

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Flávio Carvalho Monteiro

**ANÁLISE DE TRAVESSIA DE PEDESTRES E CICLISTAS EM
PASSARELAS: UM ESTUDO DE CASO NA RSC-287/AV. RORAIMA**

Santa Maria, RS
2019

Flávio Carvalho Monteiro

**ANÁLISE DE TRAVESSIA DE PEDESTRES E CICLISTAS EM PASSARELAS: UM
ESTUDO DE CASO NA RSC-287/AV. RORAIMA**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Carlos José Antônio Kümmel Félix

Santa Maria, RS
2019

Flávio Carvalho Monteiro

**ANÁLISE DE TRAVESSIA DE PEDESTRES E CICLISTAS EM PASSARELAS: UM
ESTUDO DE CASO NA RSC-287/AV. RORAIMA**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Civil**.

Aprovado em _____:

Carlos José Antônio Kümmel Félix, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Jaime Freiburger Junior, Dr. (UFSM)

Carlos José Marchesan Kümmel Félix, Eng. Civil

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, em especial à minha mãe, Lizete Carvalho, por todo o suporte que me deu em toda minha formação como pessoa, estudante e profissional.

Aos meus amigos e amigas de longa data e àqueles de cada fase de minha educação, por todos os momentos de apoio, companheirismo e descontração.

Às empresas que me concederam espaço como estagiário em suas equipes, Redumax Empreendimentos Imobiliários e ALM Engenharia, pelas oportunidades de grande aprendizado e amadurecimento.

Aos membros do GeMob – Grupo de Estudos em Mobilidade, pelo auxílio na execução dos levantamentos deste trabalho.

A todos meus professores, por todo o conhecimento a mim transmitido, em especial ao orientador, Carlos Félix, pela confiança depositada e pelo incentivo para elaboração deste trabalho.

RESUMO

Conhecendo as características do processo de urbanização das cidades brasileiras é essencial que sejam utilizados métodos de planejamento e organização de mobilidade urbana a fim de minimizar desvantagens oriundas da relação entre a grande frota de veículos existentes no país e os outros meios de deslocamento. Nesse contexto, pedestres e ciclistas são os mais vulneráveis no quesito segurança e, portanto, devem ser contemplados com medidas que ajudem a preservar os seus espaços de locomoção nas ruas e vias. O bom funcionamento das rodovias também é prejudicado conforme o número de situações de discordância entre diferentes fluxos. Essas características foram observadas no caso da interseção entre a rodovia RSC-287 e a Avenida Roraima em Santa Maria - RS, no local de travessia de pedestres e ciclistas próximo à entrada principal do Campus da UFSM. Visando solucionar tais problemas, este trabalho foi desenvolvido, por meio de um estudo de caso com o objetivo de analisar a necessidade e a viabilidade de implantação de uma travessia por passarela. Realizou-se um levantamento quantitativo de volume de tráfego no local e um levantamento qualitativo das características físicas e funcionais da travessia atual. Os resultados demonstraram que a instalação de uma passarela estaria de acordo com os critérios estabelecidos pela bibliografia estudada e traria benefícios para pedestres, ciclistas e condutores dos veículos que passam pela região, em prol da segurança e do bom funcionamento do trânsito em geral. Ainda ficou demonstrado que o local possui os atributos necessários para garantir que a estrutura seja eficiente e seja utilizada de fato por todos.

Palavras-chave: Mobilidade urbana. Engenharia de tráfego. Pedestres e ciclistas. Travessia em desnível. Passarela. Segurança no trânsito.

ABSTRACT

Concerning the characteristics of the urbanization process of the Brazilian cities, it is essential for the employment of planning and organization methods. This engagement aims to minimize disadvantages arising from the relationship between the country's large fleet of vehicles and all other means of transportation. In this context, pedestrians and cyclists are the most vulnerable in terms of safety and, therefore, should be contemplated with tools that help to preserve their movement areas on the streets and roads. Also, as more numerous situations of the disagreement between different vehicles flow, more impaired is the good functioning of the highways. These characteristics were observed in the intersection between the RSC-287 highway and Roraima avenue in Santa Maria- RS, at the pedestrian and cyclist crossing site, near the UFSM Campus. Aiming to solve these problems, this work was developed through a case study to analyze the necessity and the feasibility of implementing a walkway crossing. A quantitative survey of on-site traffic volume and a qualitative survey of all physical and functional characteristics of the current crossing were performed. The results showed that the installation of a walkway crossing would be following the criteria established by the bibliography studied and would bring benefits to pedestrians, cyclists, and drivers of vehicles passing through this area. Also, the installation would contribute in favor of safety and the good functioning of traffic in general. Moreover, it has also been shown the presence of necessary attributes in the site to ensure that the structure would be efficient and used by all.

Keywords: Urban mobility. Traffic engineering. Pedestrians and cyclists. Crossing in unevenness. Walkway. Traffic Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – FTP-1: Tipo Zebrada	17
Figura 2 – FTP-2: Tipo Paralela	18
Figura 3 – Marcação de cruzamento rodocicloviário (MCC)	19
Figura 4 – Sinalização horizontal em cruzamento de rodovia com ciclovia.....	19
Figura 5 – Rebaixamento de via para veículos	20
Figura 6 – Rebaixamento de via para pedestres.....	20
Figura 7 – Elevação de via para automóveis.....	21
Figura 8 – Elevação de via para pedestres	21
Figura 9 – Fluxos que justificam a implantação de passarelas	23
Figura 10 – Exemplo de concepção arquitetônica na passarela da UFPR	25
Figura 11 – Exemplo de projeto de implantação de passarela (planta baixa)	26
Figura 12 – Exemplo de projeto de implantação de passarela (corte transversal à rodovia)	26
Figura 13 – Exemplo de projeto de implantação de passarela (corte transversal à travessia).....	27
Figura 14 – Exemplo de projeto de implantação de passarela (corte típico sobre a pista)	27
Figura 15 – Exemplo de rampa helicoidal, passarela da rodoviária de Porto Alegre.	28
Figura 16 – Exemplo de utilização de escada de acesso à passarela.	29
Figura 17 – Exemplo de seção transversal com características recomendadas para drenagem pluvial	30
Figura 18 – Exemplo de interconexão em formato de rótula completa com travessia de pedestres/ciclistas	32
Figura 19 – Foto da passarela Giuseppe Campo Dellorto em Nova Venécia/ES. Exemplo de uso de barreiras e sinalizações em uma passarela para pedestres e ciclistas.....	34
Figura 20 – Posicionamento do ponto de travessia na RSC-287.....	35
Figura 21 – Foto do local de travessia em horário de pico	36
Figura 22 – Fluxos levantados no ponto de estudo.....	37
Figura 23 – Volumes de tráfego de veículos ao meio-dia	40
Figura 24 – Volumes de tráfego de pedestres e ciclistas ao meio-dia	40
Figura 25 – Picos de fluxo em intervalos de 1 hora, meio-dia.....	41

Figura 26 – Fluxos que justificam a implantação de passarelas, Modificação 1	42
Figura 27 – Volumes de tráfego de veículos à tarde	42
Figura 28 – Volumes de tráfego de pedestres e ciclistas à tarde	43
Figura 29 – Picos de fluxo em intervalos de 1 hora, tarde	43
Figura 30 – Fluxos que justificam a implantação de passarelas, Modificação 2	44
Figura 31 – Fluxos que justificam a implantação de passarelas, Modificação 3	45
Figura 32 – Produto do volume de pedestres e volume de veículos ao meio-dia	46
Figura 33 – Produto do volume de pedestres e volume de veículos à tarde	46
Figura 34 – Amostra de brechas para travessia	47
Figura 35 – Pedestres em espera de brecha para travessia	48
Figura 36 – Área livre para construção na faixa de domínio da Avenida Roraima	49
Figura 37 – Proposta conceitual arquitetônica para a interseção estudada	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	PISTA COMPARTILHADA (PEDESTRES/BICICLETAS).....	14
3.2	SEPARAÇÃO DE FLUXOS (PEDESTRES/VEÍCULOS) NO TEMPO	15
3.2.1	Faixa de Travessia de Pedestres (FTP)	15
3.2.1.1	<i>Zebrada (FTP-1)</i>	17
3.2.1.1	<i>Paralela (FTP-2)</i>	17
3.2.2	Marcação de Cruzamento Rodocicloviário (MCC)	18
3.3	SEPARAÇÃO ESPACIAL DE FLUXOS (PEDESTRES/VEÍCULOS).....	20
3.3.1	Rebaixamento de via	20
3.3.2	Elevação de via	21
3.4	PASSARELA.....	22
3.4.1	Crêterios para utilização de passagens em desnível	22
3.4.2	Etapas de projeto	24
3.4.2.1	<i>Estudo Preliminar</i>	24
3.4.2.2	<i>Projeto Básico</i>	25
3.4.2.1	<i>Projeto Executivo</i>	29
3.5	PRÁTICAS OPERACIONAIS PARA SEGURANÇA	30
4	METODOLOGIA	35
4.1	DESCRIÇÃO DO LOCAL ESTUDADO.....	35
4.2	LEVANTAMENTO DE VOLUMES DE TRÁFEGO	37
5	RESULTADOS	39
5.1	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO LEVANTAMENTO	39
5.1.1	Meio-dia	40
5.1.2	Tarde	42
5.2	AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO LEVANTAMENTO.....	46
5.3	ESTUDO DE SOLUÇÃO	48
6	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ANEXO A – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS AO MEIO-DIA (SENTIDO A).....	56
ANEXO B – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS AO MEIO-DIA (SENTIDO B).....	57
ANEXO C – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE PEDESTRES E CICLISTAS AO MEIO-DIA (SENTIDO A).....	58
ANEXO D – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE PEDESTRES E CICLISTAS AO MEIO-DIA (SENTIDO B).....	59
ANEXO E – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS À TARDE (SENTIDO A).....	60
ANEXO F – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS À TARDE (SENTIDO B).....	61
ANEXO G – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE PEDESTRES E CICLISTAS À TARDE (SENTIDO A).....	62
ANEXO H – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE PEDESTRES E CICLISTAS À TARDE (SENTIDO B).....	63

1 INTRODUÇÃO

Pessoas do mundo inteiro compartilham de necessidades essenciais para conseguir viver em sociedade. Durante suas vidas, para poderem executar suas tarefas do dia-a-dia, todos precisam se deslocar de várias formas, para várias direções, em variados momentos. A junção de todos os deslocamentos, de todas as pessoas de um determinado grupo, tende a gerar conflitos se não bem planejada e organizada. É através dos estudos de mobilidade urbana que se desenvolvem métodos para manter essa harmonia entre todos os meios de transportes, sejam eles individuais ou coletivos.

SEST SENAT (2019) indica que, no Brasil, o modal rodoviário compreende a maior parcela da matriz de transportes, representando aproximadamente 61% da movimentação de mercadorias e 95% da movimentação de passageiros. De acordo com Ribeiro de Carvalho (2016), com a crescente urbanização das cidades, observa-se o surgimento de diversos defeitos no atual sistema de transportes. Automóveis, pedestres e ciclistas compartilham de uma enorme rede de rodovias, estradas, ruas e passeios, um cenário que, em muitas ocasiões, tende a desfavorecer a liberdade de deslocamento e a segurança dos usuários.

Percebe-se que os mais prejudicados são sempre pedestres e ciclistas, pois são os mais desprotegidos, assim, como consta no Art. 29 do CTB – Código de Trânsito Brasileiro (1997), “os veículos de maior porte serão sempre responsáveis pela segurança dos menores, os motorizados pelos não motorizados e, juntos, pela incolumidade dos pedestres”. Em relação à liberdade de deslocamento, automóveis tendem a ser os mais afetados, devido à capacidade limitada das vias e os constantes congestionamentos das mesmas. Quando misturados, principalmente em interseções, os fluxos tendem a se obstruir, desfavorecendo ambas as partes.

Situações dessa natureza ocorrem diariamente em todos e quaisquer locais de travessia de rodovias por pedestres e ciclistas. Em relação a esse processo de urbanização em Santa Maria, observa-se um caso específico no bairro Camobi: a interseção entre a RSC-287 e a Avenida Roraima, que dá acesso ao maior polo estudantil da região centro do estado, o Campus da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM.

De acordo com IPLAN - Instituto De Planejamento Urbano De Santa Maria, (2016), a circulação de pessoas nas imediações do Campus Camobi é intensa, tanto de pedestres e ciclistas, como de usuários do transporte público e particular. Conforme dados da UFSM - Universidade Federal De Santa Maria (2019), a mesma possui 27.663 alunos, 2.043 docentes e 2.676 técnicos administrativos. Além disso, existem outras instituições que também estão localizadas nesse espaço geográfico como o Hospital Universitário de Santa Maria, INPE, ONG Turma do Ique, Caixa Econômica Federal, Banco do Brasil, Posto de Gasolina, lojas de comércio anexas ao posto, creche para filhos de funcionários, entre outras.

A fim de garantir a segurança dos pedestres e ciclistas e o funcionamento da mobilidade urbana da região, podem ser utilizados diversos dispositivos da engenharia aplicada, dentre eles, a execução de travessia de pedestres e ciclistas em desnível, mais especificamente, as chamadas passarelas. Conforme Engenho Editora Técnica LTDA (2019), a passarela é um recurso viável para promover a mobilidade em uma área de tráfego intenso.

Este trabalho visa fazer uma explanação a respeito desse assunto, buscando manancial teórico, dados práticos e efetuando levantamentos de dados que possam conduzir à melhor alternativa de travessia para pedestres e ciclistas na situação mencionada. O presente relatório está estruturado na seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução: Apresentação e justificativa do tema.

Capítulo 2 – Objetivos: Delimitações gerais e específicas.

Capítulo 3 – Revisão Bibliográfica: Definições dos tipos de separação de fluxos, com ênfase em passarelas e práticas operacionais de segurança.

Capítulo 4 – Metodologia: Descrição do estudo de caso e do método de levantamento utilizado em campo.

Capítulo 5 – Resultados: Análise dos dados obtidos, avaliação qualitativa-quantitativa do estudo, estudo de solução.

Capítulo 6 – Conclusão: Exposição de conclusões à partir dos resultados.

Anexos – Planilhas dos levantamentos realizados em campo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a possibilidade de utilização de travessia elevada de pedestres e ciclistas por passarela na intersecção entre a RSC-287/RS e a Avenida Roraima (acesso ao Campus da UFSM) em Santa Maria - RS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tem-se como objetivos específicos:

- Analisar as características dos métodos de travessia de pedestres em nível e desnível com ênfase na travessia elevada por passarela;
- Estudar o fluxo de veículos, bicicletas e pessoas, através de levantamento no local do estudo, e o comportamento de pedestres em relação ao tipo de travessia sugerido;
- Identificar os problemas de tráfego e segurança dos usuários do atual sistema utilizado no local;
- Avaliar a necessidade e viabilidade de implantação de uma passarela no caso estudado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O desenvolvimento de áreas urbanas em sincronia com a necessidade de locomoção dos habitantes, em espaços cada vez mais compactos, exigem muito planejamento em relação ao modo com que todos os indivíduos irão se comportar, se relacionar e se adaptar durante os seus deslocamentos diários.

A fim de garantir o funcionamento da mobilidade urbana e a segurança da população nas ruas, conforme Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) (2010), deve-se utilizar métodos de separação de fluxo de veículos, bicicletas e pedestres. Em zonas de conflito entre esses diferentes tipos de usuários, a segregação de fluxos pode ser feita no tempo com a instalação de redutores físicos (faixas de travessia de pedestres, lombofaixas, faixas semaforizadas e marcações de cruzamento rodociclovitário), ou com separação espacial, através de elevação ou rebaixamento de vias (passagens subterrâneas e passarelas).

