



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

MAYCON LUIZ DA SILVA

**PROPOSTA DE FAIXAS DE PEDESTRES ILUMINADAS: ESTUDO
DE CASO NA AVENIDA MAURO RAMOS – FLORIANÓPOLIS/SC**

Florianópolis, 2019.

MAYCON LUIZ DA SILVA

**PROPOSTA DE FAIXAS DE PEDESTRES ILUMINADAS: ESTUDO
DE CASO NA AVENIDA MAURO RAMOS – FLORIANÓPOLIS/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Departamento de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Liseane Padilha Thives,
Dr^ª.

Florianópolis, 2019.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Maycon Luiz da

Proposta de faixas de pedestres iluminadas: Estudo de caso na Avenida Mauro Ramos - Florianópolis/SC / Maycon Luiz da Silva ; orientador, Liseane Padilha Thives, 2019.

118 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Faixa de pedestres. 3. Iluminação Pública. I. Thives, Liseane Padilha. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

MAYCON LUIZ DA SILVA

**PROPOSTA DE FAIXAS DE PEDESTRES ILUMINADAS: ESTUDO DE CASO
NA AVENIDA MAURO RAMOS – FLORIANÓPOLIS/SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 05 de julho de 2019.

Prof^a. Lia Caetano Bastos, Dr^a.
Coordenadora do TCC

Banca Examinadora:



Prof^a. Liseane Padilha Thives, Dr^a.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rafael Augusto dos Reis Higashi, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Emmanuelle Stefânia Holdefer Garcia, MSc.
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, Luiz e Sueli, pelo apoio incondicional dado ao longo de minha formação. Eles me incentivaram em todas as minhas escolhas e me fizeram sentir orgulho delas. Foram fundamentais no dia-a-dia, com seus ensinamentos, educação e carinho, batalhando diariamente para que eu chegasse até aqui.

À minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Liseane Padilha Thives, muito atenciosa e disposta a contribuir com a formação de seus alunos, acreditando no potencial dos mesmos e posicionando-se sempre ao lado deles. Os contatos com ela foram repletos de conhecimento não somente de Engenharia, mas também de vida profissional e até mesmo pessoal. Tenho certeza de que fiz a melhor escolha ao convidá-la para ser minha orientadora e indicarei sempre aos amigos que ainda farão seu TCC.

Aos que colaboraram cedendo informações a este trabalho, sendo essenciais para que se conhecesse o panorama atual dos acidentes na área de estudo. Agradeço em especial ao CB Lisandro Lemos, do 4º Batalhão da Polícia Militar de Santa Catarina, e ao Médico Maurício Bolze, da Rede Vida no Trânsito, pela fundamental colaboração neste TCC.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pelos anos de conhecimentos transmitidos e pelas experiências vividas. Foi uma jornada bastante longa, repleta de altos e baixos, mas com diversos momentos marcantes, que tornaram inesquecível esta passagem por esta instituição de ensino pública e de qualidade.

A todos os professores e profissionais de Engenharia e outras áreas, que colaboraram de alguma forma para minha formação.

Aos amigos que fiz ao longo de minha graduação, que foram fundamentais neste período, seja em minha formação acadêmica ou nos momentos de descontração. Conheci nestes anos algumas das pessoas mais importantes de minha vida, com as quais iniciei amizades que foram para além do *campus* e assim permanecerão.

Muito obrigado!

*“No fim tudo dá certo, e se não deu certo
é porque ainda não chegou ao fim”*

(Fernando Sabino)

RESUMO

Em um sistema viário os pedestres são os usuários mais vulneráveis. Em vias urbanas, as faixas de travessia de pedestres delimitam os locais destinados à sua passagem. Estes locais são regulamentados pelo Código de Trânsito Brasileiro, de modo que os pedestres têm prioridade em relação aos veículos. No período noturno e em condições climáticas adversas, a visibilidade do motorista pode estar reduzida, o que pode levar à ocorrência de acidentes de trânsito. Quando associada às deficiências de sinalização e de iluminação, a informação e a orientação dos usuários das vias tornam-se ainda mais precárias, comprometendo consideravelmente a segurança desses usuários. A iluminação das faixas é necessária para promover a visibilidade dos pedestres que iniciam a travessia da via, mas também, de extrema importância aos condutores dos veículos. Este trabalho compreende um estudo de caso realizado na Avenida Mauro Ramos, localizada no centro da cidade de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina relativo às condições atuais das faixas de pedestre neste local. Inicialmente foi realizada uma revisão de literatura a respeito do tema e levantamento de dados de acidentes de trânsito nestes locais. Foi ainda feito a descrição da sinalização vertical, horizontal e semafórica adequada e conceitos necessários para a caracterização da iluminação pública. Exemplos práticos de faixas de pedestres iluminadas foram apresentados. A metodologia consiste no levantamento das condições atuais da área de estudo, levantamento do histórico de acidentes de trânsito nessa via e verificação das condições quanto às normas brasileiras. Como resultado, foram abordadas possíveis melhorias das faixas de pedestres quanto à iluminação e à sinalização. Foi proposta a implantação de iluminação direcionada sobre as faixas de pedestres da Avenida Mauro Ramos, através de duas diferentes alternativas. A primeira alternativa foi baseada no Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres em vigência na cidade de São Paulo/SP e a outra envolvendo a utilização de uma fonte renovável de energia, a energia solar, através de um sistema de iluminação fotovoltaico.

Palavras-chave: Faixa de pedestres; Iluminação pública; Sinalização de trânsito; Acidentes de trânsito.

ABSTRACT

The pedestrians are the most vulnerable users in a road system. In urban traffic lanes, the crosswalks are the place where the pedestrians should cross the street. The crosswalks are regulated by the Brazilian Traffic Code in order that the pedestrians have priority over the vehicles. In night time or in adverse weather conditions, the visibility of the driver's decreases, which can lead to traffic accidents. When these adverse conditions are combined with inadequate traffic signing and lighting, the safety of the road users decreases substantially. Crosswalks lighting is necessary to increase pedestrians and also the driver's visibility. This work consists of a case study carried out in Mauro Ramos Avenue, located in Florianópolis downtown, the state capital of the of Santa Catarina, in relation to its crosswalks condition. Initially, the literature review was performed about the subject and then, a data survey of traffic accidents on the place of study was done. Also, the traffic light and the vertical and horizontal signaling were described to characterize the street lighting. There were presented practical examples of lighted crosswalks. The methodology consists of the survey of the current conditions in the local of study, in the research of the accident history in this avenue and determines what the real conditions of the crosswalks. The local situations were compared with the Brazilian regulation rules in order to identify the problems. From the obtained results, possible improvements on the signaling and lighting of the crosswalks were evaluated and proposed. In this way, two alternatives were indicated for the crosswalk lighting improvements in Mauro Ramos Avenue. First is based on São Paulo city Crosswalk Lighting Program and the other include the use of a renewable energy source by the solar energy, through a photovoltaic lighting system.

Keywords: Crosswalk; Street lighting; Traffic signing; Traffic accidents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Histórico de óbitos no Brasil (2004 - 2015)	22
Figura 2 - Histórico de feridos no Brasil (2004 - 2015)	23
Figura 3 - Histórico de óbitos no Estado de Santa Catarina (2004 - 2015).....	23
Figura 4 - Histórico de feridos no Estado de Santa Catarina (2004 - 2015)	24
Figura 5 - Histórico de óbitos em Florianópolis (2013 - 2018).....	26
Figura 6 - Acidentes de trânsito em Florianópolis por meio de transporte (2013 - 2018) ..	26
Figura 7 - Proporção dos fatores de risco identificados nos desastres de trânsito com óbito em Florianópolis	27
Figura 8 - Faixa de pedestres do tipo FTP-1 (zebrada)	30
Figura 9 - Faixa de pedestres do tipo FTP-2 (paralela)	30
Figura 10 - Deflexão horizontal da sinalização vertical junto à via	35
Figura 11 - Deflexão vertical da sinalização vertical junto à via	36
Figura 12 - Locação da sinalização de advertência junto à via	36
Figura 13 - Linhas de divisão de fluxos opostos	40
Figura 14 - Linhas de divisão de fluxos de mesmo sentido	41
Figura 15 - Linhas de bordo	41
Figura 16 - Linhas de continuidade	42
Figura 17 - Linha de retenção.....	42
Figura 18 - Linhas de estímulo à redução de velocidade	43
Figura 19 - Linha de "dê a preferência"	43
Figura 20 - Reflexão especular	45
Figura 21 - Reflexão difusa	46
Figura 22 - Retrorreflexão	46
Figura 23 - Depreciação do fluxo luminoso	48
Figura 24 - Intensidade luminosa	49
Figura 25 - Iluminância e luminância.....	50
Figura 26 - Estrutura básica de uma luminária LED de iluminação pública.....	61
Figura 27 - Disposição unilateral	62
Figura 28 - Disposição bilateral alternada.....	63
Figura 29 - Disposição bilateral frente a frente	63
Figura 30 - Disposição central com braço	64
Figura 31 - Disposição central com suporte núcleo	64
Figura 32 - Disposição central em canteiros maior que 6 metros	65
Figura 33 - Disposição central (tirante).....	65

Figura 34 - Célula, módulo e painel fotovoltaico	67
Figura 35 - Célula de silício monocristalino	68
Figura 36 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico	69
Figura 37 - Faixa iluminada utilizada no projeto "Travessia de Pedestres Iluminada"	71
Figura 38 - <i>Kit</i> de equipamentos para iluminação de faixa em vias de pista única.....	73
Figura 39 - <i>Kit</i> de equipamentos para iluminação de faixa em vias com canteiro central ..	73
Figura 40 - Croqui da instalação das luminárias na via.....	74
Figura 41 - Instalação em vias com largura inferior a 8 m.....	74
Figura 42 - Instalação em vias com largura superior a 8 m.....	75
Figura 43 - Faixa de pedestres iluminada em SãoPaulo/SP	76
Figura 44 - Faixa de pedestres iluminada em Manaus/AM.....	77
Figura 45 - Faixa de pedestres iluminada em <i>West Hollywood, USA</i>	77
Figura 46 - Faixa de pedestres iluminada em Steinbrunn, Áustria.....	77
Figura 47 - Faixa de pedestres iluminada na Eslováquia	77
Figura 48 - Fluxograma das etapas de pesquisa	79
Figura 49 - Localização da área de estudo	81
Figura 50 - Localização da Avenida Mauro Ramos	82
Figura 51 - Caracterização da via.....	83
Figura 52 - Principais edificações da via.....	84
Figura 53 - Acidentes de trânsito registrados na Av. Mauro Ramos (2017-2018).....	86
Figura 54 - Natureza dos acidentes de trânsito com feridos registrados na Av. Mauro Ramos (2017-2018).....	87
Figura 55 - Localização das faixas de pedestres da Avenida Mauro Ramos	89
Figura 56 - Esquina da Avenida Mauro Ramos com Rua Anita Garibaldi	90
Figura 57 - Esquina da Avenida Mauro Ramos com Rua Ferreira Lima	91
Figura 58 - Exemplo de visibilidade noturna da sinalização vertical.....	91
Figura 59 - Exemplo de sinalização vertical coberta pela vegetação	92
Figura 60 - Sinalização vertical na região do IEE	93
Figura 61 - Sinalização vertical na região do IF-SC	93
Figura 62 - Faixa de pedestres elevada.....	94
Figura 63 - Fiscalização eletrônica em frente ao IEE.....	94
Figura 64 - Sinalização de estacionamento proibido.....	95
Figura 65 - Sinalização da velocidade máxima da via	95
Figura 66 - Faixa de pedestres na esquina com Rua Anita Garibaldi.....	96
Figura 67 - Faixa de pedestres na esquina com Rua Demétrio Ribeiro	96

Figura 68 - Semáforo na esquina com Rua Bocaiúva e Rua Heitor Luz.....	97
Figura 69 - Semáforo na esquina com Rua Anita Garibaldi.....	97
Figura 70 - Postes de iluminação dispostos bilateralmente frente a frente	98
Figura 71 - Poste de iluminação no canteiro central	98
Figura 72 - Luminária LED GreenVision Xceed BRP371	99
Figura 73 - Iluminação da faixa de pedestres 06	101
Figura 74 - Iluminação da faixa de pedestres 11	101
Figura 75 - Iluminação da faixa de pedestres 10	102
Figura 76 - Iluminação da faixa de pedestres 26	102
Figura 77 - Iluminação da faixa de pedestres 15	103
Figura 78 - Iluminação da faixa de pedestres 21	103
Figura 79 - Placa de advertência de passagem sinalizada de pedestres.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Internações hospitalares por acidentes de trânsito em Santa Catarina (2007) ...	25
Tabela 2 - Óbitos segundo condição da vítima e ano do óbito em Santa Catarina (2007 – 2017).....	28
Tabela 3 - Distância mínima de visibilidade	37
Tabela 4 - Distância de desaceleração e/ou manobra.....	37
Tabela 5 - Distância mínima de desaceleração e/ou manobra.....	37
Tabela 6 - Classificação do volume de tráfego em vias públicas.....	55
Tabela 7 - Classes de iluminação para cada tipo de via	55
Tabela 8 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação	56
Tabela 9 - Comparações das características fundamentais dos principais tipos de lâmpadas empregadas na iluminação pública.....	60
Tabela 10 - Iluminância média mínima em travessias de pedestres.....	69
Tabela 11 - Pesquisa de opinião sobre o projeto "Travessia de Pedestres Iluminada"	71
Tabela 12 - Atropelamentos ocorridos na Av. Mauro Ramos (2017-2018).....	87
Tabela 13 - Relação das faixas de pedestres da avenida	88
Tabela 14 - Condição de luminosidade das faixas de pedestres da avenida.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BPM	Batalhão de Polícia Militar
CEB	Companhia Energética de Brasília
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DIVE-SC	Diretoria de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PMSC	Polícia Militar do Estado de Santa Catarina
SUS	Sistema Único de Saúde
WHO (OMS)	<i>World Health Organization</i> (Organização Mundial da Saúde)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1.	Objetivos.....	18
1.1.1.	Objetivo Geral	18
1.1.2.	Objetivos Específicos	18
1.2.	Estrutura do Trabalho	18
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1.	Acidentes de Trânsito.....	21
2.1.1.	Óbitos no trânsito de Florianópolis	25
2.2.	Pedestre	27
2.3.	Faixa de Pedestres	28
2.3.1.	Tipos de faixas de pedestres	30
2.3.2.	Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo.....	31
2.3.3.	Travessia com faixa para pedestres, com semáforo	32
2.4.	Sinalização.....	33
2.4.1.	Sinalização Vertical.....	34
2.4.2.	Sinalização Horizontal	38
2.4.3.	Sinalização Semafórica	44
2.5.	Retrorefletividade.....	44
2.5.1.	Reflexão.....	45
2.5.2.	Avaliação da retrorefletividade	47
2.6.	Iluminação.....	48
2.6.1.	Fluxo luminoso.....	48
2.6.2.	Intensidade luminosa	49
2.6.3.	Iluminância.....	49
2.6.4.	Luminância.....	50
2.6.5.	Temperatura de cor.....	50
2.6.6.	Índice de reflexão	51

2.6.7.	Índice de reprodução de cor	51
2.6.8.	Eficiência energética	51
2.7.	Iluminação Pública no Brasil	51
2.8.	Projeto do Sistema de Iluminação Pública.....	52
2.8.1.	Classificação das vias	53
2.8.2.	Características luminotécnicas	55
2.8.3.	Composição do sistema	56
2.8.4.	Lâmpadas de LED	59
2.8.5.	Luminárias LED para Iluminação Pública	61
2.8.6.	Disposição das luminárias	62
2.9.	Sistema Fotovoltaico de Iluminação	65
2.9.1.	Módulo Fotovoltaico	66
2.10.	Iluminação de Travessias para Pedestres	69
2.11.	Projeto Travessia de Pedestres Iluminada.....	70
2.12.	Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres.....	71
2.12.1.	Detalhamento dos equipamentos e instalações	72
2.13.	Projeto de Lei Nº 8.729, de 2017.....	75
2.14.	Exemplos de Faixas de Pedestres Iluminadas.....	76
3.	MATERIAIS E MÉTODO	79
3.1.	Área de Estudo.....	80
3.1.1.	Avenida Mauro Ramos.....	81
4.	RESULTADOS	85
4.1.	Dados de Acidentes na Avenida Mauro Ramos.....	85
4.1.1.	Acidentes de trânsito ocorridos entre 2017 e 2018	85
4.1.2.	Acidentes com feridos	86
4.1.3.	Acidentes com mortes	87
4.2.	Faixas de Pedestres da Avenida Mauro Ramos.....	88
4.3.	Atual Situação das Faixas de Pedestres.....	90

4.3.1.	Sinalização Vertical.....	91
4.3.2.	Sinalização Horizontal	95
4.3.3.	Sinalização Semafórica	97
4.3.4.	Iluminação das Faixas de Pedestres	98
4.4.	Propostas de Melhorias.....	103
4.4.1.	Sinalização Vertical.....	103
4.4.2.	Sinalização Horizontal	104
4.4.3.	Sinalização Semafórica	104
4.4.4.	Iluminação das Faixas de Pedestres	104
4.5.	Proposição de Iluminação Adequada	105
4.5.1.	Iluminação baseada no Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres.....	105
4.5.2.	Iluminação Fotovoltaica	106
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	109
5.1.	Considerações Finais.....	109
5.2.	Recomendações para Trabalhos Futuros.....	110
	REFERÊNCIAS	113

1. INTRODUÇÃO

A função da faixa de pedestres é garantir a segurança dos pedestres durante a travessia das vias. A paragem dos veículos antes da faixa de pedestres, oferecendo preferência de passagem ao pedestre é uma obrigação do motorista. Em condições diurnas, dependendo da velocidade, a paragem obrigatória dos veículos é facilitada. No entanto, à noite e em condições climáticas adversas como em dias de chuva, a visibilidade do motorista estará reduzida.

Isto porque, tem-se observado, principalmente em vias urbanas, que a sinalização e de iluminação das faixas de pedestres não são adequadas. A sinalização de trânsito é fundamental, uma vez que sua função é informar e orientar os usuários das vias. Estes aspectos contribuem para a ocorrência de acidentes em vias públicas, principalmente, no período noturno.

A iluminação das faixas de pedestres é necessária para aumentar a visibilidade dos pedestres que iniciam a travessia da via, mas também, de extrema importância aos condutores dos veículos. Acidentes com pedestres nas faixas têm sido comuns no Brasil e, devido à visibilidade reduzida durante a noite, contribui consideravelmente com o risco de fatalidades como lesões e mortes de pedestres.

Nestes locais, em geral, a ocorrência de acidentes, se deve pela ausência ou precária sinalização horizontal e vertical, e ainda pela falta de cumprimento da lei, uma vez que tanto os motoristas quanto os pedestres que as utilizam não os respeitam. Além disso, aliado a estes problemas, tem-se a velocidade elevada dos motoristas e a inadequada iluminação, que dificulta a visibilidade no período noturno.

De acordo com Ambev e Falconi (2017), no ano de 2005 os pedestres representavam 20% do total de feridos e 23% do total de mortos no trânsito brasileiro. Em Florianópolis, cidade onde este trabalho é desenvolvido, conforme informações da Rede Vida no Trânsito (2009) destaca-se que os pedestres representam 25,4% das vítimas fatais do trânsito. Além disso, os problemas na infraestrutura das vias são apontados como a principal causa de acidentes fatais na capital de Santa Catarina.

Neste cenário e, a partir destas considerações, este trabalho visa avaliar alternativas de iluminação para faixas de pedestres, buscando que os pedestres fiquem mais visíveis para os motoristas e que as travessias de pedestres sejam mais seguras.

O estudo será aplicado na Avenida Mauro Ramos, localizada no centro da cidade de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina, cuja iluminação pública implantada atualmente é com lâmpadas de LED e apenas parte das faixas de pedestres possui algum tipo de iluminação direcionada.

A metodologia consiste no levantamento das condições atuais e proposição de implantação de iluminação direcionada sobre as faixas de pedestres da avenida. Para tanto, serão feitos levantamentos de índices de acidentes e serão consultadas referências de exemplos de cidades com faixas de pedestres iluminadas, sendo posteriormente sugerida a sua implantação na avenida.

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor a implantação de faixas de pedestres iluminadas em uma avenida com elevado volume de tráfego e faixas de pedestres, para a mitigação dos acidentes e redução do consumo de energia.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Avaliar o atendimento das faixas de segurança existentes em relação à normatização brasileira vigente;
- Avaliar as condições da sinalização horizontal e vertical existente nas faixas de pedestre;
- Verificar as condições de segurança noturna para os pedestres que utilizam as faixas de pedestre;
- Propor melhorias na sinalização e iluminação de tais faixas;
- Comparar o uso de iluminação convencional com a fotovoltaica nas faixas de pedestres.

1.2.Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, cujos conteúdos estão divididos da forma descrita a seguir.

Capítulo 1 – Introdução: Apresenta uma introdução geral do tema que será discutido ao longo do trabalho, seu objetivo geral e objetivos específicos, além do conteúdo e estruturação do mesmo.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: Expõe um estudo do trânsito, voltado principalmente aos fatores que influenciam na segurança do pedestre, mais vulnerável usuário do sistema viário. O estudo traz um resumo dos registros de acidentes no Brasil, Santa Catarina e Florianópolis nos últimos anos. É descrita também a atual normatização das faixas de pedestres no Brasil, abordando aspectos como a sinalização, retrorrefletividade e iluminação. Por fim, apresenta um estudo sobre faixas de pedestre iluminadas e exemplos de sua aplicação, além de abordar o tema energia fotovoltaica.

Capítulo 3 – Materiais e Método: Detalha a metodologia adotada neste trabalho e delimita a área de realização do estudo de caso.

Capítulo 4 – Resultados: Descreve os resultados obtidos, as comparações com a normatização e legislação vigente e as melhorias sugeridas, incorporando um sistema de iluminação destinado especificamente às faixas de pedestres.

Capítulo 5 – Considerações Finais e Recomendações: Expõe as principais conclusões do estudo e o provável impacto das melhorias propostas para a iluminação das faixas de pedestres. Apresenta também sugestões para trabalhos futuros, dando prosseguimento a este trabalho.

Finalmente são apresentadas as Referências consultadas para o embasamento teórico deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Acidentes de Trânsito

A Lei nº 9.203, de 23 de setembro de 1997, Código de Trânsito Brasileiro, em seu Art. 1º, refere que:

“Considera-se trânsito a utilização das vias por pessoas, veículos e animais, isolados ou em grupos, conduzidos ou não, para fins de circulação, parada, estacionamento e operação de carga ou descarga.” (BRASIL, 2017_a).

Para Torquato (2011), a definição de trânsito é ainda mais ampla e refere-se a todo deslocamento de pessoas, seja a pé ou em qualquer veículo motorizado, em um espaço físico e contexto social, buscando um objetivo regulado por regras formais ou informais.

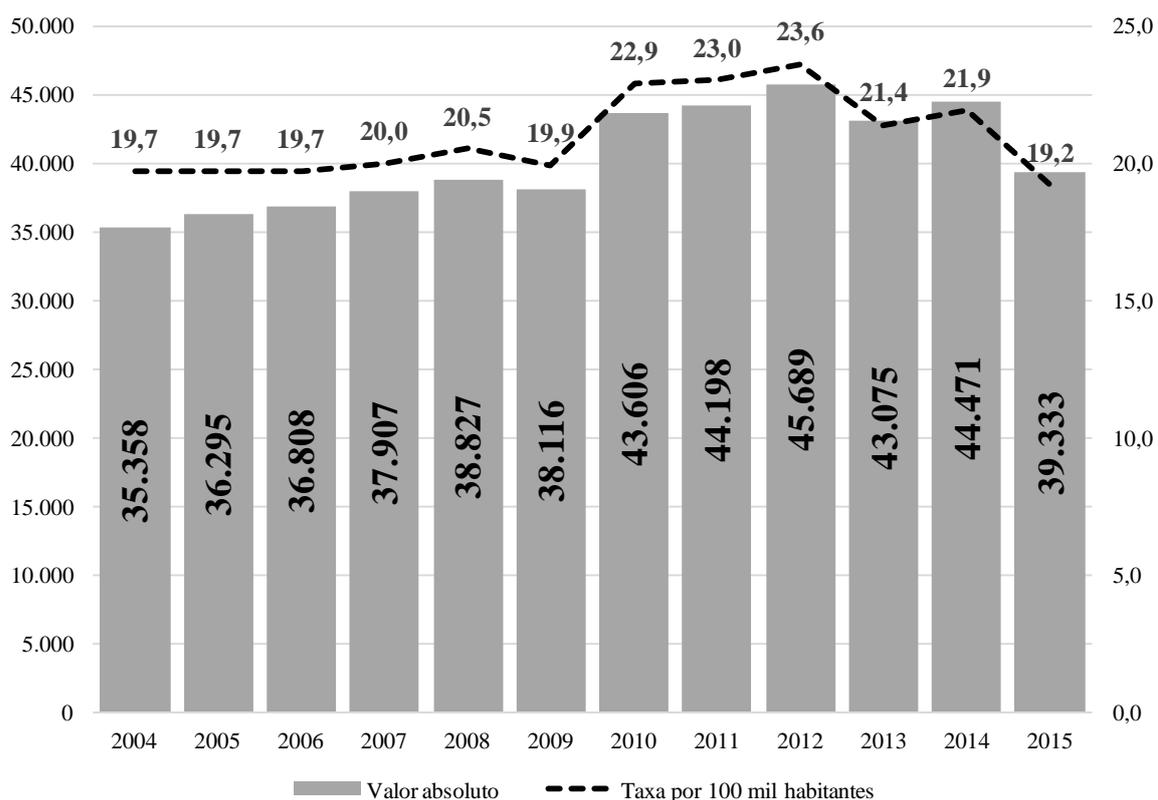
Segundo Michaelis (2019), é considerado acidente algo que é casual, fortuito, imprevisto. Um acontecimento infeliz que envolve dano, estrago, sofrimento ou morte.

A Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS, 2013) define acidente de trânsito de forma mais abrangente, tratando como uma colisão ou incidente envolvendo pelo menos um veículo motorizado em movimento em uma via a que a população tem direito de acesso. A definição inclui colisões entre veículos (incluindo rodoviários e ferroviários), atropelamento de pedestres e de animais choque contra objetos fixos ou veículos parados. O acidente pode resultar em feridos ou mortos.

Conforme o Guia Vida no Trânsito (Brasil, 2017_b), a gravidade das lesões e mortes vai além de um problema de trânsito, considerando que as incapacidades e perdas de vida de cidadãos em idade produtiva apresentam consequências econômicas e sociais. Além disso, causam dor e sofrimento das famílias, que em diversas vezes estão sujeitas a divisões e ao empobrecimento devido à perda de seus provedores.

De acordo com Ambev e Falconi (2017), no ano de 2015 estatísticas de óbitos no trânsito no Brasil foram reduzidas em relação aos anos anteriores. A taxa de óbitos de 19,2 por 100 mil habitantes foi o melhor resultado no índice de mortalidade desde o ano de 2004. A Figura 1 apresenta o histórico de óbitos no trânsito brasileiro entre 2004 e 2015, com base em valores fornecidos pelo DATASUS (2015), em valores absolutos e pela taxa por 100 mil habitantes. A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018) apontou que os dados de fatalidades correspondem a 82% de homens e 18% de mulheres.

Figura 1 - Histórico de óbitos no Brasil (2004 - 2015)



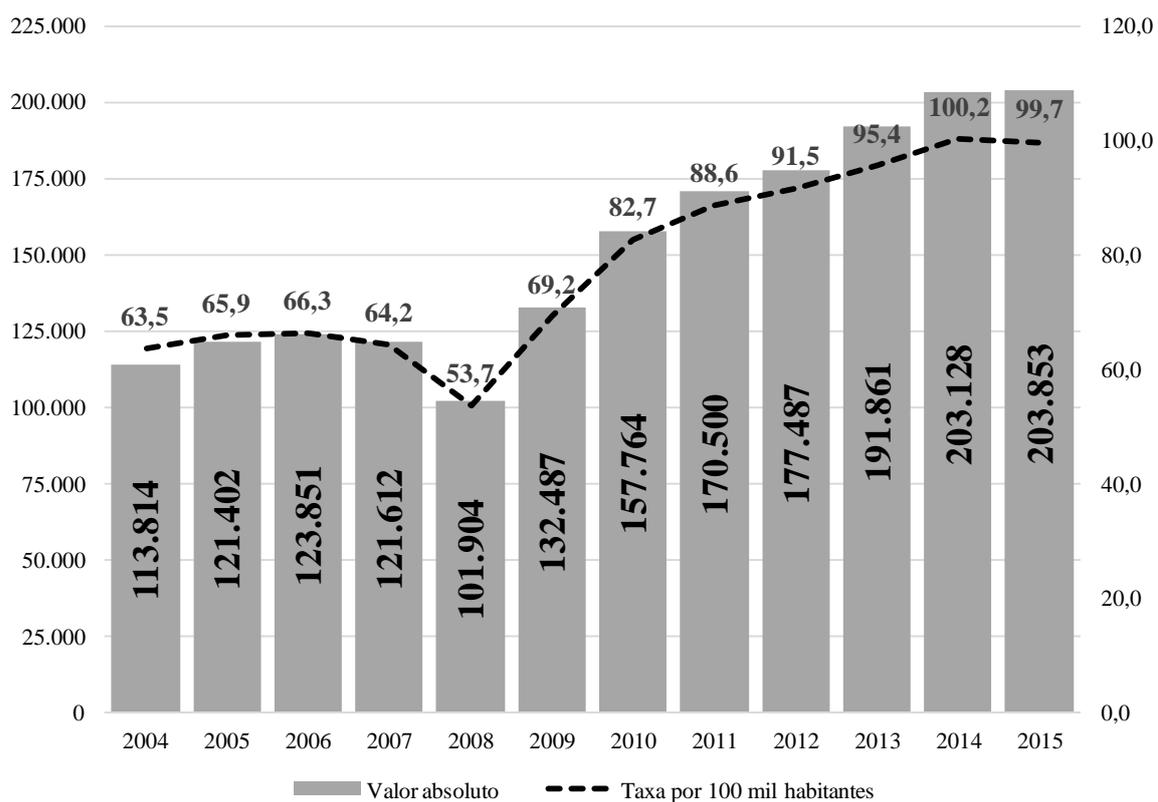
Fonte: Adaptado de Ambev e Falconi (2017).

