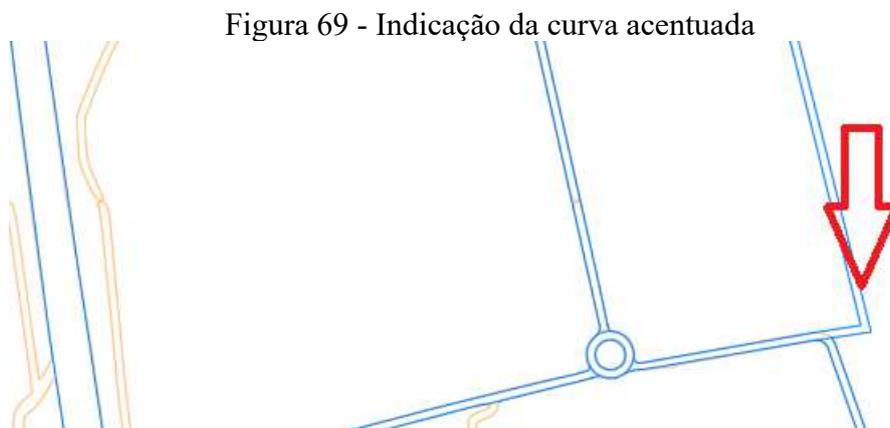
A localização do novo acesso, que foi projetado para ser realizado por uma rotatória, foi escolhido por gerar no usuário da via uma distância de ação e percepção da rotatória, desacelerando o tráfego oriundo da rodovia BR-365. Assim, esse aumento do comprimento da via marginal de acesso ao campus foi definido para garantir maior segurança aos usuários do campus.

Após definir o local da rotatória de acesso foi criado um croqui do projeto funcional para iniciar o dimensionamento. O croqui se encontra na Figura 68.



Fonte: Autora, 2022.

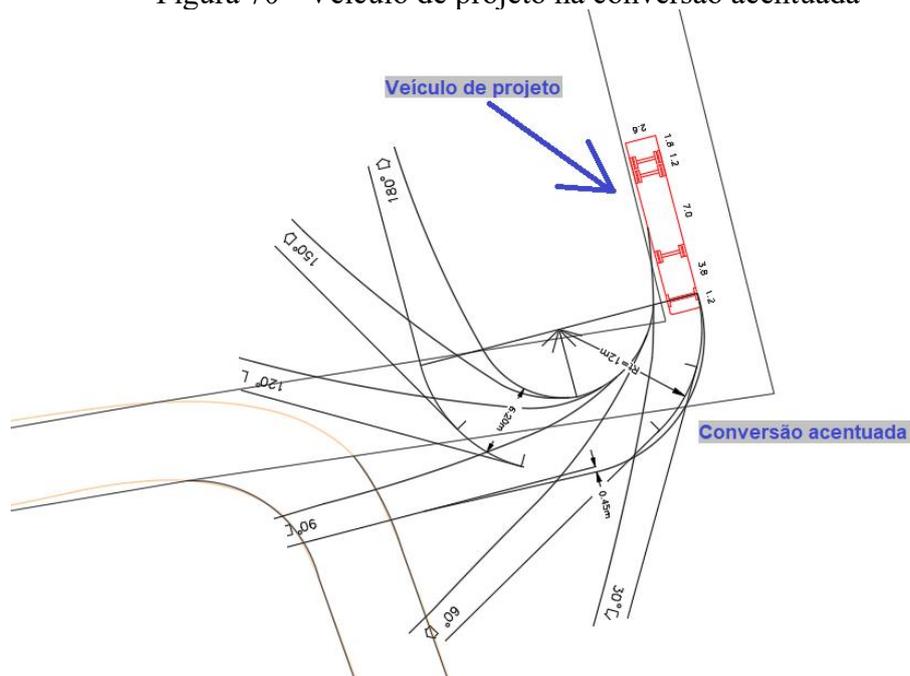
Como foi criado o acesso ao campus pela rotatória no término da marginal, o acesso atual pela curva acentuada próxima à rodovia foi fechado. Ainda, de acordo com o croqui da Figura 68, é possível verificar, além da prolongação da via de acesso pela BR-365, a proposição de uma nova via na saída da rotatória para acesso ao campus, para que o fluxo de veículos seja mais seguro. Porém, com essa proposta, foi criada uma conversão acentuada para acesso aos blocos do campus. Essa curva é indicada na Figura 69.



Fonte: Autora, 2022.

A partir da inserção dessa nova conversão, foi realizado o estudo para verificar se o raio da curva está de acordo com o veículo de projeto. Essa análise está exemplificada na Figura 70.

Figura 70 - Veículo de projeto na conversão acentuada



Fonte: Autora, 2022.

Com isso, ao conferir se o raio de giro do veículo de projeto está de acordo com a curva, foi observado que não seria possível o veículo CO realizar a conversão. Assim, foi proposta uma rotatória neste local para que todos os veículos consigam realizar a conversão e acessar os blocos da universidade com segurança. A seguir são descritas as diretrizes e cálculos necessários para os projetos das rotatórias.

5.1.1 Dimensionamento das rotatórias

Para esse projeto foi considerada a faixa de desaceleração de, no mínimo, 85 metros de comprimento como acesso ao campus Glória. Essa desaceleração é relacionada à velocidade limite de 100 km/h da rodovia BR-365 com a velocidade limite de 40 km/h da saída de acesso ao campus Glória. Foi considerado o limite de velocidade de 100km/h para a rodovia pois existe um intervalo de mais de 1km de distância entre as sinalizações de limite de velocidade, podendo ocorrer de os usuários da via ultrapassarem esse limite. O comprimento mínimo da faixa de desaceleração foi determinado de acordo com o Manual de Projeto de Interseções do DNIT (2005), que relaciona a velocidade diretriz da via com a velocidade de segurança da curva de saída.

Foram propostas duas rotatórias e uma via que as interliga, para proporcionar maior segurança e fluidez no tráfego do acesso ao campus Glória. Com base na revisão da literatura realizada, inicialmente optou-se pela rotatória compacta urbana, que não possui grandes dimensões e o veículo de projeto CO estaria apto a transitar com segurança pela via. Porém, ao analisar a maior dimensão do raio de giro de todos os veículos de projeto, observa-se que o semirreboque possui maior raio de giro mínimo da roda externa dianteira. Portanto, em questão da segurança e conforto de todos os usuários da via, foi definida para o projeto a rotatória normal urbana de pista simples que, de acordo com o U.S. Department of Transportation (2000), comporta o semirreboque como veículo de projeto.