Neste capítulo são abordadas as características de pistas compartilhadas entre pedestres e ciclistas, e os tipos de travessia citados anteriormente, com ênfase no estudo sobre travessia elevada, bem como critérios e características técnicas do método.

3.1 PISTA COMPARTILHADA (PEDESTRES/BICICLETAS)

Em locais com limitações de espaço ou opções de acomodação do fluxo de bicicletas, é viável projetar pistas que permitam o trânsito de pedestres e ciclistas ao mesmo tempo. Tal junção pode ser muito útil em trechos de travessia de rodovias ou sobre pontes, viadutos e passarelas.

Como mencionado em Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) (2010), de um modo geral, faixas compartilhadas tendem a criar mais situações de conflito e por isso devem ser evitadas. Se instaladas, devem possuir uma largura maior do que a de ciclovias normais e possuir uma sinalização bem evidente, a fim de ordenar os usuários. Pedestres, corredores, skatistas e patinadores costumam trocar de velocidade e direção muito rapidamente, o que pode surpreender ciclistas. Do

mesmo modo, pedestres podem não perceber a presença de ciclistas por andarem em velocidades diferentes.

Ainda, devem-se atentar às interseções de pistas compartilhadas e rodovias, pois os motoristas tendem a esperar apenas a travessia de pedestres, deixando-os suscetíveis a surpresas, por parte de ciclistas que atravessam em maior velocidade. Em algumas situações, esse risco pode ser ainda maior, como em locais de manobras de giro e que possuam obstáculos que possam atrapalhar a visão dos condutores, como árvores, pilares, muros e prédios.

Assim como os pedestres, ciclistas precisam atravessar ruas e rodovias com frequência. Ciclistas são mais vulneráveis em meio aos veículos motorizados, o que exige maior atenção em relação à segurança nas vias. Um dos problemas de segurança citados se refere aos casos em que ciclistas devem interagir com fluxos de rotatórias (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), 2010a):

A segurança tende a diminuir com velocidades maiores, em rótulas de mais de uma faixa e nas entradas das rotatórias. Nessas rotatórias, soluções específicas devem ser procuradas, se o volume de tráfego o permitir. Entre as possíveis soluções, tem-se: ciclovias independentes, uso de faixa compartilhada com os pedestres, adoção de variantes de rotas por outras interseções e separação de greides, para os casos mais críticos (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), 2010, p. 144)

3.2 SEPARAÇÃO DE FLUXOS (PEDESTRES/VEÍCULOS) NO TEMPO

3.2.1 Faixa de Travessia de Pedestres (FTP)

Conforme o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2007), as FTPs servem para delimitar a área destinada à travessia de pedestres e regulamentar a prioridade de passagem dos mesmos em relação aos veículos nos casos previstos pelo Código de Trânsito Brasileiro.

Esta área deve ser locada respeitando, sempre que possível, os caminhos naturais dos pedestres, visto que esses tendem a seguir padrões de deslocamento, garantindo maior segurança para os mesmos.

As FTP ainda podem ser complementadas com um ou mais dispositivos de sinalização e controle de trânsito. As lombofaixas, definidas por CONTRAN (2014), consistem em faixas de travessia elevadas até 15 centímetros em vias adequadas para velocidades máximas de 40 km/h. Faixas de travessia semaforizadas possuem um sistema adicional de sinalização semafórica com indicações luminosas, que garantem o direito de preferência de travessia do pedestre, quando acionados.

Macêdo e Sorratini (2006) propõem um método para verificação da necessidade de instalação de dispositivos de travessia de pedestres, baseado no produto entre o volume de pedestres por hora e o volume de veículos por hora, seguindo os seguintes critérios:

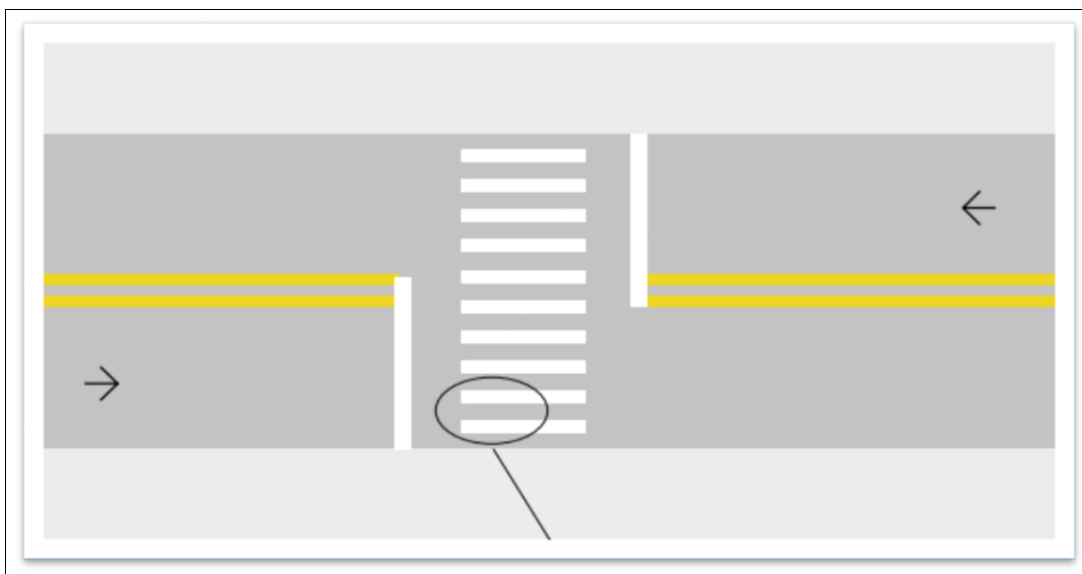
- O volume médio de pedestres durante as quatro horas de maior movimento não deve ser inferior a 60 pedestres/h;
- O volume médio de veículos durante as quatro horas de maior movimento não deve ser inferior a 400 veículos/h;
- A instalação de semáforos para pedestres é recomendada quando o produto entre volume de pedestres e volume de veículos resultar em valores iguais ou superiores a 100.000;
- A instalação de faixas para pedestres é recomendada quando o produto entre o volume de pedestres e volume de veículos resultar em valores iguais ou superiores a 60.000, porém inferiores a 100.000;
- Não é recomendado nenhum dispositivo de travessia para pedestres quando o produto entre o volume de pedestres e o volume de veículos resultar em valores inferiores a 60.000;
- Se não houver canteiro central na via, esses valores devem ser reduzidos em 20%;
- Quando houver predominância de crianças e idosos cruzando a via, esses valores devem ser reduzidos em 25%.

As FTP podem ser divididas em duas categorias, conforme CONTRAN (2004):

3.2.1.1 Zebrada (FTP-1)

Conforme mencionado pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (2007), são faixas de cor branca paralelas entre si e paralelas ao alinhamento do meio fio, como mostrado na Figura 1, dimensionadas pelos critérios presentes no Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Utilizadas em “locais onde o volume de pedestres é significativo nas proximidades de escolas ou pólos geradores de viagens, em meio de quadra ou onde estudos de engenharia indicarem sua necessidade.” Este tipo de faixa é obrigatório em situações onde o volume de pedestres indique necessidade de uma faixa com 4 metros de largura ou mais.

Figura 1 – FTP-1: Tipo Zebrada

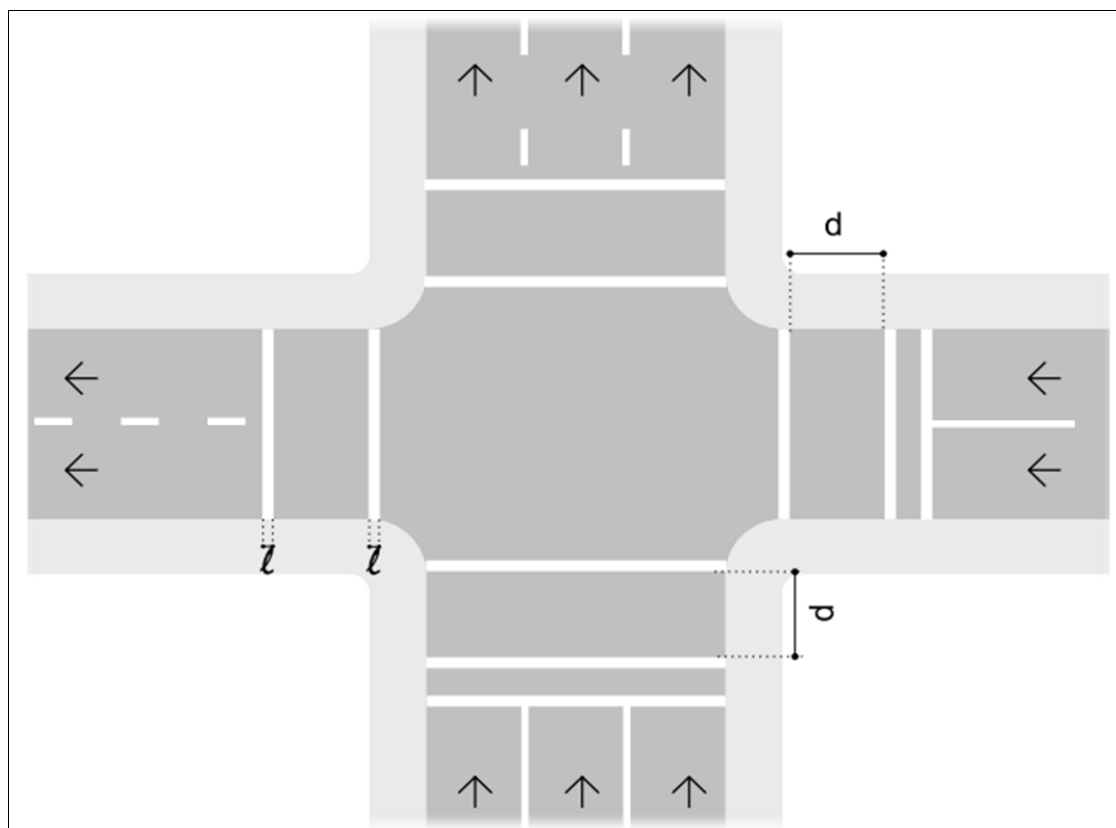


Fonte: Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (2007).

3.2.1.1 Paralela (FTP-2)

De acordo com o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (2007), são faixas de cor branca, paralelas entre si e perpendiculares ao alinhamento do meio-fio, como indicado na Figura 2. Podem ser utilizadas apenas em interseções semaforizadas e com largura máxima de 4 metros.

Figura 2 – FTP-2: Tipo Paralela

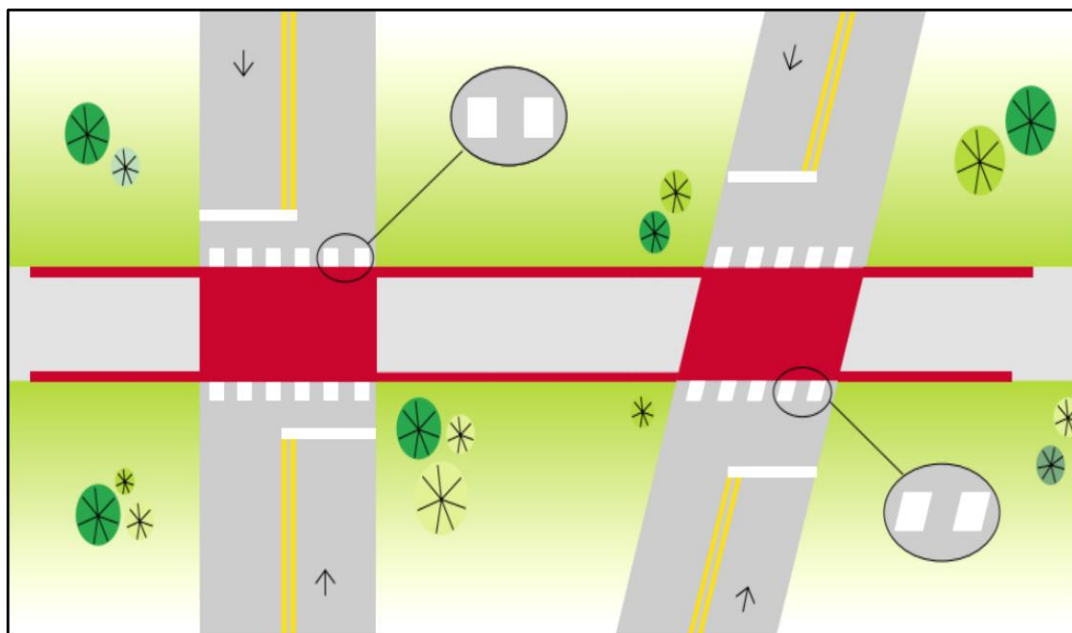


Fonte: Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (2007).

3.2.2 Marcação de Cruzamento Rodociclovário (MCC)

Define-se como um indicador aos condutores de automóveis sobre a existência de um cruzamento em nível entre uma ciclovia e a pista de rolamento. É dimensionada conforme o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (2007), composta por dois alinhamentos de paralelogramos com base e altura iguais entre 40 e 60 centímetros, ao longo do contorno da ciclovia, como indicado na Figura 3. Tal marcação é obrigatória em qualquer cruzamento deste tipo.

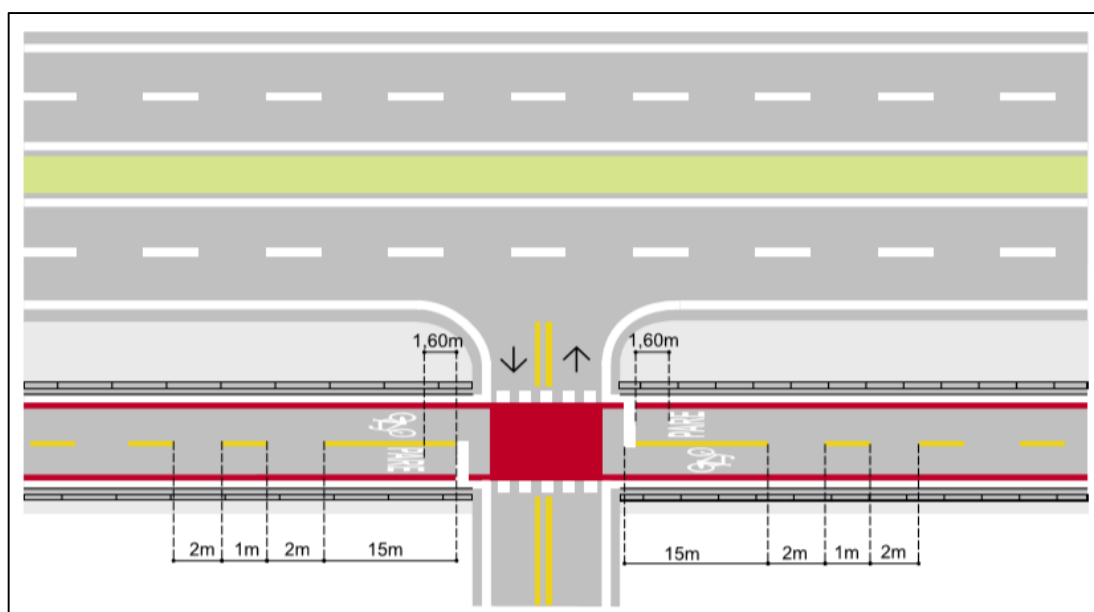
Figura 3 – Marcação de cruzamento rodociclovário (MCC)



Fonte: Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (2007).

No caso de travessia semaforizada, ambas vias devem possuir linhas de retenção e, em casos de travessia não semaforizadas, apenas a pista de veículos motorizados, com as mesmas dimensões e finalidades de linhas de retenção em FTPs.