No entanto, em relação ao histórico de feridos no país, o valor aumentou consideravelmente entre os anos de 2008 e 2014, com pouca variação de 2014 para 2015. A Figura 2 apresenta o histórico de feridos no trânsito do país entre 2004 e 2015, com base em valores fornecidos pelo DATASUS (2015), em valores absolutos e pela taxa por 100 mil habitantes (AMBEV e FALCONI, 2017).

O Estado de Santa Catarina apresenta uma taxa de óbitos no trânsito (por 100 mil pessoas) superior à taxa nacional. Entre os anos de 2004 e 2015, foram registrados 22.197 mortes no trânsito catarinense, com uma média anual de 1.850 mortes. Assim como nos dados nacionais, também se observou que em Santa Catarina, no ano de 2015, ocorreu o menor índice de mortalidade desde 2004 (AMBEV e FALCONI, 2017).

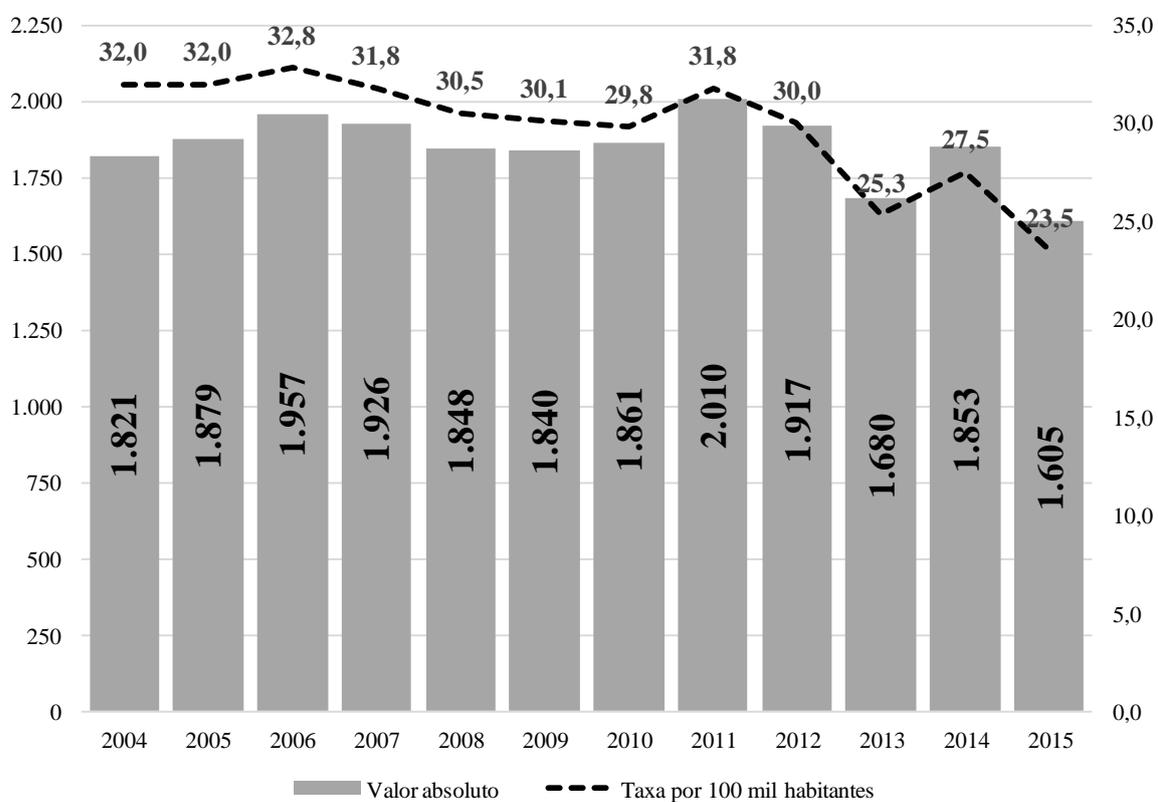
A Figura 3 ilustra o histórico do total de óbitos por acidentes de transporte terrestre em Santa Catarina entre os anos de 2004 e 2015, além da taxa de óbitos por 100 mil habitantes, registrada neste mesmo período.

Figura 2 - Histórico de feridos no Brasil (2004 - 2015)



Fonte: Ambev e Falconi (2017).

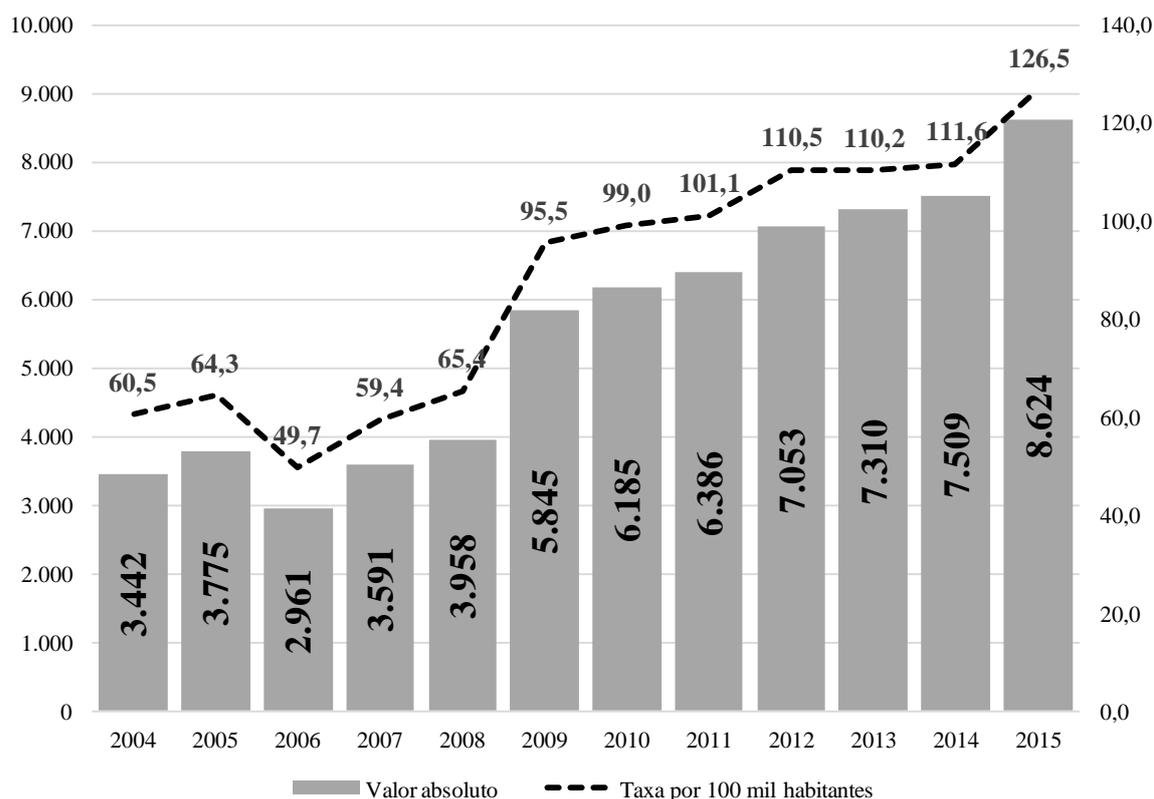
Figura 3 - Histórico de óbitos no Estado de Santa Catarina (2004 - 2015)



Fonte: Adaptado de Ambev e Falconi (2017).

Quanto ao histórico de feridos em acidentes de trânsito nas estradas catarinenses, os dados referentes ao período entre 2004 e 2015 mostraram que houve aumento um aumento no número de feridos desde 2008. A Figura 4 apresenta o histórico de feridos no trânsito catarinense entre 2004 e 2015, com base em valores fornecidos pelo DATASUS (2015), em valores absolutos e pela taxa por 100 mil habitantes (AMBEV e FALCONI, 2017).

Figura 4 - Histórico de feridos no Estado de Santa Catarina (2004 - 2015)



Fonte: Adaptado de Ambev e Falconi (2017).

No ano de 2017 foram autorizadas 7.980 internações hospitalares no Sistema Único de Saúde (SUS) em Santa Catarina, em decorrência de acidentes de transporte terrestres. Estas internações geraram um gasto de R\$ 17.108.113,43 (dezesete milhões, cento e oito mil, cento e treze reais e quarenta e três centavos). Os motociclistas geraram o maior número de internações (4.247), seguidos pelos ciclistas (866) e pelos ocupantes de automóvel (776). A Tabela 1 apresenta o número de internações hospitalares ocorridas em Santa Catarina no ano de 2017 por conta de acidentes de trânsito (DIVE-SC, 2008).

Tabela 1 - Internações hospitalares por acidentes de trânsito em Santa Catarina (2007)

Tipo de vítima	Total	% Internações	Valor Total (R\$)	% Valor	Valor Médio (R\$)
Pedestre	571	7,2	1.184.642,49	6,9	2.074,68
Ciclista	866	10,9	1.771.815,21	10,4	2.045,98
Motociclista	4.247	53,2	8.488.498,78	49,6	1.998,70
Ocupante automóvel	776	9,7	2.129.043,42	12,4	2.743,61
Ocupante de caminhonete, VTP, ônibus	62	0,8	114.189,12	0,7	1.841,76
Outros acidentes de transporte terrestre	1.458	18,3	3.419.924,41	20,0	2.345,63
Total	7.980	100	17.108.113,43	100	2.143,87

Fonte: Adaptado de DIVE-SC (2018).

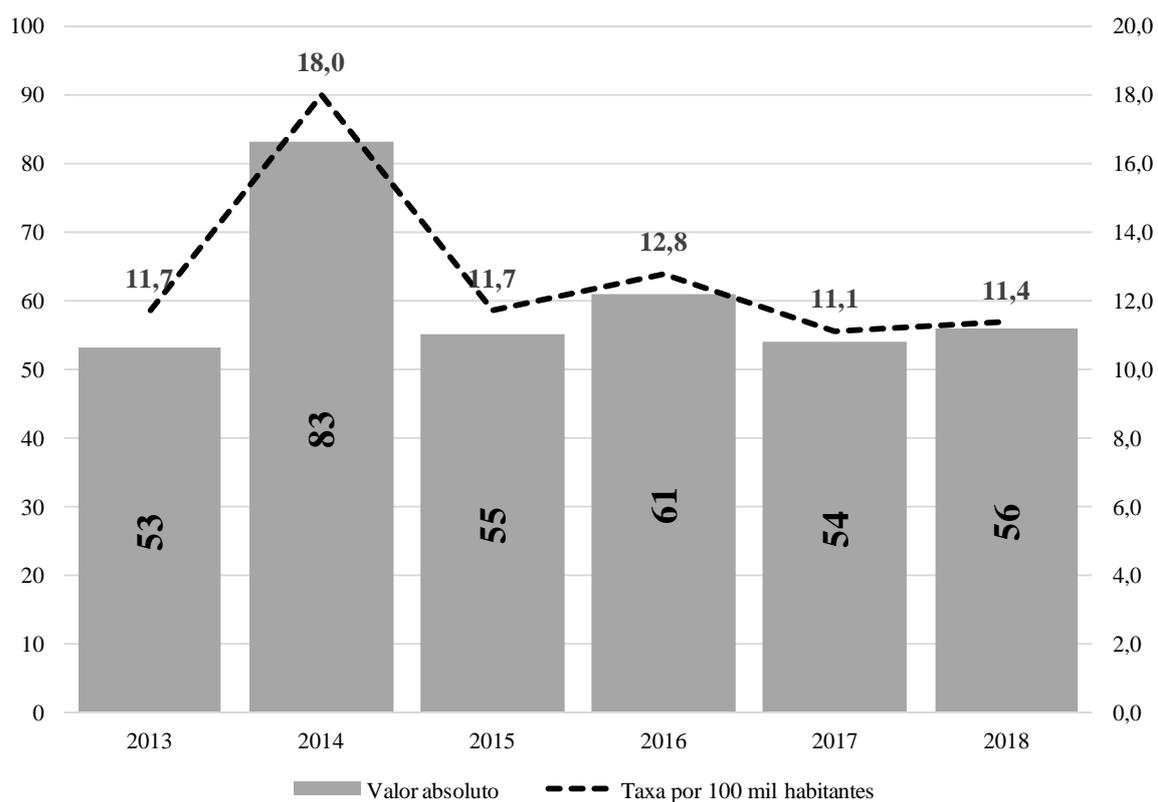
2.1.1. Óbitos no trânsito de Florianópolis

Os dados de óbitos registrados em acidentes de transporte terrestre na cidade de Florianópolis referem-se ao período entre 2013 e 2018 e foram compiladas e analisadas pela Rede Vida no Trânsito. Esta rede se trata de uma equipe integrada por diversas instituições públicas parceiras, como Polícia Militar de Santa Catarina (PMSC), Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), Secretaria de Estado da Saúde – Diretoria de Vigilância Epidemiológica (DIVE), SAMU Estadual, Instituto Geral de Perícias (IGP), entre outros. Tanto o número de óbitos quanto a taxa de óbitos por 100 mil habitantes mantiveram-se estáveis ao longo destes seis anos, com pico de óbitos em 2014. As vítimas dos desastres de trânsito em Florianópolis são representadas, em sua maioria, por homens, com média de 37,1 anos de idade e residentes da cidade (REDE VIDA NO TRÂNSITO, 2019).

A Figura 5 apresenta o histórico de óbitos no trânsito de Florianópolis entre 2013 e 2018, com base em valores fornecidos pela Rede Vida no Trânsito, em valores absolutos e pela taxa por 100 mil habitantes.

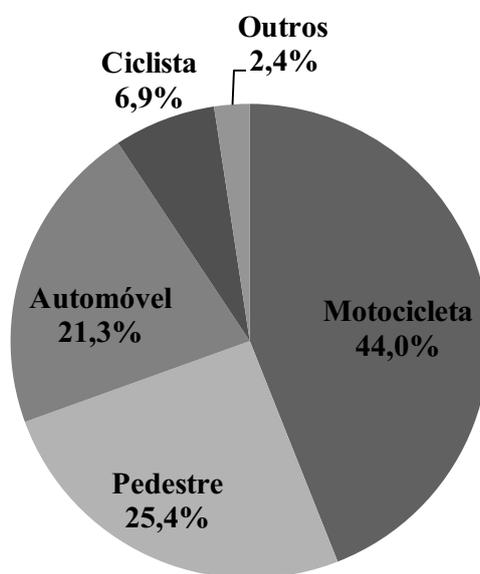
De acordo com a Rede Vida no Trânsito (2019), o meio de transporte mais utilizado pelas vítimas fatais dos acidentes de trânsito em Florianópolis é a motocicleta. A motocicleta representa, em todos os anos analisados, a primeira colocação no número total de casos e corresponde a 44,0% do total. Além disso, destaca-se também que os pedestres ocupam em Florianópolis a segunda colocação entre as vítimas fatais, ultrapassando os automóveis e representando 25,4% do total. A Figura 6 apresenta, graficamente, a participação de cada meio de transporte no total de vítimas fatais dos acidentes de trânsito em Florianópolis. A categoria Outros inclui os acidentados oriundos de caminhões, ônibus e vans, além daqueles que não há o detalhamento ou registro.

Figura 5 - Histórico de óbitos em Florianópolis (2013 - 2018)



Fonte: Adaptado de Rede Vida no Trânsito (2019).

Figura 6 - Acidentes de trânsito em Florianópolis por meio de transporte (2013 - 2018)

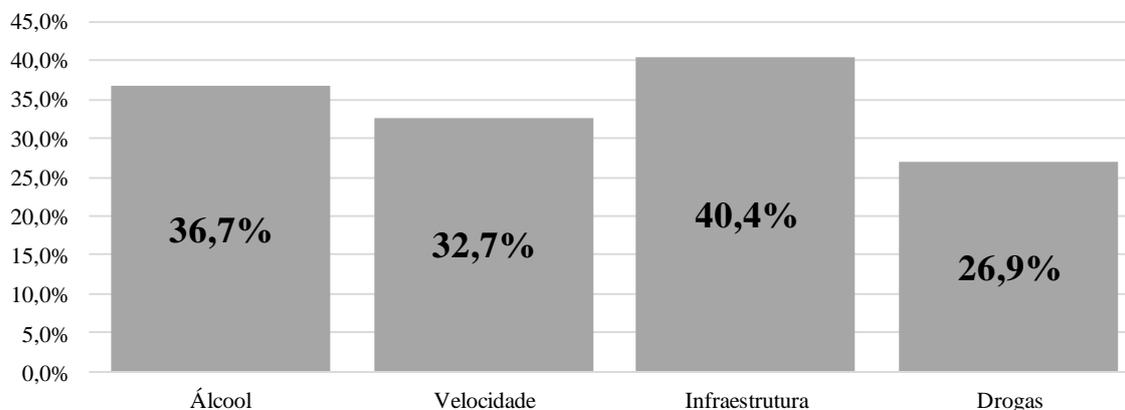


Fonte: Adaptado de Rede Vida no Trânsito (2019).

Os quatro fatores de risco mais relevantes para a ocorrência de acidentes com óbito em Florianópolis nos últimos cinco anos foram: álcool, velocidade, infraestrutura e drogas. Os demais fatores e condutas de risco possuem menor relevância no total de registros. No ano de 2018 a infraestrutura passou a ser o principal fator de risco identificado nos

desastres de trânsito com óbito em Florianópolis, conforme apresentado na Figura 7 (REDE VIDA NO TRÂNSITO, 2019).

Figura 7 - Proporção dos fatores de risco identificados nos desastres de trânsito com óbito em Florianópolis



Fonte: Adaptado de Rede Vida no Trânsito (2019).

Esta relevante participação da infraestrutura nas causas de acidentes fatais torna este estudo ainda mais importante, já que os seus resultados atingem diretamente este fator de risco.

2.2. Pedestre

O pedestre é definido como qualquer pessoa que circula a pé ao menos em parte da sua jornada. Além disso, o pedestre pode também fazer o uso de equipamentos auxiliares, como patinetes motorizados, andadores, bengalas, cadeira de rodas, skates e patins. A pessoa também é considerada pedestre se estiver correndo, trotando, escalando, ou quando estiver sentada ou deitada na via (OPAS, 2013).

Daros (2000) acrescenta que todos nós somos fundamentalmente pedestres, pois esta é uma condição natural do ser humano. Para poupar sua energia muscular e buscar maior conforto e mobilidade, o homem desenvolveu diversos tipos de veículos e sistemas de tração, dando origem assim ao condutor e ao passageiro. Assim, antes de serem condutores ou passageiros, todos os seres humanos são originalmente pedestres.

Os pedestres são os mais vulneráveis usuários do sistema viário. Todos os deslocamentos dependem, em algum momento, de trechos como pedestre. Os deslocamentos como pedestre são os mais importantes meios de transporte urbano, sendo comumente utilizados para percorrer curtas distâncias ou complementando viagens realizadas por outros modos de transporte. Sendo assim, o pedestre deve ser tratado como componente básico da mobilidade no planejamento de transportes urbanos, reduzindo

assim os elevados índices de atropelamentos (MAGALHÃES *et al.*, 2004; ARIOTTI, 2006).

Segundo Ambev e Falconi (2007), no ano de 2015 os pedestres representavam 23% dos óbitos no trânsito brasileiro. Além disso, os óbitos ciclistas representaram 4% do total de mortes no trânsito naquele ano.

No Estado de Santa Catarina, no ano de 2017, os pedestres corresponderam a 14,8% das vítimas fatais dos acidentes de trânsito e os ciclistas, 5,3% (DIVE-SC, 2018). A Tabela 2 apresenta o histórico de óbitos por acidente de transporte terrestre em Santa Catarina, segundo a condição da vítima e o ano de óbito, entre os anos de 2007 e 2017.

Tabela 2 - Óbitos segundo condição da vítima e ano do óbito em Santa Catarina (2007 – 2017)

Condição da vítima	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Ocupante do veículo	626	566	588	670	841	756	743	796	755	663	615	7.619
Motociclista	503	515	572	579	626	618	543	612	507	516	504	6.095
Pedestre	365	321	353	336	329	324	268	261	240	249	231	3.277
Não especificado	470	455	339	291	265	256	229	171	107	96	126	2.805
Ciclista	111	111	125	123	106	116	86	124	96	81	82	1.161
Total	2.075	1.968	1.977	1.999	2.167	2.070	1.869	1.964	1.705	1.605	1.558	20.957

Fonte: Adaptado de DIVE-SC (2018).

Dos pedestres que faleceram em decorrência de acidentes de trânsito em Santa Catarina no ano de 2017, 12 foram em Florianópolis. Além disso, a cidade também registrou a morte de três ciclistas em acidentes de trânsito naquele ano (REDE VIDA NO TRÂNSITO, 2019).

2.3.Faixa de Pedestres

Estudos da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) (2013) mostraram que, em geral, os pedestres atravessam uma ou mais vias em algum momento de seu trajeto, seja no encontro entre vias ou não. Ao atravessar a rua há um risco maior deles se ferirem. Altas taxas de atropelamentos e lesões ocorrem nas interseções entre vias, onde existe um grande número de pontos de conflitos entre veículos e pedestres. Quando não há sinalização nestas interseções, estes conflitos aumentam e os pedestres podem ser surpreendidos por veículos em alta velocidade e que não tem a obrigação de parar naquele trecho.

A respeito da travessia de pedestres, a Lei n° 9.203, de 23 de setembro de 1997 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em seu Art. 69°, estabelece que:

“Para cruzar a pista de rolamento o pedestre tomará precauções de segurança, levando em conta, principalmente, a visibilidade, a distância e a velocidade dos veículos, utilizando sempre as faixas ou passagens a ele destinadas sempre que estas existirem numa distância de até cinquenta metros dele, observadas as seguintes disposições:

I – onde não houver faixa ou passagem, o cruzamento da via deverá ser feito em sentido perpendicular ao de seu eixo;

II – para atravessar uma passagem sinalizada para pedestres ou delimitada por marcas sobre a pista:

a) onde houver foco de pedestres, obedecer às indicações das luzes;

b) onde não houver foco de pedestres, aguardar que o semáforo ou o agente de trânsito interrompa o fluxo de veículos;

III – nas interseções e em suas proximidades, onde não existam faixas de travessia, os pedestres devem atravessar a via na continuação da calçada, observadas as seguintes normas:

a) não deverão adentrar na pista sem antes se certificar de que podem fazê-lo sem obstruir o trânsito de veículos;

b) uma vez iniciada a travessia de uma pista, os pedestres não deverão aumentar o seu percurso, demorar-se ou parar sobre ela sem necessidade.” (BRASIL, 2017_a.

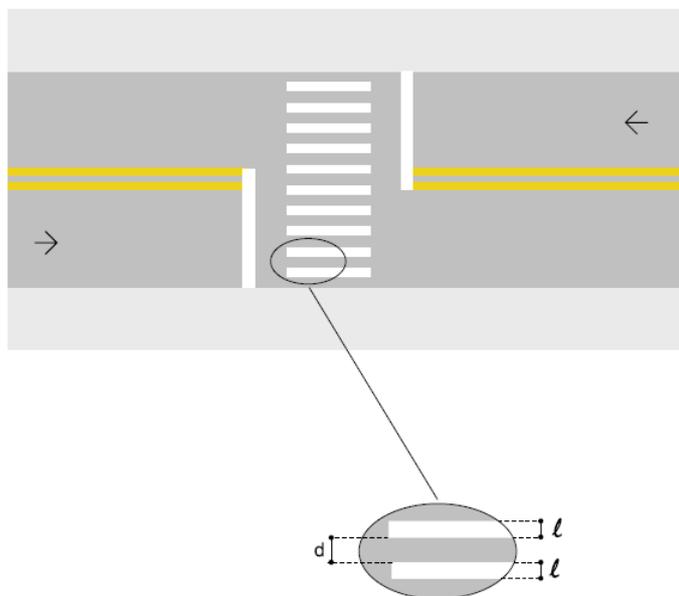
A faixa de travessia de pedestres delimita o local destinado à travessia de pedestres e regulamenta a prioridade que os pedestres têm em relação aos veículos, nos casos previstos pelo CTB (SILVA, 2018).

Ariotti (2006) conceitua que as faixas de pedestres são elementos vitais do sistema de transporte. Quando projetadas e demarcadas adequadamente, as faixas geram expectativas nos motoristas de onde os pedestres irão atravessar a via e incentivam os pedestres ao seu uso adequado. Assim, a implantação de faixa de pedestres deve restringir-se a locais onde se possa garantir seu uso apropriado, aumentando a segurança dos pedestres.

2.3.1. Tipos de faixas de pedestres

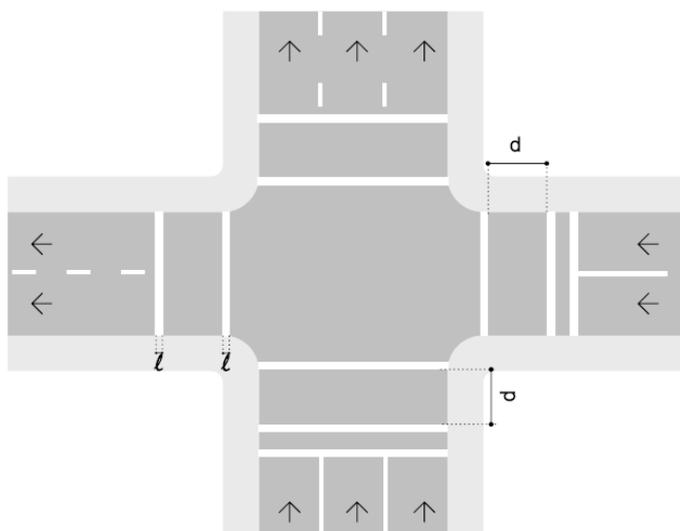
De acordo com CONTRAN (2007_a), a faixa de travessia de pedestres (FTP), pode ser de dois diferentes tipos: a zebra (FTP-1) e a paralela (FTP-2). A Figura 8 e a Figura 9 ilustram, respectivamente, exemplos dos tipos FTP-1 e FTP-2.

Figura 8 - Faixa de pedestres do tipo FTP-1 (zebrada)



Fonte: CONTRAN (2007_a).

Figura 9 - Faixa de pedestres do tipo FTP-2 (paralela)



Fonte: CONTRAN (2007).

A regulamentação das características das faixas de pedestres está prevista na Resolução nº 160/04 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), de acordo com o seguinte:

- A FTP-1 é o tipo mais comumente utilizado no Brasil. A largura (ℓ) das linhas varia de 0,30 m a 0,40 m e a distância (d) entre elas de 0,30 m a 0,80 m. A extensão mínima da faixa é de 3,00 m, variando em função do volume de pedestres e da visibilidade, sendo recomendada uma extensão de 4,00 m. Deve ser implantada nos mais diversos locais, semaforizados ou não, onde o volume de pedestres é significativo, em meio de quadra ou onde estudos de fluxo de pedestres indicarem sua necessidade;
- A FTP-2 deve possuir uma largura (ℓ) das linhas entre 0,40 m a 0,60 m. A distância (d) mínima entre as linhas é de 3,00 m, sendo recomendada 4,00 m. Pode ser utilizada somente em interseções semaforizadas;
- Em ambos os tipos de faixa, a pintura deve ser contínua e na cor branca, devendo ocupar toda a largura da pista. A locação da faixa deve respeitar, sempre que possível, o caminamento natural dos pedestres e ser alocada em locais que tragam maior segurança para a travessia. Em interseções, a FTP deve ser demarcada no mínimo a 1,00 m do alinhamento da pista transversal;
- A FTP pode ser acompanhada da sinalização vertical de advertência “Passagem sinalizada de pedestres”. Próxima a áreas escolares, deve ser acompanhada da sinalização vertical “Passagem sinalizada de escolares”. Pode ser acompanhada também de sinalização educativa adicional ou de sinalização horizontal com texto, precedendo-a (CONTRAN, 2004).

2.3.2. Travessia com faixa para pedestres, sem semáforo

Para Ariotti (2006), as travessias com faixa de pedestres sem a presença de semáforos são indicadas para locais onde a demanda de pedestres varia ao longo do dia e os pedestres chegam ao local com pouca frequência, intensificando-se apenas em alguns períodos. O fluxo de veículos no local deve permitir a ocorrência de brechas entre os veículos, de forma com que os pedestres possam atravessar a via com segurança. A existência de um semáforo neste local provocaria um retardamento desnecessário para os veículos. No entanto, a implantação de faixa de pedestres nesse local canaliza as trajetórias de travessia dos pedestres para um ponto específico, deixando de ser desordenadas e representando uma melhoria para a segurança dos usuários.

De acordo com o CTB (BRASIL, 2017_a), o pedestre que se encontra sobre a faixa de pedestres tem a preferência, devendo o condutor do veículo que se aproxima reduzir sua

velocidade ou parar o veículo para que o pedestre conclua a travessia. Este dever do condutor representa uma proteção ao pedestre.

A recomendação do CTB nem sempre é cumprida. Observa-se na prática a necessidade de esclarecimento através de campanhas que alertem os motoristas quanto às suas obrigações e que divulguem as recomendações para o uso adequado das faixas de pedestres, tanto para os condutores como para os pedestres, incentivando-os a utilizá-las (ARIOTTI, 2006).

2.3.3. Travessia com faixa para pedestres, com semáforo

A instalação de semáforo é necessária na travessia em locais onde é imprescindível interromper o fluxo de veículos para permitir que os pedestres atravessem a via. O semáforo é recomendado para locais onde há maior fluxo de pedestres, com faixas exclusivas para ônibus, ou quando a demanda de pedestres gera perturbações na fluidez do tráfego veicular, ocasionando o retardo do trânsito (SOARES, 2006).

Conforme o Manual de Semáforos do DENATRAN (BRASIL, 1984), as diretrizes recomendam os seguintes volumes mínimos para implantação de faixa de pedestres controlada por semáforos: 250 pedestres/hora, em ambos os sentidos da travessia, e 600 veículos/hora para via de mão dupla sem canteiro central; ou 1.000 veículos/hora, quando há canteiro central com, ao menos, um (1) metro de largura.