De acordo com o U.S. Department of Transportation (2000), o diâmetro recomendado do círculo inscrito para a rotatória normal urbana de pista simples é de 30 a 40 metros, como pode ser observado na Tabela 6. Portanto, para o dimensionamento das rotatórias, foi considerado o diâmetro do círculo inscrito de 30 a 40 metros. Além do diâmetro da rotatória deve ser determinada a largura de sua pista e das demais vias. Essa largura é definida a partir da dimensão do veículo de projeto. Na Tabela 7 são apresentadas as principais dimensões dos veículos de projeto.

Assim, de acordo com DNIT (2005), a dimensão do veículo de projeto a ser considerada na definição da largura da pista do projeto funcional é a largura total de 2,6 m, que é a maior largura entre os veículos, sendo, também, a largura do veículo de projeto CO, que é o considerado para o projeto funcional. Na Figura 23 é apresentado o veículo de projeto adotado e seu raio de giro.

Em relação à capacidade máxima de entrada na rotatória, de acordo com o U.S. Department of Transportation (2000), a capacidade máxima de entrada em uma rotatória normal de pista simples é de 1800 veículos por hora e a ideal é de 1530 veículos por hora, referente a 85% da capacidade máxima, como apresentado na Figura 21. Portanto, nesse projeto deve ser levado em consideração essa diretriz.

Porém, anteriormente neste trabalho, foram realizados cálculos para determinar o número de viagens geradas pelos usuários do campus e, segundo esses cálculos, o menor valor obtido (de acordo com a Equação 2) é superior à capacidade máxima de entrada da rotatória, sendo de 1882 veículos por hora. Esse valor é referente a uma relação de previsão de alunos por sala de aula, de acordo com o plano diretor. No entanto, devido a previsão para capacidade máxima estar a longo prazo e que há a preferência de utilização do menor espaço útil possível

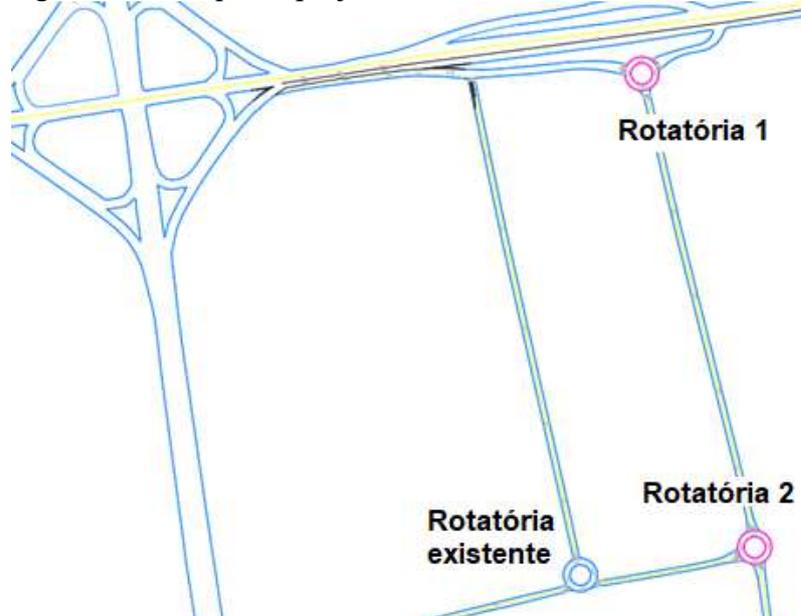
do campus, optou-se por manter a rotatória urbana de pista simples como alternativa para o acesso no projeto funcional.

Caso, futuramente, o fluxo de veículos na rotatória aumente e sua capacidade máxima seja atingida, pode-se propor o aumento do número de faixas na rotatória, implementando uma rotatória de duas pistas. De acordo com a Tabela 6, a rotatória urbana de pista dupla apresenta o aumento de 5 m em seu menor diâmetro, em comparação com o maior diâmetro da rotatória urbana de pista simples. Dessa forma, esse aumento em seu diâmetro para interseção de uma segunda pista na rotatória ocasionaria o aumento da capacidade de entrada da mesma.

Dessa forma, foi determinado que as rotatórias do projeto funcional possuirão o diâmetro de 40 m, para ser de fácil adaptação caso haja a necessidade de aumentar sua capacidade a longo prazo.

Na Figura 71 é apresentado o croqui do projeto funcional com as duas rotatórias. É possível analisar o comprimento da marginal de acesso da BR-365 para o campus. Essa pista foi projetada para gerar a diminuição na velocidade dos veículos automotores por meio de seu comprimento. Assim, garante maior segurança aos usuários e, também, proporciona espaço para aguardarem entrada na rotatória.

Figura 71 - Croqui do projeto funcional com as duas rotatórias

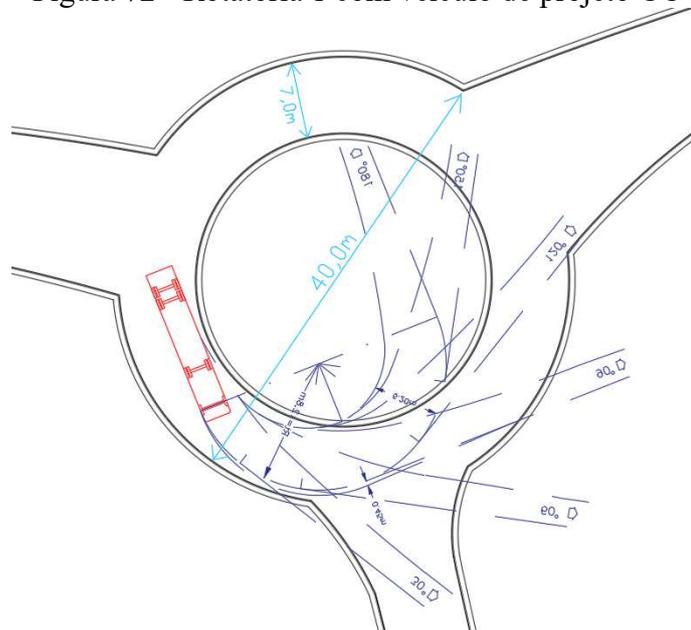


Fonte: Autora, 2022.