Figura 4 – Sinalização horizontal em cruzamento de rodovia com ciclovia



Fonte: Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (2007).

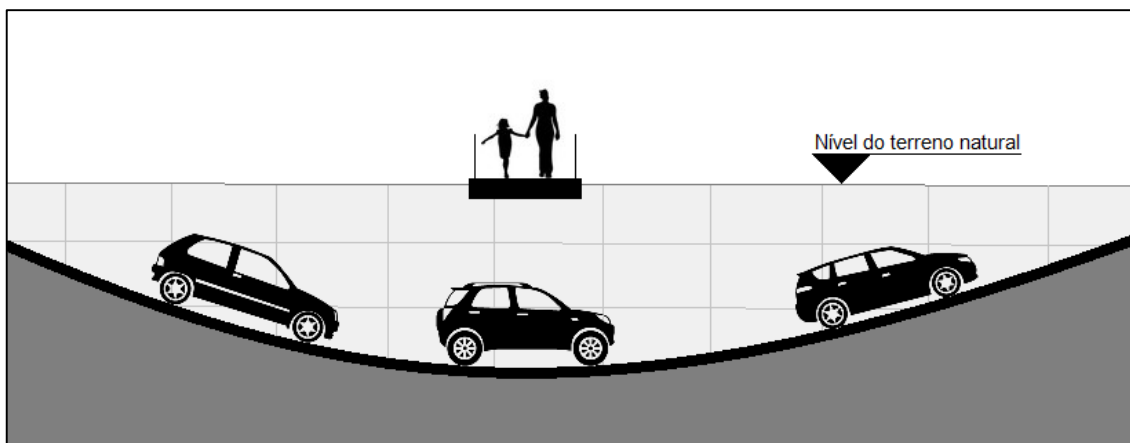
3.3 SEPARAÇÃO ESPACIAL DE FLUXOS (PEDESTRES/VEÍCULOS)

3.3.1 Rebaixamento de via

É definida de acordo com Brasil (1997) como “obra de arte destinada à transposição de vias, em desnível subterrâneo, e ao uso de pedestres ou veículos.”

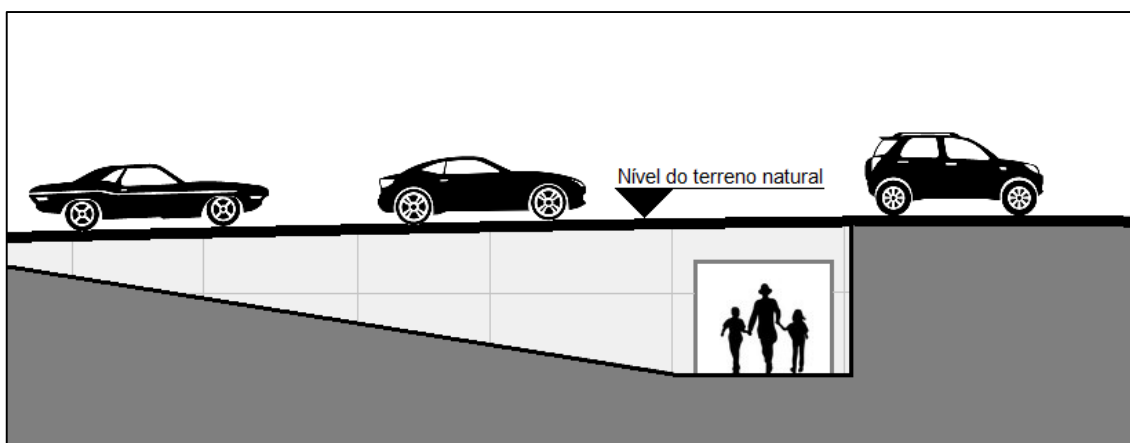
Pode-se rebaixar a pista de veículos motorizados, como na Figura 5, ou a via de circulação de pessoas e bicicletas, como na Figura 6.

Figura 5 – Rebaixamento de via para veículos



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 6 – Rebaixamento de via para pedestres



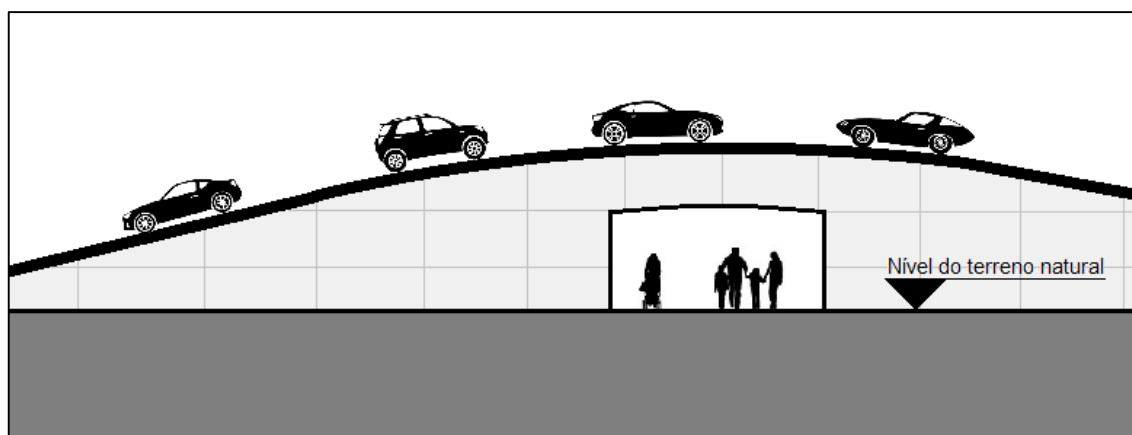
Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.3.2 Elevação de via

Definida de acordo com Brasil (1997) como “obra de construção civil destinada a transpor uma depressão de terreno ou servir de passagem superior”.

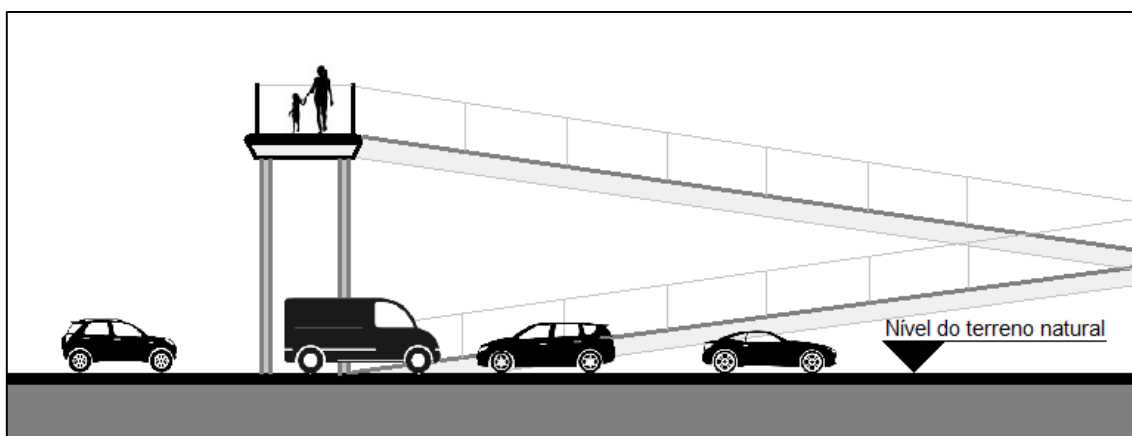
A elevação pode transpor a faixa de rolamento acima dos pedestres e ciclovias, como na Figura 7, ou transpor a circulação de pessoas e bicicletas acima dos veículos motorizados, através de passarelas, como na Figura 8.

Figura 7 – Elevação de via para automóveis



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 8 – Elevação de via para pedestres



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.4 PASSARELA

Como principal objeto de estudo aqui abordado, esse tipo de travessia específico define-se como “obra de arte destinada à transposição de vias, em desnível aéreo, e ao uso de pedestres” (BRASIL, 1997).

Assim como outros tipos de travessia em desnível, as passarelas são recomendadas para situações em que se pretende evitar o conflito entre diferentes tipos de fluxos. São indicadas principalmente para travessias de pedestres em vias com veículos em alta velocidade e com grande intensidade de tráfego.

3.4.1 Critérios para utilização de passagens em desnível

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010), a instalação de uma rodovia em zona urbana tende a gerar conflitos entre os usuários e o funcionamento de ambos meios, sendo prejudicada tanto a capacidade operacional da rodovia, como a liberdade, conforto, funcionalidade e segurança das pessoas habitantes de tal núcleo urbano. Conforme descrito, uma das alternativas a fim de amenizar os efeitos dessa segregação gerada é a “inserção urbanística das passarelas, através de praças públicas com equipamentos de segurança e permanência, tais como iluminação, bancos, telefone público, jornaleiro, estacionamento etc” (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), 2010, p.162).

Ainda, são previstas modificações no traçado geométrico da rodovia a fim de criar um desvio em desnível de uma travessia de pedestres. As opções são a utilização de travessias com FTP ou a construção de passarelas e passagens subterrâneas.

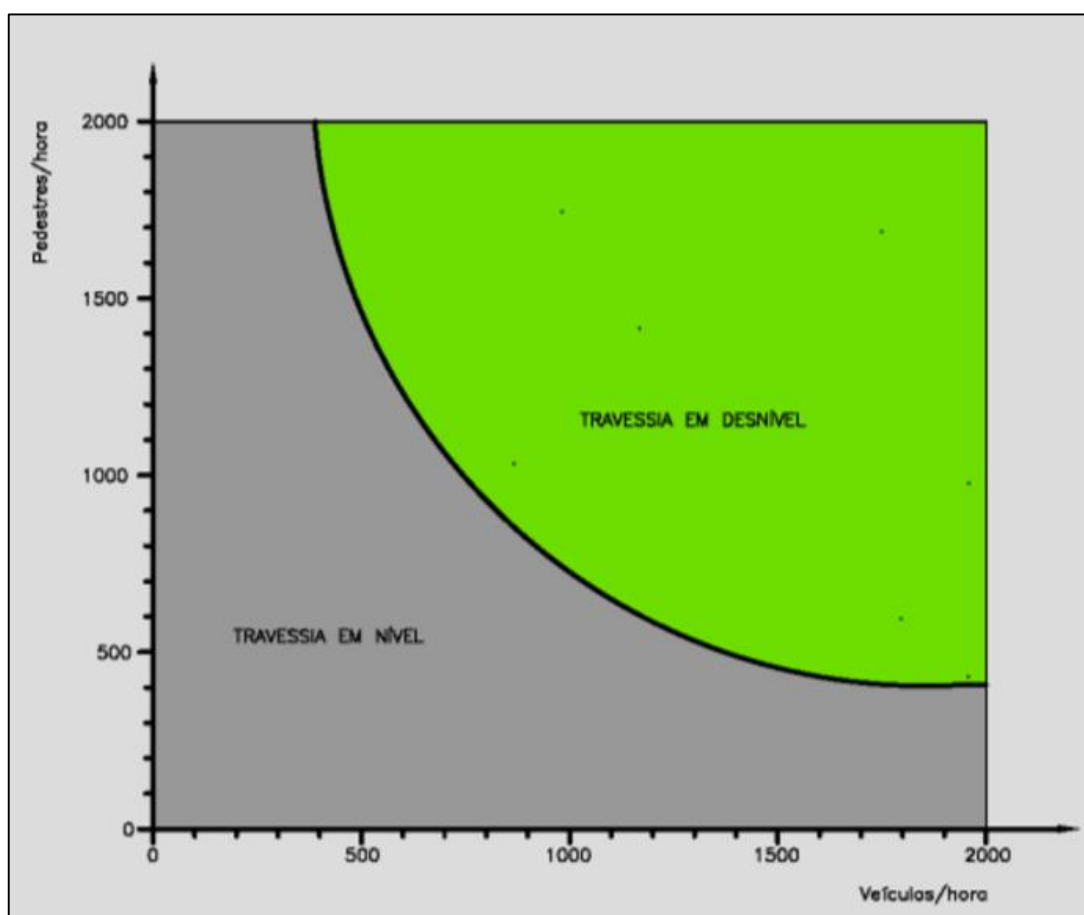
Afirma-se que:

As passarelas não interferem nos serviços públicos subterrâneos, são mais higiênicas e esteticamente mais agradáveis para o pedestre, dão maior sensação de segurança e apresentam custo muito inferior aos das passagens subterrâneas (podem custar 90% menos). As passagens subterrâneas apresentam menor interferência, do ponto de vista urbanístico, protegem melhor o pedestre em caso de mau tempo e reduzem as escadas de acesso

a pouco mais que a metade. (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), 2010, p.108)

Tendo em vista os benefícios adquiridos através da instalação de uma passarela, parte-se para uma análise de real necessidade de instalação de tal estrutura. Recomendam-se passarelas para casos em que a grande intensidade de pedestres possa prejudicar a funcionalidade original da via a ser atravessada, em pistas que foram projetadas para escoar grande fluxo de automóveis. As características locais devem sempre ser analisadas, porém, como critério preliminar para implantação de travessia em desnível, pode-se utilizar o ábaco da Figura 9, para rodovias com velocidade máxima de até 60 km/h (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), 2010a).

Figura 9 – Fluxos que justificam a implantação de passarelas



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) (2015)

3.4.2 Etapas de projeto

Observada a necessidade de implantação de uma passarela para travessia de pedestres e ciclistas, inicia-se o processo de planejamento, projetos e execução, como descrito pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) (2015) na Instrução de Projeto de Passarela de Pedestre, em três etapas descritas abaixo.

3.4.2.1 Estudo Preliminar

São realizadas coletas de dados básicos para elaboração da estrutura, como plantas cartográficas, levantamento topográficos, traçado em planta, corte e perfil da rodovia a ser transpassada e dados geotécnicos já existentes do terreno a ser utilizado.

Com estas informações deve-se iniciar a determinação das características da obra a ser construída, como comprimento, largura, seção transversal, possíveis pontos de apoio, indicação de solução estrutural e arquitetônica (exemplificado na Figura 10). Nesse ponto, é ideal que existam ao menos duas propostas exequíveis para uma futura escolha entre as opções, levando em conta os custos, benefícios e necessidades de todas. Nesta etapa, o levantamento de custos pode ser estimado através das dimensões em área de tabuleiro.