Ariotti (2006) acrescenta ainda que as travessias de pedestres com semáforos podem ser controladas através das seguintes formas:

- Com tempo de ciclo fixo – Os períodos de verde, amarelo e vermelho para os veículos e de verde e vermelho para os pedestres são pré-determinados e possuem sempre a mesma duração durante a operação do mesmo plano semaforico. Ao longo do dia podem ser operados diferentes planos semaforicos para o mesmo semáforo, em decorrência das variações do tráfego;
- Acionado pelo pedestre – Neste tipo de operação, o tempo de amarelo e vermelho para os veículos e de verde para os pedestres são fixos e pré-determinados. Já os períodos de verde para os veículos e, conseqüentemente, de vermelho os pedestres variam, pois são interrompidos somente se houver demanda de passageiros para atravessar. De acordo com as características do fluxo de tráfego é determinado um tempo mínimo de

verde para veículos. Se o semáforo de pedestres for acionado durante o período mínimo de verde, quando ele chegar ao fim será liberado o verde para pedestres. Caso contrário, o verde para os veículos permanecerá continuamente. Este tempo mínimo de verde garante a fluidez do tráfego veicular mesmo se o botão do semáforo for acionado consecutivamente.

A implantação dos semáforos acionados por pedestres deve ser antecedida de análise, uma vez que em locais com alto volume de pedestres, este dispositivo passaria a funcionar como um semáforo de tempo de ciclo fixo, tornando esse tipo de acionamento desnecessário. Estudos realizados em 1992 na Inglaterra e na França mostraram que, em locais onde foi implantado o semáforo acionado pelo pedestre, mais da metade destes não aciona o botão para realizar a travessia da rua (ARIOTTI, 2006).

2.4.Sinalização

A sinalização rodoviária consiste no conjunto de sinais de trânsito e dispositivos de segurança alocados na via pública objetivando a adequada utilização da via, possibilitando melhor fluidez no trânsito e maior segurança dos usuários que nela circulam, sejam eles veículos ou pedestres. (BRASIL, 2017_a).

Conforme o Manual de Sinalização Rodoviária do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (BRASIL, 2010), a sinalização rodoviária tem papel fundamental na segurança e orientação dos motoristas e pedestres que utilizam as vias, tornando-se cada vez mais essencial à medida que a velocidade de operação e o volume de tráfego aumentam. Os sinais de trânsito (sinalização vertical, sinalização horizontal, dispositivos auxiliares, sinalização semafórica, sinalização de obras e sinalização de gestos) tem a função de comunicar, aos usuários das rodovias, normas, instruções e informações necessárias a uma circulação correta e segura.

Os usuários das vias estão expostos a uma grande quantidade de informações visuais durante o seu percurso, fazendo com que eles selecionem as que são mais importantes para dirigir com segurança. Estas informações estão estabelecidas no CTB. (MOREIRA e MENEGON, 2003).

O CONTRAN (2014) adverte que para se assegurar as condições de percepção dos usuários da via, garantindo a real eficácia da sinalização, deve-se garantir que ela esteja de acordo com os seguintes princípios:

- Legalidade: Estar de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro e legislações complementares;
- Suficiência: A sinalização deve ser de fácil percepção e a quantidade de sinalização deve ser utilizada conforme a necessidade;
- Padronização: Deve seguir padrões legalmente estabelecidos e atender à regra de que situações iguais devem ser sinalizadas segundo os mesmos critérios;
- Clareza: Transmitir informações objetivas e de fácil interpretação, além de evitar a ocorrência de informação conflitante no direito de passagem;
- Precisão e confiabilidade: A sinalização deve ser precisa e ter credibilidade, correspondendo à situação existente;
- Visibilidade e legibilidade: Deve ser vista à distância necessária para ser interpretada em tempo hábil para a tomada de uma decisão;
- Manutenção e conservação: Estar limpa, conservada e visível.

Para garantir estas condições a sinalização deve ter boa visibilidade diurna (contraste) e noturna (retrorefletividade).

2.4.1. Sinalização Vertical

A sinalização vertical é um subsistema da sinalização viária que possui seu meio de comunicação na posição vertical, normalmente fixado ao lado da pista ou suspenso sobre ela. Constitui-se de placas, painéis e balizadores. Os elementos verticais mais comuns são as placas fixadas em postes com altura adequada à visão horizontal dos motoristas (BRASIL, 2017_a).

A sinalização vertical é utilizada com os seguintes fins: regulamentação do uso da via, advertência para situações potencialmente de risco ou problemas da via e fornecimento de indicações, orientações e informações e mensagens educativas aos usuários da via. Para ser efetiva, deve considerar fatores como: posicionamento dentro do campo visual; mensagens simples e claras; legibilidade das mensagens e símbolos; e padronização dos tamanhos e espaçamentos das letras, adequada às características da via (LIBERALESSO, 2014).

A padronização das informações sobre a sinalização, associadas ao tipo de mensagem que pretendem transmitir, sejam elas de regulamentação, advertência ou indicação, é definida pelo CTB (CONTRAN, 2007_a).

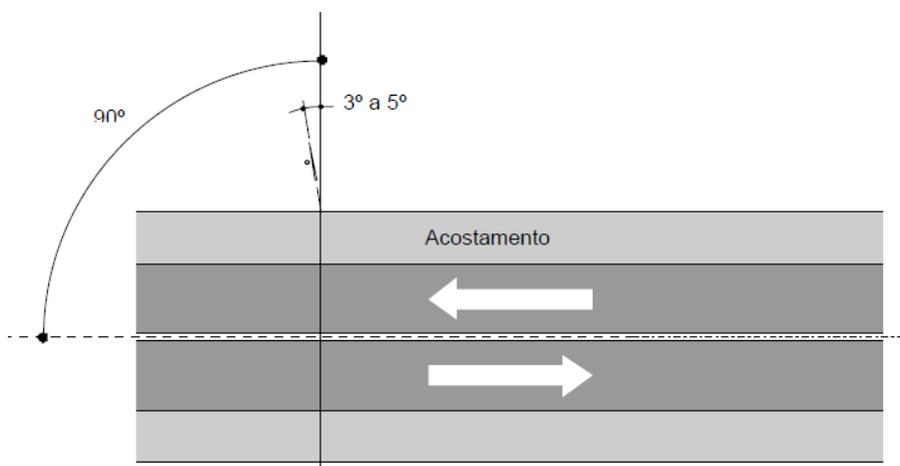
As cores predominantes da sinalização vertical são padronizadas de acordo com a categorial funcional das mesmas (BRASIL, 2010) como sendo:

- Sinais de regulamentação – vermelho;
- Sinais de advertência – amarelo;
- Sinais de indicação – verde;
- Sinais de serviços auxiliares – azul;
- Sinais de educação – branco;
- Sinais turísticos – marrom.

Posicionamento na via

Conforme preconiza o DNIT (BRASIL, 2010), a regra geral para o posicionamento das placas de sinalização é lateralmente, à direita da via, devendo-se garantir uma pequena deflexão horizontal, entre 3° e 5° em relação à direção ortogonal ao fluxo dos veículos que se aproximam. Esta inclinação tem o objetivo de evitar reflexos provocados pela incidência dos faróis de veículos ou de raios solares sobre a placa. A Figura 10 esquematiza esta deflexão horizontal.

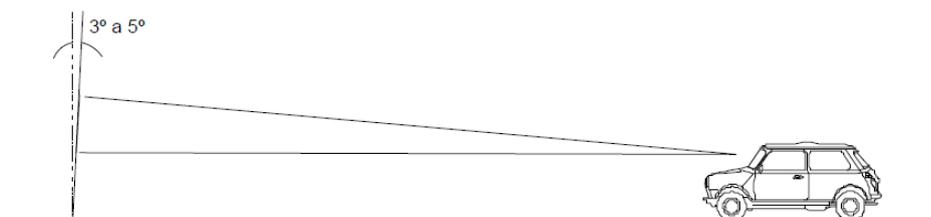
Figura 10 - Deflexão horizontal da sinalização vertical junto à via



Fonte: Brasil (2010).

Para as placas suspensas, também buscando evitar reflexos, devem-se inclinar os painéis de maneira a formar um ângulo com a vertical entre 3° e 5° , conforme exemplificado na Figura 11 (BRASIL, 2010).

Figura 11 - Deflexão vertical da sinalização vertical junto à via

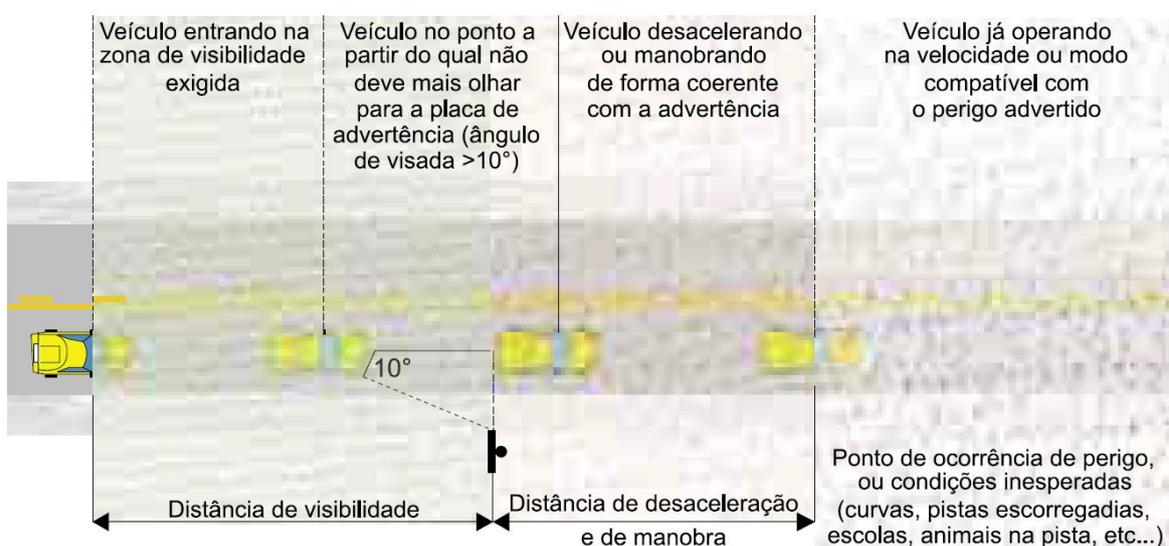


Fonte: Brasil (2010).

Crítérios de locação

A placa de advertência deve ser fixada antes do ponto onde ocorre o perigo ou situação inesperada, a uma distância que permita que o condutor tenha tempo suficiente para perceber, reagir e manobrar o veículo. A distância mínima é determinada de acordo com a velocidade de aproximação do veículo em função do ponto em que ocorre o perigo ou condição inesperada, considerando a distância de visibilidade e a distância de desaceleração e/ou manobra (CONTRAN, 2007_a). A Figura 12 exemplifica a locação da sinalização vertical junto à via.

Figura 12 - Locação da sinalização de advertência junto à via



Fonte: CONTRAN, 2007_a.

Distância de visibilidade

A distância mínima de visibilidade da sinalização vertical é calculada em função da velocidade de aproximação do veículo, considerando um tempo de percepção/reação de 2,5 s, conforme a Tabela 3 (CONTRAN, 2007_a).

Tabela 3 - Distância mínima de visibilidade

Velocidade de aproximação (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_a).*Distância de manobra e/ou desaceleração*

Segundo CONTRAN (2007_a), a distância entre a sinalização vertical e o ponto crítico ou situação inesperada deve ser suficiente para permitir a desaceleração e/ou manobra adequada, de acordo com a situação. A Tabela 4 apresenta as distâncias mínimas necessárias para desaceleração e/ou manobra através da correlação entre a velocidade de aproximação do veículo e a velocidade final necessária para garantir a segurança do trânsito. Estas distâncias consideram uma desaceleração suave e constante de 2,00 m/s².

Tabela 4 - Distância de desaceleração e/ou manobra

Velocidade Aproximação (km/h)	Velocidade (km/h)	Distância de desaceleração e/ou manobra (m)											
		Zero	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
40	Distância (m)	31	29	23	14	-							
50		48	46	41	31	17	-						
60		69	68	62	52	39	21	-					
70		95	93	87	77	64	46	25	-				
80		123	122	116	106	93	75	54	29	-			
90		156	154	149	139	125	108	87	62	33	-		
100		193	191	185	176	162	145	123	98	69	37	-	
110		232	231	226	216	203	185	164	139	110	77	41	-
120		278	276	270	260	247	230	208	183	154	122	85	44

Fonte: CONTRAN (2007_a).

São adotados padrões de distâncias mínimas necessárias para as manobras de desaceleração e/ou a parada, conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - 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
	$60 \leq V \leq 80$	100
	$V \geq 80$	150
Rural	$V < 60$	100
	$60 \leq V \leq 80$	150
	$V \geq 80$	200

Fonte: CONTRAN (2007_a).

2.4.2. Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal é composta de marcas, símbolos e legendas aplicados sobre o pavimento da pista de rolamento das vias. Este tipo de sinalização tem a finalidade de fornecer informações que permitam aos usuários adotarem comportamentos adequados, visando o aumento da segurança e fluidez do trânsito, canalização e orientação dos usuários da via e ordenação do fluxo de tráfego. A sinalização deve ser reconhecida e entendida por todo usuário, independentemente de sua origem e da frequência em que usa a via (CONTRAN, 2007_b).

A sinalização horizontal deve cumprir as seguintes funções, visando a segurança e conforto dos usuários das vias, de acordo com as seguintes finalidades (BRASIL, 2010):

- Ordenação e canalização do fluxo de veículos;
- Orientação dos deslocamentos dos veículos, em função da geometria da via (traçado em planta e perfil longitudinal), dos obstáculos e de limitações decorrentes de travessias urbanas e áreas ambientais;
- Complementação das mensagens transmitidas através da sinalização vertical indicativa, de regulamentação e de advertência;
- Regulamentação dos casos previstos no CTB, mesmo na ausência de placas de sinalização vertical, em especial a proibição de ultrapassagem;
- Transmissão de mensagens claras e objetivas;
- Possibilitar tempo adequado para determinadas ações dos usuários;
- Atender a uma real necessidade.

A sinalização horizontal permite o melhor aproveitamento do espaço viário disponível, aumenta a segurança em condições adversas (neblina, chuva e durante a noite) e contribui para a redução de acidentes. Como limitações, há a redução na durabilidade, quando sujeita a um intenso tráfego, e a visibilidade deficiente, quando ocorre neblina ou quando o pavimento está sujo ou molhado (CONTRAN, 2007_b).

O DNIT (BRASIL, 2010) destaca que a sinalização horizontal pode ser aplicada nas cores amarela, branca, vermelha, azul e preta, sendo que as cores, vermelha e azul são usadas em casos excepcionais. A aplicação das cores é assim definida:

- Amarela: utilizada para a regulamentação de fluxos de sentidos opostos, demarcação de obstáculos transversais à pista (como lombadas) e controle de estacionamentos e paradas;

- Branca: utilizada para regulamentar fluxo de mesmo sentido, para regular movimento de pedestres, para delimitar pistas destinadas à circulação de veículos e em pinturas de setas, símbolos e legendas;
- Vermelha: utilizada em ciclovias e ciclofaixas para regular o espaço destinado ao deslocamento de bicicletas e, como símbolo em forma de cruz, para indicar local de embarque e desembarque no estacionamento de hospitais e clínicas;
- Azul: utilizada nas pinturas de símbolos indicativos em áreas reservadas ao estacionamento ou parada de veículos de pessoas portadoras de deficiência física;
- Preto: utilizada apenas para propiciar contraste entre pavimentos claros, especialmente o de concreto, e a sinalização a ser aplicada.

O DNIT estabelece ainda que a classificação da sinalização horizontal divide-se da seguinte forma (BRASIL, 2010):

- Marcas longitudinais - separam e ordenam os fluxos de tráfego e regulamentam a ultrapassagem;
- Marcas transversais - ordenam os deslocamentos frontais dos veículos e pedestres, induzem a redução de velocidade e indicam posições de parada;
- Marcas de canalização - direcionam os fluxos de tráfego na via, em situações que provoquem alterações na trajetória natural;
- Marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento - associadas à sinalização vertical, delimitando e controlando as áreas onde é proibido ou regulamentado o estacionamento e/ou a parada de veículos;
- Inscricões no pavimento (setas direcionais, símbolos e legendas) – complementa o restante da sinalização horizontal, orientando e advertindo o condutor quanto às condições de operação da via.

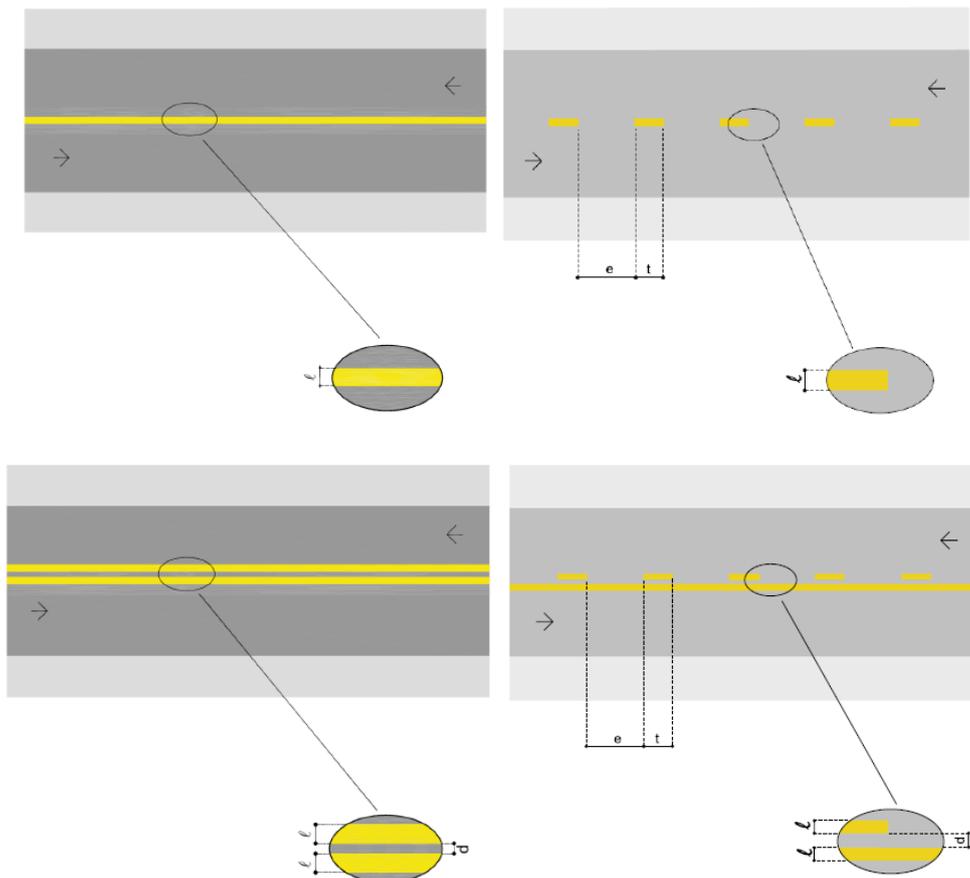
A seguir serão exemplificadas algumas das aplicações mais comuns da sinalização horizontal.

a) Linhas de divisão de fluxos opostos (LFO)

Segundo CONTRAN (2007_b), as linhas de divisão de fluxos opostos (LFO) ~~marcações~~ separam os fluxos de veículos em sentidos opostos e indicam os trechos da via em que é proibida ou permitida a ultrapassagem. Estas linhas são sempre na cor amarela e

podem ser: simples contínua; simples seccionada; dupla contínua; contínua/seccionada ou ainda, dupla seccionada. A Figura 13 apresenta exemplos de linhas de divisão de fluxos opostos.

Figura 13 - Linhas de divisão de fluxos opostos

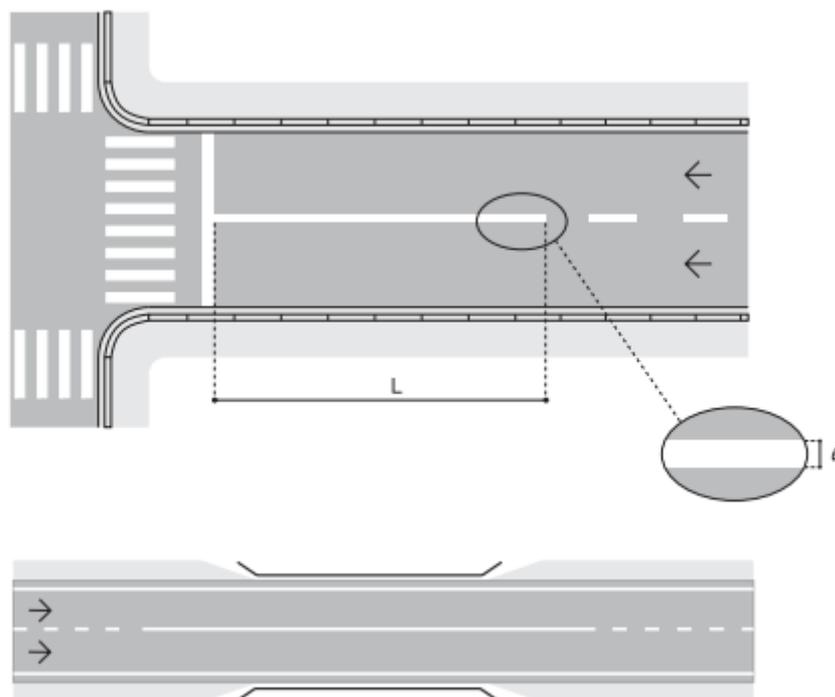


Fonte: CONTRAN (2007b).

b) Linhas de divisão de fluxos no mesmo sentido (LMS)

Neste caso, linhas de divisão de fluxos no mesmo sentido (LMS) separam os fluxos de tráfego de mesmo sentido e regulamentam a ultrapassagem. Sua cor sempre é a branca e em algumas ocasiões são acompanhadas de tachas monodirecionais com elemento retrorrefletivo também branco. Podem ser: linha simples contínua ou linha simples tracejada. A Figura 14 apresenta alguns exemplos de linhas de divisão de fluxos no mesmo sentido (BRASIL, 2010).

Figura 14 - Linhas de divisão de fluxos de mesmo sentido

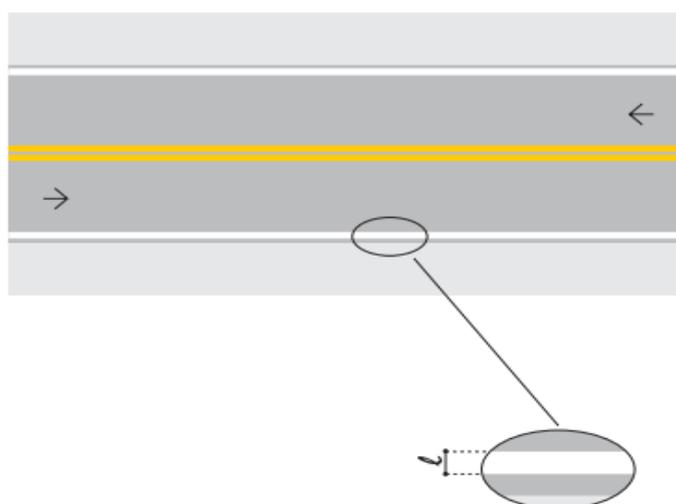


Fonte: CONTRAN (2007b).

c) Linhas de bordo (LBO)

A linha de bordo delimita para o usuário a parte da pista destinada ao tráfego de veículos, separando-a das faixas de segurança, dos acostamentos e demais limites laterais. Estas linhas são sempre na cor branca (CONTRAN, 2007_b). A Figura 15 apresenta um exemplo de linha de bordo.

Figura 15 - Linhas de bordo

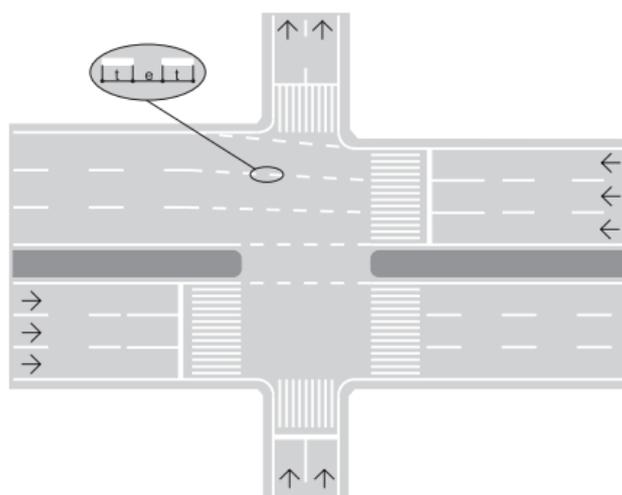


Fonte: CONTRAN (2007_b).

d) Linhas de continuidade (LCO)

As linhas de continuidade (LCO), como o próprio nome se refere, são aquelas que fornecem continuidade às linhas de bordo nas entradas e saídas de pista, delimitando faixas de desaceleração ou de aceleração. Essas linhas devem ser sempre tracejadas nas cores branca ou amarela. A largura deve ser a mesma da linha que antecede, podendo estar acompanhada de tachas monodirecionais com elementos retrorrefletivos. A Figura 16 apresenta um exemplo de linha de continuidade (BRASIL, 2010).

Figura 16 - Linhas de continuidade

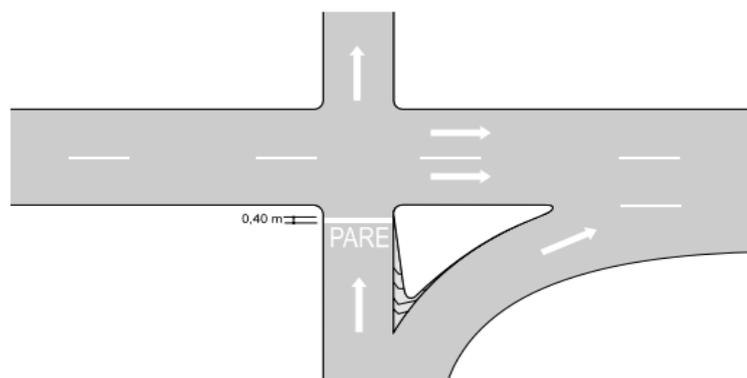


Fonte: CONTRAN (2007_b).

e) Linhas de retenção (LRE)

Segundo CONTRAN (2007_b), a linha de retenção (LRE) é uma marca transversal que indica ao condutor o local limite em que deve parar o veículo. Esta linha é na cor branca e é utilizada em interseções semaforizadas, cruzamentos, junto à faixa de pedestres e em locais onde houver necessidade por questões de segurança. A Figura 17 apresenta um exemplo de linha de retenção associada à placa de PARE.

Figura 17 - Linha de retenção

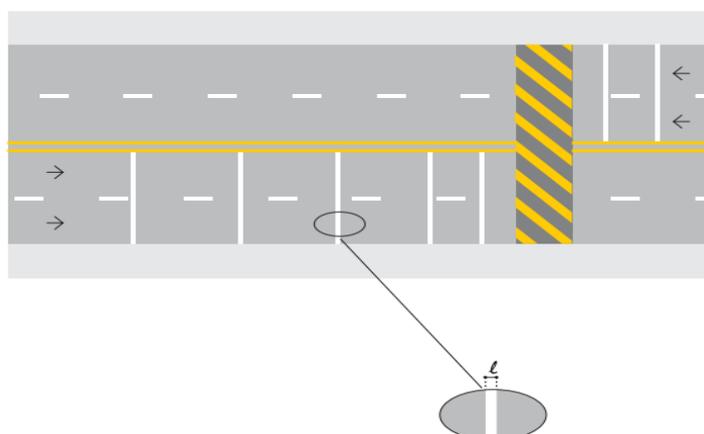


Fonte: Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT (BRASIL, 2010).

f) Linhas de estímulo à redução de velocidade (LRV)

As linhas de estímulo à redução de velocidade (LRV) são um conjunto de linhas paralelas que induzem o condutor a reduzir a velocidade do veículo. As LRV são contínuas, na cor branca, e são posicionadas transversalmente ao fluxo de veículos, com espaçamento entre si variável e decrescente no sentido do tráfego. A Figura 18 apresenta um exemplo de linha de estímulo à redução de velocidade (BRASIL, 2010).

Figura 18 - Linhas de estímulo à redução de velocidade

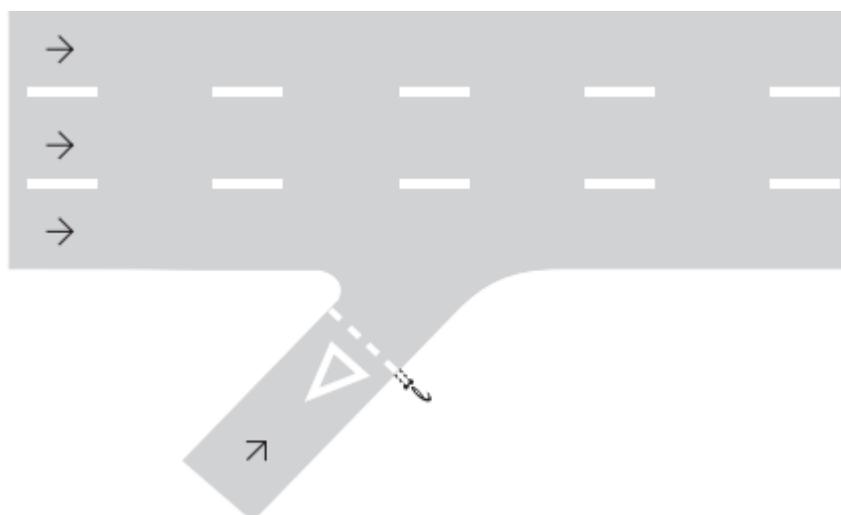


Fonte: CONTRAN (2007b).

g) Linha de “dê a preferência” (LDP)

A linha de “dê a preferência” (LDP) é uma marca transversal que indica ao condutor o local onde ele deve parar o veículo, quando necessário, em local associado à placa de “dê a preferência”. Estas linhas são tracejadas e na cor branca. A Figura 19 apresenta um exemplo de LDP (CONTRAN, 2007_b).

Figura 19 - Linha de "dê a preferência"



Fonte: CONTRAN (2007_b).