Para dimensionar adequadamente as rotatórias e garantir segurança e conforto aos usuários, foi realizada a análise dos raios de giro dos veículos de projeto CO e SR, a fim de

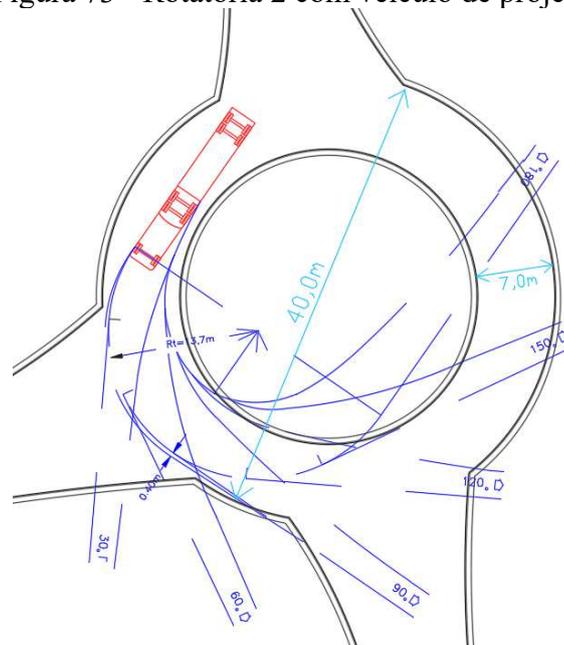
cobrir os maiores raios de giro definidos na Tabela 7. A análise foi realizada inserindo o veículo na via da rotatória com as devidas dimensões: diâmetro de 40 metros do círculo inscrito e largura mínima da faixa de 2,6 m. Na Figura 72 é apresentada a rotatória 1 com o veículo de projeto CO, enquanto na Figura 73 é apresentada a rotatória 2 com o veículo de projeto SR.

Figura 72 - Rotatória 1 com veículo de projeto CO



Fonte: Autora, 2022.

Figura 73 - Rotatória 2 com veículo de projeto SR



Fonte: Autora (2022)

A partir das análises realizadas foi possível concluir que as dimensões a serem adotadas para os diâmetros e larguras das faixas de ambas as rotatórias serão de, respectivamente, 40 m e 7 m, já que com essas dimensões as rotatórias suportam os dois veículos de projeto com maiores raios de giro.

Além disso, é possível verificar que, em ambas as rotatórias, foram projetados alargamentos na via para criar deflexões nas pistas de entrada e saída. Esse alargamento da via na aproximação com a rotatória garante maior visibilidade dos veículos, aumentando a segurança do trajeto, e, ainda, proporcionando maior fluidez ao tráfego na rotatória.

Para dar continuação à elaboração do projeto funcional, após serem definidas as principais dimensões das rotatórias, foi iniciado o projeto de sinalização, para que o projeto funcional do acesso ao campus fosse elaborado com detalhes suficientes para ser devidamente visualizado. Assim, a seguir é apresentado o projeto de sinalização.

5.2 Projeto de sinalização

Após ser criado o projeto funcional para acesso ao campus Glória, foram propostas novas sinalizações verticais e horizontais para todo o trecho estudado, visando proporcionar maior segurança em todo o trajeto. Ressalta-se que os projetos funcional e de sinalização foram elaborados com início na marginal de acesso da BR-365 em direção ao campus, sem abranger o trecho da rodovia BR-365 que engloba as faixas de aceleração e desaceleração mencionadas anteriormente, pois foram propostas três opções de cenários para futuros estudos que não entram no mérito do projeto funcional em questão.

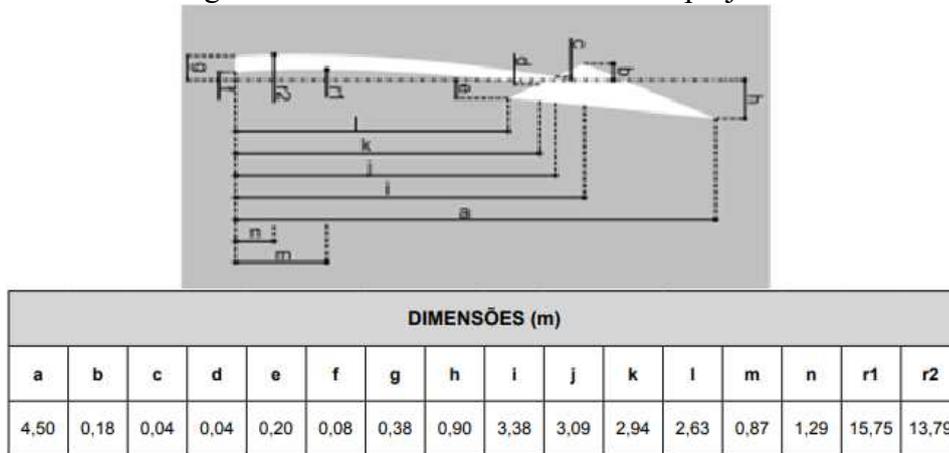
Dessa forma, a seguir são apresentadas as propostas de sinalização para o projeto funcional do acesso ao campus Glória. No Apêndice A encontra-se o projeto funcional completo do acesso, incluindo as sinalizações verticais e horizontais.

5.2.1 Sinalização horizontal

Em todo o local de estudo foi projetada a sinalização horizontal de acordo com o Manual de Sinalização Horizontal do CONTRAN (2007). Assim, para as vias do projeto funcional

juntamente de suas principais dimensões atribuídas segundo a velocidade e o tipo da via, de acordo com o CONTRAN (2007).

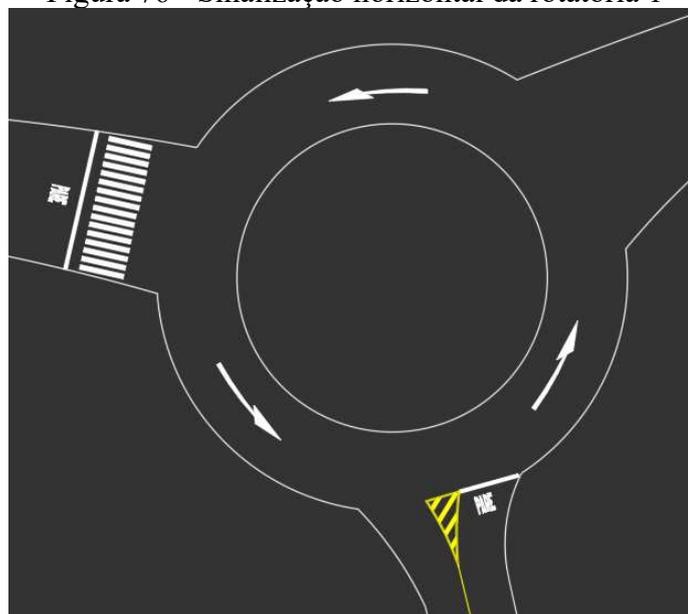
Figura 75 - Dimensões da seta IMC no projeto



Fonte: Adaptado de CONTRAN, 2007.