Figura 10 – Exemplo de concepção arquitetônica na passarela da UFPR



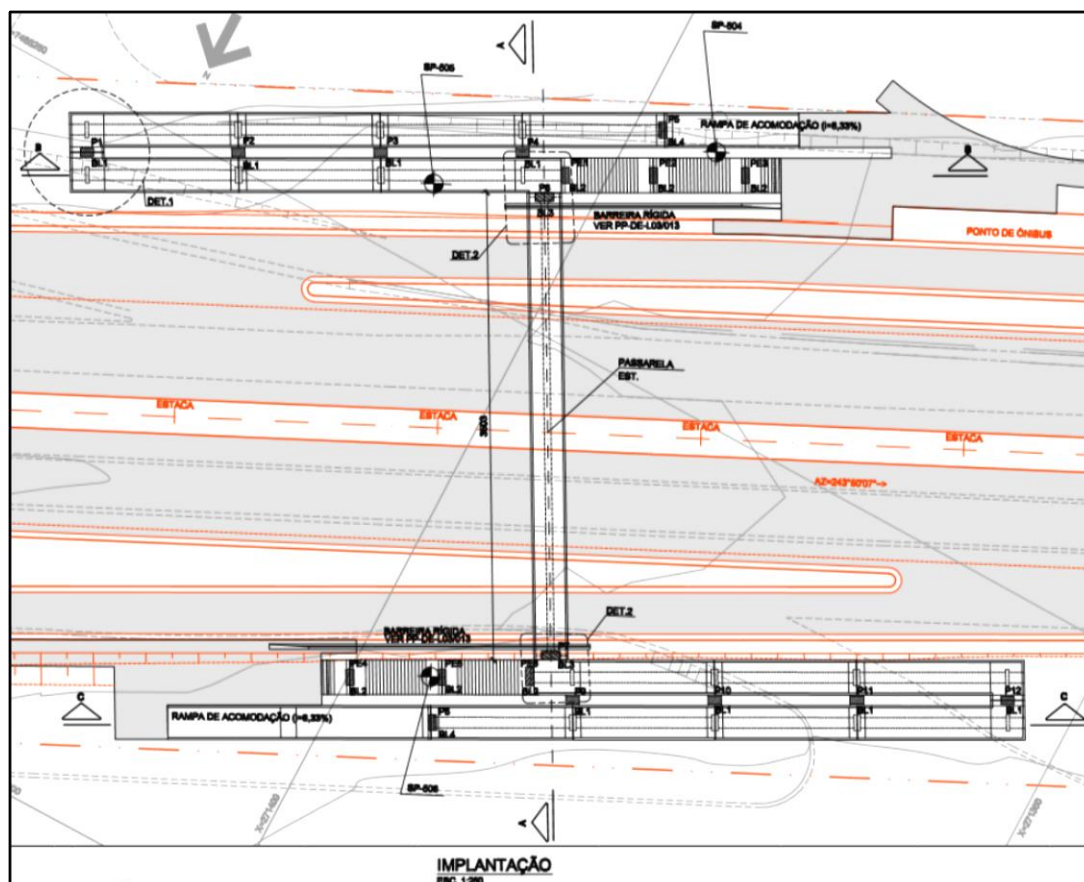
Fonte: Saraiva (2018)

3.4.2.2 Projeto Básico

Após o estudo preliminar e a escolha da melhor alternativa de implantação, inicia-se a obtenção de mais dados a serem utilizados na elaboração do projeto executivo, através de levantamentos planialtimétricos, projetos geométricos da travessia, **levantamentos de volume de usuários nas horas de pico** e sondagens do terreno nos locais de possível instalação de fundações.

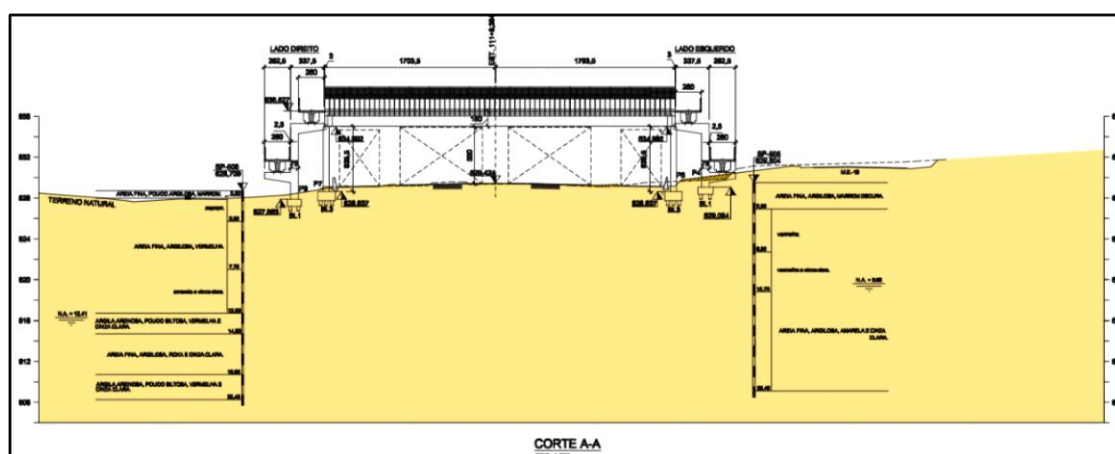
Nesta fase devem ser realizados o pré-dimensionamento da estrutura escolhida, levando em consideração as melhores características possíveis que atendam os critérios técnicos, administrativos e econômicos, não deixando de lado os critérios arquitetônicos e paisagísticos. O projeto de implantação é elaborado à partir de todas essas informações, conforme Figuras 11, 12, 13 e 14.

Figura 11 – Exemplo de projeto de implantação de passarela (planta baixa)



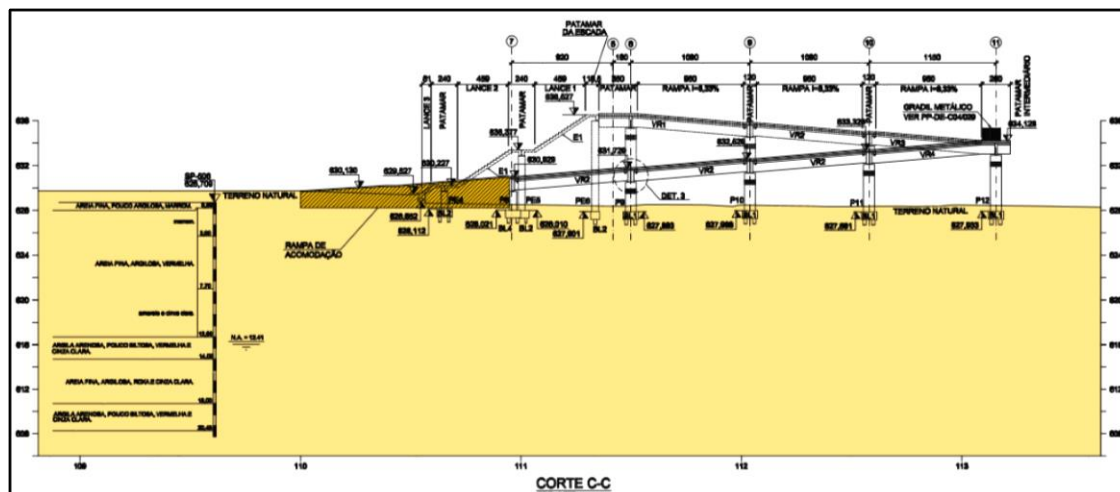
Fonte: Departamento de estradas de rodagem do Estado de São Paulo (2009).

Figura 12 – Exemplo de projeto de implantação de passarela (corte transversal à rodovia)



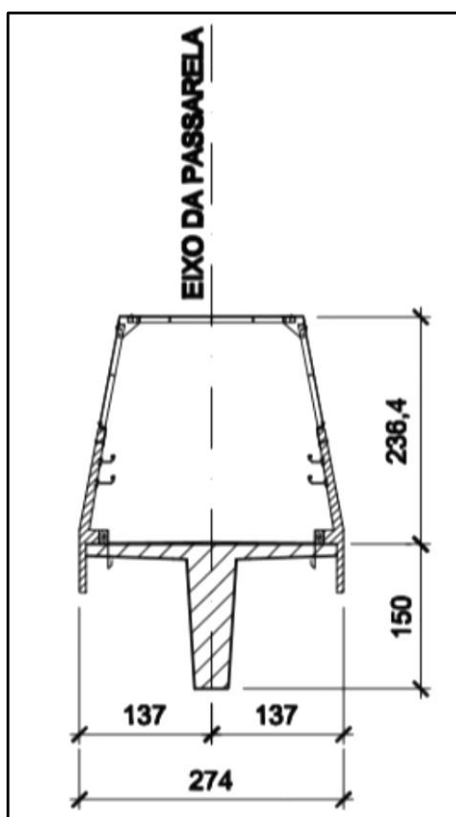
Fonte: Departamento de estradas de rodagem do Estado de São Paulo (2009).

Figura 13 – Exemplo de projeto de implantação de passarela (corte transversal à travessia)



Fonte: Departamento de estradas de rodagem do Estado de São Paulo (2009).

Figura 14 – Exemplo de projeto de implantação de passarela (corte típico sobre a pista)



Fonte: Departamento de estradas de rodagem do Estado de São Paulo (2009).

A passarela deve atender alguns critérios de dimensionamento. A altura livre sobre rodovias estaduais é de no mínimo 5,5 metros na situação mais desfavorável. Conforme o DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER), (1996), as rampas de acesso não deveriam possuir inclinação maior do que 15%. A partir da edição de 2004 da NBR 9050 da ABNT, esse limite passou a ser de uma inclinação de 1:12, ou 8,33%, em favor das condições de acessibilidade, respeitando também um limite de altura livre admissível para passagens cobertas de 2,2 metros.

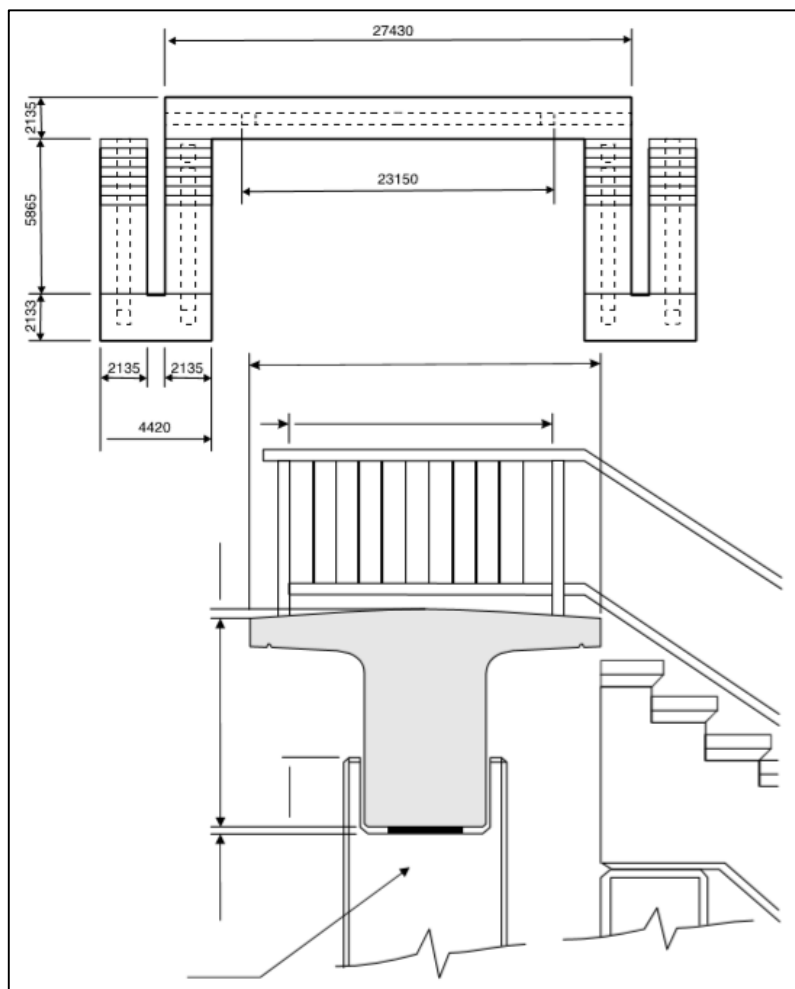
O DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER) (1996) também indica que as rampas de acesso devem possuir no mínimo um patamar intermediário de descanso, com comprimento igual ou maior à largura da passarela. Rampas em formato helicoidal, exemplificadas na Figura 15, podem ser alternativas para espaços com pouca área de construção disponível e devem ser executadas com raios de no mínimo 6 metros. Apesar de não serem comuns, prevê a adição de escadas de acesso, como mostrado nas Figura 16.

Figura 15 – Exemplo de rampa helicoidal, passarela da rodoviária de Porto Alegre.



Fonte: Maciel (2012)

Figura 16 – Exemplo de utilização de escada de acesso à passarela.



Fonte: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) (1996)

3.4.2.3 Projeto Executivo

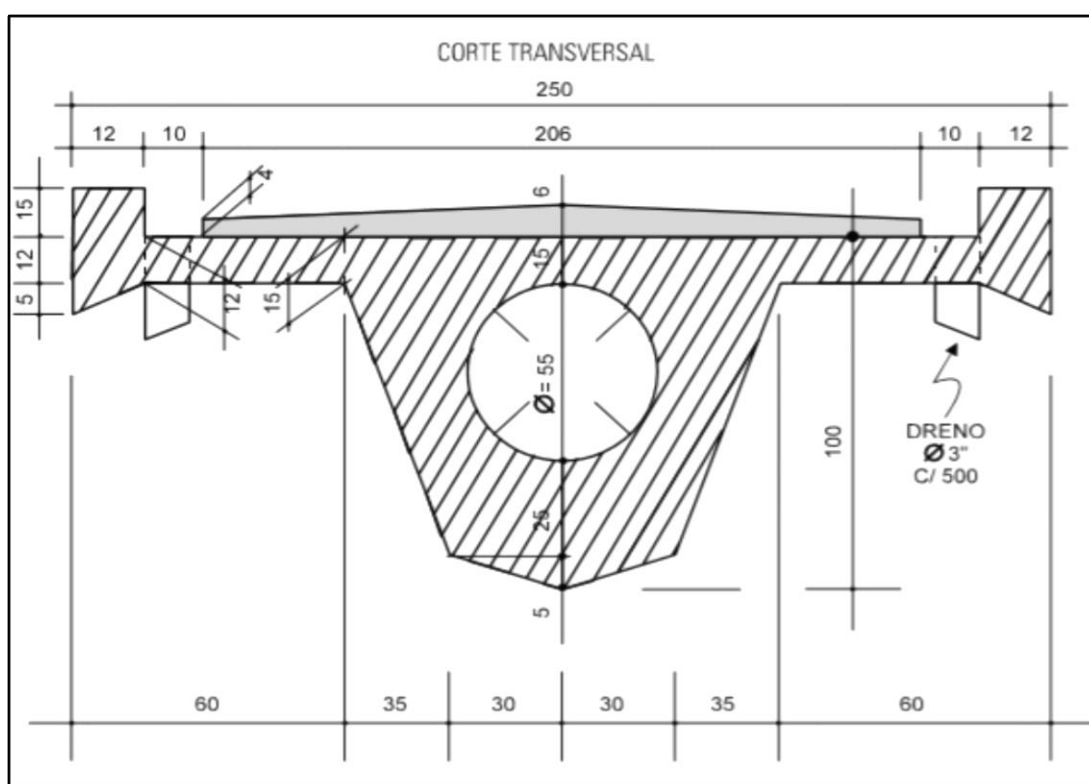
Esta etapa é referente à versão final e pronta para ser executada. O projeto executivo contém todas as informações já citadas no projeto básico, registradas em um projeto arquitetônico estrutural - em formato de planta de formas para estruturas em concreto e plantas detalhadas para estruturas metálicas e mistas - com projeto geométrico e projeto de implantação definidos e exatos, tipos de estrutura e fundação a serem utilizados.

Segundo o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) (1996), o projeto executivo deve conter especificações sobre o material a ser utilizado na construção da passarela e nos acessórios instalados, como corrimãos, guarda-corpos,

coberturas, telamentos, pingadeiras e drenos, bem como o dimensionamento de tais elementos.

Guarda-corpos podem ser metálicos, de concreto ou mistos, com altura mínima de 90 centímetros. A pavimentação sobre o tabuleiro deve possuir uma inclinação transversal mínima de 1% a fim de garantir escoamento da água da chuva, como exemplificado na Figura 17.

Figura 17 – Exemplo de seção transversal com características recomendadas para drenagem pluvial.