2.4.3. Sinalização Semafórica

O DNIT indica que a sinalização semafórica, adequadamente localizada e operada, é um valioso instrumento para o controle, a fluidez e a segurança do tráfego de veículos e pedestres. A utilização de sinalização semafórica deve basear-se em um estudo detalhado de engenharia de tráfego, em que se avaliem a operação de tráfego no local, a ocorrência de pedestres, as características das vias envolvidas e o ambiente operacional, que deve ser predominantemente urbano (BRASIL, 2010).

O CONTRAN (2014) classifica a sinalização semafórica, segundo sua função, em:

- Sinalização semafórica de regulamentação – sua função é de efetuar o controle do trânsito numa interseção ou seção de via, através de indicações luminosas, indicando alternadamente o direito de passagem dos vários fluxos de veículos, pedestres e ciclistas;
- Sinalização semafórica de advertência – sua função é de advertir sobre a existência de um obstáculo ou situação perigosa, devendo o condutor reduzir a velocidade do veículo e adotar as medidas de precaução necessárias antes de seguir adiante.

O uso adequado da sinalização semafórica impacta positivamente no controle de trânsito, apresentando muitas vantagens, como o aumento da segurança viária, melhoria da fluidez do trânsito, controle do direito de passagem dos veículos e pedestres, redução de atrasos e credibilidade por parte dos usuários em relação à sinalização. Entretanto, quando utilizada de forma inadequada, contrariando os Princípios da Sinalização de Trânsito, apresenta consequências que causam prejuízos ao desempenho e segurança do trânsito, como aumento de ocorrência de acidentes, imposição de atrasos excessivos, indução ao desrespeito à sinalização, descrédito em relação à sinalização e gastos desnecessários de recursos públicos (CONTRAN, 2014).

2.5. Retrorrefletividade

De acordo com Liberalesso (2014), a retrorrefletividade é uma característica fundamental da sinalização horizontal e vertical, devido à sua importância para a visibilidade e para a segurança dos usuários da via. É uma propriedade adquirida pela sinalização através da adição de microesferas de vidro na sinalização horizontal e da adição de películas com microesferas ou microprismas na sinalização vertical, que refletem a luz de volta para a sua fonte.

Durante o período noturno ocorrem mudanças no campo de visão do motorista. Isso faz com que o comportamento do motorista neste período seja diferente do seu comportamento no período diurno. Muitas vezes, durante a noite, a visibilidade do condutor é resultado apenas dos faróis do veículo e da retrorrefletividade da sinalização horizontal e vertical (SOARES, 2006).

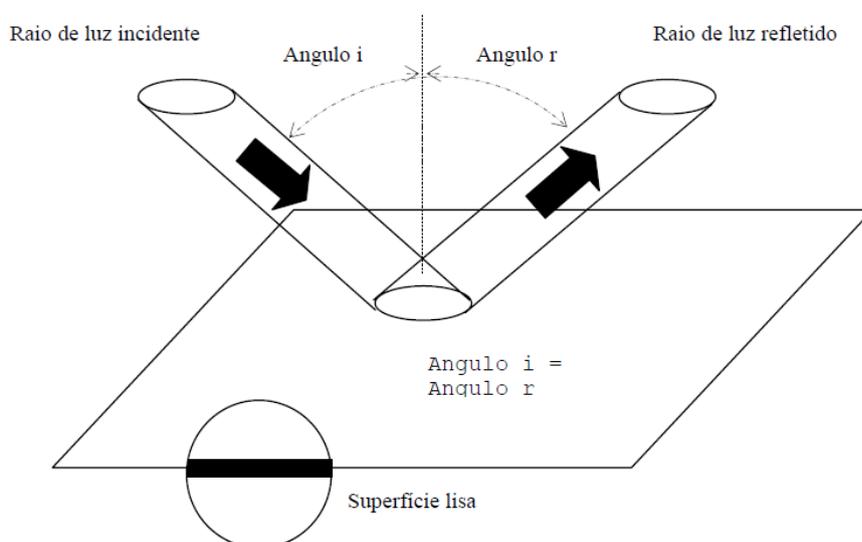
Silva (2018) complementa que o material retrorrefletivo empregado na sinalização tende a desprender-se da pintura de demarcação com o passar do tempo, fazendo com que a sua capacidade retrorrefletiva seja reduzida e assim, também, a segurança da via. Esse fator é crítico na avaliação funcional da sinalização horizontal.

2.5.1. Reflexão

Schwab (1999) conceitua reflexão como o efeito da radiação luminosa incidente sobre uma superfície retornando ao seu meio de origem, com a frequência de seus componentes monocromáticos sendo mantida. É um fenômeno natural, que acontece quando um corpo aproveita a luz gerada por outro. Os raios de luz emitidos incidem sobre o corpo e retornam à fonte. O brilho do objeto depende dos seguintes fatores: material, intensidade da luz incidente e forma com que a luz atinge a superfície. A reflexão pode ser de três diferentes tipos: a especular, a difusa e a retrorreflexão.

A reflexão especular ocorre quando o feixe de luz incide sobre uma superfície lisa e é direcionado para a direção oposta a da fonte que a originou. Apresenta um ângulo de reflexão igual e em sentido contrário ao ângulo de incidência, em relação à superfície. A Figura 20 esquematiza a reflexão especular (SCHWAB, 1999).

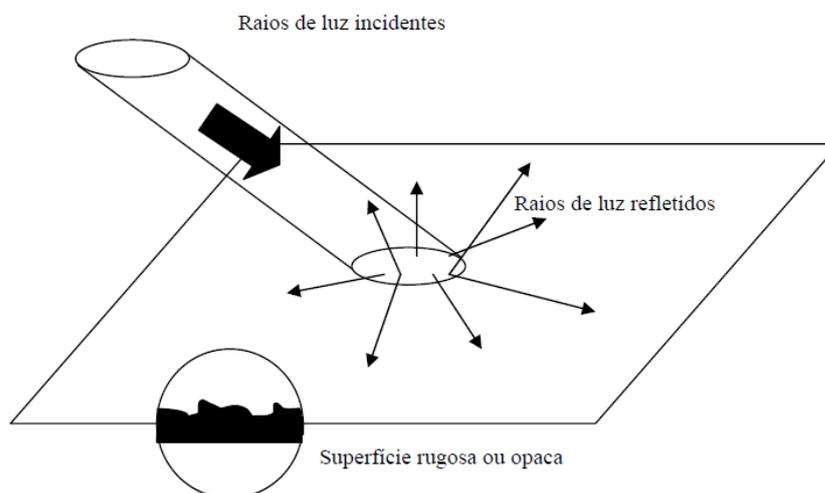
Figura 20 - Reflexão especular



Fonte: Adaptado de FHWA (1994).

Por outro lado, a reflexão difusa é o tipo mais comum de reflexão. Ocorre quando o feixe de luz incide sobre uma superfície rugosa ou opaca e há dispersão dos raios luminosos em todas as direções. Apenas uma pequena parte da luz incidente retorna à fonte emissora (SCHWAB, 1999). A Figura 21 esquematiza a reflexão difusa.

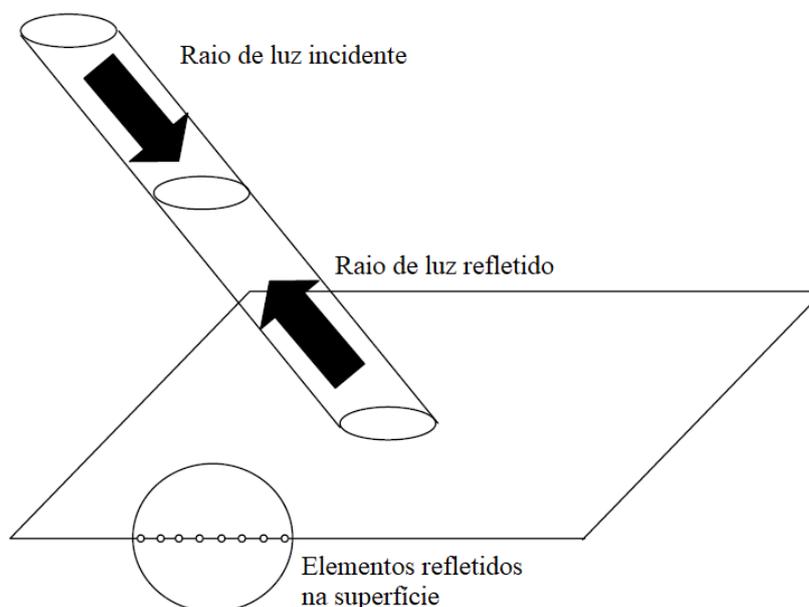
Figura 21 - Reflexão difusa



Fonte: Adaptado de FHWA (1994).

A retrorreflexão, tipo de reflexão mais importante para este estudo, ocorre quando os feixes luminosos incidem sobre uma superfície e são redirecionados à sua fonte de origem. Os materiais retrorrefletivos se tornam brilhantes quando próximos de uma fonte luminosa, que é o caso que ocorre com a sinalização. A Figura 22 esquematiza a retrorreflexão (SCHWAB, 1999).

Figura 22 - Retrorreflexão



Fonte: Adaptado de FHWA (1994).

2.5.2. Avaliação da retrorrefletividade

Soares (2016) assevera que o acompanhamento periódico da retrorrefletividade da sinalização viária é fundamental para a segurança viária. Para tanto, existem diversos equipamentos para medir a retrorrefletividade.

Um exemplo desse tipo de equipamento é o retrorrefleômetro, que faz a leitura de um feixe de luz retrorrefletida a partir de seu sensor óptico, e processa as características da respectiva reflexão. A unidade de medida da retrorrefletividade é $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$ (milicandelas por metro quadrado por quantidade de luz) (SCHWAB, 1999). Em outras palavras, a retrorrefletividade representa a quantidade de luz que chega ao observador e que volta ao objeto.

A norma DNIT 100/2018 – ES (DNIT, 2018) estabelece a retrorrefletividade inicial mínima que é recomendada para a sinalização horizontal como sendo:

- Sinalização provisória: 150 $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$, para cor branca e 100 $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$, para cor amarela;
- Sinalização definitiva: 250 $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$, para cor branca e 150 $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$, para cor amarela.

Para qualquer projeto de sinalização horizontal, sob quaisquer circunstâncias de condições físicas ou operacionais da rodovia e independentemente do material especificado, a retrorrefletividade residual deve ser de 100 $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$ para a cor branca e de 80 $\text{mcd/m}^2/\text{lux}$ para a cor amarela. A retrorrefletividade inicial da sinalização demarcada deve ser medida em até 15 dias após sua aplicação. A retrorrefletividade residual é qualquer valor medido após a obtenção da inicial e está associada ao tempo em relação à inicial (DNIT, 2018).

A retrorrefletividade mínima desejada para as películas utilizadas na sinalização vertical é definida pela norma NBR 14644 (ABNT, 2013). A norma indica, para cada um dos oito tipos de película retrorrefletiva, os coeficientes iniciais mínimos de retrorreflexão. Além destes, outros requisitos necessários a estas películas, incluindo a retrorrefletividade residual mínima em função do tempo são estabelecidos pela norma NBR 14644 (ABNT, 2013).

2.6. Iluminação

Um projeto de iluminação deve levar em conta a quantidade e a qualidade da luz, buscando um conforto luminoso para as pessoas que utilizam o ambiente. Um sistema de iluminação deve apresentar elevada eficiência energética, ou seja, um bom aproveitamento da energia elétrica (ou de outra fonte) para a emissão de luz. Quanto maior for a eficiência energética do sistema, mais econômico será o sistema (OSRAM, 2009).

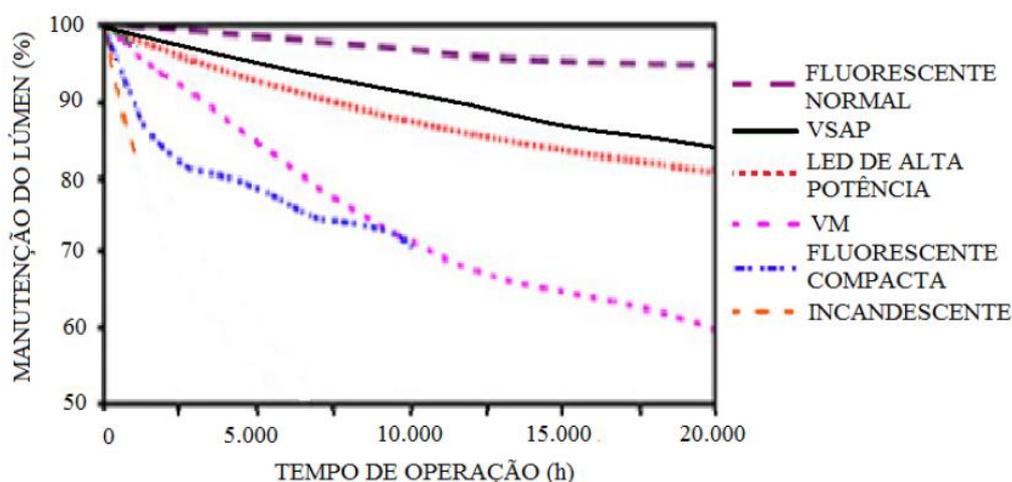
Entre os principais conceitos de iluminação envolvidos com a iluminação pública estão: intensidade luminosa, fluxo luminoso, iluminância, luminância, temperatura de cor, índice de reflexão, índice de reprodução de cor e eficiência energética.

2.6.1. Fluxo luminoso

O fluxo luminoso (ϕ) é a radiação total de uma fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda visíveis (380 e 780 nm). É a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmen (lm), na tensão nominal de funcionamento (LOPES, 2014).

Sales (2011) complementa que o fluxo luminoso das lâmpadas não se mantém constante durante a vida útil do equipamento e sofre redução por causas naturais como a degradação de seus materiais construtivos. A Figura 23 exemplifica graficamente a depreciação do fluxo luminoso de seis diferentes tipos de lâmpadas em relação ao tempo de operação. Na Figura 23 observa-se que as lâmpadas que mantêm o fluxo luminoso acima de 80% do valor inicial após 20.000 horas de operação são aquelas do tipo fluorescente; como *Light Emitting Diode* (LED) e as de vapor de sódio de alta pressão. No entanto, é importante ressaltar que normalmente as lâmpadas fluorescentes não atingem esse tempo de vida necessário.

Figura 23 - Depreciação do fluxo luminoso

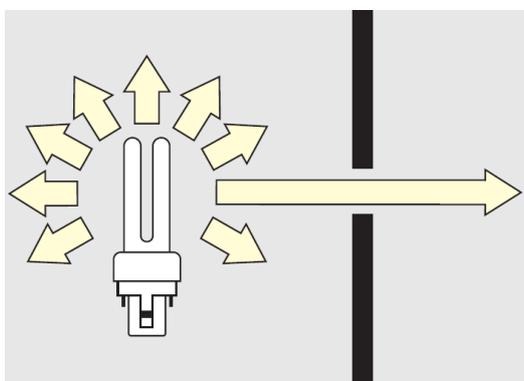


Fonte: Sales (2011).

2.6.2. Intensidade luminosa

Lopes (2014) conceitua intensidade luminosa (I) como uma grandeza de base do sistema internacional para iluminação. O estudo desta grandeza conduz à noção de um vetor luminoso emitido por uma fonte. Seu módulo é dado na unidade candela (cd). Sua direção é medida dentro de uma esfera, segundo uma direção (α), na qual a fonte luminosa está posicionada no centro, sendo o sentido considerado do centro para a periferia de uma esfera. A intensidade luminosa é o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto. A Figura 24 ilustra a definição de intensidade luminosa (OSRAM, 2009).

Figura 24 - Intensidade luminosa



Fonte: OSRAM (2009).

2.6.3. Iluminância

A iluminância (E) é a relação entre o fluxo luminoso incidente sobre uma superfície e a área desta superfície, ou seja, é a densidade de fluxo luminoso na superfície sobre a qual este incide, com unidade lux (lx), (SALES, 2011). Apresenta-se exemplos de valores médios de iluminância:

- Dia ensolarado de verão em local aberto - 100.000 lux;
- Dia encoberto de verão - 20.000 lux;
- Dia escuro de inverno - 3.000 lux;
- Boa iluminação de rua - 20 a 40 lux;
- Noite de lua cheia - 0,25 lux;
- Luz de estrelas - 0,01 lux.

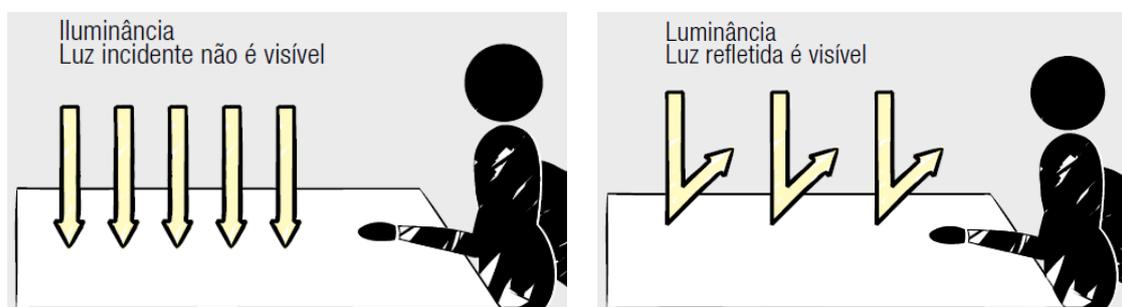
OSRAM (2009) considera que, na prática, a iluminância é a quantidade de luz no interior de um ambiente, medida com o equipamento luxímetro. Como o fluxo luminoso não se distribui uniformemente em um ambiente, a iluminância também não será a mesma

em todos os pontos da área estudada, o que torna necessário que se considere a iluminância média (E_m), obtida a partir de resultados medidos em diversos pontos.

2.6.4. Luminância

A luminância (L) a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície aparente. Este parâmetro é visível aos humanos, através da sensação de claridade aos olhos. A unidade de medição é a candela por metro quadrado (cd/m^2). Como os objetos refletem a luz de forma diferente uns dos outros, a mesma iluminância pode dar origem a diferentes luminâncias. A Figura 25 exemplifica a diferença entre iluminância e luminância (OSRAM, 2009).

Figura 25 - Iluminância e luminância



Fonte: OSRAM (2009).

2.6.5. Temperatura de cor

Lopes (2014) conceitua a temperatura de cor (T), cuja unidade é o Kelvin (K), é como um parâmetro relacionado com a sensação de conforto que uma lâmpada proporciona em um determinado ambiente.

Como um corpo metálico que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco, quanto mais claro o branco (semelhante à luz diurna ao meio-dia), maior é a temperatura de cor (aproximadamente 6.500 K). A luz amarelada, como a de uma lâmpada incandescente, possui uma temperatura de cor em torno de 2.700 K (OSRAM, 2009).

Para a maior parte dos pontos de iluminação pública a temperatura de cor das lâmpadas não é um fator importante. Em geral, as vias são iluminadas tendo em vista os custos com a manutenção e a economia de energia elétrica alcançada com a vida mediana alta e a eficiência energética das lâmpadas. As lâmpadas comumente utilizadas são as de vapor de sódio de alta pressão, com aparência amarelada e temperatura de cor compreendida na faixa de 1.900 a 2.800 K (SALES, 2011).

2.6.6. Índice de reflexão

O índice ou fator de reflexão é a relação entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente que varia em função das cores e acabamentos das superfícies, além das suas características de refletância, e não possui unidade de medida (SOARES, 2016).

2.6.7. Índice de reprodução de cor

O índice de reprodução de cor (IRC) de uma fonte luminosa é a comparação da aparência de uma superfície iluminada por uma fonte artificial com a sua medida de cor real, iluminada pelo sol. Uma fonte com IRC 100% é a que apresenta as cores de um objeto com máxima fidelidade (LOPES, 2014).

Sales (2011) mostrou que uma lâmpada com IRC de 60 a 70 é considerada boa e é indicada para áreas de circulação, por exemplo. As lâmpadas com IRC acima de 80 são consideradas ótimas e são destinadas principalmente a em locais em que a distinção de cores é importante, como lojas, floriculturas, escritórios, entre outros. As lâmpadas que apresentam melhores IRC são aquelas que possuem filamento, tanto incandescentes comuns como halógenas, pois estes tipos de lâmpadas imitam a luz do Sol, por incandescência. Assim como a temperatura de cor, o índice de reprodução de cor não é um fator importante para a maioria dos pontos de iluminação pública.

2.6.8. Eficiência energética

De acordo com OSRAM (2009), as lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes fluxos luminosos que elas irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para que se faça esta comparação entre elas, é necessário o conhecimento dos lúmens gerados por unidade de potência (watt) absorvido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética, medida em lúmen por watt (lm/W). Como geralmente as lâmpadas são instaladas dentro de luminárias, o fluxo luminoso final acaba sendo inferior ao irradiado pela lâmpada, devido à absorção, reflexão e transmissão da luz pelos materiais com que constituem as luminárias.

2.7. Iluminação Pública no Brasil

Segundo a norma NBR 5101 (ABNT, 2018), a iluminação pública tem como objetivo fornecer luz ou claridade artificial aos logradouros públicos no período noturno ou nos possíveis dias mais escuros, inclusive os permanentes. Ainda, proporciona visibilidade para a segurança do tráfego de veículos e pedestres, de forma rápida, precisa e confortável.

A iluminação pública corresponde a aproximadamente 4,5% da demanda nacional de energia elétrica no Brasil e a 3,4% do consumo total do país. Isso é equivalente a uma demanda de 2,2 GW de potência e a um consumo de 10,3 bilhões de kWh/ano. Existem aproximadamente 13 milhões de pontos de iluminação públicas instaladas no Brasil. Marcato (2008) acrescenta que um levantamento realizado pelo Procel/Eletróbrás em 2004 junto às distribuidoras de energia elétrica, mostrou que 46,21% dos pontos de iluminação pública se localizam na Região Sudeste, 21,39% no Nordeste, 19,15% no Sul, 9,40% no Centro-Oeste, e 3,85% na Região Norte.

Sales (2011) comenta que o inventário elaborado pela Eletróbrás em 2008 revelou que as participações das lâmpadas de baixa eficiência energética, vapor de mercúrio, mistas e incandescentes somavam 35,48% do total de pontos de iluminação pública do país. Este valor expressivo aponta para um grande potencial de melhoria da eficiência energética do sistema de iluminação pública brasileiro. As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão correspondiam na época a 62,93% do total, sendo mais eficientes que as outras.

Para Lopes (2014), nos últimos anos, a iluminação pública evoluiu no Brasil. As luminárias brasileiras oferecem alto grau de proteção, em função dos sistemas de vedação utilizados, e os componentes são de alta qualidade, o que torna estes produtos mais eficientes e com excelente rendimento luminotécnico. As lâmpadas de LED vêm sendo cada vez mais empregadas na iluminação pública no país, proporcionando maior luminosidade, menor consumo, custo inferior, menor poluição e menor propagação de calor.

A norma NBR 5101 (ABNT, 2018) estabelece os requisitos para iluminação de vias públicas, propiciando segurança aos tráfegos de pedestres e de veículos.

2.8. Projeto do Sistema de Iluminação Pública

Segundo a NBR 5101 (ABNT, 2018), os projetos de iluminação pública devem trazer benefícios sociais e econômicos para os cidadãos, incluindo:

- a) Redução de acidentes noturnos;
- b) Melhoria das condições de vida, principalmente nas comunidades carentes;
- c) Auxílio à proteção policial, com ênfase na segurança dos indivíduos e propriedades;
- d) Facilidade do fluxo do tráfego;

- e) Destaque a edifícios e obras públicas durante à noite;
- f) Eficiência energética.

Para COPEL (2019), um bom planejamento e uma eficiente gestão do sistema de iluminação pública resultam em diversos aspectos positivos para os municípios, dos quais se destacam:

- Projetos de melhoria na iluminação pública trazem para a população uma imagem de modernidade e exemplo de eficiência;
- Adoção de ações de aumento da eficiência no sistema de iluminação pública é considerada simples, com resultados claramente percebidos pela população;
- Oportunidade de aquisição de equipamentos eficientes que possuam a etiqueta INMETRO ou Selo PROCEL, como lâmpadas e luminárias, através de licitações que exijam melhores níveis de eficiência energética;
- Resultados de uma iluminação pública eficiente transformam-se em exemplo de uso racional de energia elétrica e preservação do meio ambiente;
- Política de segurança pública atingirá melhores resultados a partir da gestão do sistema de iluminação pública;
- Autonomia para a definição dos padrões e da identidade visual dos sistemas, com base em critérios sustentáveis.

2.8.1. Classificação das vias

Via é uma superfície onde transitam veículos, pessoas e animais, abrangendo pista, acostamento, calçada, ilha e canteiro central, podendo ser via urbana ou via rural. Ao se projetar a iluminação pública, deve-se avaliar a característica da via e se esta possui características de volume de tráfego ou de classificação de velocidade superior ou inferior às estabelecidas para cada tipo de via, conforme o Código de Trânsito Brasileiro (ABNT, 2018).

Conforme a norma NBR 5101 (ABNT, 2018), as vias urbanas são caracterizadas pela existência de construções às suas margens, com presença de tráfego motorizado e de pedestres. Estas vias são divididas da seguinte forma:

- a) Vias de trânsito rápido: São avenidas e ruas asfaltadas, exclusivas para tráfego motorizado, onde não há predominância de construções. Há baixo

trânsito de pedestres e de trânsito intenso de veículos, com velocidade máxima de 80 km/h;

- b) Vias arteriais: São vias exclusivas para tráfego motorizado, caracterizadas por grande volume e pouco acesso de tráfego, diversas pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. Essas vias servem especificamente a grandes geradores de tráfego e viagens de longas distâncias, mas podem também servir de tráfego local. Sua velocidade máxima é de 60 km/h;
- c) Vias coletoras: São vias dedicadas exclusivamente ao tráfego motorizado, que se caracterizam por um volume de tráfego inferior e por um acesso de tráfego superior em relação às vias arteriais, limitando a velocidade em 40 km/h;
- d) Vias locais: Vias que permitem acesso às edificações e às demais vias urbanas, com grande acesso e pequeno volume de tráfego. Sua velocidade máxima é de 30 km/h.

Ainda segundo a NBR 5101 (ABNT, 2018), as vias rurais, mais conhecidas como estradas de rodagem, nem sempre apresentam exclusivamente o tráfego motorizado e dividem-se de acordo com as seguintes categorias:

- a) Rodovias: São vias dedicadas ao tráfego motorizado, pavimentadas, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Podem ter trechos classificados como urbanos, com velocidades máximas de 110 km/h (para automóveis e camionetas), 90 km/h (para ônibus e micro-ônibus) e 80 km/h (para os demais veículos);
- b) Estradas: São vias para tráfego motorizado, com ou sem acostamento, com tráfego de pedestres. Podem ter trechos classificados como urbanos, as vias rurais não pavimentadas, com velocidade máxima de 60 km/h.

A classe de iluminação das vias é determinada com base nesta classificação das vias e também na classificação dos volumes de tráfego. A Tabela 6 classifica o volume de tráfego das vias como leve, médio ou intenso. A partir desta classificação e da descrição da via obtém-se a classe de iluminação, determinada pela NBR 5101 (ABNT, 2018), conforme a Tabela 7.

Tabela 6 - Classificação do volume de tráfego em vias públicas

Classificação	Volume de tráfego noturno ^a de veículos por hora, em ambos os sentidos ^b , em pista única
Leve (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1.200
Intenso (I)	Acima de 1.200

^a - Valor máximo das médias horárias obtidas nos períodos compreendidos entre 18 h e 21 h;

^b - Valores para velocidades regulamentadas por lei.;

NOTA: Para vias com tráfego menor do que 150 veículos por hora, consideram-se as exigências mínimas do grupo leve (L) e, para vias com tráfego muito intenso, superior a 2.400 veículos por hora, consideram-se as exigências máximas do grupo de tráfego intenso (I).

Fonte: ABNT (2018).

Tabela 7 - Classes de iluminação para cada tipo de via

Descrição da via	Classe de iluminação
<i>Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; Autoestradas</i>	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
<i>Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo</i>	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
<i>Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado</i>	
Volume de tráfego intenso	V2
Volume de tráfego médio	V3
Volume de tráfego leve	V4
<i>Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial</i>	
Volume de tráfego médio	V4
Volume de tráfego leve	V5

Fonte: ABNT (2018).

2.8.2. Características luminotécnicas

Cada classe de iluminação de vias possui sua respectiva iluminância média mínima ($E_{med,min}$), dada em lux, e seu fator de uniformidade mínimo (U), sem unidade, descritos na Tabela 8. A iluminância média mínima é uma média dos valores de iluminância média horizontal medidas ao nível da via, em uma malha de pontos considerável. O menor valor de iluminância (E_{min}), deve atender ao fator de uniformidade mínimo e ser superior a 1 lux (ABNT, 2018).

Tabela 8 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação

Classe de iluminação	Iluminância média mínima ($E_{med,mín}$) [lux]	Fator de uniformidade mínimo ($U = E_{mín} / E_{med}$)
V1 ⁽¹⁾	30	0,4
V2 ⁽²⁾	20	0,3
V3 ⁽³⁾	15	0,2
V4 ⁽⁴⁾	10	0,2
V5 ⁽⁵⁾	5	0,2

⁽¹⁾V1 - Vias arteriais com volume de tráfego intenso;

⁽²⁾V2 - Vias arteriais com volume de tráfego médio ou vias coletoras com volume de tráfego intenso;

⁽³⁾V3 - Vias coletoras com volume de tráfego médio;

⁽⁴⁾V4 - Vias coletoras com volume de tráfego leve ou vias locais com volume de tráfego médio;

⁽⁵⁾V5 - Vias locais com volume de tráfego leve.

Fonte: ABNT (2018).

2.8.3. Composição do sistema

Os sistemas de iluminação pública são caracterizados por todos seus componentes, para propiciar uma qualidade no serviço fornecido e a eficiência na conversão da energia em luz (SILVA, 2006). Os principais componentes existentes no sistema de iluminação pública são: lâmpadas, reatores, ignitores, relé fotoelétrico, luminárias, sistema de fixação, redes de distribuição e dispositivos de proteção.