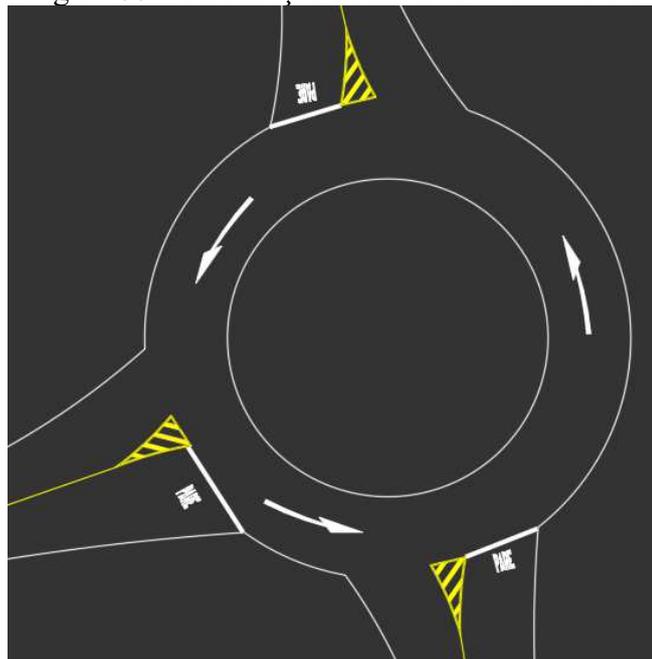
Para as rotatórias, tanto as novas quanto a existente, foram propostas marcas de canalização que indicam convergência e divergência de fluxo de veículos em todos os ramos das rotatórias, visando maior conforto e segurança para o usuário. Além disso, em todas as interseções foram projetadas sinalização horizontal com inscrição de “PARE”. A sinalização horizontal das rotatórias projetadas são apresentadas na Figura 76 e Figura 77.

Figura 76 - Sinalização horizontal da rotatória 1



Fonte: Autora, 2022.

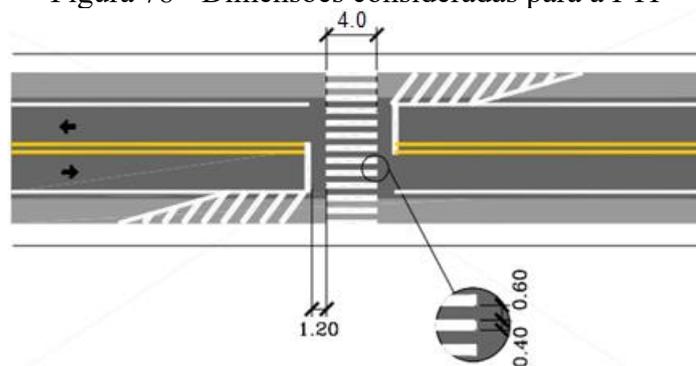
Figura 77 - Sinalização horizontal da rotatória 2



Fonte: Autora, 2022.

Em todas as vias do projeto foi proposta a sinalização horizontal de travessia de pedestres. As dimensões da faixa de travessia de pedestres foram adotadas conforme literatura vigente e são apresentadas na Figura 78.

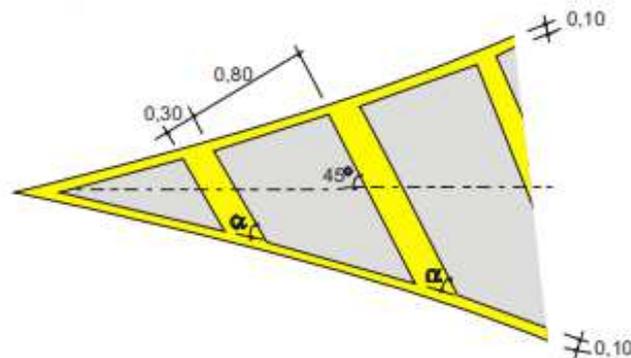
Figura 78 - Dimensões consideradas para a FTP



Fonte: Adaptado de DER, 2006.

Já para a marca de canalização de divisão de fluxos, suas dimensões foram consideradas de acordo com o Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT (2010), e sua exemplificação se encontra na Figura 79.

Figura 79 - Dimensões da canalização de fluxo



Fonte: DNIT, 2010.

As dimensões da legenda “PARE” em seguida da linha de retenção foram determinadas conforme CONTRAN (2007), que indica distância mínima de 1,60m entre a legenda e a linha de retenção, como apresentado na Figura 80.

Figura 80 - Legenda "PARE" e sua colocação na via



Fonte: CONTRAN, 2007.

A altura da letra da legenda foi determinada de acordo com a velocidade e tipo da via, conforme Tabela 26.

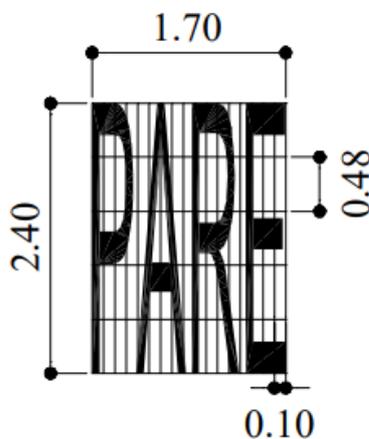
Tabela 26 - Altura da letra em função do tipo e velocidade da via

Vias urbanas		Vias rurais	
Velocidade (km/h)	Altura (m)	Velocidade (km/h)	Altura (m)
$v \leq 80$	1,60	$v \leq 60$	2,40
$v > 80$	2,40	$v > 60$	4,00

Fonte: CONTRAN, 2007.

Na Figura 81 é apresentada a legenda “PARE” com suas dimensões definidas para a via marginal de acesso à rotatória 1. Para as demais vias do projeto, por não serem vias rurais, foi determinada a altura de 1,60m e suas dimensões seguem a proporção da Figura 81.

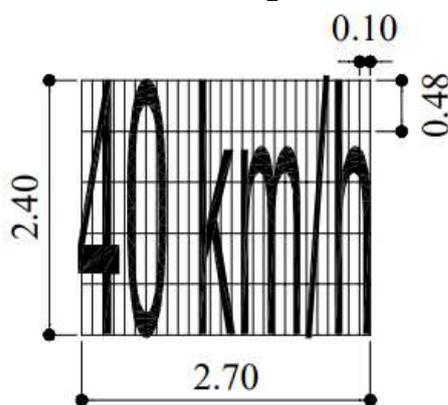
Figura 81 - Legenda "PARE" com suas dimensões



Fonte: DER, 2006.