Fonte: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) (1996)

3.5 PRÁTICAS OPERACIONAIS PARA SEGURANÇA

Como mencionado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), (2010b), motoristas adotam velocidades que atendam suas necessidades de segurança e mobilidade em função das informações fornecidas pelo ambiente rodoviário. Para que esse ambiente seja considerado coerente, alguns princípios básicos devem estar satisfeitos, como evitar a mistura de funções e

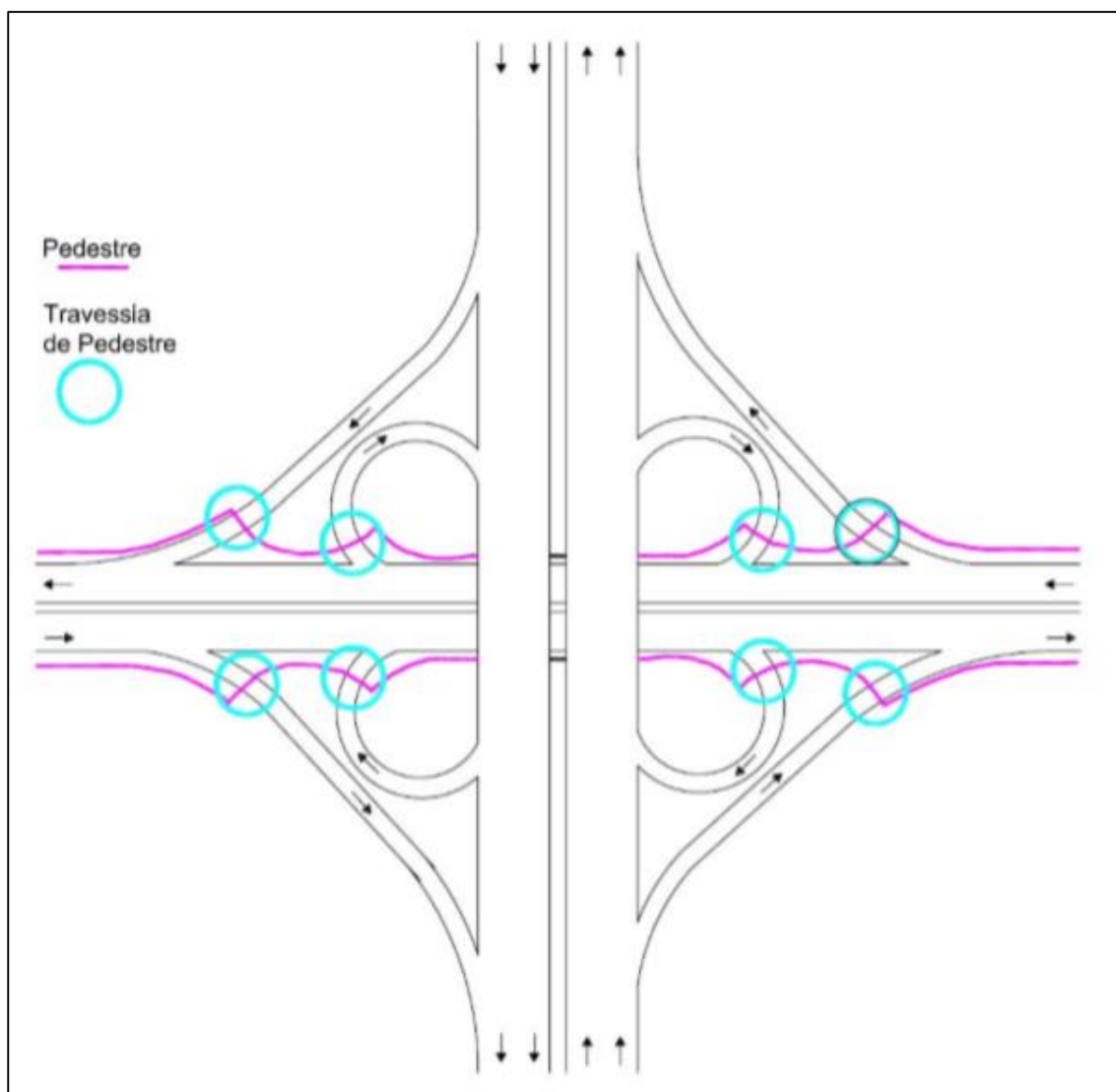
velocidades em uma mesma rodovia e levar em conta as necessidades de todos os usuários da rodovia, principalmente de pedestres e ciclistas.

Rodovias que foram originalmente projetadas para receber o tráfego de zonas rurais estão sujeitas a terem seu entorno ocupado por comunidades em expansão, criando conflitos entre o tráfego rápido da via principal com o tráfego lento dos usuários locais que entram e saem, através de múltiplos acessos criados ao longo do tempo sem planejamento. Esses conflitos tendem a se agravar em situações que envolvam veículos não motorizados. Recomenda-se aumentar a prioridade dada aos pedestres e ciclistas e lhes atribuir espaços específicos de circulação, como ciclovias ou pistas compartilhadas (DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2001).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), (2010b) possui algumas recomendações referentes a acomodação de pedestres em interconexões urbanas e suburbanas, as quais visam aumentar a atenção e controlar de maneira eficiente o movimento de pedestres, ciclistas e motoristas. É recomendada a adoção de sinalizações que demarquem os caminhos a serem percorridos por cada um, como pinturas na pavimentação, iluminação em áreas de conflito, barreiras para canalização de fluxos de pedestres e instalação de faixas de travessia semaforizadas, passagens subterrâneas ou passarelas.

Para cada caso, devem ser estudadas todas as variáveis envolvidas no trânsito como custos, volumes de tráfego, alinhamentos verticais e horizontais, visibilidade dos usuários e manobras previstas no projeto da interseção. Na Figura 18 está exemplificado uma situação de interconexão de duas rodovias em formato de trevo completo com travessia de pedestres em nível perpendiculares a pista. Em casos de presença de barreiras e proteções, precisa-se de espaço de passagem para aqueles que necessitem fazer a travessia.

Figura 18 – Exemplo de interconexão em formato de rótula completa com travessia de pedestres/ciclistas



Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010b)

Como mencionado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010b), estudos indicam que atropelamentos representam em torno de 20% das mortes no trânsito. Em áreas urbanas, esse número sobe para aproximadamente 50%, devido a maior concentração de pessoas transitando em conjunto com os veículos. Quase 40% das mortes ocorrem por atropelamento de pedestres que atravessam ruas em interseções. Acidentes com feridos seguem a mesma proporção. Idosos possuem maior taxa de mortalidade no trânsito e, apesar de estarem entre 10% dos casos, configuram até 25% das mortes por atropelamento, o que evidencia como o grupo é mais vulnerável a tais situações. Aprofundando as

observações da maioria dos casos, nota-se que esses eventos são parecidos, durante o dia, em locais de travessia em que os condutores possuem muitas possibilidades de manobra. Projetistas devem analisar com cuidado cada dinâmica de interseção que possa confundir ou transmitir falsa confiança para pedestres idosos, principalmente em locais em que esses estejam em grande quantidade, próximo à retiros de idosos, praças, hospitais, mercados etc.

É previsto ainda pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010b) que se utilizem barreiras de proteção para pedestres. Podem ser utilizadas cercas, correntes, telas, gradis, jardineiras, muretas, defensas ou quaisquer medidas que ajudem a conduzir o pedestre para um local seguro. Esses obstáculos podem ser posicionados de modo a criar rotas obrigatórias de travessia, como faixas de segurança ou travessias em desnível, ou em locais estratégicos que desencorajem travessias arriscadas, como em meios de quadra, canteiros centrais ou perímetros de rodovias movimentadas.

A maneira mais eficiente de proteger pedestres é através da separação de fluxos em desnível. Estruturas em desnível, quando bem planejadas, localizadas e projetadas, podem, além de oferecer total segurança de travessia, facilitar a movimentação de quem as utiliza. A análise da real necessidade de instalação de uma travessia em desnível se dá principalmente pelo volume de tráfego de pedestres e veículos, como citado anteriormente. O local de sua implantação deve ser, no mínimo, a 180 metros da travessia segura mais próxima. Passam a ser consideradas seguras aquelas interseções que possuem algum dispositivo de sinalização que garanta a parada dos veículos para passagem de pedestres em nível, ou interseções em desnível (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), 2010b).

Como mencionado, nos casos de separação de greides por passarela, o projeto básico deve incluir: materiais a serem utilizados, frequência mínima para manutenções, resistência ao vandalismo, barreiras estratégicas que obriguem sua utilização, critérios de acessibilidade para deficientes e idosos, possíveis coberturas e dispositivos de sinalização e iluminação, a fim de garantir a segurança dos usuários.

Figura 19 – Foto da passarela Giuseppe Campo Dellorto em Nova Venécia/ES. Exemplo de uso de barreiras e sinalizações em uma passarela para pedestres e ciclistas.



Fonte: Lourenço (2016)

4 METODOLOGIA

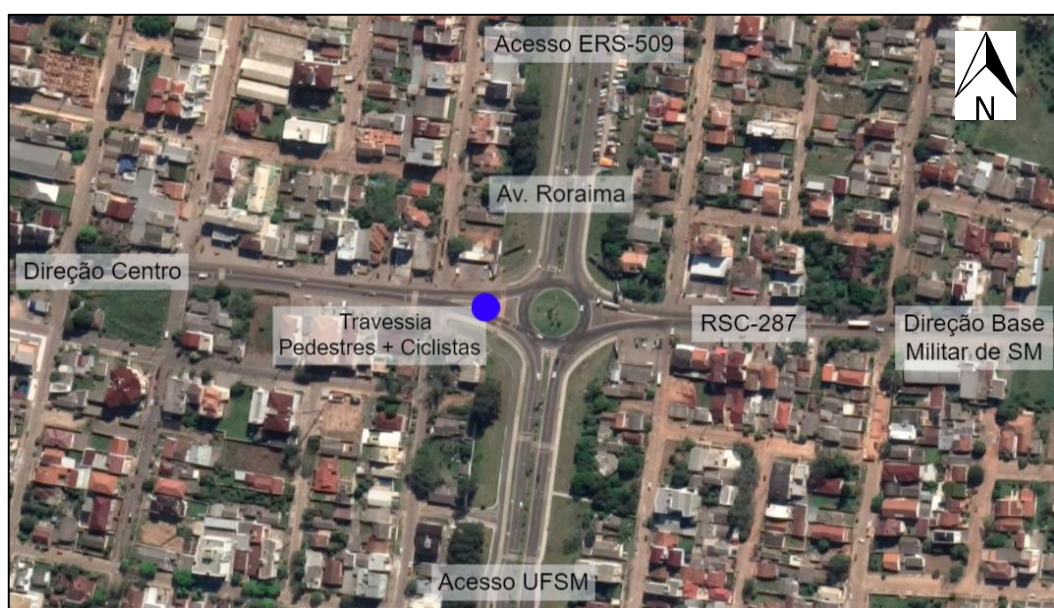
A metodologia se baseou numa pesquisa bibliográfica, seguida por um estudo de campo através de levantamentos de volume de tráfego de pedestres, ciclistas e veículos na RSC-287. Analisou-se qualitativa e quantitativamente os dados obtidos em relação aos critérios e recomendações anteriormente apresentados.

4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL ESTUDADO

O local estudado localiza-se na interseção da RSC-287 com a Avenida Roraima, em Santa Maria - RS, conforme a Figura 20 e 21. A avenida dá acesso ao campus universitário da Universidade Federal de Santa Maria e está localizada no bairro Camobi, a uma distância de aproximadamente nove quilômetros do centro da cidade.

Segundo Rebelo *et al.* (2012), o bairro passou de 13.334 habitantes em 2000 para 21.822 habitantes em 2010, o que representa um crescimento populacional de 63,65% em 10 anos. Esse crescimento evidencia o grande processo de urbanização da região principalmente por conta da presença da universidade federal e da Base Aérea de Santa Maria.

Figura 20 – Posicionamento do ponto de travessia na RSC-287

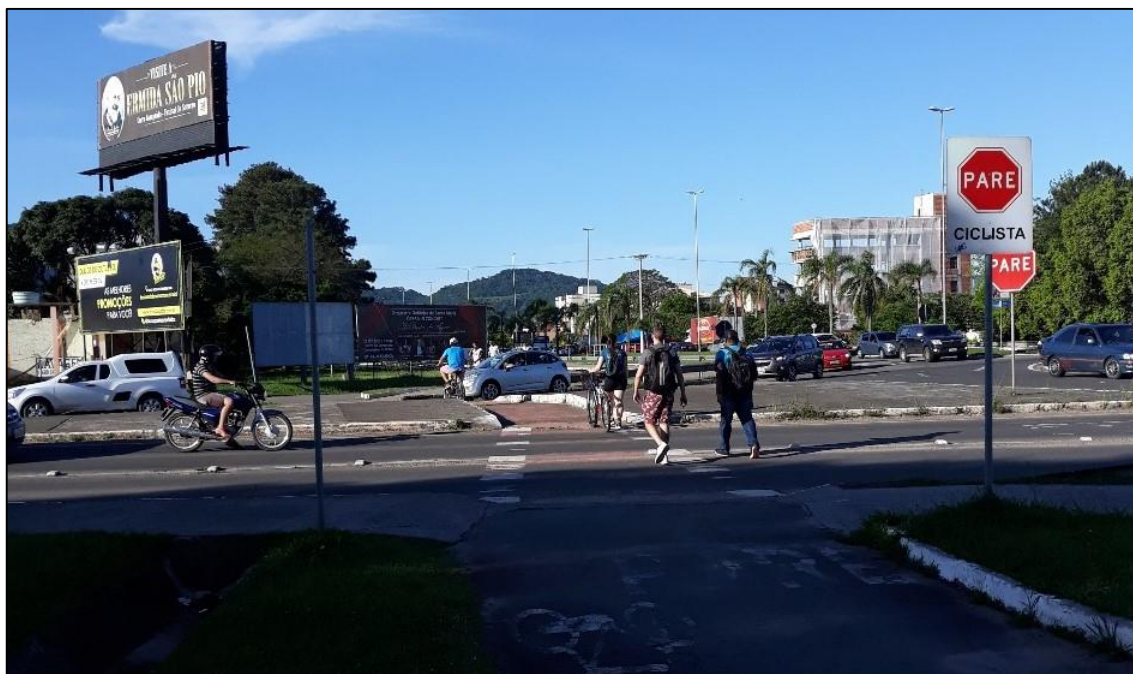


Fonte: Elaborado pelo autor com imagens obtidas no *Google Maps*.

Ao longo da margem oeste da Av. Roraima está localizada uma ciclovia que interliga o acesso da UFSM à rodovia RS-509, passando pela rotatória da RSC-287, assim como passeios laterais para pedestres em ambos lados. O ponto azul indicado na Figura 20 refere-se à travessia estudada, onde pedestres e ciclistas utilizam um pequeno trecho de pista compartilhada, construído como FTP-1 e MCC (seção 3.2). Este ponto se mostra como o mais problemático do sistema local, devido aos diferentes tipos de usuários e ao elevado volume de trânsito em horários de pico, como será apresentado na seção 4.2.

A travessia está localizada na ramificação oeste de uma rótula de 32 metros de diâmetro, considerada de tamanho normal (DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE TRANSPORTES - UFRGS, 2012). Tal cenário configura uma constante zona de conflito de fluxos, que compromete a segurança de todos que ali atravessam. A fluidez do trânsito de veículos na rotatória também é afetada, de modo que o sistema de interseção perde totalmente sua função, impedindo os deslocamentos em todas as direções.