2.8.3.1. Lâmpadas

As lâmpadas são os principais componentes dos sistemas de iluminação pública, transformando a energia elétrica em energia luminosa e/ou energia térmica. O fluxo luminoso nominal e a potência da lâmpada são os principais dados que caracterizam o sistema de iluminação pública, porém todos os demais componentes do sistema devem atuar de forma integrada, permitindo assim que o fluxo luminoso produzido pela lâmpada seja efetivamente aproveitado (SILVA, 2006).

Segundo Nogueira (2013), as lâmpadas de descarga em alta pressão são as mais utilizadas no sistema de iluminação pública. Nestas lâmpadas, o fluxo luminoso é produzido, direta ou indiretamente, através da passagem de corrente elétrica por uma mistura gasosa composta de gases inertes e vapores metálicos. Esta mistura de gases é confinada em um tubo de descarga transparente, que contém eletrodos em suas extremidades. Os três tipos de lâmpadas de descarga mais utilizadas na iluminação pública são: lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão, lâmpadas de vapor de mercúrio em alta pressão e lâmpadas de multivapores metálicos.

Além destes três principais tipos, devido ao aumento do fluxo luminoso, elevada eficácia luminosa e longa vida útil, o uso de lâmpadas de LED em iluminação pública vem

se difundindo ao longo do tempo e tornando-se cada vez mais presente nas cidades. No item 2.8.4 estes tipos de lâmpadas são descritos com maior detalhamento.

Lâmpada de Vapor de Sódio em Alta Pressão

A lâmpada de vapor de sódio em alta pressão é a mais eficiente do grupo de lâmpadas de descarga em alta pressão. A luz é produzida pela excitação de átomos de sódio juntamente a um processo complexo de absorção e reirradiação em diferentes comprimentos de onda. O resultado deste processo é uma luz branco-dourada com eficiência luminosa de 130 lm/W (COPEL, 2018).

Lâmpada de Vapor de Mercúrio em Alta Pressão

As lâmpadas vapor de mercúrio em alta pressão produzem a luz a partir da combinação de excitação e fluorescência. A descarga de mercúrio no tubo de arco produz uma energia visível na região do azul e do ultravioleta. O bulbo, envoltório de vidro que protege o filamento da lâmpada e dá forma, é revestido por fósforo, que converte o ultravioleta em luz visível na região do vermelho. O resultado disso é uma luz com boa reprodução de cores e eficiência luminosa de até 60 lm/W (COPEL, 2018).

Lâmpada de Multivapores Metálicos

A lâmpada de multivapores metálicos é uma evolução da lâmpada de vapor de mercúrio, fisicamente similar à lâmpada de vapor de sódio. Seu princípio de funcionamento é basicamente o mesmo da lâmpada de vapor de mercúrio, porém a lâmpada de multivapores é mais eficiente e com maior IRC. O efeito visual obtido é de brilho intenso (FERREIRA, 2018).

2.8.3.2. Reatores

Segundo Silva (2018), as lâmpadas de descarga têm como característica sua impedância reduzida com a elevação da corrente, exigindo a instalação de um limitador desta corrente no circuito. Sem este dispositivo a corrente se elevaria, até a destruição da lâmpada. Esta função é desempenhada pelo reator, que também mantém a lâmpada operando dentro dos limites adequados estabelecidos. Ele pode ser instalado dentro ou fora da luminária.

Os reatores mais utilizados são os reatores eletromagnéticos. Esses equipamentos são de baixo custo, recicláveis, robustos, elevado fator de potência, têm longa vida útil e sua eficiência é acima de 90%. Como pontos negativos, possuem elevado peso e volume,

efeito estroboscópico, ruído audível, sensibilidade a variações de tensão da rede elétrica de alimentação e não são dimerizáveis (possibilidade de regular o brilho da lâmpada) (NOGUEIRA, 2013).

Existem também os reatores eletrônicos, que são dispositivos mais modernos para o acendimento de lâmpadas de descarga em geral. São constituídos basicamente por componentes eletrônicos, como diodos, resistores, capacitores, transistores, filtros, fusíveis, varistores entre outros. Como vantagens, destaca-se que são silenciosos, mais leves, mais compactos, consomem menos energia, emitem menos calor no ambiente e possuem vida útil elevada (COPEL, 2018).

2.8.3.3. Ignitores

O ignitor é um dispositivo utilizado para o acionamento de lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão e de multivapores metálicos, gerando pulsos de alta tensão para que sejam ionizados os gases existentes no tubo de descarga, possibilitando assim o estabelecimento de uma corrente elétrica no interior da lâmpada. O pulso de tensão necessário para a ignição da lâmpada é proporcional à potência da lâmpada e ao tamanho do tubo de descarga (RODRIGUES, 2012).

2.8.3.4. Relé fotoelétrico

O relé fotoelétrico, também conhecido como fotocélula, é utilizado para controlar o acionamento e desligamento das lâmpadas automaticamente, de acordo com a luminosidade do ambiente. Pode ser utilizado para comandar o acendimento de um único ponto de iluminação ou de um grupo de lâmpadas. Seu funcionamento consiste na abertura ou fechamento de um contato elétrico, de acordo com a luminosidade do ambiente. Em comparação aos demais componentes do sistema de iluminação pública, o relé fotoelétrico é um dispositivo de baixo custo e de fácil conexão, o que otimiza o seu processo de manutenção (RODRIGUES, 2012).

2.8.3.5. Luminárias

Segundo a COPEL (2012), inicialmente as luminárias tinham apenas a função de servir como sustentação e interface de conexão entre as lâmpadas e a rede elétrica, sem proteger a lâmpada de agentes externos e sem direcionar o fluxo luminoso para o local onde se deseja iluminar. Buscando aumentar a eficiência luminosa da luminária, diversos tipos de conjuntos ópticos foram desenvolvidos, com a função de direcionar a maior parte do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas para iluminar apenas as áreas de interesse, reduzindo conseqüentemente a poluição luminosa causada pela dispersão de luminosidade.

A luminária de iluminação pública normalmente é composta por um conjunto óptico, composto por um refletor e difusor, um sistema de fixação da luminária no poste, uma base para fixação da lâmpada e um invólucro para oferecer proteção aos componentes internos da luminária. Algumas características importantes que devem ser analisadas em luminárias aplicadas em iluminação pública, como o seu rendimento luminotécnico, o grau de proteção (IP), a distribuição fotométrica, a resistência mecânica, a resistência elétrica, a segurança elétrica, entre outras características (NOGUEIRA, 2013).

2.8.3.6. Sistema de fixação

A luminária escolhida deve ser adequada para a instalação nos braços e suportes existentes nos locais em que serão instaladas. O sistema de fixação da luminária deve ser dimensionado para que, além do peso proveniente da luminária, suporte também as cargas de vento, vibrações, atos de vandalismo e impactos provenientes de colisões de veículos nos postes (LOPES, 2002).

2.8.3.7. Redes de distribuição

Segundo Santana (2010), as redes de distribuição de energia elétrica pertencem à concessionária local de energia elétrica. Estas redes tem a função de transportar a energia elétrica dentro de uma cidade, alimentando também as luminárias de iluminação pública.

2.8.3.8. Dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção do sistema de iluminação pública tem a função de proteger os componentes do circuito contra sobrecorrentes e descargas atmosféricas (LOPES, 2002). O disjuntor protege o circuito contra sobrecargas e curto-circuitos, enquanto o para-raios protege o circuito contra surtos de tensão, normalmente de origem atmosférica (NOGUEIRA, 2013).

2.8.4. Lâmpadas de LED

Segundo Sales (2011), o Diodo Emissor de Luz ou *Light Emitting Diode* (LED) é uma partícula de material semicondutor, constituído por componentes ópticos, usados para moldar o seu padrão de radiação e ajudar na reflexão da luz. Foi inicialmente desenvolvido para a utilização em sistemas de sinalização e indicação visual nas cores vermelha e verde. A partir do desenvolvimento de novas tecnologias de materiais semicondutores foi possível a emissão de luz na cor branca, possibilitando que o LED fosse utilizado também para iluminação de ambientes e, mais recentemente, para a iluminação pública.

Lopes (2014) afirma que o uso racional dos recursos é uma preocupação que cresce a cada dia, devido ao desequilíbrio ambiental. A lâmpada LED é uma alternativa que contribui para uma melhor utilização dos recursos energéticos, pois não possui materiais danosos ao meio ambiente, ao contrário da lâmpada fluorescente, por exemplo. Assim, quando descartado, o LED contamina menos o meio ambiente, pois é constituído de poucas matérias, predominando o alumínio, que pode ser reprocessado com mais facilidade que diversos outros materiais.

Os LED's atualmente são divididos em três categorias: LED para indicação e sinalização, cujo invólucro tem cor específica e são utilizados em painéis elétricos e equipamentos eletrônicos; LED de alto brilho, com invólucro transparente, sendo utilizados em luminárias internas e equipamentos portáteis de iluminação; e LED de alta potência, que possui uma potência superior a 1 W, sendo possível inclusive de se fabricar com potência acima de 30 W, utilizados para iluminação interna e externa, com alto fluxo luminoso (SALES, 2011).

A Tabela 9 apresenta uma análise comparativa entre as lâmpadas convencionais e as lâmpadas LED. Apenas características fundamentais foram consideradas, apresentando as faixas para cada parâmetro comumente presentes nos catálogos de fabricantes (FERREIRA, 2018).

Tabela 9 - Comparações das características fundamentais dos principais tipos de lâmpadas empregadas na iluminação pública

Tipo de lâmpada	Eficiência luminosa (lm/W)	Vida útil (h)	IRC (%)	Temperatura de cor (K)
Vapor de mercúrio	46 - 55	9.000 - 15.000	40 - 55	3.900 - 4.300
Vapor metálico	82 - 104	8.000 - 12.000	65 - 85	3.000 - 4.200
Vapor de sódio	80 - 150	18.000 - 32.000	22	1.950 - 2.800
LED	35 - 130	50.000 - 100.000	75 - 95	5.000 - 6.500

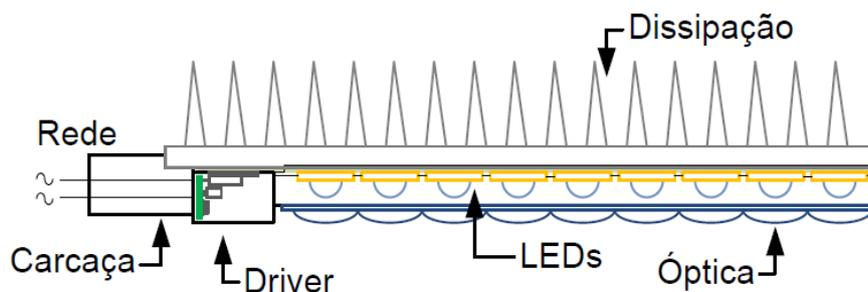
Fonte: Adaptado de Ferreira (2018).

A partir destes dados pode-se concluir que as lâmpadas LED são bastante vantajosas em relação às convencionais, com destaque especialmente para a vida útil, bastante superior às demais lâmpadas avaliadas. Estas lâmpadas possuem também alto índice de reprodução de cores e elevada eficiência luminosa. Além disso, outra característica bastante marcante é sua temperatura de cor, que faz com que a iluminação proporcionada pelas lâmpadas LED seja mais próxima do branco do que do amarelo.

2.8.5. Luminárias LED para Iluminação Pública

Para Nogueira (2013), a estrutura simplificada de uma luminária LED aplicada em iluminação pública é composta basicamente por quatro partes, conforme indicado na Figura 26: LEDs, estrutura óptica, carcaça e driver.

Figura 26 - Estrutura básica de uma luminária LED de iluminação pública



Fonte: Nogueira (2013).

As estruturas ópticas das luminárias são compostas por lentes, colimadores e refletores. Desta forma elas podem otimizar o pequeno ângulo de abertura do feixe luminoso emitido pelos LEDs. Em alguns modelos, o aumento da abertura do feixe luminoso é realizado através da curvatura da superfície de montagem dos LEDs (NOGUEIRA, 2013).

Segundo Ferreira (2018), em LEDs de alta potência, entre 15% e 30% da potência de entrada é convertida em luz, sendo 70% a 85% convertida em calor. Por esta razão, as luminárias possuem uma estrutura de dissipação de calor, responsável por fazer transferência de calor gerado pela junção dos LEDs para o ambiente de forma rápida e eficiente, auxiliando no aumento da vida útil do LED. O dissipador de calor geralmente compõe a estrutura da carcaça.

O driver é o dispositivo responsável pelo acionamento e controle dos LEDs, adequando a corrente de alimentação da luminária e garantindo o seu correto funcionamento. Além disso, eles podem incorporar funções como dimetrisação e telecomunicação à luminária (NOGUEIRA, 2013).

Sales (2011) afirma que a utilização de luminárias LED tem como imediata consequência a redução no consumo de energia elétrica, possibilitando assim uma redução no custo com iluminação pública para as prefeituras. Como as luminárias LED requerem menor potência, ocorre a liberação da demanda nos cabos de distribuição e transmissão de energia e respectiva redução de perda nestes. Há também uma redução do custo operacional nos sistemas de iluminação pública, relacionada com a maior vida útil dos

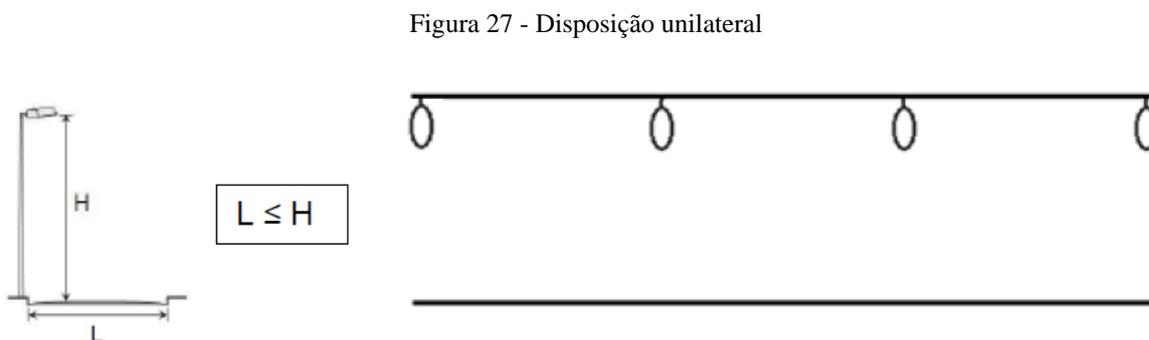
LEDs, aferida em no mínimo 50.000 horas, que, considerando uma utilização diária de 12 horas, é equivalente a 12 anos de vida útil, reduzindo assim a necessidade de manutenção periódica.

2.8.6. Disposição das luminárias

De acordo com CPFL Energia (2017), ao se definir o tipo de fonte luminosa, as suas características e a sua altura de montagem, o projetista deve especificar a disposição dos postes na via. Basicamente existem cinco alternativas para a disposição dos postes e das unidades de iluminação pública. O posicionamento da luminária sempre é perpendicular à via.

a) Disposição Unilateral

A disposição unilateral é a mais comum disposição dos postes de iluminação pública. Deve ser utilizada quando a largura da via (L) for igual ou menor que a altura de montagem (H) da luminária. A Figura 27 ilustra a disposição unilateral (CPFL ENERGIA, 2017).

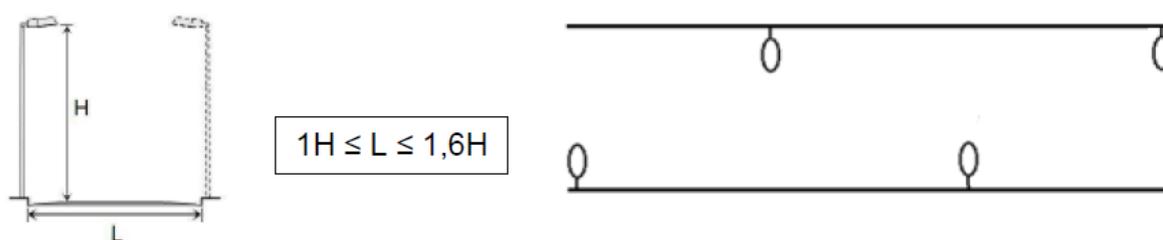


Fonte: CPFL Energia (2017).

b) Disposição Bilateral Alternada

A CPFL Energia (2017) afirma que a disposição bilateral alternada, com as luminárias em ambos os lados da via, em “zigue-zague”, deve ser aplicada quando a largura da via for entre 1,0 a 1,6 vezes a altura de montagem da luminária. A Figura 28 ilustra a disposição bilateral alternada.

Figura 28 - Disposição bilateral alternada

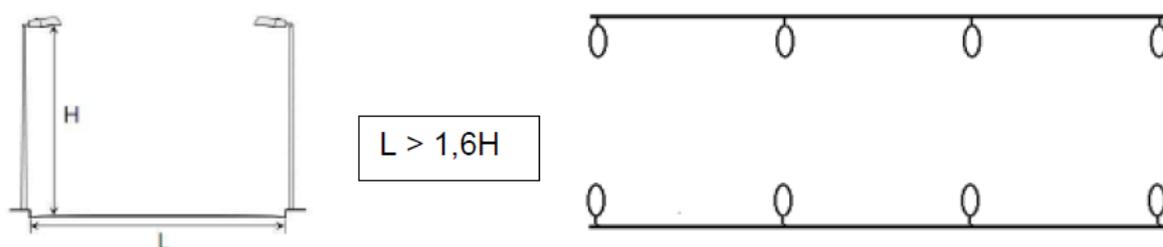


Fonte: CPFL Energia (2017).

c) Disposição Bilateral Frente a Frente

Diferente da disposição bilateral alternada, a disposição bilateral frente a frente configura-se com as luminárias posicionadas em ambos os lados da via, em um sistema frente a frente. Esta disposição deve ser utilizada quando a largura da via for superior a 1,6 vezes a altura de montagem da luminária. A Figura 29 ilustra a disposição bilateral frente a frente (CPFL Energia, 2017).

Figura 29 - Disposição bilateral frente a frente



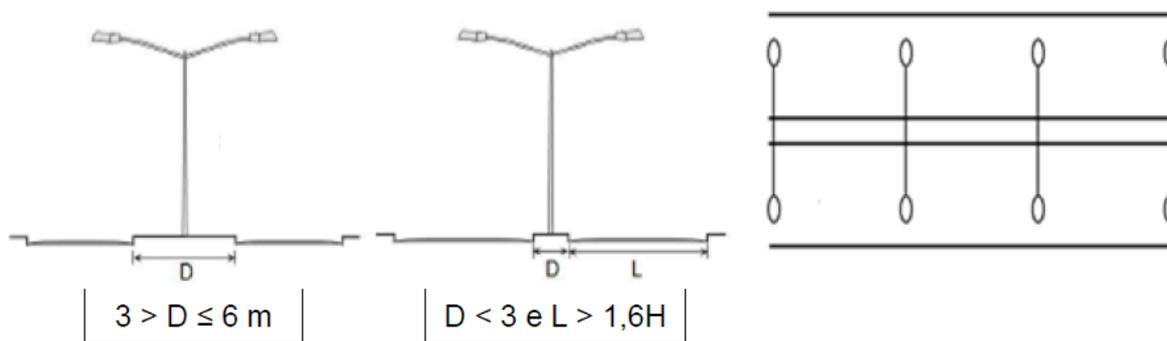
Fonte: CPFL Energia (2017).

d) Disposição no Meio do Canteiro Central

Segundo CPFL Energia (2017), a disposição no meio do canteiro central configura-se com duas luminárias instaladas em um único poste, posicionadas no canteiro central, com ângulo entre as luminárias de 180°.

A disposição no meio do canteiro central pode aparecer de três diferentes formas. A primeira delas é válida para canteiros centrais com largura entre 3 e 6 metros, bem como quando a largura da via for superior a 1,6 vezes a altura de montagem das luminárias e a largura do canteiro central (D) não ultrapassar 3 metros. A Figura 30 ilustra esta configuração (CPFL ENERGIA, 2017).

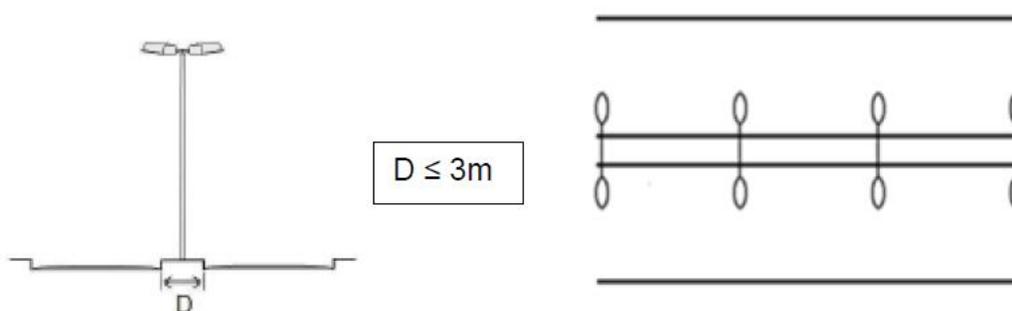
Figura 30 - Disposição central com braço



Fonte: CPFL Energia (2017).

Para casos onde a largura da via for menor ou igual a altura de montagem e quando a largura do canteiro central não ultrapassar 3 metros, utiliza-se o suporte núcleo no topo do poste e adota-se o posicionamento apresentado na Figura 31 (CPFL ENERGIA, 2017).

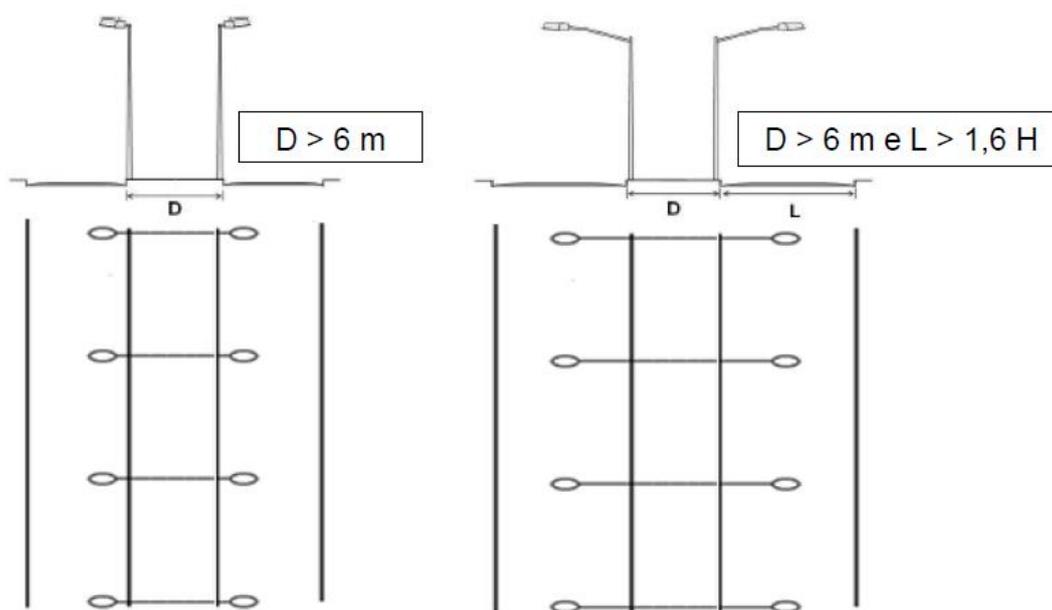
Figura 31 - Disposição central com suporte núcleo



Fonte: CPFL Energia (2017).

Ainda segundo CPFL Energia (2017), quando os canteiros centrais possuem uma largura igual ou superior a 6 metros, recomenda-se a utilização de postes em ambas as laterais do canteiro central, conforme ilustrado na Figura 32.

Figura 32 - Disposição central em canteiros maior que 6 metros



Fonte: CPFL Energia (2017).

e) Disposição Central (tirante)

Ainda, há a disposição central para as luminárias. Este tipo de disposição utiliza as luminárias suspensas em cabos fixados entre prédios ao longo do eixo da via. Pode ser utilizada em vias estreitas com construções em ambos os lados e em ruas com nível de arborização elevado. Caso as distâncias entre testadas for acima de 20 m ou as distâncias entre guias for acima de 15 m, pode-se utilizar duas luminárias por tirante. A Figura 33 ilustra a disposição central de luminárias (CPFL ENERGIA, 2017).

Figura 33 - Disposição central (tirante)



Fonte: CPFL Energia (2017).

2.9.Sistema Fotovoltaico de Iluminação

As fontes renováveis de energia, como a energia hidráulica, a eólica e a solar, são derivadas de uma das quatro fontes primárias de energia existentes na natureza: a energia cinética, a energia potencial, a energia eletromagnética e a energia nuclear. Sofrendo a ação humana, tais energias podem ser convertidas em fontes secundárias, como a energia mecânica da rotação e a energia elétrica (MARTINS *et al.*, 2011).

A potência de energia fornecida atualmente pelo Sol à atmosfera terrestre, 1,5 x 10¹⁸ kWh de energia, corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período de tempo. Uma das possíveis formas de conversão desta energia solar é obtida através do efeito fotovoltaico, que ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas. Estas células são componentes optoeletrônicos que convertem a energia emanada pelo Sol (fótons) em eletricidade e basicamente são constituídas de materiais semicondutores, sendo o silício o material mais empregado (CRESESB, 2008).

Os estudos da tecnologia fotovoltaica se iniciaram pela necessidade das empresas de telecomunicação de atender sistemas isolados em localidades remotas. Um segundo estímulo para a exploração desta tecnologia veio na corrida espacial, já que o sistema fotovoltaico era o mais barato e adequado para os longos períodos de permanência no espaço, sendo utilizada também em satélites (GHISI e PEREIRA, 2018).

Para a CRESESB (2008), a crise energética de 1973 renovou e ampliou o interesse em aplicações terrestres da energia fotovoltaica. Naquele momento, para tornar economicamente viável esta forma de conversão de energia, seria necessário reduzir em até 100 vezes o custo de produção das células fotovoltaicas em relação às células usadas em aplicações espaciais.

Entre as vantagens da energia fotovoltaica, destaca-se o fato de que a energia fornecida é limpa; silenciosa e livre de poluição. Além disso, a energia fotovoltaica permite uma geração descentralizada de energia elétrica, junto ao ponto de consumo, sem perdas de transmissão e distribuição. Ela contribui no adiamento da ampliação da rede elétrica e auxilia na redução do pico diurno de consumo. Além disso, os painéis fotovoltaicos podem contribuir esteticamente na arquitetura de edificações e no urbanismo (GHISI e PEREIRA, 2018).

Segundo SEBRAE/MT (2016), a energia solar fotovoltaica oferece grande regularidade no fornecimento de eletricidade e pode ser utilizada em todo o território do Brasil, já que todas as regiões do país possuem taxas elevadas de irradiação solar, com destaque para as regiões Nordeste e Centro-Oeste.

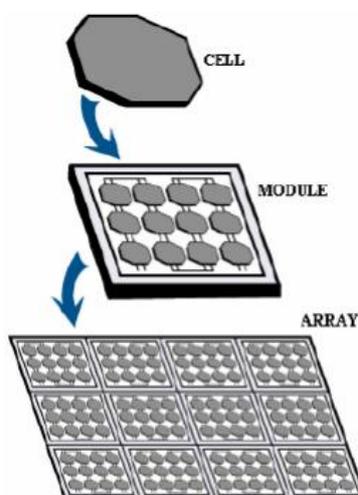
2.9.1. Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico é o componente unitário do gerador de energia solar. Ele é composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente

suficientes para a utilização prática da energia, ao mesmo tempo em que promove a proteção destas células (PINHO; GALDINO, 2014).

Ghisi e Pereira (2018) indicaram que a composição das células fotovoltaicas é geralmente feita de silício, o segundo componente em maior abundância na Terra, com 90% de suas reservas mundiais economicamente aproveitáveis estando no Brasil. A quantidade de células conectadas em paralelo influencia na capacidade de corrente que o módulo é capaz de gerar e a quantidade de células conectadas em série determina a tensão de operação do módulo. A Figura 34 esquematiza a composição de um painel fotovoltaico, com seus módulos compostos por células.

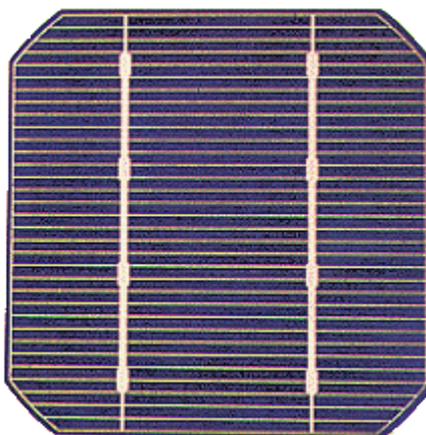
Figura 34 - Célula, módulo e painel fotovoltaico



Fonte: Ghisi e Pereira (2018).

As células de silício monocristalino são as mais utilizadas e comercializadas para converter a energia solar em eletricidade. O processo de fabricação atinge um grau de pureza próximo de 100%. Ele se inicia com a extração do cristal de dióxido de silício, que é desoxidado em grandes fornos e posteriormente é purificado e solidificado. Levando em conta o seu baixo custo, este tipo de célula é razoavelmente eficiente, sob o ponto de vista energético (CRESESB, 2008). A Figura 35 mostra a célula de silício monocristalino.

Figura 35 - Célula de silício monocristalino



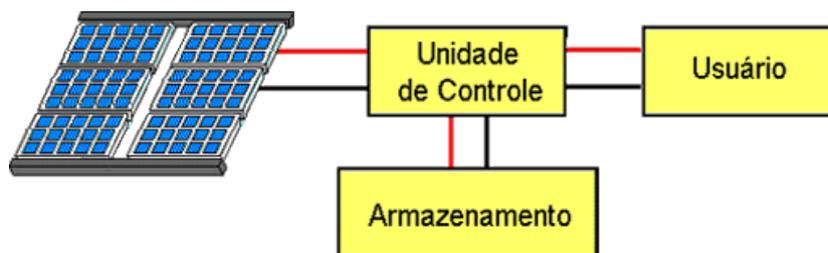
Fonte: CRESESB (2008).