Outro tipo de inscrição projetada para as vias foi a legenda de velocidade regulamentada na marginal de acesso pela BR-365. Nela, foram implementadas as legendas de velocidade regulamentada de 40km/h e 20km/h, para indicar a diminuição da velocidade no acesso ao campus. Suas dimensões seguem as descritas para a legenda “PARE”, pois estão de acordo com o tipo de via e velocidade limite. Na Figura 82 é apresentada a legenda e suas dimensões.

Figura 82 - Legenda de velocidade regulamentada e suas dimensões

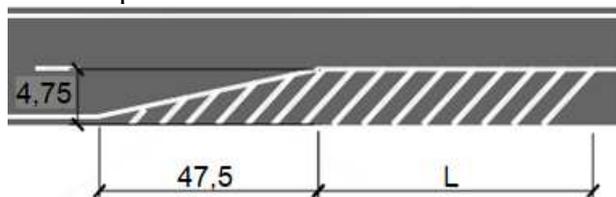


Fonte: DER, 2006.

Foi projetado, ainda, o estreitamento da pista da marginal de acesso à rotatória 1, a fim de manter os veículos em somente uma faixa para garantir maior segurança na entrada da

rotatória. Esse estreitamento foi projetado utilizando a faixa zebraada e suas dimensões foram determinadas de acordo com a velocidade projetada para a via, segundo o DER (2006). Na Figura 83 é apresentada a faixa zebraada com suas dimensões adotadas, em metros.

Figura 83 - Dimensões para as faixas zebraadas da via de entrada na rotatória 1



Fonte: Adaptado de DER, 2006.

Dessa forma, tendo projetado a sinalização horizontal para o local em estudo, a seguir são apresentadas as sinalizações verticais consideradas para o projeto, a fim de garantir maior segurança para todos os usuários do campus.

5.2.2 Sinalização vertical

O projeto de sinalização vertical desse trabalho contou com sinalizações verticais de regulamentação, advertência, indicação e dispositivos auxiliares. Conforme literatura vigente, a distância mínima considerada entre as sinalizações verticais foi de 50m, a não ser que o espaço existente seja muito limitado, como nas proximidades das rotatórias.

As dimensões dos sinais são definidas de acordo com o tipo de via. Portanto, as dimensões recomendadas para as sinalizações verticais de regulamentação de forma octogonal e de forma circular são apresentadas na Tabela 27 e Tabela 28, respectivamente.

Tabela 27 - Dimensões recomendadas para os sinais de regulamentação de forma circular

Via	Diâmetro (m)	Tarja (m)	Orla (m)
Urbana (de trânsito rápido)	0,75	0,075	0,075
Urbana (demais vias)	0,50	0,050	0,050
Rural (estrada)	0,75	0,075	0,075
Rural (rodovia)	1,00	0,100	0,100

Fonte: CONTRAN, 2007.

Tabela 28 - Dimensões recomendadas para o sinal de regulamentação de forma octogonal

Via	Lado (m)	Orla interna branca (m)	Orla externa vermelha (m)
Urbana	0,35	0,028	0,014
Rural (estrada)	0,35	0,028	0,014
Rural (rodovia)	0,50	0,040	0,020

Fonte: CONTRAN, 2007.

As sinalizações verticais de regulamentação utilizadas nesse projeto estão descritas na Tabela 29.

Tabela 29 - Sinalizações verticais de regulamentação utilizadas no projeto

Sinal	Código	Nome	Local de inserção no projeto funcional
	R-1	Parada obrigatória	Todas as interseções
	R-3	Sentido proibido	Via de acesso à rotatória 1 pela marginal
	R-19	Velocidade máxima permitida	Todas as vias
	R-25b	Vire à direita	Faixa de desaceleração para acesso à marginal
	R-26	Siga em frente	Marginal de acesso
	R-28	Duplo sentido de circulação	Todas as vias com duplo sentido de circulação
	R-33	Sentido circular na rotatória	Todas as vias, nas proximidades das rotatórias

Fonte: Autora, 2022.

Em relação às sinalizações verticais de advertência utilizadas nesse projeto funcional, pode-se adotar alguns padrões de distâncias mínimas necessárias para efetuar desaceleração e/ou manobra entre a placa e a situação sobre a qual adverte. Esses padrões são estabelecidos na Tabela 30 e foram seguidos no projeto.

Tabela 30 - Distância mínima de desaceleração e/ou manobra

Tipo de via	Velocidade – V (km/h)	Distância mínima de
		desaceleração e/ou manobra (m)
Urbana	$V < 60$	50
	$60 \leq V < 80$	100
	$V \geq 80$	150
Rural	$V < 60$	100
	$60 \leq V \leq 80$	150
	$V > 80$	200

Fonte: CONTRAN, 2007.

As dimensões mínimas das sinalizações verticais de advertência para sinais de forma quadrada, que foram as utilizadas no projeto em questão, se encontram na Tabela 31.

Tabela 31 - Dimensões mínimas para sinais de advertência de forma quadrada

Via	Lado mínimo (m)	Orla externa mínima (m)	Orla interna mínima (m)
Urbana	0,450	0,09	0,018
Rural (estrada)	0,500	0,010	0,020
Rural (rodovia)	0,600	0,012	0,024
Áreas protegidas por legislação especial (*)	0,300	0,006	0,012

(*) Relativa ao patrimônio histórico, artístico, cultural, arquitetônico e natural.

Obs.: Nos casos de sinais de advertência desenhados em placa adicional, o lado mínimo pode ser de 0,30m.

Fonte: CONTRAN, 2007.

As sinalizações verticais de advertência utilizadas nesse projeto funcional estão descritas na Tabela 32, juntamente às suas imagens de referência e locais onde foram inseridas no projeto.

Tabela 32 - Sinalizações verticais de advertência utilizadas no projeto

Sinal	Código	Nome	Local de inserção no projeto funcional
	A-12	Interseção em círculo	Distância de 100m das rotatórias
	A-21b	Estreitamento de pista à esquerda	Marginal de acesso à rotatória 1
	A-32b	Passagem sinalizada de pedestres	Juntamente à FTP, com distância de 100m da interseção e ao longo da via
	A-45	Rua sem saída	Anterior ao acesso para a rua sem saída

Fonte: Autora, 2022.