Figura 21 – Foto do local de travessia em horário de pico.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

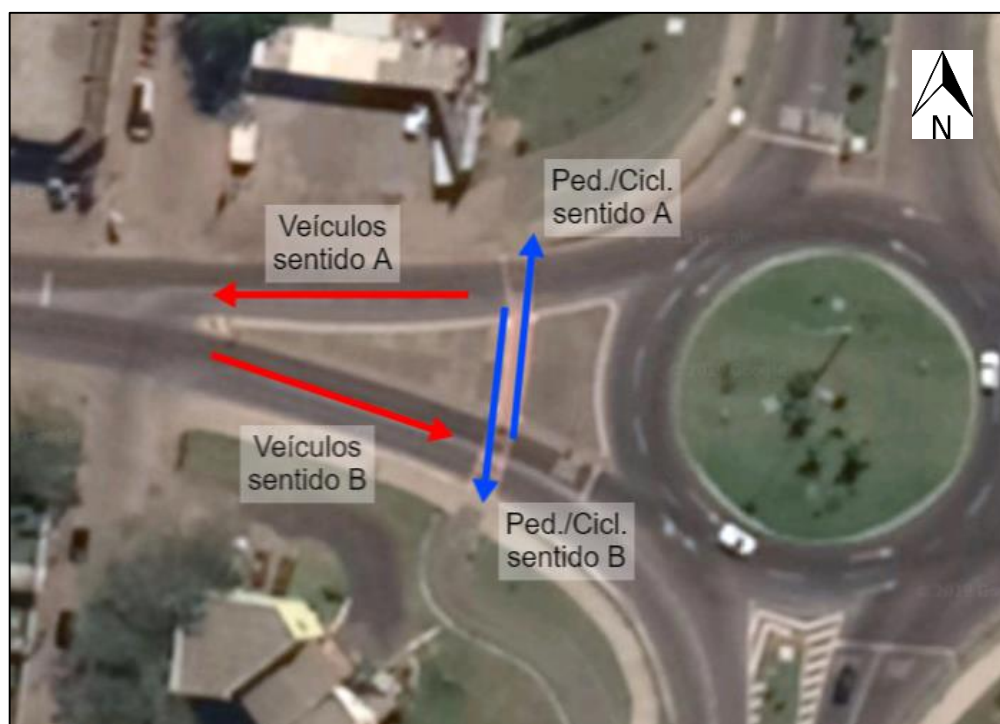
A topografia do local, de modo geral, é plana, incluindo o greide de todas as vias envolvidas no estudo. Como observado na Figura 20, a avenida Roraima possui

sua faixa de domínio conservada, sem construções ou invasões e com pouca vegetação, onde estão localizados os passeios de pedestres e a ciclovia. Seu alinhamento horizontal é linear e possui pista duplas em ambos os sentidos, separadas por um canteiro central.

4.2 LEVANTAMENTO DE VOLUMES DE TRÁFEGO

Para identificar os volumes de tráfego do local estudado foi realizado um levantamento classificatório de contagem manual durante um período de tempo pré-estabelecido. Como já apresentado na descrição do local, o ponto de travessia em questão possui fluxo de pedestres e ciclistas em dois sentidos sobre a pista compartilhada, e fluxo de veículos motorizados em dois sentidos com duas pistas cada, entrando e saindo da rotatória. A contagem foi dividida em quatro grupos, um para cada sentido de tráfego, como indicado na Figura 22.

Figura 22 – Fluxos levantados no ponto de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor com imagens obtidas pelo *Google Maps*.

Com o apoio de voluntários do Grupo de Estudos em Mobilidade - GeMob, foram realizadas quatro contagens, uma em cada sentido indicado acima, durante os

dois horários de maiores picos. Através do conhecimento empírico adquirido ao frequentar o local e de informações retiradas do aplicativo *Google Maps*, pela ferramenta medidora de trânsito, foram escolhidas as situações mais críticas e, portanto, mais favoráveis ao estudo. O primeiro levantamento ocorreu das 11h30min às 13h30min e o segundo das 17h às 19h. O modelo de contagem utilizado foi manual com contagem de traços em quadros com intervalos de 15 minutos, a fim de evitar erros de escrita. As planilhas de campo utilizadas são apresentadas nos Apêndices A, B, C, D, E, F, G e H, já preenchidas com os dados do levantamento.

No decorrer do levantamento foram analisados qualitativamente todos os aspectos envolvendo a travessia de pedestres e ciclistas no local. Foram observadas características como:

- *Tendências de deslocamento e rotas*: Quais os caminhos e direções adotados pelos pedestres e ciclistas com mais frequência, indicando as configurações mais vantajosas para instalação de uma passarela.

- *Fluidez do trânsito*: Como a travessia de pedestres e ciclistas interfere na fluidez do trânsito local, analisando se a interseção da pista compartilhada com a rodovia é, de fato, prejudicial ao fluxo de veículos.

- *Acidentes e situações de conflito entre fluxos distintos*: Quais as ocorrências que apontam falta de segurança para pedestres, ciclistas e motoristas, através do método de travessia atualmente implementado.

- *Tempo de espera para travessias*: Quanto tempo, em média, um pedestre demora para conseguir executar a travessia no local, em horário de pico de trânsito.

- *Comportamento dos usuários nos quatro sentidos estudados*: Qual o comportamento dos pedestres e ciclistas que tentam atravessar a rodovia em relação às marcações de trânsito e à espera de situações ideais para travessia. Qual o comportamento dos motoristas que por ali passam, em situações que existam pessoas tentando atravessar a pista.

5 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos após o processamento dos dados em forma de tabelas, gráficos e a interpretação destes, em conjunto com observações e descrições da situação estudada.

5.1 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO LEVANTAMENTO

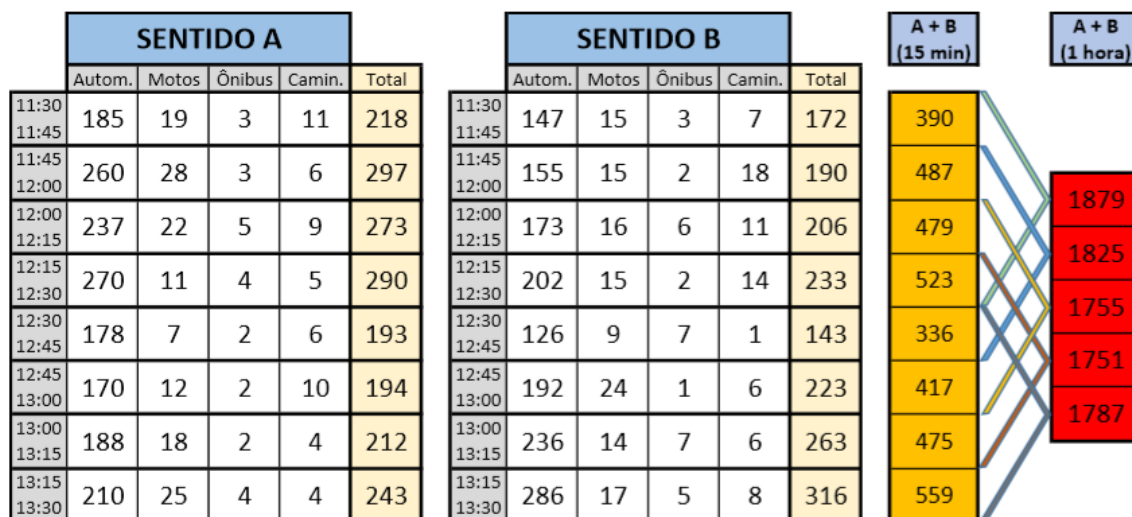
Os números coletados no levantamento foram somados independentemente da classificação dos veículos, a fim de se obter os dois parâmetros necessários para emprego do ábaco da Figura 9. Os formulários preenchidos à mão no local se encontram na seção de apêndices. Os números obtidos foram transferidos para uma planilha eletrônica e estão expostos nas Figuras 23, 24, 27 e 28.

A cada 15 minutos têm-se o somatório de automóveis, motos, ônibus e caminhões nos dois sentidos, indicados em amarelo. Somando 4 intervalos vizinhos de 15 minutos, criou-se também 5 valores para volume de tráfego, na unidade de veículos por hora, indicados em vermelho.

O experimento foi dividido em dois horários, ao meio-dia e ao final da tarde. O resultado quantitativo mais expressivo se deu ao final da tarde. Esses valores de pico de volume de tráfego foram inseridos no ábaco da Figura 9 e estão interpretados abaixo em cada categoria indicada.

5.1.1 Meio-dia

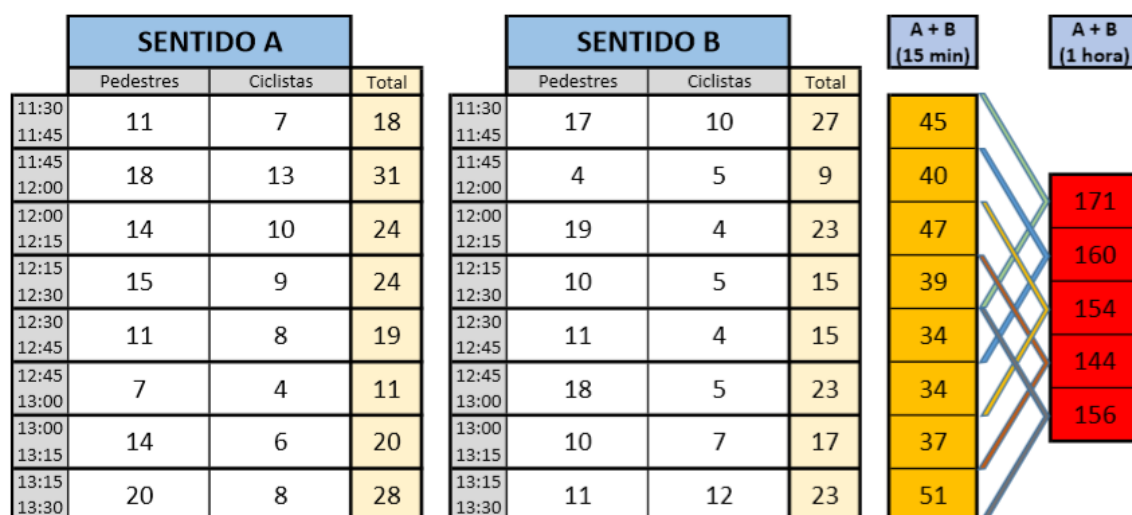
Figura 23 – Volumes de tráfego de veículos ao meio-dia



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação ao tráfego de veículos ao meio-dia, percebe-se que o maior volume ocorre das 11h30min até as 12h30min, com um total de 1879 veículos por hora, considerando automóveis, motos, ônibus e caminhões passantes nos dois sentidos.

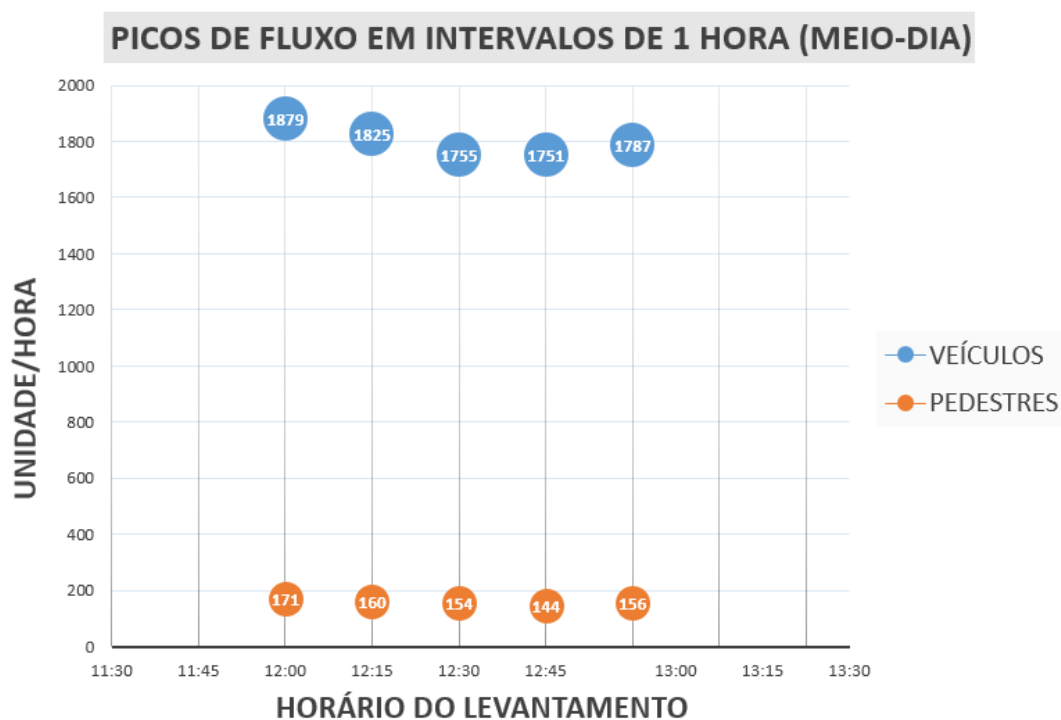
Figura 24 – Volumes de tráfego de pedestres e ciclistas ao meio-dia



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Quanto ao tráfego de pedestres e ciclistas ao meio-dia constatou-se que o maior volume ocorre no mesmo horário, com um total de 171 pedestres e ciclistas por hora, nos dois sentidos da pista compartilhada.

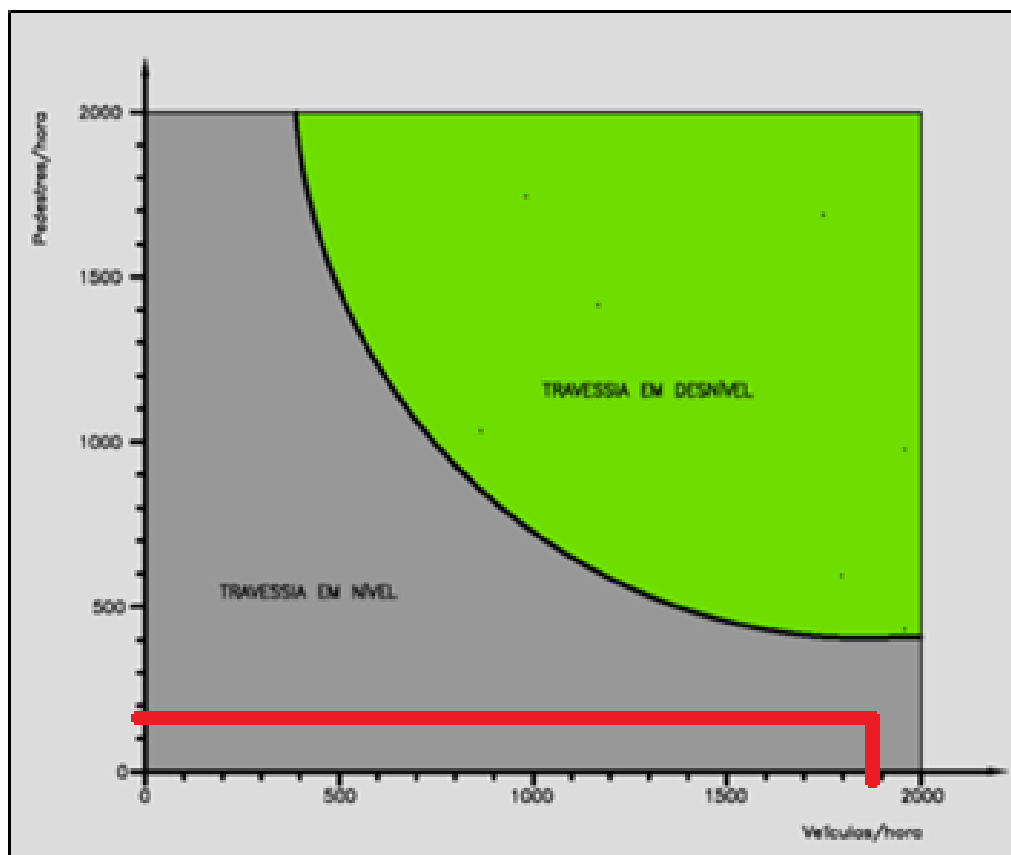
Figura 25 – Picos de fluxo em intervalos de 1 hora, meio-dia



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os dados em cor vermelha das Figuras 23 e 24 foram dispostos no gráfico da Figura 25, para evidenciar os picos de ambos os fluxos durante o levantamento. Inserindo no ábaco os maiores valores obtidos, como na Figura 26, indicou-se a não-necessidade de implantação de travessia em desnível.