Segundo Ferreira (2018), existe outros tipos de células fotovoltaicas: de silício policristalino e de silício amorfo. As células de silício policristalino são obtidas por fusão de silício puro em moldes especiais, esfriando lentamente e se solidificando, formando estruturas com diversos cristais. Elas necessitam de menos energia para a fabricação e sua eficiência é levemente inferior a das células de silício monocristalino. Já as células de silício amorfo apresentam alto grau de desordem na estrutura dos átomos, baixo custo de produção, baixa eficiência na conversão e considerável redução na eficiência ao longo da vida útil.

Um módulo fotovoltaico geralmente é identificado pela sua potência elétrica de pico (Wp), que é determinada a partir do ensaio STC (*Standart Teste Conditions*). Este ensaio considera a irradiância solar de 1.000 W/m^2 , massa do ar de $1,5 \text{ kg/m}^3$ e temperatura das células de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. A potência de pico representa a potência gerada em determinado ponto de operação onde a máxima potência pode ser alcançada (PINHO; GALDINO, 2014).

Segundo CRESESB (2008), os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três diferentes categorias: sistemas isolados, híbridos e conectados a rede. Os sistemas, independente a qual categorial pertença, segue uma configuração básica, possuindo uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento, conforme indicado na Figura 36.

Figura 36 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico



Fonte: CRESESB (2008).

Um dos sistemas que será proposto neste trabalho é um sistema fotovoltaico isolado. Segundo Pinho e Galdino (2004), os sistemas fotovoltaicos isolados ou autônomos geralmente necessitam de algum tipo de armazenamento de energia, como baterias ou banco de baterias, para que possa operar as cargas em períodos em que não haja geração fotovoltaica. Outro importante componente é o controlador de carga, responsável pelo controle e condicionamento de potência. Para a alimentação de equipamentos de corrente alternada (CA), já que a geração é em corrente contínua (CC), necessita-se do uso de um inversor.

2.10. Iluminação de Travessias para Pedestres

A norma NBR 5101 (ABNT, 2018) preconiza que uma iluminação adicional pode ser utilizada em conjunto com a sinalização vertical e horizontal em vias urbanas com tráfego intenso, onde existirem travessias para pedestres fora das esquinas. Essa iluminação tem a função de alertar os condutores de veículos com antecedência da presença de pedestres que cruzam a via, mas também permitir que os pedestres reconheçam com facilidade os limites da travessia e se posicionem dentro destes. A Tabela 10 apresenta as iluminâncias médias mínimas recomendadas pela norma para a travessia de pedestres.

Tabela 10 - Iluminância média mínima em travessias de pedestres

Classe de iluminação	Iluminância média mínima ($E_{med,min}$) [lux]	Iluminância média mínima horizontal na faixa de pedestres ($E_{med,min}$) [lux]	Iluminância média mínima vertical ($E_{med,min}$) [lux]
V1 ⁽¹⁾	30	52,5	22,5
V2 ⁽²⁾	20	35	15
V3 ⁽³⁾	15	26,25	11,25
V4 ⁽⁴⁾	10	17,5	7,5
V5 ⁽⁵⁾	5	10	4

⁽¹⁾V1 - Vias arteriais com volume de tráfego intenso;

⁽²⁾V2 - Vias arteriais com volume de tráfego médio ou vias coletoras com volume de tráfego intenso;

⁽³⁾V3 - Vias coletoras com volume de tráfego médio;

⁽⁴⁾V4 - Vias coletoras com volume de tráfego leve ou vias locais com volume de tráfego médio;

⁽⁵⁾V5 - Vias locais com volume de tráfego leve.

Fonte: ABNT (2018).

Com o objetivo de garantir que a passagem de pedestre esteja bem destacada na via, a NBR 5101 (ABNT, 2018) recomenda que as lâmpadas utilizadas para a iluminação das travessias tenham uma temperatura de cor distinta das lâmpadas que iluminam a pista de rolamento.

2.11. Projeto Travessia de Pedestres Iluminada

A Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo (CET, 2007), indica que uma das causas associadas aos atropelamentos noturnos é a deficiência de iluminação pública. Isto porque, ao atravessarem a via, os pedestres ficam menos visíveis para os motoristas. Por outro lado, a oferta de uma faixa de travessia bem iluminada na via faz com que as pessoas naturalmente a procurem, concentrando assim os trajetos de travessia em um único lugar, mais seguro.

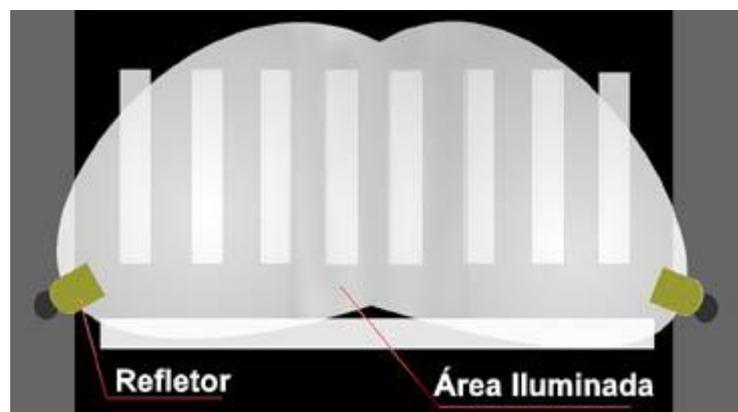
Uma iluminação concentrada nas faixas de pedestres pode ser utilizada e objetiva a redução dos riscos de acidentes noturnos e tornando as travessias mais visíveis e atrativas. Este tipo de iluminação é feita através da inserção de dispositivos implantados no piso ou em postes, a qual proporciona melhor visibilidade aos pedestres e, principalmente, para aos condutores de veículos (MELLO, 2008).

Nitzburg e Knoblauch (2001) constataram a eficácia da implantação de iluminação sobre faixas de pedestres em estudos realizados na cidade de Clearwater, na Flórida, Estados Unidos da América. O estudo se concentrou em travessias não semaforizadas, localizadas em vias arteriais com velocidade regulamentada de 40 km/h e com constante fluxo de pedestres ao longo de todo o dia, inclusive no período noturno. Apesar de não existirem registros de acidentes nestes pontos, a população local havia detectado anteriormente dificuldades para a realização das travessias durante a noite. As pesquisas constataram que houve um significativo aumento da utilização da faixa de pedestres tanto para os motoristas quanto para os pedestres.

Segundo Mello (2008), a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET, 1996) desenvolveu um projeto, com o objetivo de reduzir o número de atropelamentos noturnos, denominado de “Travessia de Pedestres Iluminada”. O projeto foi testado a partir de 03 de julho de 1996 em frente ao Terminal Rodoviário do Tietê, local onde ocorreram 27 atropelamentos no ano de 1995, sendo 56% destes no período noturno. A intenção do projeto era a de iluminar o pedestre no ângulo de visão do motorista, conforme exemplificado na Figura 37. Desenvolveu-se um refletor com o objetivo de direcionar toda

iluminação somente sobre a faixa de pedestres, fazendo com que a mesma ficasse em destaque para o motorista.

Figura 37 - Faixa iluminada utilizada no projeto "Travessia de Pedestres Iluminada"



Fonte: CET (2019).

Em uma pesquisa de opinião realizada pela CET (2019) com os pedestres e motoristas que utilizaram a faixa de pedestres estudada, os resultados se mostraram positivos no que se refere à segurança da travessia. A Tabela 11 resume a opinião destes usuários sobre as medidas adotadas.

Tabela 11 - Pesquisa de opinião sobre o projeto "Travessia de Pedestres Iluminada"

Opinião	Pedestres	Motoristas
Tornou a travessia mais segura	90,0%	91,1%
Melhorou a segurança pessoal contra assaltos	3,4%	-
Não melhorou em nada	4,6%	6,2%
A luz forte ofusca a visão	1,6%	2,7%
Poderia usar luz mais forte	0,4%	-

Fonte: CET (2019).

2.12. Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres

Devido ao sucesso obtido pelo projeto “Travessia de Pedestres Iluminada”, este foi aprimorado. Em 1997 teve início o “Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres”. Anteriormente, os dados de iluminação nas faixas eram de 6 a 10 lux de iluminação, mesmo que o mínimo desejável em norma seja de 20 lux. Posteriormente às modificações realizadas a partir dos projetos, as medições nos mesmos locais, após a instalação da iluminação sobre as faixas de pedestres, foram de 40 lux.

Até o final do ano de 2004 o programa havia sido implementado em mais de 3.000 faixas de pedestres, trazendo resultados significativos para a segurança aos pedestres (CET, 2007). O programa de iluminação de faixas de pedestres não sofreu nenhuma interrupção técnica ou suspensão desde o seu início, em 1997, estando ainda em vigor. Na

medida em que se constata a necessidade de iluminação de determinada faixa de pedestres, é elaborado projeto para a implantação. Os equipamentos necessários para a iluminação constam normalmente no rol de insumos e serviços contratados pela área de Sinalização da CET através de licitações públicas. Porém, sua implantação depende da disponibilidade de verbas e da priorização da Prefeitura Municipal de São Paulo (MARTINS, 2019).

De acordo com o CET (2007), as faixas de pedestres escolhidas podem ser localizadas em intersecções, semaforizadas ou não, ou em meios de quadra. A existência de luminárias públicas exatamente sobre as travessias não significa necessariamente que a iluminação esteja satisfatória. Para a escolha dos locais que receberiam as faixas iluminadas, a CET considerou três critérios, conforme a seguinte ordem de prioridade:

- Locais com deficiência de iluminação pública e frequência de atropelamentos noturnos;
- Locais com deficiência de iluminação pública e proximidade a polos geradores de tráfego, tais como escolas, terminais de ônibus, de metrô, hospitais etc.
- Locais com deficiência de iluminação pública e número significativo de pedestres durante a noite.

Com o objetivo de medir a eficácia do projeto, selecionou-se uma amostra de 57 locais, abrangendo um total de 103 faixas que foram iluminadas no ano de 1997. Para cada um desses locais comparou-se o número de atropelamentos ocorridos no período de no mínimo um ano e no máximo um ano e quatro meses antes da data de implantação da iluminação e os ocorridos num período de igual duração após essa data. Os resultados do confronto dos dados foram extremamente positivos. Houve 28 atropelamentos noturnos nos períodos anteriores à implementação da iluminação nesses 57 locais e apenas 14 nos períodos posteriores, representando uma expressiva redução de 50 % no número de atropelamentos noturnos (CET, 2007).

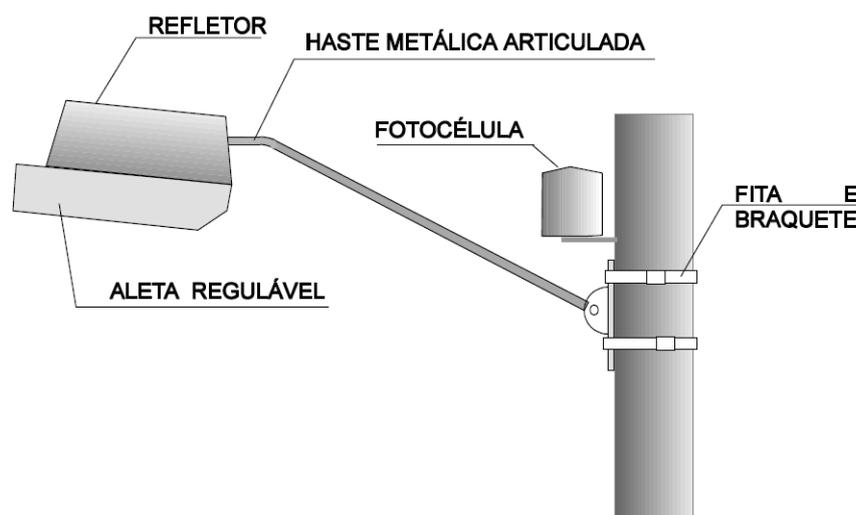
2.12.1. Detalhamento dos equipamentos e instalações

A definição dos equipamentos utilizados na implementação do Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres não foi imediata. Procurava-se uma luminária que concentrasse adequadamente o feixe de luz sobre a pintura da faixa de travessia no solo e que tivesse baixo custo. Como isso não foi encontrado no mercado, a CET, em parceria com um dos fabricantes, realizou uma série de testes e desenvolveu um protótipo que atendesse às características desejadas. Os equipamentos utilizados na implementação da

iluminação Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres são descritos a seguir (MARTINS, 2019).

A Figura 38 apresenta um esquema de montagem do *kit* de equipamentos para iluminação de faixa de pedestres (tipo A) desenvolvido pela CET. O refletor deve ser instalado a uma altura mínima de 4,5 m em relação ao solo.

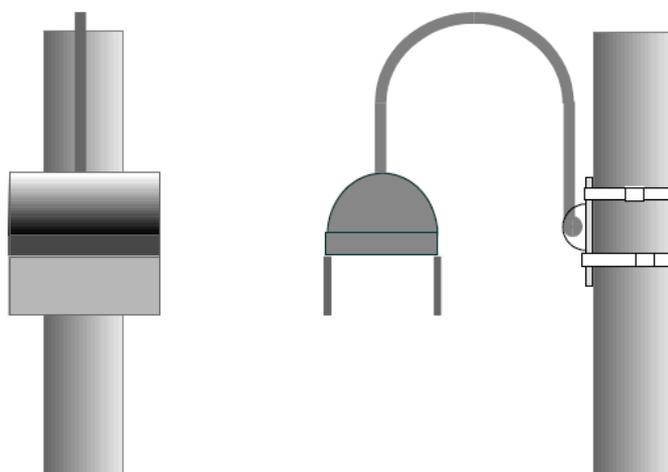
Figura 38 - *Kit* de equipamentos para iluminação de faixa em vias de pista única



Fonte: CET (2007).

Além desse, há um segundo modelo de *kit* de equipamentos (tipo B), destinado a canteiros centrais com largura inferior a 3 m. Não havendo risco de abalroamento da luminária no canteiro central, a sua altura mínima pode ser de 3 m, conseguindo-se com isso um maior rendimento de luminosidade. Este modelo é apresentado na Figura 39. Para vias com canteiro central de largura superior a 3 m, deve-se instalar um *kit* tipo A direcionado para cada uma das pistas.

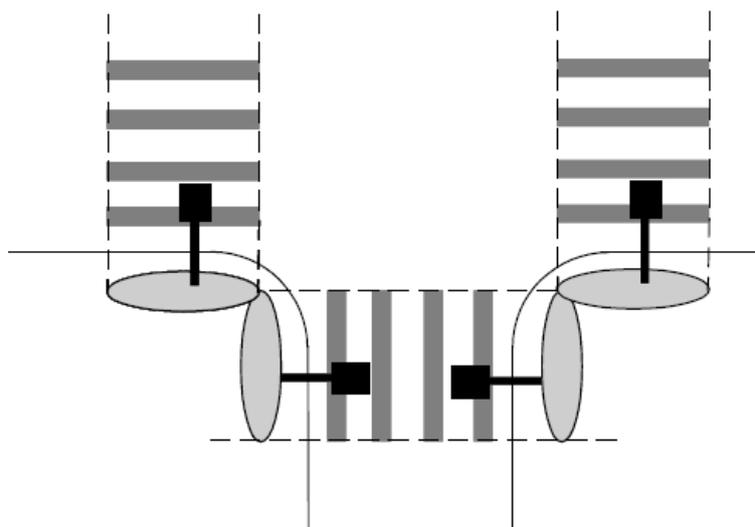
Figura 39 - *Kit* de equipamentos para iluminação de faixa em vias com canteiro central



Fonte: CET (2007).

As luminárias devem ser fixadas em colunas posicionadas preferencialmente no centro da travessia de pedestres. Postes de iluminação e colunas semafóricas também podem ser utilizados para a fixação destas luminárias. A Figura 40 esquematiza o local de instalação das luminárias.

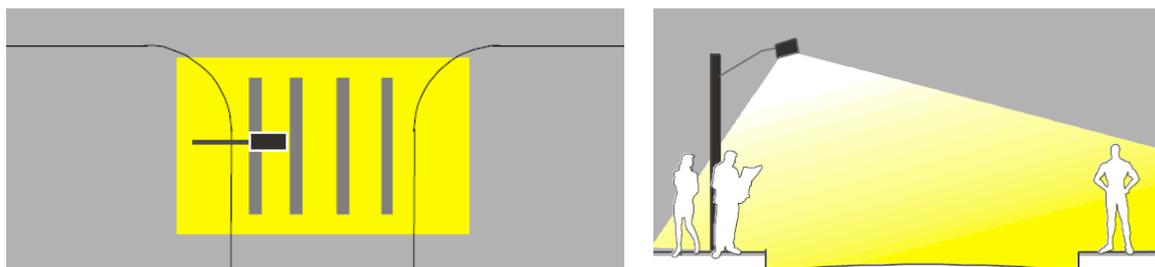
Figura 40 - Croqui da instalação das luminárias na via



Fonte: CET (2007).

A quantidade de luminárias a ser instalada é selecionada de acordo com a largura da via. Para vias com largura inferior a 8 m, uma única luminária deve ser instalada, conforme exemplificado na Figura 41.

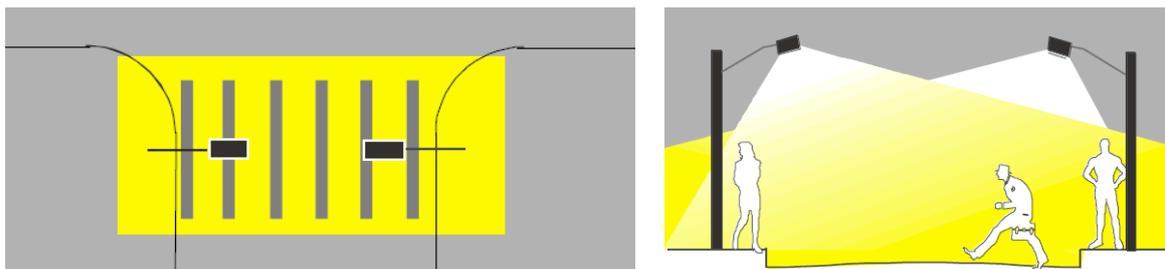
Figura 41 - Instalação em vias com largura inferior a 8 m



Fonte: CET (2007).

Para vias com largura superior a 8 m, duas luminárias devem ser instaladas, sendo uma em cada lado da via, conforme exemplificado na Figura 42.

Figura 42 - Instalação em vias com largura superior a 8 m



Fonte: CET (2007).

O sistema de iluminação das faixas de pedestres desenvolvido pela CET conta com as seguintes especificações técnicas:

- Lâmpada halógena, tipo lapiseira, 500 watts de potência, tensão de 220 volts e vida útil média de 2.000 horas;
- Acionamento através de fotocélula;
- Regulagem do feixe de luz por movimentação das aletas basculantes de alumínio;
- Fixação através de haste metálica, fita e braquete;
- Poste próprio ou outros (coluna semaforica, poste de iluminação etc).

2.13. Projeto de Lei Nº 8.729, de 2017

Segundo o Portal da Câmara dos Deputados (2017), no mês de setembro de 2017 iniciou a tramitação do Projeto de Lei Nº 8.729/17, que altera o Código de Trânsito Brasileiro, para tornar obrigatória a iluminação de faixas de pedestre.

De acordo com o texto, os locais destinados à travessia de pedestres deverão ser sinalizados com faixas pintadas ao longo da via e também iluminados de acordo com critérios regulamentados pelo Conselho Nacional de Trânsito Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), não cabendo este detalhamento às leis federais (BRASIL, 2017c).

A proposta baseia-se no projeto “Travessia de Pedestres Iluminada”, desenvolvido pela CET no ano de 1996, e em seus resultados. A argumentação reforça que a faixa de luz canalizada induz o pedestre a atravessar na faixa e faz com que o motorista fique mais atento às travessias, contribuindo para a diminuição do número de atropelamentos (PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2017).

Em abril de 2018 o projeto foi aprovado por unanimidade pela Comissão de Viação e Transportes da Câmara. Assim, em julho de 2018, o projeto passou pela Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania da Câmara e, em janeiro de 2019, foi arquivado, em

atendimento ao Regimento Interno da Câmara dos Deputados (PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2019).

O Artigo 105 do Regimento Interno da Câmara dos Deputados (BRASIL, 1989), ao final de uma legislatura são arquivados todos os projetos que tenham sido submetidos à deliberação da Câmara e ainda se encontrem em tramitação, salvo exceções. As propostas podem ser desarquivadas nos primeiros 180 dias da nova legislatura, a pedido de algum deputado, seguindo a tramitação do ponto em que pararam, ou seja, seguem a tramitação pela comissão seguinte que a analisará ou pelo Plenário da Câmara.

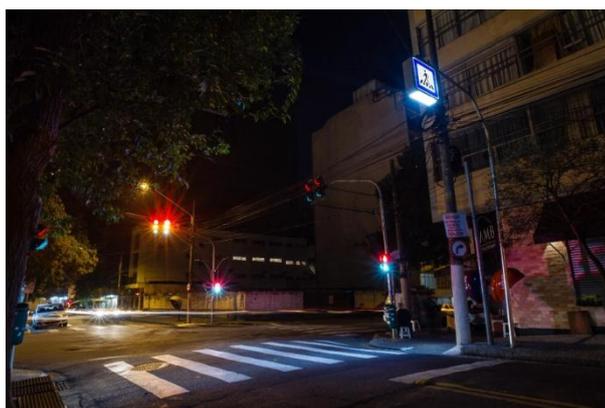
Sendo assim, considerando que a nova legislatura se iniciou em 01 de fevereiro de 2019, o PL Nº 8.729 pode ser desarquivado até o dia 31 de julho de 2019.

Este projeto de lei é de suma importância para os pedestres, pois sua aprovação tornaria a travessia de faixas de pedestres mais segura no período noturno, devendo se refletir na redução no número de acidentes de trânsito envolvendo pedestres. Os resultados deste tipo de projeto foram bastante positivos nas cidades em que foi aplicado e, caso a lei seja sancionada, passará a ser obrigatório em todo o território brasileiro.

2.14. Exemplos de Faixas de Pedestres Iluminadas

As Figuras 43 a 47 apresentam e ilustram exemplos de faixas de pedestres iluminadas.

Figura 43 - Faixa de pedestres iluminada em São Paulo/SP



Fonte: UOL Carros (2018).

Figura 44 - Faixa de pedestres iluminada em Manaus/AM



Fonte: Portal Marcos Santos (2018).

Figura 45 - Faixa de pedestres iluminada em *West Hollywood*, USA



Fonte: *WEHOville* (2013).

Figura 46 - Faixa de pedestres iluminada em Steinbrunn, Áustria



Fonte: *Neurotraffic* (2019).

Figura 47 - Faixa de pedestres iluminada na Eslováquia



Fonte: *Ecologic* (2019).

3. MATERIAIS E MÉTODO

O detalhamento da metodologia aplicada é descrito neste capítulo, assim como um levantamento da área de estudo, buscando caracterizar a Avenida Mauro Ramos, localizada em Florianópolis, Santa Catarina.

A Figura 48 mostra o fluxograma elaborado como base referencial para as etapas de desenvolvimento deste trabalho.

Figura 48 - Fluxograma das etapas de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Inicialmente, no trabalho foi realizada uma ampla revisão de literatura contemplando as normativas e diretrizes acerca de faixas de pedestres iluminadas. Posteriormente, foram elencadas as definições de trânsito, acidentes de trânsito e pedestre, com o objetivo de mostrar o panorama atual no Brasil, no Estado de Santa Catarina e, especialmente, da cidade de Florianópolis.

Posteriormente são caracterizados os tipos de faixas de pedestres e as sinalizações necessárias nas vias: vertical, horizontal e semafórica.

A revisão de literatura também abrangeu aspectos relacionados à iluminação e iluminação pública. Inicialmente são introduzidos os conceitos de iluminação necessários para o prosseguimento do trabalho. Após, foram apresentadas informações relativas à

iluminação pública no Brasil, como a classificação do sistema de iluminação e os componentes do sistema.

Na sequência, o trabalho abordou exemplos de faixas de pedestres iluminadas, detalhando os equipamentos que compõem um destes exemplos. Destaca também a tramitação de um projeto de lei que pode tornar as faixas de pedestre iluminadas obrigatórias no país.

Foi escolhida uma avenida da cidade de Florianópolis, Santa Catarina, para realizar o estudo de caso. Inicialmente foi feita a caracterização da área de estudo, descrevendo-a e apresentando detalhes de sua ocupação e importância para a cidade. Na sequência são apresentados e avaliados os dados de acidentes de trânsito registrados na via.

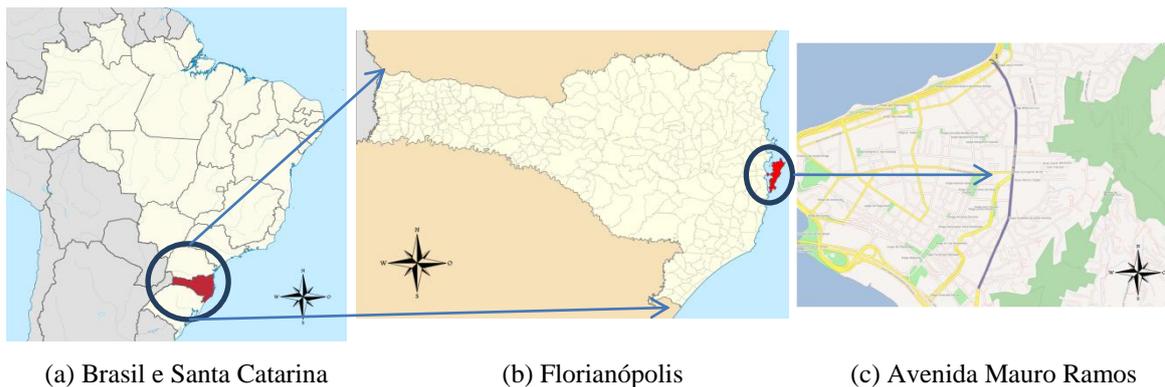
Na avenida, foram descritos os tipos de faixas de pedestres existentes ao longo da via e as condições atuais de suas respectivas sinalizações vertical, horizontal e semafórica, com base na normatização descrita na revisão de literatura. Também são avaliadas as condições de iluminação das faixas de pedestres da via.

Por fim, as melhorias necessárias são apresentadas e é proposta a adequação na iluminação das faixas de pedestres da avenida.

3.1. Área de Estudo

A área de estudo deste trabalho é um logradouro da capital do Estado brasileiro de Santa Catarina, Florianópolis. A capital é composta por uma ilha, denominada de Ilha de Santa Catarina, que contém ainda uma parte continental e algumas pequenas ilhas circundantes. O município possui uma área territorial total de 675,409 km² e uma população estimada, para o ano de 2018, de 492.977 pessoas (IBGE, 2019). A Figura 49 apresenta a localização do Estado de Santa Catarina no Brasil (a), a localização da cidade de Florianópolis no Estado de Santa Catarina (b) e a localização da Avenida Mauro Ramos na cidade de Florianópolis (c).

Figura 49 - Localização da área de estudo



(a) Brasil e Santa Catarina (b) Florianópolis (c) Avenida Mauro Ramos

Fonte: Adaptado de Wikipedia (2019_b); Wikipedia (2019_a); Prefeitura Municipal de Florianópolis (2016).

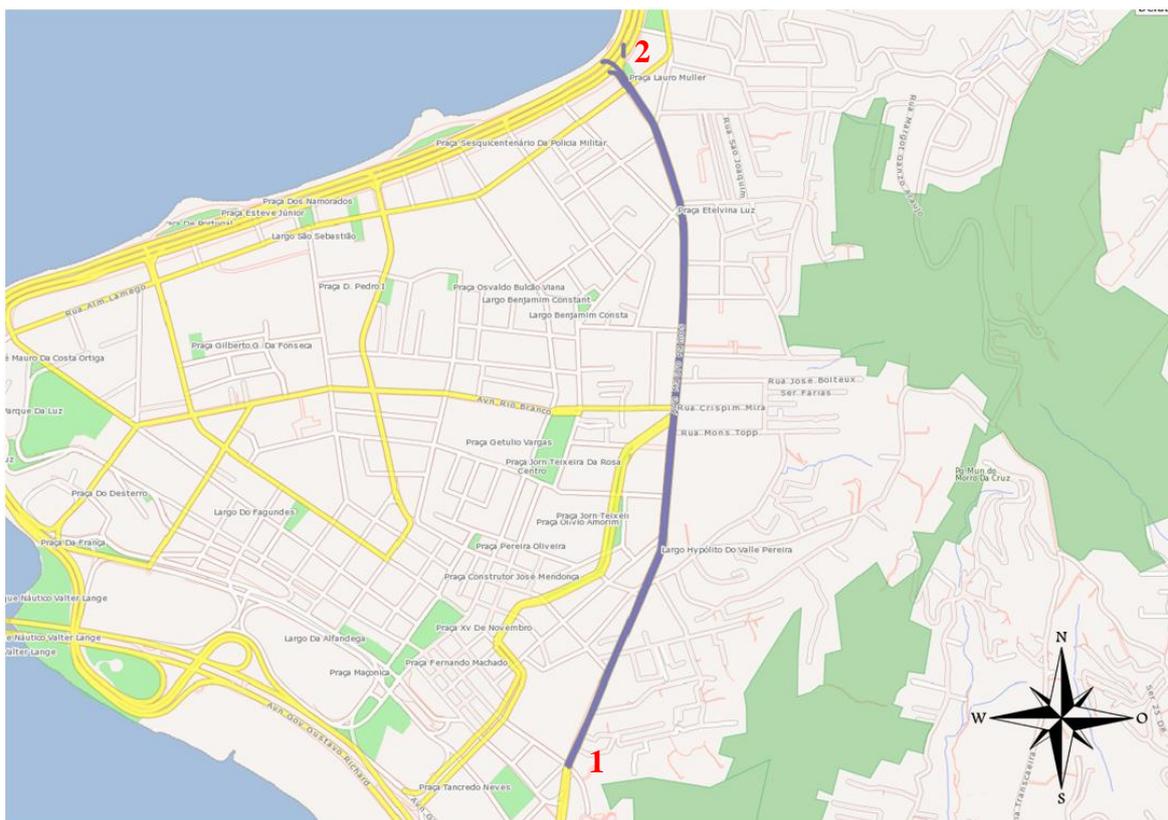
3.1.1. Avenida Mauro Ramos

A Avenida Mauro Ramos se localiza no bairro central da parte insular de Florianópolis e é uma das mais importantes avenidas da capital. Essa avenida apresenta localização estratégica porque liga dois importantes referências da ilha, ou seja, a Baía Sul a Baía Norte. A avenida foi construída na década de 1930 e leva o nome do prefeito da cidade na época (FLORIPAMANHÃ, 2009).