A sinalização vertical de indicação utilizada no projeto funcional foi referente à indicação de localidade do campus Glória. Essa sinalização foi inserida para indicar o acesso ao campus, sendo uma placa de identificação de região de interesse de tráfego. Portanto, segundo CONTRAN (2014), possui fundo de cor azul e a altura mínima das letras segue o que está descrito na Tabela 33.

Tabela 33 - Altura mínima das letras em função da velocidade regulamentada

Velocidade regulamentada (km/h)	Altura mínima das letras maiúsculas – h (mm)	
	Via urbana	Via rural
$V \leq 40$	125	150
$40 < V \leq 70$	150	150
$V = 80$	200	200
$80 < V \leq 100$	250	250
$V > 100$	-	300

Fonte: CONTRAN, 2014.

Como foi considerada a velocidade limite da rodovia igual a 100km/h, a altura mínima das letras da placa será de 250mm. Portanto, de acordo com CONTRAN (2014), o espaçamento

entre os elementos é de 188mm. Assim, as dimensões adotadas para a placa estão descritas conforme Figura 84.

Figura 84 - Sinalização vertical de indicação do campus
3,0 m

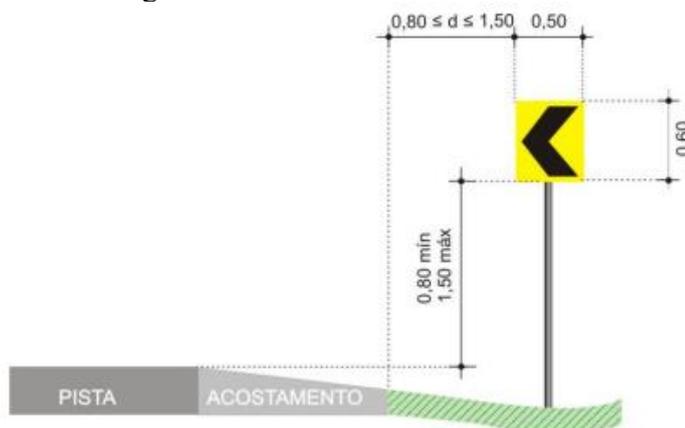


Fonte: Autora, 2022.

De acordo com o CONTRAN (2007), as placas contidas nas vias rurais devem ser implantadas com 1,2 m de altura, a contar da borda inferior da placa à superfície da pista de rolamento. Portanto, essa foi a altura adotada para todas as sinalizações verticais implantadas no acesso ao campus pela rodovia BR-365. Já para as sinalizações verticais localizadas nas vias do campus, foi adotada a altura de 2,0 m de altura, pois é a altura mínima para placas em vias urbanas.

Em relação ao dispositivo auxiliar de sinalização, foram implementados os marcadores de alinhamento em série no canteiro central da rotatória pois, de acordo com CONTRAN (2016), é utilizado em série para alertar a existência de alteração no alinhamento horizontal da via, tal como trecho em curva e estreitamento de pista, entre outros. As dimensões desse dispositivo, assim como seu alinhamento com a via, se encontram descritas na Figura 85.

Figura 85 - Marcador de alinhamento



Fonte: CONTRAN, 2016.

Para definir os materiais a serem utilizados na confecção das sinalizações verticais foi utilizado o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN, 2007. De acordo com o manual, os materiais mais adequados para serem utilizados como substratos para a confecção das placas de sinalização são o aço, alumínio, plástico reforçado e madeira imunizada. Os materiais mais utilizados para confecção dos sinais são as tintas e películas.

As tintas utilizadas são: esmalte sintético, fosco ou semifosco ou pintura eletrostática. As películas utilizadas são: plásticas (não retrorrefletivas) ou retrorrefletivas dos seguintes tipos: de esferas inclusas, de esferas encapsuladas ou de lentes prismáticas, a serem definidas de acordo com as necessidades de projeto. Em função do comprometimento com a segurança da via, não deve ser utilizada tinta brilhante ou películas retrorrefletivas do tipo “esferas expostas”. O verso da placa deverá ser na cor preta, fosca ou semifosca (CONTRAN, 2007).

Os suportes devem ser dimensionados e fixados de modo a suportar as cargas próprias das placas e os esforços sob a ação do vento, garantindo a correta posição do sinal. Eles devem ser fixados de modo a manter rigidamente as placas em sua posição permanente e apropriada, evitando que sejam giradas ou deslocadas. Os materiais mais utilizados para confecção dos suportes são aço e madeira imunizada (CONTRAN, 2007).

Assim, para esse projeto, o material determinado para a confecção das placas foi o aço, com película retrorrefletiva de alta intensidade prismática e suporte em aço.

Ao ser finalizado o projeto de sinalização vertical deu-se início ao projeto funcional, que foi a junção de todos os projetos descritos anteriormente neste trabalho. A seguir foi desenvolvido o projeto funcional de acesso ao campus Glória da UFU.

5.3 Resultados

Nessa Seção é apresentada a junção dos projetos de rotatórias, sinalizações horizontais e verticais, além do aprimoramento nos desenhos e correções pertinentes para a conclusão da proposta final do projeto funcional. Dessa forma, as sinalizações verticais receberam indicação de código e dimensões adotadas, para melhor detalhamento do projeto.

Além disso, foram indicadas as dimensões dos diâmetros dos círculos inscritos das rotatórias projetadas, além das larguras das vias. Na Figura 86 é apresentada a indicação do código e dimensões das sinalizações verticais, assim como dimensões da rotatória 1.

Figura 86 - Rotatória 2 no projeto funcional

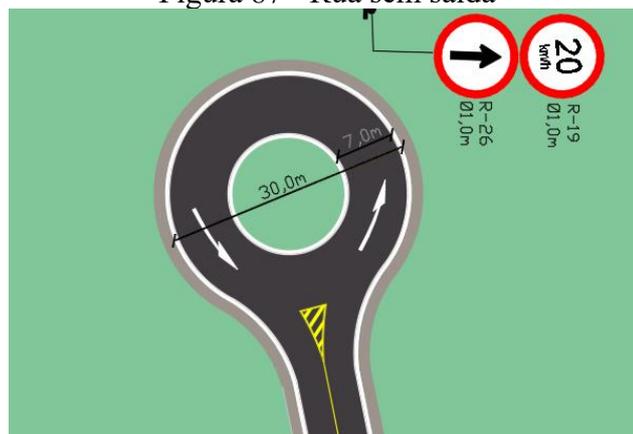


Fonte: Autora, 2022.