Figura 26 – Fluxos que justificam a implantação de passarelas, Modificação 1



Fonte: Adaptado de Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010a)

5.1.2 Tarde

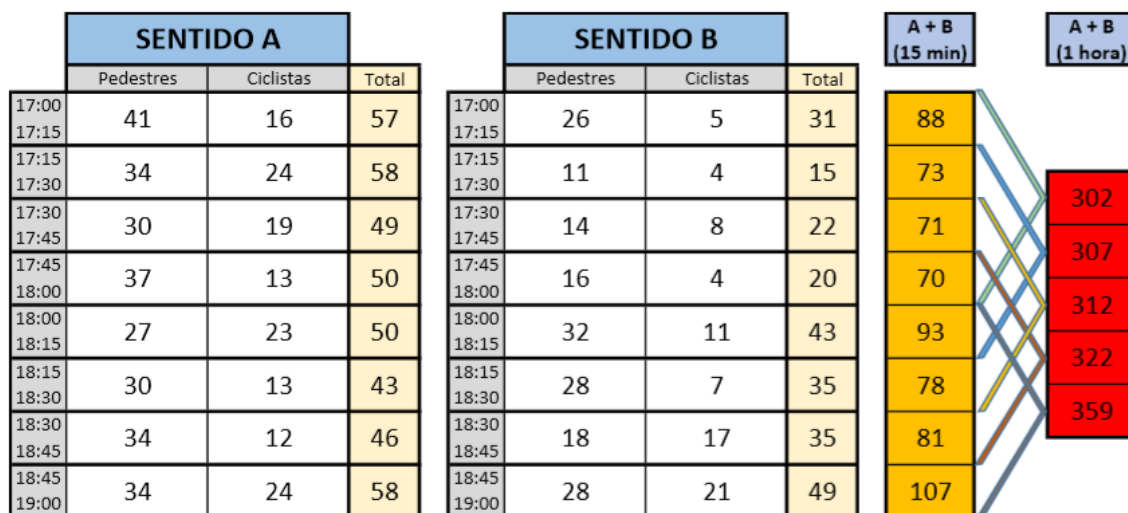
Figura 27 – Volumes de tráfego de veículos à tarde

	SENTIDO A					Total	SENTIDO B					Total	A + B (15 min)	A + B (1 hora)
	Autom.	Motos	Ônibus	Camin.			Autom.	Motos	Ônibus	Camin.				
17:00	244	29	3	12		156	12	4	13		185	473	1680 1772 1809 1780 1831	
17:15	187	9	8	9	288	167	16	1	8	192	405			
17:30	258	9	2	6	275	118	7	3	9	137	412			
17:45	256	13	7	3	279	89	14	0	8	111	390			
18:00	303	27	2	15	347	180	17	12	9	218	565			
18:15	233	21	2	5	261	146	18	9	8	181	442			
18:30	193	15	2	6	216	141	14	6	6	167	383			
18:45	193	19	4	11	227	183	20	9	2	214	441			
19:00														

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação ao tráfego de veículos à tarde, percebe-se que o maior volume ocorre das 18h até as 19h, com um total de 1831 veículos por hora, considerando automóveis, motos, ônibus e caminhões passantes nos dois sentidos.

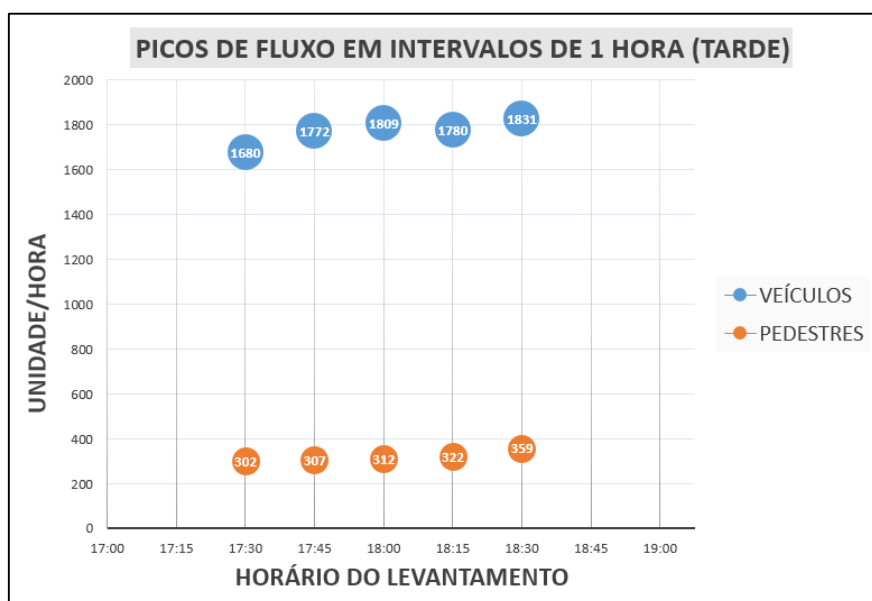
Figura 28 – Volumes de tráfego de pedestres e ciclistas à tarde



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Quanto ao tráfego de pedestres e ciclistas ao meio-dia, constatou-se que o maior volume ocorre no mesmo horário, com um total de 359 pedestres e ciclistas por hora, nos dois sentidos da pista compartilhada.

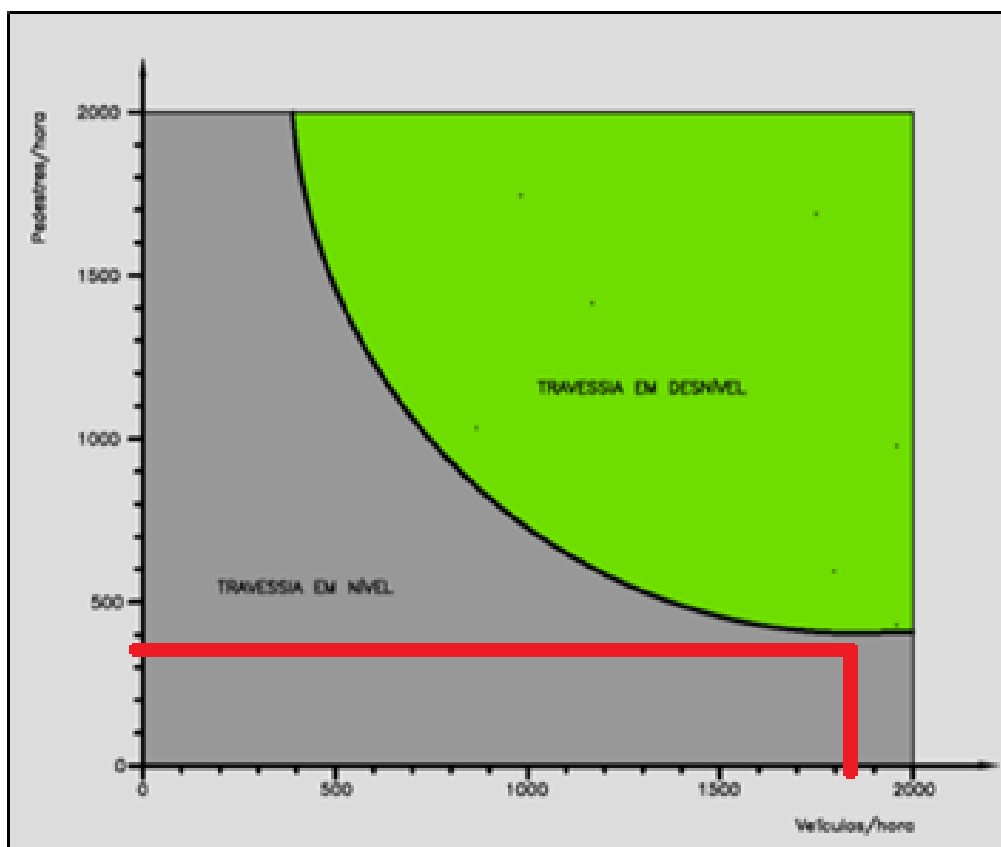
Figura 29 – Picos de fluxo em intervalos de 1 hora, tarde



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Do mesmo modo, os somatórios das Figuras 27 e 28 foram dispostos no gráfico da Figura 29 para identificar os picos de ambos os fluxos durante o levantamento. Pela análise do ábaco com os maiores valores levantados, observa-se que a implantação de travessia em desnível é desnecessária (Figura 30).

Figura 30 – Fluxos que justificam a implantação de passarelas, Modificação 2



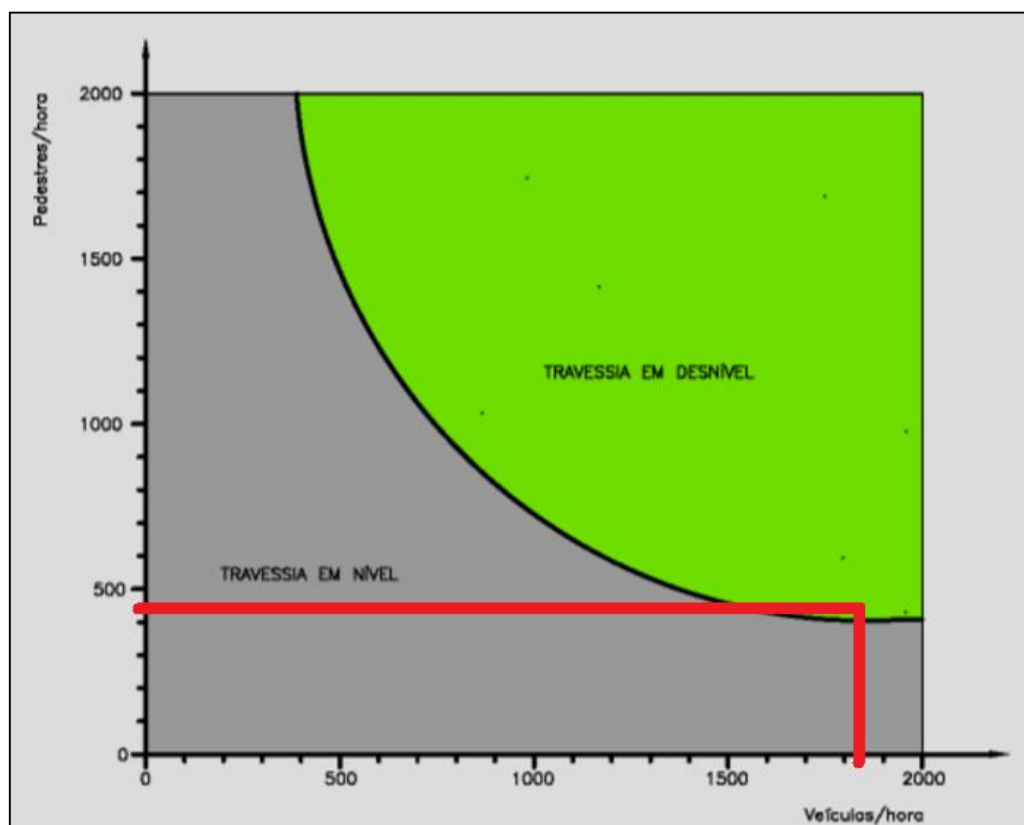
Fonte: Adaptado de Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010a)

Vale salientar que, quantitativamente, o resultado se demonstrou muito próximo ao valor estabelecido pelo ábaco, aproximadamente 100 pedestres por hora a menos, e pode eventualmente chegar a esse valor e até ultrapassá-lo, devido ao grande crescimento de usuários das vias nos próximos anos.

Por outro modo, ainda é possível levar em consideração o nível de serviço das pistas. Utiliza-se o maior volume de fluxo em 15 minutos multiplicado por 4 e, deste modo, têm-se uma situação hipotética em que a pista funciona com o volume de horário de pico durante uma hora completa.

Da Figura 27, considera-se a situação mais crítica com 107 pedestres e ciclistas a cada 15 minutos. Este valor multiplicado por 4 é igual a 428 pedestres e ciclistas por hora. Tendo em vista esta variável de demanda, o ábaco indica a necessidade de instalação de travessia em desnível, como visto na Figura 31.

Figura 31 – Fluxos que justificam a implantação de passarelas, Modificação 3



Fonte: Adaptado de Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010a)

Todos os valores acima também demonstram que o sistema de travessia atualmente utilizado no local não está de acordo com as recomendações do método proposto por Macêdo e Sorratini (2006). Como estudado anteriormente, o método recomenda a instalação de semáforo para travessia de pedestres em situações em que o produto dos volumes é maior ou igual a 100.000. Tanto no horário de meio-dia quanto à tarde esses valores ultrapassaram de 252% até 573% (Figuras 32 e 33), indicando necessidade de utilização de semáforo para travessia de pedestres e ciclistas.

Figura 32 – Produto do volume de pedestres e volume de veículos ao meio-dia

veíc./hora	ped./hora	
1879	171	321309
1825	160	292000
1755	154	270270
1751	144	252144
1787	156	278772

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 33 – Produto do volume de pedestres e volume de veículos à tarde

veíc./hora	ped./hora	
1680	302	507360
1772	307	544004
1809	312	564408
1780	322	573160
1831	359	657329

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Apesar do não-atendimento do pré-requisito para instalação de travessia em desnível, deve-se atentar que o critério estabelecido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010a) é apenas um critério preliminar e, como mencionado no próprio manual, em cada situação devem ser levadas em consideração todas as características da interseção. Esses aspectos foram expostos na seção 5.2.

5.2 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO LEVANTAMENTO

Durante a execução do levantamento de volumes no local foram observados variados aspectos negativos em relação ao funcionamento das vias envolvidas no estudo, dentre eles a falta de segurança para pedestres e ciclistas combinada a uma acentuada interferência no fluxo de veículos de todo o sistema da rótula.

Foi observado que, por se tratar de uma rodovia que atende o trânsito local em conjunto com o trânsito de veículos de passagem, a presença de veículos pesados é significativa e está constantemente associada a momentos de espera para travessia de pedestres e ciclistas.

Como descrito pelo Setor de Estudos e Projetos da Superintendência do Estado de Goiás e Distrito Federal (SR-GO/DF):

Nestas regiões metropolitanas, as Rodovias que cortam as cidades acabam se transformando em avenidas de acesso que apresentam imenso tráfego, sendo composta, frequentemente, por veículos pesados (caminhões, bitrens, etc.), o que dificulta o livre descolamento de pedestres com segurança. (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - DNIT. SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO ESTADO DE GOIÁS, 2014, p.4)

Notou-se que, em todos os casos de travessia, pedestres e ciclistas permaneceram parados ao lado da pista esperando uma oportunidade de travessia segura entre os espaços dos veículos, as chamadas brechas ou *gaps*. Rechter, (1986) define *gap* como “o espaço existente em determinado instante entre dois veículos, considerando-se que ambos se movimentem na mesma direção e faixa de tráfego”. As Figuras 34 e 35 exemplificam este raciocínio.

Figura 34 – Amostra de brechas para travessia



Fonte: Foto tirado pelo Autor.

Apesar da existência de um canteiro central, a rodovia possui duas pistas de rolagem em cada sentido. Os *gaps* se mostraram, em geral, pequenos e insuficientes devido ao elevado e constante fluxo de veículos, não permitindo a livre passagem de pedestres e ciclistas. Desse modo, as travessias ocorreram sempre em situações de parada total do fluxo veicular por parte dos condutores, permitindo a passagem dos pedestres que estivessem esperando a oportunidade certa.