A configuração geométrica apresenta duas pistas de rolamento, duas faixas por sentido, divididas por um canteiro central. Trata-se da maior via que atravessa o centro da cidade na direção Norte-Sul, com extensão total de 2,1 km. Ainda, é uma das principais rotas do transporte público da cidade. Sua velocidade máxima permitida é de 60 km/h, sendo reduzida para 40 km/h na região das instituições de ensino.

A Figura 50 ilustra a localização da Avenida Mauro Ramos com destaque à sua extensão. A Avenida Mauro Ramos inicia no Instituto Estadual de Educação (Figura 50, em 1), com esquina com nas ruas Bulcão Viana e Menino Deus, que dá acesso ao Hospital de Caridade. Seu término é no encontro com a Avenida Beira Mar Norte (Avenida Rubens de Arruda Ramos e Avenida Governador Irineu Bornhausen), (Figura 50, em 2).

Figura 50 - Localização da Avenida Mauro Ramos



Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Florianópolis (2016).

Ao longo de sua extensão estão localizados edifícios residenciais e comerciais, pontos de comércio e edificações com grande fluxo de pessoas, como: o Instituto Estadual de Educação (IEE), maior colégio público do Estado; o Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC); o Beiramar *Shopping*; o Hotel Majestic; e a Catedral da Fé da Igreja Universal (IEE, 2012; IFSC, 2019).

A Figura 51 e a Figura 52 caracterizam a Avenida Mauro Ramos, ilustrando as informações descritas neste item.

Figura 51 - Caracterização da via



(a) Início da via – Esquina com Rua Bulcão Viana



(b) Início da via – Esquina com Rua Menino Deus



(c) Final da via – Esquina com Avenida Beira Mar Norte



(d) Detalhe das pistas de rolamento da avenida, com duas faixas por sentido e um canteiro central

Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2019)

Figura 52 - Principais edificações da via



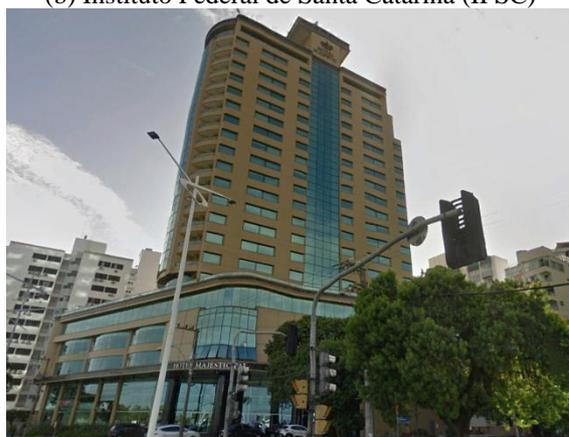
(a) Instituto Estadual de Educação (IEE)



(b) Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)



(c) Beiramar Shopping



(d) Hotel Majestic



(e) Catedral da Fé – Igreja Universal



(f) Edifícios residenciais



(g) Pontos de comércio



(h) Edifícios comerciais

Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2019)

4. RESULTADOS

Este capítulo descreve os resultados obtidos no estudo, as comparações com a normatização e legislação vigente e as melhorias sugeridas, propondo a implantação de faixas de pedestres iluminadas na Avenida Mauro Ramos.

4.1. Dados de Acidentes na Avenida Mauro Ramos

Os dados referentes aos registros dos acidentes de trânsito ocorridos na Avenida Mauro Ramos foram obtidos com o 4º Batalhão de Polícia Militar de Santa Catarina (4º BPM). O 4º BPM é a unidade operacional responsável pelo policiamento das regiões sul, leste e central de Florianópolis.

Desde o ano de 2017, os boletins de ocorrência referentes aos acidentes são gerenciados através do *software* BI PMSC *QlikView Business Intelligence*. As funcionalidades do *software* foram desenvolvidas pela própria corporação da Polícia Militar.

Os dados coletados referem-se ao período entre janeiro de 2017 e dezembro de 2018 e são oriundos de boletins de ocorrência registrados. Para tanto, foi realizada a conferência da lavratura do boletim de cada uma das ocorrências. As ligações para o telefone 190, isoladas, sem registro de acidente, não foram contabilizadas.

4.1.1. Acidentes de trânsito ocorridos entre 2017 e 2018

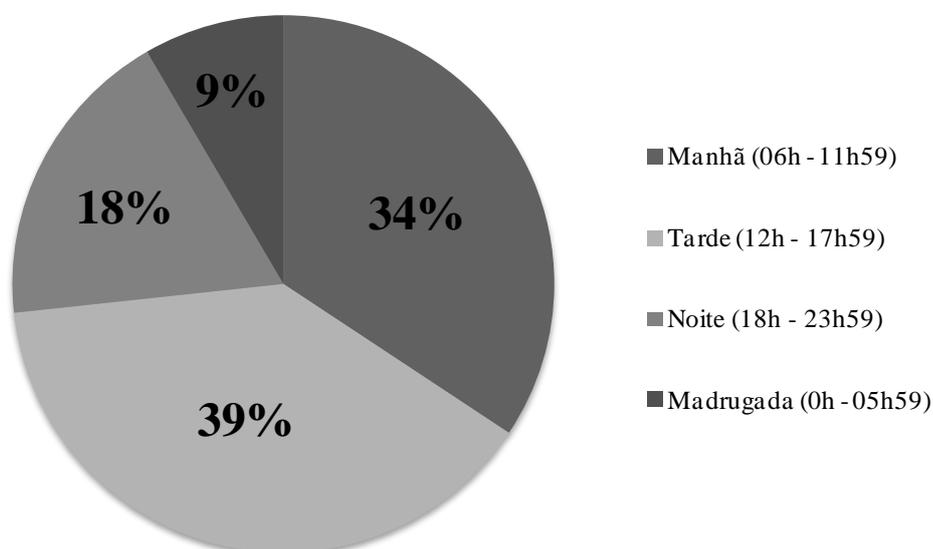
Os dados coletados entre janeiro de 2017 e dezembro de 2018 mostraram que foram registrados 131 boletins de ocorrência relativos aos acidentes de trânsito ocorridos na Avenida Mauro Ramos. Destes, 49 boletins referem-se ao ano de 2017 e 82 ao ano de 2018.

A visualização da distribuição dos acidentes é feita mediante a divisão de quatro faixas de horários para cada período de vinte e quatro horas (manhã, de 06h a 11h59; tarde, de 12h a 17h59; noite, de 18h a 23h59 e madrugada, de 0h a 05h59). A Figura 53 apresenta o percentual de acidentes registrados entres 2017 e 2018, conforme as faixas de horário.

A partir da Figura 53, pode-se concluir que a maior parte dos acidentes, 39% do total, está concentrada no período da tarde, seguida pelo período da manhã, que representa 34%. Estes dois períodos são os de maior fluxo de veículos e pedestres na via, que conta com edifícios residenciais e comerciais, além de instituições de ensino, *shopping*, entre outras edificações. O período compreendido entre 18h e 05h59, que corresponde a um total de 27% dos acidentes de trânsito registrados, refere-se ao período em que a via recebe um

fluxo menor de veículos e pedestres. Neste período, a iluminação pública se torna essencial para proporcionar visibilidade e segurança aos usuários da via.

Figura 53 - Acidentes de trânsito registrados na Av. Mauro Ramos (2017-2018)



Fonte: Adaptado de INOVAPMSC (2012).

4.1.2. Acidentes com feridos

Os dados referentes aos acidentes com vítimas foram coletados a partir dos registros gerenciados pelo *software* BI PMSC. No período entre janeiro de 2017 e dezembro de 2018 foram registrados 15 acidentes com feridos, com um total de 16 pessoas lesionadas. Todas as lesões ocorridas foram classificadas como leves ou médias no momento do registro do boletim de ocorrência.

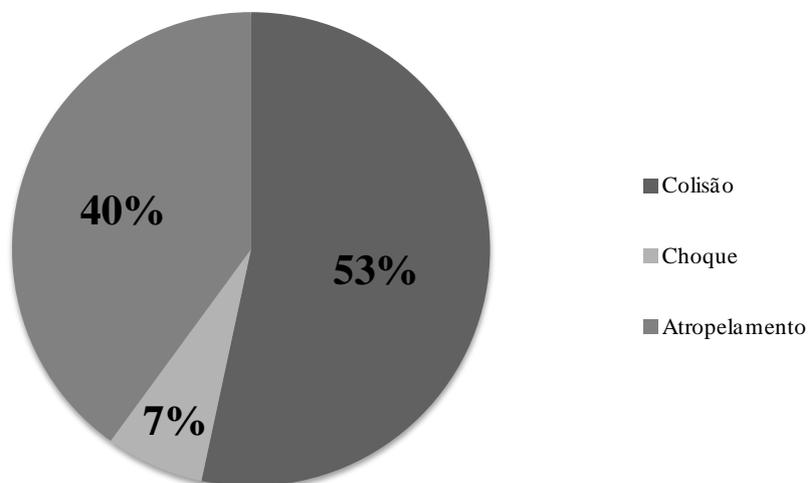
A Figura 54 apresenta o percentual de acidentes com feridos registrados nos dois anos observados, divididos de acordo com sua natureza: colisão (entre dois veículos), choque (entre veículo e objeto) e atropelamento de pedestre.

O percentual equivalente aos atropelamentos (40%) refere-se aos seis atropelamentos registrados entre 2017 e 2018. O detalhamento das informações referentes a estes atropelamentos são mostrados na Tabela 12.

A partir dos dados da Tabela 12 pode-se constatar que os atropelamentos com feridos registrados possuem perfis bastante diferentes entre si. Três destes acidentes ocorreram no período matutino, um no período vespertino e dois no noturno. Houve envolvimento de carros, motocicletas e ônibus nos atropelamentos. Outro dado importante a ser observado é de que três destes atropelamentos, equivalentes a 50% destes registros, ocorreram sobre faixas de pedestres, sendo um no período noturno e o outro no fim de

tarde, cujas condições de visibilidade são menores e boas condições de iluminação tornam-se essenciais para evitá-los.

Figura 54 - Natureza dos acidentes de trânsito com feridos registrados na Av. Mauro Ramos (2017-2018)



Fonte: Adaptado de INOVAPMSC (2012).

Tabela 12 - Atropelamentos ocorridos na Av. Mauro Ramos (2017-2018)

Data	Horário	Envolvidos	Sexo	Idade	Gravidade da lesão	Faixa de pedestre
07/04/2017	16:36	Carro x Pedestre	Feminino	18 anos	Leves	Sim
25/07/2017	10:10	Carro x Pedestre	Feminino	75 anos	Leves/médio	Sim
26/10/2017	22:11	Moto x Pedestre	Ambos	Motociclista (36) Pedestre (79)	Leves/médias	Não
05/11/2017	09:12	Ônibus x Pedestre	Feminino	51 anos	Médio	Não
15/08/2018	10:31	Carro x Pedestre	Masculino	87 anos	Média	Não
10/09/2018	18:34	Moto x Pedestre	Masculino	34 anos	Leves	Sim

Fonte: Adaptado de INOVAPMSC (2012).

4.1.3. Acidentes com mortes

Em relação às vítimas fatais de acidentes de trânsito, o histórico da Avenida Mauro Ramos mostrou que nenhuma morte foi registrada no período de dois anos.

As informações referentes às mortes no trânsito da cidade de Florianópolis são compiladas e analisadas pela Rede Vida no Trânsito. Desde o ano de 2013, o Grupo de Informações da Rede Vida no Trânsito de Florianópolis gera informações que subsidiarão tomadas de decisão e a implementação de ações, a partir da identificação dos desastres ocorridos em Florianópolis, que levaram vítimas a óbito.

Conforme informações levantadas através da Rede Vida no Trânsito, consta nos registros do grupo que entre os anos de 2013 e 2018 houve apenas uma ocorrência de acidente de trânsito com vítima fatal identificada na Av. Mauro Ramos. Este registro

ocorreu no dia 04 de junho de 2014, uma quarta-feira, às 4h da madrugada. Houve uma colisão entre uma moto e um automóvel, próximo a Rua Major Costa, vitimando o condutor da motocicleta, um estudante de 24 anos de idade. Não consta nos registros informações mais detalhadas sobre a ocorrência.

4.2. Faixas de Pedestres da Avenida Mauro Ramos

Ao longo da extensão da avenida existem 28 faixas de pedestres, sendo todas elas do tipo FTP-1 (Zebrada). Há semáforos implantados em 50% destas faixas de pedestres. A Tabela 13 apresenta a relação destas faixas de pedestres, com suas respectivas localizações ao longo da via e a identificação da presença ou não de semáforos.

Tabela 13 - Relação das faixas de pedestres da avenida

Número sequencial	Localização	Semáforo
01	Esquina com Rua Bulcão Viana e com Rua Menino Deus	Sim
02	Em frente ao Instituto Estadual de Educação	Não
03	Esquina com Rua Anita Garibaldi / Residencial Domício Freitas	Sim
04	Esquina com Rua Anita Garibaldi / Centro Executivo Everest	Não
05	Esquina com Rua Clemente Rôvere	Não
06	Esquina com Rua Júlio Moura e com Rua Major Costa	Não
07	Número 559 / Esquina com Rua Major Costa	Não
08	Esquina com Rua General Bittencourt / Creche Almirante Lucas Alexandre Boiteux	Não
09	Instituto Federal de Santa Catarina / Esquina com Rua Hermann Blumenau	Não
10	Instituto Federal de Santa Catarina / Caixa Econômica Federal	Não
11	Esquina com Travessa Dr. Zulmar de Lins Neves / Instituto Federal de Santa Catarina	Sim
12	Esquina com Travessa Dr. Zulmar de Lins Neves / Supermercados Imperatriz	Sim
13	Esquina com Rua Crispim Mira / Farmácia Preço Popular	Sim
14	Esquina com Rua Crispim Mira / Posto Ipiranga	Sim
15	IBAMA / Esquina com Rua José Boiteux	Não
16	Esquina com Rua Professor Anacleto Damiani / Posto de Gasolina	Não
17	Esquina com Rua Ferreira Lima / UNINTER	Sim
18	Esquina com Rua Ferreira Lima / Igreja Universal do Reino de Deus	Sim
19	Esquina com Rua Irmão Joaquim / Residencial Jane	Não
20	Esquina com Rua Ângelo Laporta	Não
21	Esquina com Rua Vitor Konder e Rua Djalma Moellman / Praça Etlvina Luz (Banco Redondo)	Sim
22	Esquina com Rua Vitor Konder e Rua Djalma Moellman / Centro Médico do Aparelho Digestivo	Sim
23	Residencial Porto de Cadiz	Não
24	Esquina com Rua Germano Wendhausen	Não
25	Esquina com Rua Demétrio Ribeiro / Terranova Offices	Sim
26	Beiramar Shopping / Esquina com Rua Bocaiúva e com Rua Heitor Luz	Sim
27	Praça Lauro Muller / Esquina com Rua Bocaiúva e com Rua Heitor Luz	Sim
28	Esquina com Avenida Beira Mar Norte (Avenida Jornalista Rubens de Arruda Ramos e Avenida Governador Irineu Borhausen)	Sim

A Figura 55 apresenta um mapa da Avenida Mauro Ramos, indicando a localização das 28 faixas de pedestres atualmente demarcadas na via.

Figura 55 - Localização das faixas de pedestres da Avenida Mauro Ramos



Fonte: Adaptado de Google Earth (2019).

4.3. Atual Situação das Faixas de Pedestres

No final do mês de abril de 2019, a Prefeitura Municipal de Florianópolis iniciou, com recursos próprios do município, obras de revitalização da Avenida Mauro Ramos. As obras preveem o recapeamento (ou reabilitação) da pavimentação em concreto asfáltico, sinalização horizontal, recuperação da drenagem e restauração dos passeios danificados. O trânsito é parcialmente bloqueado para os trabalhos de fresagem e pavimentação entre 22h e 6h. Os reparos nas calçadas e na drenagem são realizados tanto no período noturno como no período diurno, podendo comprometer a circulação de pedestres nos locais de trabalho. A previsão é de que as obras se encerrem até o mês de outubro de 2019 (G1 SC, 2019; PMF, 2018).

As análises da avenida contidas neste trabalho foram realizadas no mês de junho de 2019, quando as obras de reabilitação asfáltica da via encontravam-se relativamente avançadas. O novo pavimento asfáltico havia sido implantado em parte da avenida, sendo aplicado em uma das faixas de cada sentido da via, junto ao canteiro central. A Figura 56 e a Figura 57 apresentam registros fotográficos de dois trechos distintos da avenida o dia 20 de junho de 2019, onde se podem observar os avanços das obras de revitalização da via.

Figura 56 - Esquina da Avenida Mauro Ramos com Rua Anita Garibaldi



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h20)

Figura 57 - Esquina da Avenida Mauro Ramos com Rua Ferreira Lima



Fonte: Autor (20/06/2019, às 17h02).

4.3.1. Sinalização Vertical

Quanto à sinalização vertical, é observada ao longo da via a presença de sinais de regulamentação, na cor vermelha, e sinais de advertência, na cor branca, ambos posicionados lateralmente à direita da via. Existem placas suspensas indicando a redução de velocidade necessária na área escolar e a fiscalização eletrônica na via, por exemplo.

A sinalização vertical mostrou-se bem conservada e adequadamente alocada ao longo de boa parte da via. No período noturno observou-se que há facilidade para visualizá-las, conforme se pode observar no exemplo da Figura 58, na esquina com a Rua Anita Garibaldi. Entretanto, há casos em que a sinalização vertical está danificada ou coberta por árvores ou pela vegetação do canteiro central, conforme ilustrado na Figura 59.

Figura 58 - Exemplo de visibilidade noturna da sinalização vertical



Fonte: Autor (18/06/2019, às 20h34).

Figura 59 - Exemplo de sinalização vertical coberta pela vegetação



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h51).

Segundo CONTRAN (2007_a), as placas de sinalização das faixas de pedestres devem ser utilizadas em área urbana quando a faixa de pedestres for de difícil percepção pelo condutor ou que possa comprometer a segurança dos usuários da via.

Como não há dificuldade para que o condutor perceba as faixas de pedestres da avenida e a segurança dos usuários não é comprometida, apesar de não existirem placas de sinalização em todas as faixas de pedestres da via, a mesma encontra-se adequada.

Na região onde estão as duas instituições da via, o Instituto Estadual de Educação (IEE) e o Instituto Federal de Santa Catarina (IF-SC), há uma maior quantidade de placas de sinalização vertical, indicando, por exemplo, a redução de velocidade da via de 60 km/h para 40 km/h e as faixas de pedestres existentes. A Figura 60 apresenta um panorama da sinalização vertical na região do IEE e a Figura 61 traz este mesmo panorama na região do IF-SC.

Figura 60 - Sinalização vertical na região do IEE



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h41).

Figura 61 - Sinalização vertical na região do IF-SC



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h48).

A primeira faixa de pedestres da via, localizada na esquina com Rua Bulcão Viana e com Rua Menino Deus, próximo ao Instituto Estadual de Educação (IEE), e trata-se de uma faixa de pedestres elevada e têm como objetivo a redução da velocidade dos veículos, tornando a travessia de pedestres mais segura. Esta faixa está adequadamente sinalizada através da sinalização vertical em ambos os lados da via, nos dois sentidos. A Figura 62 apresenta esta faixa de pedestres elevada.

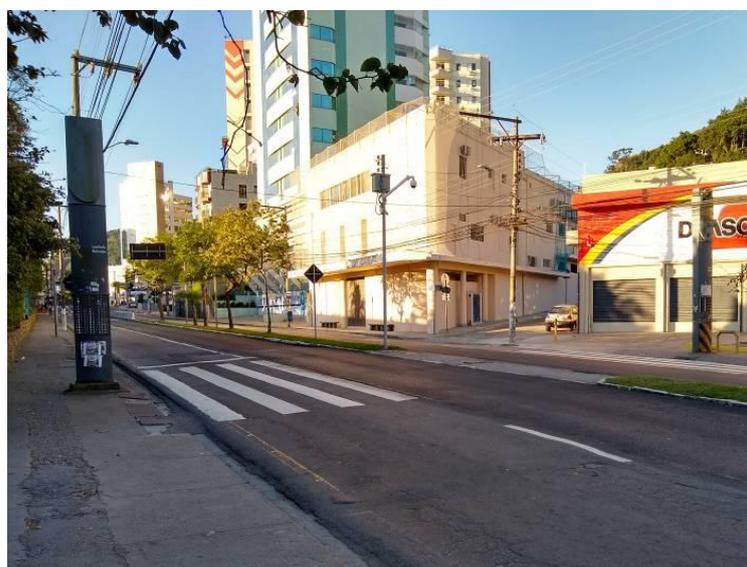
Figura 62 - Faixa de pedestres elevada



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h35).

Além disso, em frente ao IEE há o controle de velocidade através de lombada eletrônica, conforme mostra a Figura 63. Esta se encontra devidamente sinalizada, mas está desativada, na ocasião do levantamento.

Figura 63 - Fiscalização eletrônica em frente ao IEE



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h31).

Ao longo da via, a sinalização vertical resume-se basicamente na indicação da velocidade máxima da via, conversões irregulares e permitidas e pontos de estacionamento proibido, conforme exemplos apresentados na Figura 64 e na Figura 65.

Figura 64 - Sinalização de estacionamento proibido



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h04).

Figura 65 - Sinalização da velocidade máxima da via



Fonte: Autor (20/06/2019, às 17h13).

4.3.2. Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal da via, nas faixas de pedestres, é realizada com a pintura em material termoplástico extrusado a quente, com aplicação de microesferas de vidro refletivas. Atualmente esta sinalização encontra-se temporariamente comprometida, devido às obras de reabilitação da pavimentação da via. Em meados do mês de junho de 2019, observou-se a ausência de sinalização horizontal em uma das pistas de cada sentido, junto ao canteiro central da via, o que compromete uma adequada avaliação desta sinalização neste trabalho.

Observou-se em campo que a sinalização horizontal parcialmente existente nas faixas de pedestres encontra-se com falhas, oriundas da falta de manutenção das mesmas e das falhas no pavimento asfáltico, conforme pode ser observado na Figura 66 e na Figura 67. Também é possível observar que todas as faixas de pedestres da via contam com a linha de retenção (LRE), disposta transversalmente com o objetivo de indicar o local de parada do veículo.

Figura 66 - Faixa de pedestres na esquina com Rua Anita Garibaldi



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h28).

Figura 67 - Faixa de pedestres na esquina com Rua Demétrio Ribeiro



Fonte: Autor (20/06/2019, às 17h15).

Enquanto as obras de reabilitação da pavimentação da via estiverem em andamento, a falta de sinalização horizontal pode ser um fator influenciador de acidentes de trânsito.

Até o final da obra, previsto para o mês de outubro, toda a sinalização horizontal da via será refeita, de acordo com a normatização vigente, abordada neste trabalho.

4.3.3. Sinalização Semafórica

Conforme indicado na Tabela 13, há ao longo da via um total de 14 faixas de pedestres com sinalização semafórica de regulamentação. Observou-se que a sinalização semafórica da via está em boas condições de conservação e manutenção, operando adequadamente e com programação condizente com o uso da via. A Figura 68 e a Figura 69 trazem exemplos de semáforos em operação na avenida.

Figura 68 - Semáforo na esquina com Rua Bocaiúva e Rua Heitor Luz



Fonte: Autor (18/06/2019, às 21h36).

Figura 69 - Semáforo na esquina com Rua Anita Garibaldi

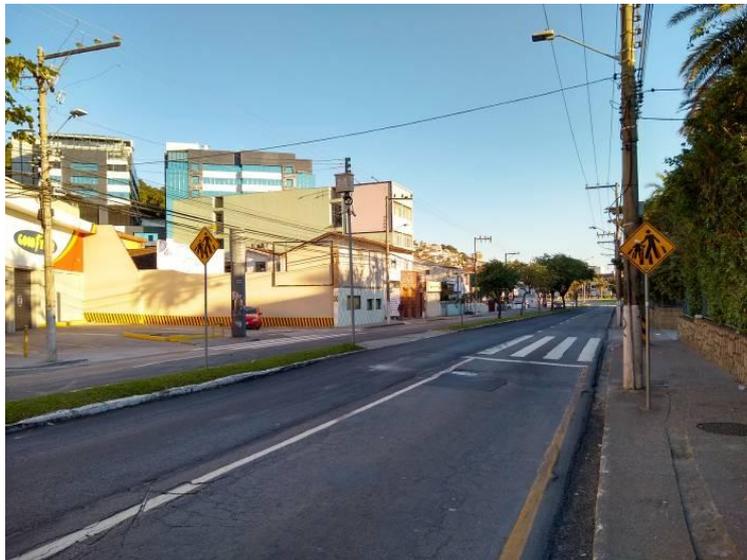


Fonte: Autor (18/06/2019, às 20h55).

4.3.4. Iluminação das Faixas de Pedestres

Não existe um sistema de iluminação específico para as faixas de pedestres na Avenida Mauro Ramos. Observou-se que há, somente, a iluminação pública da via, com postes dispostos bilateralmente frente a frente, conforme ilustrado na Figura 70.

Figura 70 - Postes de iluminação dispostos bilateralmente frente a frente



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h30).

Em um único ponto da via, onde o seu início se encontra com o início da Rua Silva Jardim, há um poste de iluminação disposto no canteiro central, característico da iluminação desta outra via, conforme ilustrado na Figura 71.

Figura 71 - Poste de iluminação no canteiro central



Fonte: Autor (20/06/2019, às 16h37).

Conforme informado pelo Setor de Serviços de Iluminação Pública da Secretaria Municipal de Infraestrutura de Florianópolis, a iluminação pública da Avenida Mauro Ramos é realizada com o uso da luminária pública LED *GreenVision Xceed*, modelo BRP371, do fabricante Philips. A luminária tem com uma potência de 133 W, fluxo luminoso de 13.500 lm, Índice de Reprodução de Cores igual a 75 e temperatura de cor de 4.000 K. O acionamento é realizado a partir de um relé fotoelétrico. A vida útil afirmada pelo fabricante é de 60.000 horas, com a manutenção de 70% de seu fluxo luminoso (PHILIPS, 2018; ELETROREDE, 2019). A Figura 72 ilustra a luminária atualmente implantada na iluminação pública da Avenida Mauro Ramos.

Figura 72 - Luminária LED GreenVision Xceed BRP371



Fonte: Adaptado de Philips (2018).

Durante a elaboração do trabalho observou-se que, apesar de não existir uma iluminação direcionada às faixas de pedestres da avenida, há uma boa condição de luminosidade sobre a maior parte delas.

Conforme a norma NBR 5101 (ABNT, 2018), o instrumento utilizado para se realizar a medição da iluminância é o luxímetro. Seria adequado que a condição de luminosidade das faixas de pedestres da via fosse verificada com o uso deste equipamento e os resultados das medições fossem comparados com os valores presentes na norma NBR 5101 (ABNT, 2018), também descritos na Tabela 10 deste trabalho.

Não havendo a disponibilidade do luxímetro para a realização da análise, classificaram-se visualmente as condições de luminosidade das 28 faixas de pedestres implantadas na via, atribuindo a elas uma das seguintes condições: mal iluminado, iluminado e bastante iluminado. A Tabela 14 apresenta um resumo das condições de luminosidade observadas nas faixas de pedestres da Avenida Mauro Ramos.

Tabela 14 - Condição de luminosidade das faixas de pedestres da avenida

Número sequencial	Localização	Condição de luminosidade
01	Esquina com Rua Bulcão Viana e com Rua Menino Deus	Bastante iluminado
02	Em frente ao Instituto Estadual de Educação	Iluminado
03	Esquina com Rua Anita Garibaldi / Residencial Domício Freitas	Bastante iluminado
04	Esquina com Rua Anita Garibaldi / Centro Executivo Everest	Iluminado
05	Esquina com Rua Clemente Rôvere	Mal iluminado
06	Esquina com Rua Júlio Moura e com Rua Major Costa	Bastante iluminado
07	Número 559 / Esquina com Rua Major Costa	Iluminado
08	Esquina com Rua General Bittencourt / Creche Almirante Lucas Alexandre Boiteux	Bastante iluminado
09	Instituto Federal de Santa Catarina / Esquina com Rua Hermann Blumenau	Iluminado
10	Instituto Federal de Santa Catarina / Caixa Econômica Federal	Iluminado
11	Esquina com Travessa Dr. Zulmar de Lins Neves / Instituto Federal de Santa Catarina	Bastante iluminado
12	Esquina com Travessa Dr. Zulmar de Lins Neves / Supermercados Imperatriz	Iluminado
13	Esquina com Rua Crispim Mira / Farmácia Preço Popular	Bastante iluminado
14	Esquina com Rua Crispim Mira / Posto Ipiranga	Mal iluminado
15	IBAMA / Esquina com Rua José Boiteux	Mal iluminado
16	Esquina com Rua Professor Anacleto Damiani / Posto de Gasolina	Bastante iluminado
17	Esquina com Rua Ferreira Lima / UNINTER	Bastante iluminado
18	Esquina com Rua Ferreira Lima / Igreja Universal do Reino de Deus	Mal iluminado
19	Esquina com Rua Irmão Joaquim / Residencial Jane	Bastante iluminado
20	Esquina com Rua Ângelo Laporta	Bastante iluminado
21	Esquina com Rua Vitor Konder e Rua Djalma Moellman / Praça Etelvina Luz (Banco Redondo)	Mal iluminado
22	Esquina com Rua Vitor Konder e Rua Djalma Moellman / Centro Médico do Aparelho Digestivo	Mal iluminado
23	Residencial Porto de Cadiz	Bastante iluminado
24	Esquina com Rua Germano Wendhausen	Mal iluminado
25	Esquina com Rua Demétrio Ribeiro / Terranova Offices	Iluminado
26	Beiramar Shopping / Esquina com Rua Bocaiúva e Rua Heitor Luz	Iluminado
27	Praça Lauro Muller / Esquina com Rua Bocaiúva e Rua Heitor Luz	Mal iluminado
28	Esquina com Avenida Beira Mar Norte (Avenida Jornalista Rubens de Arruda Ramos e Avenida Governador Irineu Borhausen)	Bastante iluminado

Assim, afirma-se que as faixas de pedestres cuja condição de luminosidade foi classificada como bastante iluminado representam 50% do total de faixas da avenida. As faixas classificadas com a condição iluminado representam 25%, assim como também as classificadas como mal iluminado.