Como mencionado anteriormente, na Seção 5.1, a via que atualmente é utilizada para acessar o campus foi fechada, já que no projeto a marginal está ligada à rotatória de acesso. Assim, essa via se tornou uma rua sem saída.

Para proporcionar espaço para os veículos retornarem, foi projetada uma rotatória urbana de pista simples de 30m de diâmetro, como indicado na Figura 87. Essa dimensão foi determinada com a finalidade da rotatória não interferir no espaço útil do campus, mas ainda proporcionar conforto ao usuário, já que é a dimensão mínima para uma rotatória urbana de pista simples.

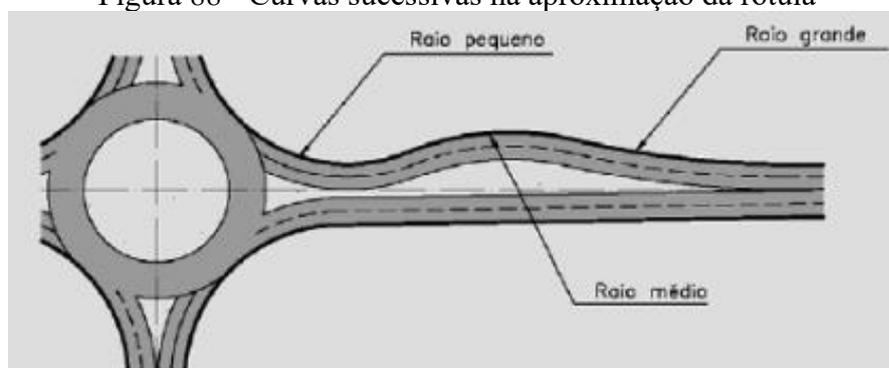
Figura 87 - Rua sem saída



Fonte: Autora, 2022.

Outro aprimoramento pertinente realizado foi em relação ao projeto da rotatória principal de acesso ao campus pela BR-365 (rotatória 1). Foram implementadas curvas sucessivas na marginal de acesso à rotatória, como exemplificado na Figura 88.

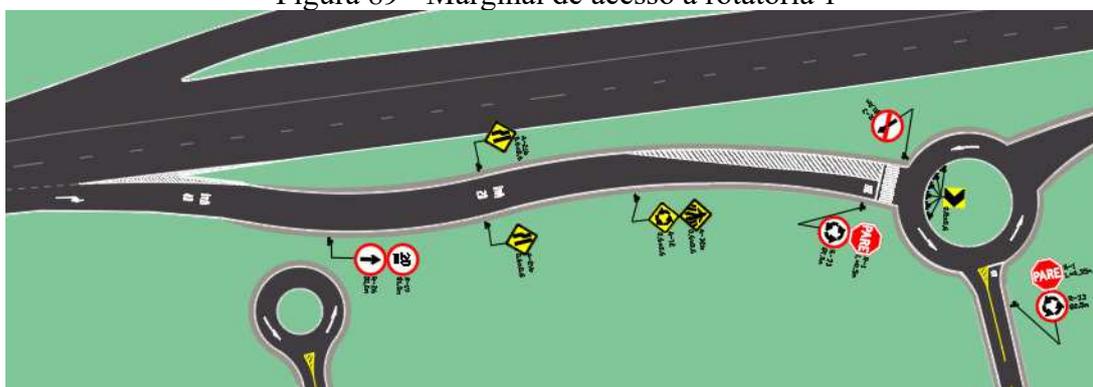
Figura 88 - Curvas sucessivas na aproximação da rótula



Fonte: DNIT, 2005.

Essas curvas sucessivas geram deflexões que contribuem para a desaceleração dos veículos automotores, evitando a entrada com alta velocidade na rotatória principal. Além disso, a redução da velocidade possibilita ao usuário maior visibilidade das sinalizações adiante, aumentando a segurança no trajeto. Na Figura 89 é apresentada a marginal de acesso à rotatória 1 após as alterações realizadas.

Figura 89 - Marginal de acesso à rotatória 1



Fonte: Autora, 2022.

Em relação à rotatória principal de acesso ao campus (rotatória 1), o diâmetro de seu círculo inscrito foi aumentado para 45 metros, visando sua utilização como rotatória de duas pistas futuramente, caso seja necessário o aumento de sua capacidade máxima. Dessa forma, na Figura é apresentada a rotatória 1 e suas novas dimensões consideradas no projeto funcional.

Figura 90 - Novas dimensões para a rotatória 1



Fonte: Autora, 2022.

Todo o projeto funcional foi elaborado para proporcionar segurança, conforto e fluidez no tráfego de todo o campus e seu acesso. No Apêndice A é apresentado o projeto funcional do acesso ao campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia.

6 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi exposta a importância de se estudar sobre segurança e fluidez do tráfego de veículos com foco, principalmente, na utilização de acesso a locais pela rodovia, bem como o tráfego que será provocado nos próximos anos pelo campus da Universidade Federal de Uberlândia, que é um Polo Gerador de Tráfego. Com base em referências bibliográficas na área de infraestrutura rodoviária, como trincheiras e alças de acesso, projeto de rotatória e sinalização vertical e horizontal, foram propostas opções a serem implementadas no local para que o acesso à universidade seja realizado com segurança por todos os usuários.

Com isso, o trabalho traz recomendações para o acesso viário gerado pela proximidade das faixas de mudança de velocidade no acesso ao campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia, por meio dos três cenários apresentados a partir da Seção 4.3 desse documento. Ainda, foi elaborado um projeto funcional de todo o trecho de acesso ao campus, para que não haja a necessidade de o usuário da via realizar a conversão acentuada à direita com ausência de sinalizações verticais e horizontais, como foi descrito na Seção 3.1.

Dessa forma, a importância desse trabalho se concretiza no estudo de viabilidade do acesso atual ao campus. Esse estudo conclui que a distância útil para realizar a desaceleração necessária para utilizar o acesso é menor que o indicado na literatura e, com isso, é recomendado que sejam adotadas algumas das medidas apresentadas no trabalho em questão. A utilização de uma opção viável para análise mais detalhada futuramente pode garantir com que os usuários do campus nos próximos anos contem com um acesso seguro para veículos e pedestres.