Figura 35 – Pedestres em espera de brecha para travessia



Fonte: Foto tirada pelo Autor.

5.3 ESTUDO DE SOLUÇÃO

O local estudado possui ampla área disponível para implantação de futuras estruturas, como está sendo mostrado na Figura 36. Uma análise visual do local permitiu a avaliação de possíveis configurações de passarelas que possam ser construídas. A área pertencente à faixa de domínio da avenida Roraima é linearizada e conservada em toda extensão da via. O relevo é plano e possui poucas árvores dispostas nas margens externas.

Figura 36 – Área livre para construção na faixa de domínio da Avenida Roraima



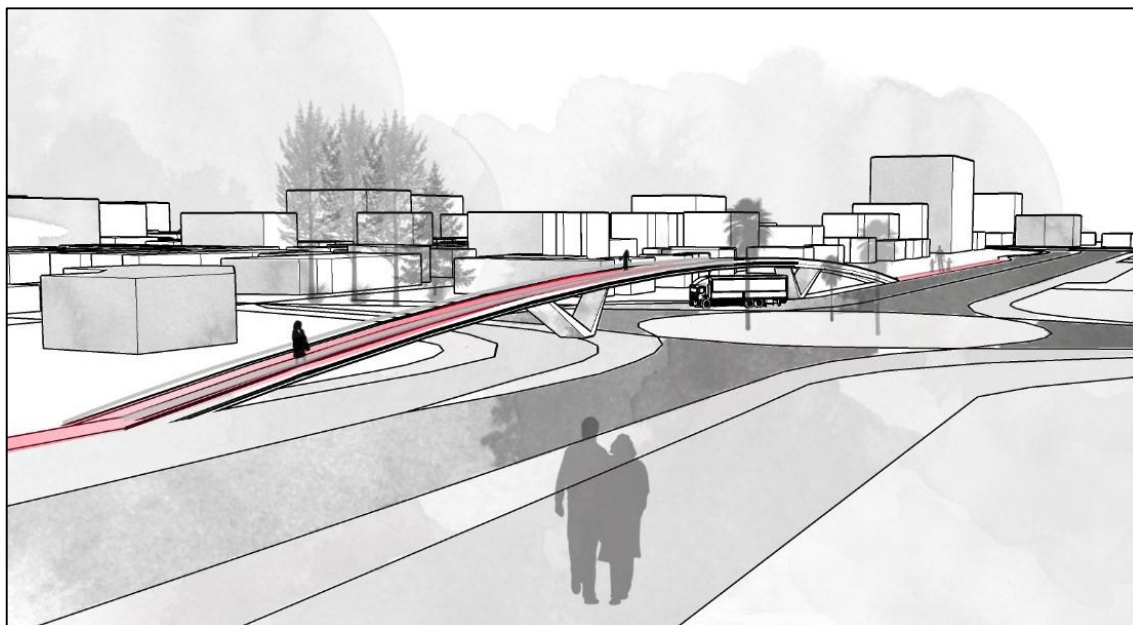
Fonte: Elaborado pelo autor com imagens obtidas pelo *Google Maps*.

Essas características do terreno, associadas às trajetórias dos pedestres e ciclistas sobre as calçadas e a ciclovia, indicam que uma passarela com formato também linear e paralela à avenida seria ideal. Assim, a distância a ser percorrida para a travessia em desnível seria praticamente a mesma distância em nível, tornando o dispositivo vantajoso e convidativo para os usuários.

Para atender a altura livre mínima de 5,5 metros sobre a rodovia seriam necessárias rampas de 66 metros de comprimento com uma inclinação máxima de 8,33%, conforme prevê a NBR 9050 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2015). O espaço disponível viabiliza a execução de rampas de acesso com inclinações menores do que o limite, fato que pode ser utilizado a favor da acessibilidade e conforto, tanto para pedestres como ciclistas. Também é válido o aumento da largura de seção da passarela e o acréscimo de escadas intermediárias para rotas secundárias.

Tendo em vista os critérios anteriores, em caso de decisão a favor da futura instalação da passarela, os responsáveis por este projeto disporiam de uma grande variedade de soluções arquitetônicas para a estrutura, podendo esta ser construída por qualquer material ou dimensão desejada. Na Figura 37 é exposto um exemplo de esboço conceitual para uma estrutura hipotética.

Figura 37 – Proposta conceitual arquitetônica para a interseção estudada



Fonte: Elaborada pelo Autor.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo analisar os métodos de travessia de pedestres e ciclistas em rodovias, a fim de avaliar a necessidade de instalação de uma passarela para travessia em desnível na interseção entre a RSC-287 e a Avenida Roraima em Santa Maria, próxima ao Campus da UFSM. Por meio de um levantamento quantitativo do volume de tráfego do local e uma análise qualitativa das condições existentes foram realizadas comparações dos dados obtidos em campo com os critérios e recomendações sugeridas pela bibliografia existente.

Após a realização dos levantamentos e análises por meio dos critérios técnicos do ábaco presente no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2010a), notou-se que o volume total de pedestres, ciclistas e automóveis não foi suficiente. Levando em consideração fatores como a margem de erro devido ao pequeno tempo de amostragem, probabilidade de picos de fluxo acima da média e alta taxa de crescimento populacional da região, esse quantitativo mínimo possivelmente será atingido muito em breve. Quando utilizado o fator de hora de pico para obtenção do volume máximo de serviço durante uma hora contínua, esses valores também já são alcançados.

Através da análise qualitativa foram observadas deficiências na segurança de travessia das pessoas que passam pelo ponto estudado. Durante o levantamento, foi constatado que pedestres e ciclistas não conseguem atravessar a rodovia até que se arrisquem nos pequenos *gaps* existentes, ou caso algum motorista pare e espere, até que esses efetuem suas travessias. Nessas situações, pessoas com mobilidade reduzida, como idosos, crianças e deficientes correm grandes riscos de atropelamento.

Também foram presenciados problemas de tráfego gerados por esta travessia de pedestres e ciclistas. Quando algum veículo para e interrompe o fluxo da rodovia, são geradas filas de automóveis que se estendem até as pistas de entrada e saída da rotatória, ocasionando a sua perda de função, através de congestionamentos que se propagam na Avenida Roraima e na RSC-287.

As características físicas do ambiente são todas favoráveis à instalação de uma passarela e poderiam ser exploradas com grande facilidade e eficácia através de projetos arquitetônicos para a estrutura. Em muitos casos, passarelas são

consideradas ineficientes devido ao fato de que o caminho a ser percorrido se torna muito mais extenso em relação ao caminho natural no nível do terreno. Ao contrário disso, a Avenida Roraima possui uma área livre para construção que coincide com a rota usual adotada pela maioria dos pedestres e ciclistas. Deste modo, pedestres e ciclistas poderiam usufruir da estrutura sem que seu percurso tivesse algum acréscimo significativo, tornando a travessia pela passarela uma opção mais atrativa e conveniente para todos os envolvidos.

No caso de uma decisão favorável à construção da passarela, sugere-se aos responsáveis que se efetue um estudo mais aprofundado acerca:

– do dimensionamento da estrutura, levando em consideração características do fluxo local. É válido observar que o volume de bicicletas é elevado devido à localização da travessia, que se encontra próxima a saída de uma universidade com grande número de estudantes. Além de ser a principal rota de acesso ao Campus, é diariamente utilizada por pessoas que praticam atividades físicas sobre a ciclovia e a calçada e por moradores da região que costumam passear pelo local. Pela combinação destes diferentes tipos de usuários, seria ideal que a largura da seção transversal da estrutura fosse maior do que a utilizada na maioria das outras desse tipo, permitindo a acomodação tanto de pedestres como de ciclistas em uma condição de pista compartilhada sobre passarela.

– do material a ser utilizado. Dependendo do projeto arquitetônico e da solução estrutural escolhida, o material deve ser capaz de atender aos requisitos do método construtivo adotado, levando em consideração o custo da obra e a praticidade de execução. Estruturas metálicas, pré-moldadas ou mistas, podem ser mais interessantes devido à facilidade e rapidez da obra, sem interferências de longo prazo que possam prejudicar o funcionamento da rodovia. É importante que a pavimentação da passarela esteja de acordo com o seu futuro uso, nesse caso, oferecendo boas condições de circulação de bicicletas e similares.

– das questões urbanísticas a serem consideradas no projeto. Algumas características devem estar de acordo com o restante do passeio público e o uso da estrutura. A inclinação das rampas e a criação de patamares intermediários pode ser pensada de modo que facilite a sua utilização, bem como escadarias que permitam rotas alternativas para pedestres. Uma iluminação pública deve garantir que os usuários se sintam confortáveis e seguros durante a noite. Uma cobertura pode ser

uma opção de refúgio em dias chuvosos. A inserção da estrutura no local pode contar com aspectos que favoreçam a sua harmonização visual em relação ao ambiente à sua volta, podendo ser utilizada até mesmo como um artifício arquitetônico da Avenida como um todo.

Por fim, percebe-se que a utilização de travessia elevada de pedestres e ciclistas por passarela é uma solução válida para diversos problemas observados no local e pode, ao decorrer dos anos, se demonstrar um ótimo recurso para a melhoria da segurança das pessoas e do bom funcionamento do trânsito local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, p. 162. 2015.

BRASIL, Código de Trânsito Brasileiro. Lei n 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, em 24 de setembro. 1997.

CONTRAN. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 495, de 05 de junho de 2014. Estabelece os padrões e critérios para a instalação de faixa elevada para travessia de pedestres em vias públicas. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, em 09 de junho. 2014. Seção 1, p. 82 e 83.

CONTRAN. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 160, de 22 de abril de 2004. Aprova o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, em 11 de junho. 2004. Seção 1, p. 1-79.

CONTRAN. Conselho Nacional de Trânsito. **Sinalização Horizontal. Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito**. Brasília; 2007. p.128.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE TRANSPORTES - UFRGS. **Intersecções**. Porto Alegre: [s.n.], 2012.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Projeto de passarela para pedestres**. p. 35, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais**. Rio de Janeiro: 1996, p.255.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – Instituto de Pesquisas Rodoviárias**. Rio de Janeiro: 2010, p.392.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **ISF 2015: Projeto de Passarela para Pedestre**. Rio de Janeiro: 2015, p.35.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES - DNIT. SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO ESTADO DE GOIÁS. **Anteprojeto de Engenharia**. Goiás: [s.n.].

DEPARTMENT FOR TRANSPORT. **Road Safety Good Practice Guide**, p.120, 2001.

ENGENHO EDITORA TÉCNICA LTDA. **Passarelas dão mais segurança à mobilidade urbana.**, 2019. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/destaque/830-passarelas-dao-mais-seguranca-a-mobilidade-urbana>>. Acesso em: 4 dez. 2019.

IPLAN - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE SANTA MARIA. **Mobilidade Sustentável**, 2016. Disponível em: <<http://iplan.santamaria.rs.gov.br/site/projeto/visualizar/id/62>>. Acesso em: 4 dez. 2019.

LOURENÇO, F. **Passarela Giuseppe Dall'orto**, 2016. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Passarela+Giuseppe+Dall'orto/@-18.7087395,-40.4016054,3a,75y,90t/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipPGDPsVa-DILPN-CdEvKQoan4iLo18xBKgwwF6h!2e10!3e12!6shhttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipPGDPsVa-DILPN-CdEvKQoan4iLo18>>. Acesso em: 4 dez. 2019.

MACÊDO, M. .; SORRATINI, J. . RECOMENDAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DE DISPOSITIVOS PARA TRAVESSIA DE PEDESTRES. **Pluris**, 2006.

MACIEL, S. **Banco de Imagens**. Prefeitura de Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<https://bancodeimagens.procompa.com.br>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

REBELO, M. J. G. et al. O dinamismo do crescimento da mancha urbana sob a perspectiva do setor imobiliário do Bairro Camobi em Santa Maria/RS. **III Simpósio Brasileiro de Geomática**, v. 2, n. 1, p. 344–345, 2012.

RECHTER, J. M. **Algumas Considerações Sobre Travessias e Brechas no Fluxo Veicular** . São Paulo: 1986, p.5.

RIBEIRO DE CARVALHO, C. H. **DESAFIOS DA MOBILIDADE URBANA NO BRASIL**. Brasília: 2016, p.30.

SARAIVA, A. **Construída há 18 anos, passarela que liga dois campi da UFPR teve inspiração lúdica**. Gazeta do Povo, 2018. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/a-historia-passarela-ufpr-corta-linha-verde/>>. Acesso em: 4 dez. 2019.

SEST SENAT. **Pesquisa CNT de Rodovias**. Brasília: 2019, p.238

UFSM - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **UFSM em números**. 2019 Disponível em: <<https://portal.ufsm.br/ufsm-em-numeros/publico/index.html>>. Acesso em: 24 out. 2019.

ANEXO C – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE PEDESTRES E CICLISTAS AO MEIO-DIA (SENTIDO A)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE TRÁFEGO		
Local: <u>DÓTULA UPSM EX. NOVA</u>		Tempo: <u>(Sol)</u> / Nublado / Garoa / Chuva
Nome do pesquisador: <u>MARCO V. CORADINI</u>		Data: <u>06/11/19</u>
Hora	Sentido: <u>A</u>	
	Pedestres	Ciclistas
11:30		
11:45		
11:45		
12:00	18	13
12:00		
12:15	14	10
12:15		
12:30	15	9
12:30		
12:45	11	8
12:45		
13:00	7	4
13:00		
13:15	14	6
13:15		
13:30	20	8
13:30		
Observações:		

ANEXO D – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE PEDESTRES E CICLISTAS AO MEIO-DIA (SENTIDO B)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE TRÁFEGO		
Local: <u>ROTULA UFSC - POPAIA/RSC-287</u>		Tempo: <u>Sol</u> / Nublado / Garoa / Chuva
Nome do pesquisador: <u>LIZETE</u>		Data: <u>06/11/19</u>
Hora	Sentido: <u>B</u>	
	Pedestres	Ciclistas
11:30	☐☐☐☐☐	☐☐
11:45		
11:45	☐	☐
12:00		
12:00	☐☐☐☐	☐
12:15		
12:15	☐☐	☐
12:30		
12:30	☐☐☐	☐
12:45		
12:45	☐☐☐☐☐	☐
13:00		
13:00	☐☐	☐☐☐
13:15		
13:15	☐☐	☐☐☐☐
13:30		

Observações:

ANEXO G – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE PEDESTRES E CICLISTAS À TARDE (SENTIDO A)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE TRÁFEGO		
Local: INTERSEÇÃO RORAIMA / RSC-287		Tempo: <u>Sol</u> / Nublado / Garoa / Chuva
Nome do pesquisador: MARGOS		Data: <u>06/11/19</u>
Hora	Sentido: <u>A</u>	
	Pedestres	Ciclistas
17:00		
17:15	41	16
17:15		
17:30	34	24
17:30		
17:45	30	19
17:45		
18:00	37	13
18:00		
18:15	29	23
18:15		
18:30	30	13
18:30		
18:45	34	12
18:45		
18:45		
19:00	34	24
Observações:		

ANEXO H – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE PEDESTRES E CICLISTAS À TARDE (SENTIDO B)

CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE TRÁFEGO		
Local: ROTULA EX. NOVA - UFPA		Tempo: ☉ / Nublado / Garoa / Chuva
Nome do pesquisador: MARCOS / DANIEL		Data: 06/11/19
Hora	Sentido: B	
	Pedestres	Ciclistas
17:00	26	5
17:15	26	5
17:15	11	4
17:30	14	8
17:45	16	4
18:00	32	11
18:15	27	7
18:30	18	17
18:45	28	21
19:00		
Observações:		