As faixas de pedestres avaliadas como iluminadas foram aquelas que possuem atualmente os postes de iluminação pública posicionados sobre elas, seja no centro da faixa ou no seu início ou final, em ambos os sentidos da via. Os exemplos de faixas iluminadas, ou seja, a faixa de número 06 está localizada na esquina da Rua Júlio Moura e Rua Major Costa, e a faixa de número 11, localizada na esquina da avenida com a Travessa Dr.

Zulmar de Lins Neves e em frente a um dos estacionamentos do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). A Figura 73 e a Figura 74 ilustram essas duas faixas.

Figura 73 - Iluminação da faixa de pedestres 06



Fonte: Autor (18/06/2019, às 20h30).

Figura 74 - Iluminação da faixa de pedestres 11



Fonte: Autor (18/06/2019, às 20h23).

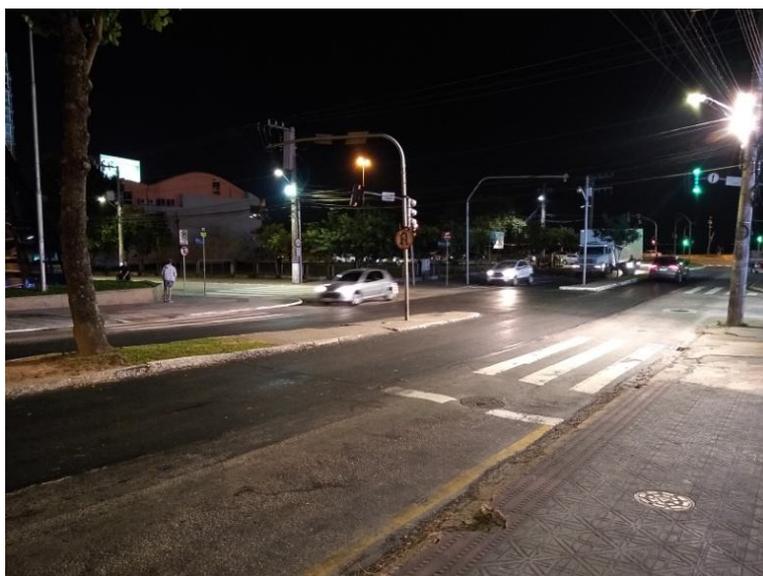
As faixas de pedestres classificadas como iluminadas são basicamente aquelas que possuem poste de iluminação pública próximos a elas e que tem a luminosidade levemente prejudicada, seja por conta da distância dos postes ou pela existência de obstáculos. São exemplos de faixas iluminadas a faixa de número 10, localizada em frente ao IF-SC e à Caixa Econômica Federal, e a faixa de número 26, localizada na esquina da avenida com a Rua Bocaiúva e a Rua Heitor Luz e em frente ao Beiramar *Shopping*. A Figura 75 e a Figura 76 mostram fotos destas duas faixas.

Figura 75 - Iluminação da faixa de pedestres 10



Fonte: Autor (18/06/2019, às 20h25).

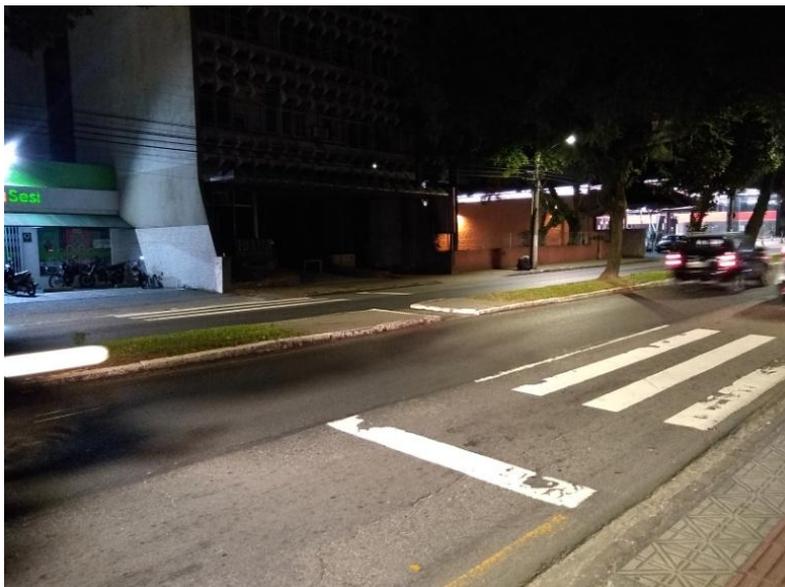
Figura 76 - Iluminação da faixa de pedestres 26



Fonte: Autor (18/06/2019, às 21h35).

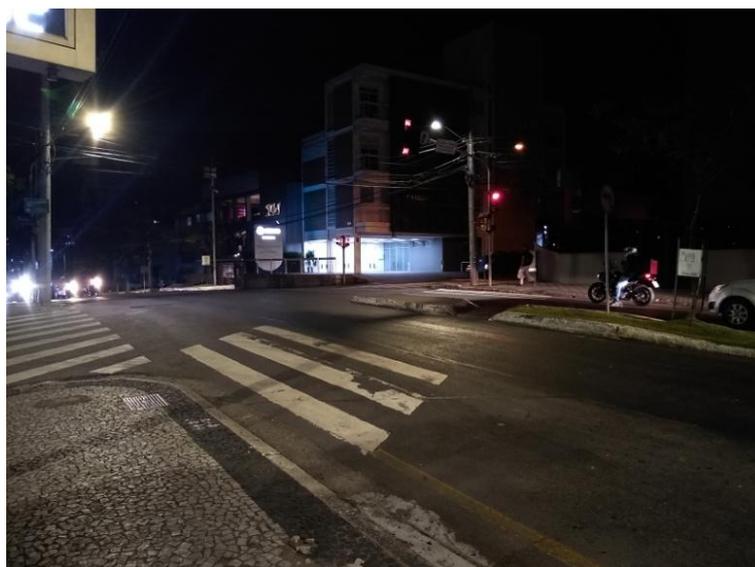
Por fim, as faixas de pedestres avaliadas como mal iluminadas são aquelas cuja iluminação pública encontra-se distante delas e observou-se dificuldade de visibilidade das mesmas por conta da baixa iluminação. Os exemplos de faixas mal iluminadas a faixa de número 06, localizada na esquina com as Rua Júlio Moura e com a Rua Major Costa, e a faixa de número 11, localizada na esquina da avenida com a Travessa Dr. Zulmar de Lins Neves e em frente a um dos estacionamentos do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC). A Figura 77 e a Figura 78 mostram fotos destas duas faixas.

Figura 77 - Iluminação da faixa de pedestres 15



Fonte: Autor (18/06/2019, às 21h16).

Figura 78 - Iluminação da faixa de pedestres 21



Fonte: Autor (18/06/2019, às 20h11).

4.4. Propostas de Melhorias

A seguir, com base na revisão de literatura e na avaliação da atual situação das faixas de pedestres, serão listadas algumas possíveis melhorias propostas para a Avenida Mauro Ramos.

4.4.1. Sinalização Vertical

Em relação à sinalização vertical, conforme apontado no item 4.3.1, a infraestrutura da avenida como um todo se mostrou adequada. Existem algumas placas especificamente, como a mostrada na Figura 59, que podem ter sua visibilidade otimizada, seja com a

retirada da vegetação que a cobre parcialmente ou com a substituição da mesma por uma nova. Estes casos devem ser avaliados individualmente, mas são poucos representativos.

Caso seja de interesse do poder público, a sinalização vertical mostrada na Figura 79 pode ser implantada em cada uma das faixas de pedestres, seja apenas sobre cada linha de retenção (LRE) ou também antecedendo as faixas em 50 m e 100 m. Ressalta-se que a implantação desta sinalização, apesar de aumentar a segurança dos pedestres, não é obrigatória, já que as condições de visibilidade das faixas de pedestres na via são boas.

Figura 79 - Placa de advertência de passagem sinalizada de pedestres



Fonte: CONTRAN (2007_a).

4.4.2. Sinalização Horizontal

Quanto à sinalização horizontal, recomenda-se que, assim que concluída a etapa de repavimentação da via que integra suas obras de revitalização, seja novamente implantada na avenida, estando de acordo com o Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT (BRASIL, 2010).

A nova sinalização horizontal deve ser realizada com o uso de material termoplástico extrusado a quente, aplicando microesferas de vidro refletivas, garantindo assim a retrorrefletividade da mesma.

4.4.3. Sinalização Semafórica

Conforme observado no item 4.3.3, a sinalização semafórica da avenida apresenta-se adequadamente implantada e locada somente nos pontos em que sua presença é essencial para o controle do tráfego, pois há interseção de via e trânsito frequente de pedestres.

4.4.4. Iluminação das Faixas de Pedestres

No que se refere à iluminação das faixas de pedestres, observou-se que não há uma iluminação específica destinada a estes cruzamentos de pista. A iluminação pública

atualmente implantada consegue iluminar satisfatoriamente boa parte das faixas de pedestres da Avenida Mauro Ramos.

Para que os pontos atualmente classificados como mal iluminados tenham sua condição de luminosidade melhorada, uma possível saída seria a implantação de postes adicionais na iluminação pública da via. Estes devem ser alocados somente nos pontos em que foi constatada a deficiência na iluminação das faixas de pedestres da avenida.

Entretanto, a saída mais adequada para a iluminação das faixas de pedestres da via abrangeria todo o seu conjunto de travessias, criando um sistema de iluminação próprio, conforme descrito no item a seguir.

4.5. Proposição de Iluminação Adequada

Considerando a revisão de literatura desenvolvida, observou-se que a implantação de faixas de pedestres iluminadas é de extrema importância para os pedestres, pois torna a travessia de vias mais segura no período noturno, o que pode ocasionar na redução no número de acidentes de trânsito envolvendo os mais vulneráveis usuários do sistema viário.

Com base nos positivos resultados da implantação de faixas de pedestres iluminadas em diversas cidades pelo mundo e também no Brasil, além da existência de um projeto de lei que as tornaria obrigatórias no país, propõe-se a implantação das mesmas na Avenida Mauro Ramos.

Serão descritas a seguir duas possibilidades para a implantação das faixas de pedestres iluminadas nesta via.

4.5.1. Iluminação baseada no Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres

O Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres, descrito no item 2.12 deste trabalho, foi implantado no ano de 1997 pela Companhia de Engenharia de Tráfego da Cidade de São Paulo (CET) e ainda encontra-se em vigor.

A CET comprovou, através de pesquisa, que este tipo de projeto faz com que os pedestres sintam-se mais seguros ao atravessar as vias e que os motoristas também consideram esta travessia mais segura.

Para a implantação deste projeto na Avenida Mauro Ramos, sugere-se que o mesmo seja reproduzido na via conforme descrito no item 2.12.1 deste trabalho, respeitando as alturas e demais dimensões propostas.

No que se refere a equipamentos, propõe-se que sejam seguidas as mesmas especificações técnicas, mantendo a lâmpada halógena tipo lapiseira utilizada no projeto da CET ou buscando-se uma solução em lâmpadas de LED que ofereça resultados semelhantes aos obtidos com o uso da lâmpada halógena. As lâmpadas halógenas possuem uma temperatura de cor em torno de 3.000 K, o que a aproxima da lâmpada incandescente no que se refere à cor amarelada da luz emitida. É importante que a temperatura de cor da iluminação das faixas de pedestres seja distinta da iluminação pública, destacando assim esta iluminação específica das travessias.

As luminárias destinadas a este fim devem ser fixadas em colunas posicionadas preferencialmente no centro de cada travessia, porém os postes de iluminação e colunas semaforicas também podem ser utilizados para a fixação.

4.5.2. Iluminação Fotovoltaica

A segunda proposta apresentada para a implantação das faixas de pedestres iluminadas na Avenida Mauro Ramos compreende a utilização de uma fonte renovável de energia, a energia solar.

Através da implantação de um sistema fotovoltaico de iluminação, além de aperfeiçoar a segurança da travessia dos pedestres, também se consegue uma melhor utilização dos recursos energéticos, através do uso de uma energia limpa, com equipamentos menos prejudiciais ao meio ambiente e com maior vida útil.

Esta proposta se assemelha à apresentada no item 4.5.1 no que se refere à alocação das luminárias, sendo posicionadas preferencialmente no centro de cada travessia.

Em relação à alimentação do sistema, propõe-se que ele seja totalmente independente da iluminação pública, estando desconectado da rede pública. Cada poste deve contar com um módulo fotovoltaico associado a um banco de baterias, tornando-o capaz de operar em períodos em que não haja geração fotovoltaica.

Antes da implantação da iluminação fotovoltaica nas faixas de pedestres, é necessária a avaliação da posição do Sol sobre a via ao longo do dia, permitindo assim que os módulos fotovoltaicos sejam adequadamente posicionados.

As lâmpadas utilizadas no sistema devem ser de LED, com temperatura de cor na faixa de 3.000 K, distinta da lâmpada atualmente utilizada na iluminação pública. O

acionamento da iluminação dá-se através de relés fotoelétricos, de forma semelhante ao que tradicionalmente ocorre.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

5.1. Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo principal propor a implantação de faixas de pedestres iluminadas em uma avenida com elevado volume de tráfego e faixas de pedestres, para a mitigação dos acidentes e redução do consumo de energia.

Considerando-se que os pedestres são os usuários mais vulneráveis de um sistema viário e que a segurança da travessia das faixas de pedestres no período noturno é associada a uma adequada sinalização e iluminação das faixas, notou-se a necessidade de melhorar a sua visibilidade tanto para os pedestres como para os condutores dos veículos.

O estudo de caso foi aplicado na Avenida Mauro Ramos, localizada no bairro central da parte insular de Florianópolis, sendo uma das mais importantes avenidas do município. Nesta via existe atualmente um total de 28 faixas de pedestres implantadas na via.

Dentre os acidentes de trânsito registrados na via, 27% ocorrem entre 18h e 05h59, período em que a iluminação pública se torna essencial para proporcionar visibilidade e segurança aos usuários. Nos últimos dois anos, os atropelamentos de pedestres representaram 40% dos registros de feridos em acidentes de trânsito na Avenida Mauro Ramos. Em relação às vítimas fatais de acidentes, entre os anos de 2013 e 2018 uma única ocorrência foi identificada na via.

Quanto à sinalização vertical, foi observada ao longo da via a presença de sinais de regulamentação e de advertência, posicionados lateralmente à direita da via, além de placas suspensas indicando importantes informações aos condutores. Esta sinalização mostrou-se bem conservada e corretamente alocada, porém há casos em que a sinalização vertical está danificada ou coberta por árvores ou pela vegetação, devendo ser adequados à legislação vigente.

A sinalização horizontal da via encontra-se temporariamente comprometida, devido às obras de reabilitação da pavimentação da via. Observou-se a ausência de sinalização horizontal em uma das pistas de cada sentido, junto ao canteiro central da via, o que pode ser temporariamente um fator determinante que influencia diretamente a ocorrência de acidentes de trânsito. Após concluída a etapa de reabilitação (recape) da via, uma nova sinalização horizontal deve ser implantada na avenida, estando de acordo com os critérios estabelecidos pelo DNIT.

Ao longo da via há um total de 14 faixas de pedestres com sinalização semafórica de regulamentação, apresentando-se adequadamente implantada e locada somente nos pontos em que sua presença é essencial para o controle do tráfego, pois há interseção de via e trânsito frequente de pedestres.

A iluminação pública da Avenida Mauro Ramos é realizada com o uso de luminárias em LED, com postes dispostos bilateralmente frente a frente. Não existe um sistema de iluminação específico implantado sobre as faixas de pedestres, porém há uma boa condição de luminosidade sobre a maior parte destas faixas. As condições de luminosidade das faixas de pedestres implantadas na via foram classificadas visualmente, sendo atribuídas a elas as seguintes condições: mal iluminado, iluminado e bastante iluminado. O estudo apontou que oito faixas de pedestres deveriam receber melhorias em sua iluminação.

Finalmente, foi proposta a implantação de iluminação direcionada sobre as faixas de pedestres da Avenida Mauro Ramos, através de duas diferentes alternativas. A primeira alternativa foi baseada no Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres em vigência na cidade de São Paulo/SP e a outra envolvendo a utilização de uma fonte renovável de energia, a energia solar, através de um sistema de iluminação fotovoltaico. Ambas as propostas necessitam de um estudo de viabilidade técnica e econômica para sua implantação.

A partir da revisão literária que embasou este trabalho, considera-se que a implantação de faixas de pedestres iluminadas é de extrema importância para os pedestres, tornando a travessia de vias mais segura no período noturno, o que pode ocasionar na redução no número de acidentes de trânsito envolvendo os mais vulneráveis usuários do sistema viário.

5.2.Recomendações para Trabalhos Futuros

São apresentadas sugestões para trabalhos futuros sobre temas que complementam a linha de pesquisa deste trabalho:

- Proposta de estudo de faixas de pedestres iluminadas para outras vias da cidade de Florianópolis, como as avenidas Beira-Mar Norte, Paulo Fontes e Gustavo Richard;
- Estudo de caso da nova sinalização horizontal da Avenida Mauro Ramos, a ser implantada no segundo semestre de 2019;

- Estudo de caso da iluminação pública da Avenida Mauro Ramos, realizando-se medições com luxímetro, em acordo com a norma NBR 5101:2018;
- Estudo de intervenções na infraestrutura de vias públicas visando uma maior sustentabilidade;
- Avaliação de viabilidade econômica da implantação de faixas de pedestres iluminadas associadas ao uso de energia fotovoltaica.

REFERÊNCIAS

AMBEV; FALCONI CONSULTORES DE RESULTADO. **Retrato da Segurança Viária 2017**. Disponível em <https://www.ambev.com.br/conteudo/uploads/2017/09/Retrato-da-Seguran%C3%A7a-Vi%C3%A1ria_Ambev_2017.pdf>, acesso em 27 de janeiro de 2019.

ARIOTTI, P. **Análise do padrão de comportamento de pedestres em travessias semaforizadas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Área de concentração: Sistemas de Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 111f, 2006.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101: Iluminação pública – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5491: Iluminação**. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14644: Sinalização vertical viária – Películas – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Resolução Nº 17, de 1989**. Aprova o Regimento Interno da Câmara dos Deputados. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/rescad/1989/resolucaodacamaradosdeputados-17-21-setembro-1989-320110-normaatualizada-pl.html>>, acesso em 13 de abril de 2019.

BRASIL. CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Projeto de Lei N.º 8.729, de 2017**. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, para dispor sobre iluminação em locais destinados à travessia de pedestres. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/sileg/MostrarIntegra.asp?CodTeor=1609057>>, acesso em 03 de abril de 2019. [2017_c]

BRASIL. **Código de trânsito brasileiro [recurso eletrônico]: Lei nº. 9.503, de 23 de setembro de 1997, e legislação correlata**. - 8. ed. - Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2017. - (Série legislação; n. 267 PDF). [2017_a]

BRASIL. DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual de Semáforos**. 2ª ed., Brasília, DENATRAN, 1984.

BRASIL. DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de sinalização rodoviária**. - 3.ed. - Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia Vida no Trânsito**. Ministério da Saúde, Universidade Federal de Goiás. - Brasília: Ministério da Saúde, 2017. [2017_b]

CEB. COMPANHIA ENERGÉTICA DE BRASÍLIA. **Norma Técnica de Iluminação Pública NTIP – 1.01. Especificações e homologação de luminárias LED**. Brasília, 2016.

CEMIG. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Projetos de Iluminação Pública. Manual de Distribuição.** Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/documents/nd-3-4p.pdf>>. Acesso em 28 de maio de 2019.

CET. **Relatório de Avaliação - Programa de Iluminação de Faixas de Pedestres.** São Paulo, 2007.

CET. **Faixa de Pedestres Iluminada.** Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/seguranca-e-mobilidade/faixa-de-pedestres-iluminada.aspx>>. Acesso em 06 de maio de 2019.

CONTRAN. CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume II – Sinalização Vertical de Advertência.** - 1. ed. - Brasília, 2007. [2007a]

CONTRAN. CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV – Sinalização Horizontal.** - 1. ed. - Brasília, 2007. [2007b]

CONTRAN. CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V – Sinalização Semafórica.** - Brasília, 2014.

CONTRAN. CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Resolução Nº 160 de 22 de abril de 2004. Aprova o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro.** Brasília: 2004.

COPEL. COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Manual de Iluminação Pública.** 2012. Disponível em: <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manuais/manual_de_iluminacao_publica_copel_companhia_paraense_de_energia.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2019.

COPEL. COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Manual de Iluminação Pública.** 2018. Disponível em: <[https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/\\$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual_iluminacao_publica/$FILE/manual%20iluminacao%20publica.pdf)>. Acesso em 28 de maio de 2019.

CPFL Energia. **GED-3670 – Projeto – Iluminação Pública.** Norma Técnica. Versão 1.10. Campinas, 2017. Disponível em: <<http://sites.cpf.com.br/documentos-tecnicos/GED-3670.pdf>>, acesso em 04 de junho de 2019.

CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica.** Cepel – Cresesb, 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=291>, acesso em 04 de maio de 2019.

DAROS, E. J. **O Pedestre.** Disponível em: <www.pedestre.org.br/downloads>. Acesso em 24 de fevereiro de 2019.

DIVE-SC – DIRETORIA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA DA SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SANTA CATARINA. **Mortalidade por Acidentes de Transporte Terrestre – Perfil de Óbitos e Internações por Acidentes de Transporte Terrestre (ATT) em Santa Catarina.** Barriga Verde – Informativo Epidemiológico, Ano XV, Edição Especial. Florianópolis, maio de 2018.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **NORMA DNIT 100/2018 – ES – Obras complementares – Segurança no tráfego rodoviário – Sinalização horizontal – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2018.

ELETROREDE. **Luminária Pública de LED BRP371 111W 220V – Philips**. Disponível em: <<https://www.eletrerede.com.br/luminaria-publica-de-led-brp371-120w-220v-philips.html>>, acesso em 20 de junho de 2019.

FHWA. **Roadway delineation practices book**. U.S. Department of Transportation, Washington, 1994, 250 p.

FERREIRA, Elídio Arimatéia. **Estudo de Viabilidade Econômica para Instalação de LEDs e Sistemas Fotovoltaicos na Iluminação Pública da Praça do Viva Angelim**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2018.

FLORIPAMANHÃ. **Série “Ruas do Coração”**. Florianópolis, dezembro de 2009. Disponível em: <<http://floripamanha.org/2009/12/serie-ruas-do-coracao>>, acesso em 03 de março de 2019.

G1 SC. **Obras de revitalização começam na Rua Lauro Linhares e na Avenida Mauro Ramos em Florianópolis, diz prefeitura**. Florianópolis, 23 de abril de 2019. Disponível em <<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2019/04/23/obras-de-revitalizacao-comecam-na-rua-lauro-linhares-e-na-avenida-mauro-ramos-em-florianopolis.ghtml>>, acesso em 12 de junho de 2019.

GHISI, E.; PEREIRA, C. D. **Sustentabilidade em edificações**. Florianópolis, 2018. Apostila – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

GOOGLE EARTH. **Mapas**. Disponível em: <<http://mapas.google.com>>. Vários acessos.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Florianópolis – Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>>, acesso em 21 de janeiro de 2019

IEE. INSTITUTO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO. **Apresentação**. Florianópolis, 2012. Disponível em: <<http://www.iee.sed.sc.gov.br/a-escola>>, acesso em 03 de fevereiro de 2019.

IFSC. INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA – CAMPUS FLORIANÓPOLIS. **Linha do Tempo**. Florianópolis, 2019. Disponível em: <<http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/mifsc/linha-do-tempo/>>, acesso em 03 de fevereiro de 2019.

INOVAPMSC. **BI PMSC QlikView - Business Intelligence**. Florianópolis, 2012. Disponível para acesso na rede da PMSC. Acesso em: 28 de maio de 2019.

LIBERALESSO, Rafael. **Avaliação crítica da sinalização empregada nas travessias de pedestres situadas na BR-287 e RS-509**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

LOPES, S. B. **Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação Pública**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

LOPES, Leonardo Barbosa. **Uma Avaliação da Tecnologia LED na Iluminação Pública**. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2014.

MAGALHÃES, M. T. Q.; RIOS, M. F.; YAMASHITA, Y. **Identificação de Padrões de Posicionamento Determinantes do Comportamento dos Pedestres**. In: XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Vol. II, pp. 999 - 1010. Florianópolis, SC, Brasil, 2004.

MARCATO, Miracyr Assis. **Iluminação Pública no Brasil**. Portal Brasil Engenharia. 2018. Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao588/art_energia_1.pdf>, acesso em 27 de maio de 2019.

MARTINS, Denizar Cruz; COELHO, Roberto Francisco; SANTOS; Walbermark Marques. **Técnicas de Rastreamento de Máxima Potência para Sistemas Fotovoltaicos: Revisão e Novas Propostas**. Natal, 2011. Apostila – Mini-Curso, XI COBEP – Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência.

MARTINS, Sebastião Ricardo C. **e-SIC - Resposta do Recurso de 1ª instância**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <msilva.ufsc@gmail.com> em 28 de maio de 2019.

MELLO, Mônica Barcellos de Araújo. **Estudo das variáveis que influenciam o desempenho das travessias de pedestres sem semáforos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - Engenharia de Transportes, COPPE, Rio de Janeiro, 2008.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa – Michaelis On-Line**. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/>>, acesso em 12 de fevereiro de 2019.

MOREIRA, H; MENEGON, R. **Sinalização horizontal**. Master Set Gráfica. São Paulo, 2003, 82 p.

NITZBURG, M.; KNOBLAUCH, R. L.. **An Evaluation of High-Visibility Crosswalk Treatments - Clearwater, Florida**. U.S. Department of Transportation, FHWA-RD-00-105, 2001.

NOGUEIRA, F. J. **Avaliação Experimental de Luminárias Empregando LEDs orientadas à iluminação pública**. 2013. 193f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

OPAS. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Segurança de pedestres: Manual de segurança viária para gestores e profissionais da área**. Brasília, DF: OPAS, 2013.

OSRAM. **Iluminação: Conceitos e Projetos - Apostila**. 2009. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/davidaloi/apostila-osram-iluminacao-e-conceitos>>, acesso em 20 de maio de 2019.

PHILIPS. **BRP371/372/373 – simple, economical and reliable**. 2018. Disponível em: <<https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf1248-pss-global>>, acesso em 20 de junho de 2019.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio (Org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel – Cresesb, 2014. 530p.

PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Proposta torna obrigatórias sinalização e iluminação de faixas de pedestre**. Brasília, 08 de dezembro de 2017. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/TRANSPORTE-E-TRANSITO/556631-PROPOSTA-TORNA-OBRIGATORIAS-SINALIZACAO-E-ILUMINACAO-DE-FAIXAS-DE-PEDESTRE.html>>, acesso em 13 de abril de 2019.

PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Comissão aprova projeto que obriga iluminação de faixas de pedestres**. Brasília, 27 de abril de 2018. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/TRANSPORTE-E-TRANSITO/556632-COMISSAO-APROVA-PROJETO-QUE-OBRIGA-ILUMINACAO-DE-FAIXAS-DE-PEDESTRES.html>>, acesso em 13 de abril de 2019.

PORTAL DA CÂMARA DOS DEPUTADOS. **PL 8729/2017. Ficha de tramitação**. Brasília, 31 de janeiro de 2019. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2153423>>, acesso em 13 de abril de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Avenida Mauro Ramos terá investimentos de cerca de R\$ 3 milhões**. Florianópolis, 07 de dezembro de 2018. Disponível em: <<http://www.pmf.sc.gov.br/noticias/index.php?pagina=notpagina¬i=20257>>, acesso em 20 de junho de 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Geoprocessamento Corporativo**. Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://geo.pmf.sc.gov.br/geo_fpolis/index.php>, acesso em 01 de março de 2019.

REDE VIDA NO TRÂNSITO. **Boletim 2016**. Disponível em: <<https://redevidanotransito.files.wordpress.com/2017/08/boletim-rvt-desastres-set16.pdf>>, acesso em 23 de fevereiro de 2019.

REDE VIDA NO TRÂNSITO. **Monitoramento – Rede Vida no Trânsito - Florianópolis**. Disponível em: <<https://sites.google.com/view/rvtfpolis>>, acesso em 23 de abril de 2019.

RODRIGUES, C. R. B. S. **Contribuições ao Uso de Diodos Emissores de Luz em Iluminação Pública**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2012.

SALES, R. P. **LED, O Novo Paradigma da Iluminação Pública**. Tese de M. Sc., Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil, 2011.

SANTANA, T.M.B. **Iluminação Pública: Uma Abordagem Gerencial**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Salvador, 2010.

SCHWAB, M.S.F. **Estudo do desempenho dos materiais de demarcação viária retrorrefletivos**. 1999. 159f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais. Belo Horizonte, 1999.

SEBRAE/MT. SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS EM MATO GROSSO. **Guia de Energia Solar Fotovoltaica – Aplicação nas Micro e Pequenas Empresas**. Cuiabá, 2016.

SILVA, L.L.F. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, J. L. **Proposta de iluminação de faixas de pedestres para mitigação de acidentes: estudo de caso em avenida**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SOARES, B. R. **Análise da sinalização e iluminação empregadas nas faixas de pedestres: Estudo de caso campus UFSC/Florianópolis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

TORQUATO, R. J. **Percepção de risco e comportamento de pedestres**. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Paraná, 2011.

WIKIPÉDIA, A ENCICLOPÉDIA LIVRE. **Florianópolis**. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Florianópolis>>, acesso em 02 de junho de 2019. [2019_a]

WIKIPÉDIA, A ENCICLOPÉDIA LIVRE. **Santa Catarina**. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Santa_Catarina>, acesso em 02 de junho de 2019. [2019_b]

WHO (OMS). WORLD HEALTH ORGANIZATION (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE). **Global Status Report on Road Safety 2018**. Geneva, Switzerland, 2018.