Esse projeto funcional poderá servir de base para a criação de um projeto executivo que melhore a segurança e fluidez do tráfego de veículos no campus. Ainda, o estudo de viabilidade que foi realizado é de extrema importância para que sejam analisadas as diversas formas de propiciar uma maior segurança a todos os usuários da via e da universidade. Ressalta-se como sugestão para trabalhos futuros o estudo de mobilidade e acessibilidade no campus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Alex de Vasconcelos Pineli; SORRATINI, José Aparecido; BARBOSA, Rafael Costa. **Polos Geradores de Viagem: Metodologia para avaliação de impactos no tráfego devido a estabelecimentos de ensino de nível superior**. Orientador: José Aparecido Sorratini. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2011.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO – CET (São Paulo). Notas Técnicas NT167/93 SP 07/93. **Metodologia para definir a configuração viária das entradas e saídas nas vias principais**, São Paulo, 1993.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO – CET (São Paulo). Secretaria Municipal dos Transportes. Boletim Técnico 32. **Pólos Geradores de Tráfego**, São Paulo, 1983.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN (Brasil). **Resolução nº, 396 de 13 de dezembro de 2011**. 13 dez. 2011.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Dispositivos auxiliares**, Brasília, v. VI, 2016.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Sinalização horizontal**, Brasília, v. IV, 2007.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Sinalização vertical de advertência**, Brasília, v. II, 2007.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Sinalização vertical de indicação**, Brasília, v. III, 2014.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito**: Sinalização vertical de regulamentação, Brasília, v. I, 2007.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER. **Manual de Sinalização Rodoviária**, v. I, Secretaria dos Transportes, São Paulo, 2006.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER. **Manual de Sinalização Rodoviária**: Confecção dos sinais. v. II. 2ed. Secretaria dos Transportes, São Paulo, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de projeto de interseções**. 528 p. 2. ed. IPR Publ. 718. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. 392 p. IPR Publ. 740. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de sinalização rodoviária**. 414 p. 3. ed. IPR Publ. 743. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. Documento técnico CDU 656.054.4. **Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego**, Brasília, dezembro 2001.

DM REFLETIVOS. **Sinalização Vertical**: Sinais de Regulamentação. Disponível em: <https://dmrefletivos.com.br/produto/sinalizacao-vertical-regulamentacao/>. Acesso em: 20 set. 2022.

FERRAZ, A. C. P. C.; RAIÁ JÚNIOR, A. A.; BEZERRA, B. S.; BASTOS, J. T.; SILVA, K. C. R. **Segurança viária**. 1. ed. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2012. ISBN 978-85-98156-69-9.

FILHO, Glauco Pontes. **Estradas de rodagem: projeto geométrico**. 1. ed. São Carlos/SP. 1998. 433 p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Infraestrutura Social e Urbana no Brasil: Subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas**. Brasília, 2010. 913 p. v. 2.

ITE – Institute of Transportation Engineers. **Trip generation**, Version 5. Seattle: Microtrans, 2006.

JÚNIOR, Sideney Antunes. **Sistema de Apoio à Decisão para o Controle do Tráfego em Interseções Isoladas**. 2001. 9 f. Projeto Final de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Curso Gestão Integrada da Mobilidade Urbana. Módulo I: Política Nacional de Mobilidade Urbana. Ministério das Cidades, **Programa Nacional de Capacitação das Cidades**, Brasília, Março, 2006. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/CursoSemob/modulos.html>. Acesso em: 05 abr. 2022

PFEIL, W. **Pontes em concreto armado: elementos de projeto, solicitações, dimensionamento**. 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980.

PINELI, Alex de Vasconcelos; SORRATINI, José Aparecido. **Polos Geradores de Viagem: Metodologia para avaliação de impactos no tráfego devido a estabelecimentos de ensino superior**. Uberlândia, 2009.

PORTUGAL, L.S. E GOLDNER, L. G. (2003) **Estudo de Polos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes**. Editora Edgard Blücher.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA (Curitiba/PR). **Concluída, nova trincheira melhora mobilidade para 62 mil veículos e 168 mil passageiros de ônibus.** Curitiba/PR: Mário Tourinho, 15 jun. 2021. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/concluida-nova-trincheira-melhora-mobilidade-para-62-mil-veiculos-e-168-mil-passageiros-de-onibus/59359>. Acesso em: 30 ago. 2022.

RIBEIRO, H.A.S.; RIBEIRO, R. L.; RESENDE, C. A.; SILVA, P. C. M. **Proposta de adequação de rotatória para fins de fluidez e segurança viária.** In: XV Rio de Transportes, 2017, Rio de Janeiro/RJ. Anais do XV Rio de Transportes. Rio de Janeiro: Rio de Transportes, 2017. p. 495 – 506.

SCHERER, Carla Trindade. **Cruzamento entre a rua Dom Pedro II e Avenida Cristóvão Colombo: Proposta de projeto estrutural de trincheira para Porto Alegre.** Orientador: Rubem Clécio Schwingel. 2013. 185 p. Trabalho de Diplomação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SEVERO, Leonardo. Custando R\$39 milhões, trincheira da Avenida Ceará é finalmente entregue. **Agora RS**, Rio Grande do Sul, 4 mar. 2020. Disponível em: <https://agoranors.com/2020/03/custando-r-39-milhoes-trincheira-da-avenida-ceara-e-finalmente-entregue/>. Acesso em: 29 ago. 2022.

SILVA, Ana Maria César Bastos; SECO, Alvaro Jorge da Maia. **Dimensionamento de rotundas:** Textos didáticos. 3. ed. Coimbra: [s. n.], Abril 2004. 42 p.

SOLEK, M. J.; MARCUSSO, L. G. **Proposta de remodelação de uma interseção rodoviária na cidade de Curitiba/PR com foco na segurança dos usuários e na capacidade de tráfego.** 134 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

STANEK, David; MILAM, Ronald. **High-capacity roundabout intersection analysis: Going around in circles.** Roseville, California, 29 abr. 2004. Disponível em: https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/circulars/ec083/56_Stanekpaper.pdf. Acesso em: 6 jun. 2022.

STOVER, V. G.; KOEPKE, F. J. Transportation and land development. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1988. 239 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU. Grupo de Trabalho Técnico do Plano Diretor do Câmpus Glória (GTPD-Glória). **Plano Diretor do Câmpus Glória: Livro 1: Diagnóstico e Leituras**, Uberlândia/MG, 2011. Disponível em: http://www.campusgloria.ufu.br/sites/campusgloria.ufu.br/files/LIVRO%201%20final_4.pdf. Acesso em: 3 ago. 2022.

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Roundabouts: An Informational Guide**. Technical Report Documentation, project 2425. Federal Highway Administration. Portland, Oregon, U.S.A. June, 2000.

APÊNDICE A – PROJETO FUNCIONAL